



## ESTUDIOS DE INGENIERÍA DEFINITIVOS DEL PROYECTO RUTA SUR – VÍA AEROPUERTO

### ETAPA 1 INFORME DE INGENIERÍA DEFINITIVO

#### ÍNDICE

	<i>Página</i>
<b>1. DESCRIPCIÓN DE LA VÍA .....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 CONTENIDO DEL INFORME .....	2
1.3 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA .....	3
1.4 REPLANTEO DEL EJE DEL PROYECTO Y EXPROPIACIONES .....	1
1.4.1 Replanteo del eje, incluye polígono para enlaces con GPS .....	1
1.4.2 Nivelación trigonométrica del eje replanteado .....	1
1.4.3 Monumentación y posicionamiento de nuevos GPS para referencias .....	1
1.4.4 Procesamiento y dibujo perfil vertical .....	2
1.4.5 Determinación de propietarios para expropiaciones .....	2
1.4.6 Colocación de laterales en áreas construidas .....	2
1.4.7 Topografías auxiliares .....	2
<b>2. ESTUDIO DE TRÁFICO .....</b>	<b>3</b>
2.1 INTRODUCCIÓN .....	3
2.1.1 Objetivo .....	3
2.1.2 Alcance del Estudio .....	3
2.2 SITUACIÓN ACTUAL .....	3
2.2.1 Antecedentes históricos de tráfico .....	3
2.2.2 Modelo de Transporte para el Análisis de la Ruta Sur .....	6
2.2.3 Estudio de Demanda de la zona de análisis .....	8
2.2.4 Estadísticas de encuestas y conteos .....	10
2.2.5 Estudio de velocidades .....	18
2.2.6 Matrices de Demanda Actual .....	24
2.3 DEMANDA FUTURA .....	26
2.3.1 Factores crecimiento PGDT .....	26
2.3.2 Tasa Motorización (propiedad vehicular) .....	27
2.3.3 Proyecciones viajes pasajeros .....	27
2.3.4 Matrices futuras (Anexo 2.2) .....	27
2.4 OFERTA .....	34
2.4.1 Red vial Base .....	34
2.4.2 Red vial futura .....	34

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

2.4.3	Programación de proyectos .....	35
2.5	PRONÓSTICO DE TRÁFICO EN EL PROYECTO (ANEXO 2.3 Y 2.4) .....	36
2.5.1	Nivel de servicio .....	36
2.5.2	Año 2013 .....	39
2.5.3	Año 2015 .....	40
2.5.4	Año 2020 .....	41
2.5.5	Año 2025 .....	41
2.5.6	Año 2030 .....	42
2.5.7	Pronóstico nivel de servicio Interoceánica .....	43
2.5.8	Resumen de pronóstico de tráfico Ruta Sur .....	45
<b>3.</b>	<b>ESTUDIO GEOLÓGICO DE LA VÍA.....</b>	<b>48</b>
3.1	ANTECEDENTES.....	48
3.2	ALCANCE Y METODOLOGÍA.....	48
3.3	RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIONES.....	48
3.3.1	Geología general regional.....	49
3.3.2	Las glaciaciones .....	50
3.4	FORMACIONES GEOLÓGICAS PRINCIPALES Y ESTRUCTURAS A LAS QUE CRUZA LA RUTA SUR.....	50
3.4.1	Formación Chiche .....	51
3.4.2	Formación Cangahua.....	52
3.4.3	Detalles geológicos de las Formaciones Chiche y Cangahua.....	55
3.4.4	Depósitos coluviales [c] .....	56
3.4.5	Depósitos coluviales laharíticos .....	56
3.4.6	Depósitos aluviales laharíticos .....	56
3.4.7	Depósitos de lahares.....	57
3.4.8	Depósitos aluviales.....	59
3.5	ASPECTOS ESTRUCTURALES.....	59
3.5.1	Buzamiento de las capas.....	59
3.5.2	Fallas .....	59
3.6	DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DE LA RUTA .....	60
3.6.1	Morfología que atraviesa la ruta.....	60
3.6.2	Tramo 0+000 a 3+100 aproximadamente.....	62
3.6.3	Tramo 3+100 aprox. a 4+200.....	63
3.6.4	Tramo 4+200 a 4+380 .....	63
3.6.5	Tramo 4+380 a 5+150 aproximadamente.....	63
3.6.6	Tramo 5+150 a 5+550 .....	64
3.6.7	Tramo 5+550 a 6+240 .....	64
3.6.8	Tramo 6+240 a 9+500 .....	64
3.6.9	Tramo 9+500 a 16+507 .....	65
3.7	INTERCAMBIADORES DE TRÁNSITO .....	66
3.7.1	Aspectos geológicos .....	66
3.7.2	Estabilidad.....	66
3.8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	67
3.8.1	Conclusiones .....	67
3.8.2	Recomendaciones.....	67
<b>4.</b>	<b>ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE SUELOS, CANTERAS Y FUENTES DE MATERIALES .....</b>	<b>69</b>
4.1	INTERCAMBIADOR AUQUITAS.....	69



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

4.1.1	Introducción .....	69
4.1.2	Investigación del Subsuelo .....	70
4.1.3	Diseño de Cimentaciones Paso Superior .....	70
4.1.4	Diseño de Cimentaciones Paso Deprimido (Inferior).....	72
4.1.5	Construcción de las Cimentaciones .....	73
4.2	MURO DE SOSTENIMIENTO ABSCISA 0+320 .....	74
4.2.1	Introducción .....	74
4.2.2	Análisis de estabilidad y empujes del terreno.....	75
4.2.3	Empujes y diseño de anclajes .....	76
4.3	PASO SUPERIOR "CRUCE FERROCARRIL 0+376" .....	77
4.3.1	Introducción .....	77
4.3.2	Investigación del Subsuelo .....	78
4.3.3	Diseño de Cimentaciones .....	79
4.3.4	Construcción de las Cimentaciones.....	80
4.4	PASO SUPERIOR "CRUCE FERROCARRIL 1+450" .....	81
4.4.1	Introducción .....	81
4.4.2	Investigación del Subsuelo .....	82
4.4.3	Diseño de Cimentaciones .....	82
4.4.4	Construcción de las Cimentaciones.....	84
4.5	PASO SUPERIOR "NUEVA VÍA PERIMETRAL" ABSCISA 2+800 .....	85
4.5.1	Introducción .....	85
4.5.2	Investigación del subsuelo.....	86
4.5.3	Diseño de cimentaciones .....	86
4.5.4	Construcción de las cimentaciones.....	88
4.6	PASO INFERIOR FFCC ABSCISA 3+007.....	89
4.6.1	Introducción .....	89
4.6.2	Investigación del subsuelo.....	90
4.6.3	Diseño de cimentaciones .....	90
4.6.4	Construcción de las cimentaciones.....	92
4.7	INTERCAMBIADOR LUMBISÍ.....	93
4.7.1	Introducción .....	93
4.7.2	Investigación del Subsuelo .....	94
4.7.3	Diseño de Cimentaciones .....	94
4.7.4	Construcción de las Cimentaciones .....	96
4.8	LA PRIMAVERA "1".....	97
4.8.1	Introducción .....	97
4.8.2	Investigación del Subsuelo .....	97
4.8.3	Diseño de Cimentaciones .....	98
4.8.4	Construcción de las Cimentaciones.....	100
4.9	LA PRIMAVERA "2".....	100
4.9.1	Introducción .....	100
4.9.2	Investigación del Subsuelo .....	101
4.9.3	Diseño de Cimentaciones .....	102
4.9.4	Construcción de las Cimentaciones.....	103
4.10	PASOS PEATONALES .....	104
4.10.1	Proposito y alcance.....	104
4.10.2	Estructuras proyectadas .....	104
4.10.3	Exploración subterránea disponible.....	105

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

4.10.4	Hipótesis previas para el diseño de las cimentaciones .....	105
4.10.5	Diseño de cimentaciones paso peatonal 0+840 .....	106
4.11	FUENTES DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN .....	107
4.11.1	Sector Norte de Quito .....	107
4.11.2	Minas y canteras de posible uso .....	109
4.11.3	Sector Occidente de Quito .....	110
4.11.4	Sector Oriental – Valle de Tumbaco .....	111
4.11.5	Sector Oriental – Valle de Los Chillos .....	112
4.11.6	Conclusiones del estudio .....	113
4.12	DISEÑO DE TALUDES .....	113
4.12.1	Antecedentes .....	113
4.12.2	Formación Cangahua – (Pleistoceno superior a Holoceno) [Qc] .....	114
4.12.3	Lahares – (Cuaternario actual) [lh] .....	117
4.12.4	Recomendaciones .....	118
<b>5.</b>	<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DE OBRAS DE ARTE MENOR.....</b>	<b>120</b>
5.1	ANTECEDENTES .....	120
5.2	RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS PRELIMINAR DE INFORMACIÓN .....	120
5.2.1	Disponibilidad de información hidrometeorológica .....	123
5.3	ESTUDIO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS .....	123
5.3.1	Hidrografía .....	123
5.3.2	Zonas de vida.....	127
5.3.3	Bioclimas y Ecosistemas .....	127
5.3.4	Uso del suelo dentro de la delimitación de la Micro-cuencas de drenaje .....	127
5.4	ANÁLISIS DEL RÉGIMEN PLUVIAL EN EL ÁREA DE APORTE .....	128
5.5	CAUDALES DE CRECIDAS .....	130
5.5.1	El tiempo de concentración .....	130
5.5.2	Curvas y Ecuaciones pluviométricas .....	131
5.5.3	Integración de información y cálculo de crecidas .....	131
<b>6.</b>	<b>DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA .....</b>	<b>133</b>
6.1	CRITERIOS DE DISEÑO .....	133
6.2	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO .....	134
6.3	NORMAS DE DISEÑO .....	134
6.3.1	Normas de Diseño Geométrico .....	135
6.3.2	Velocidad de Diseño .....	136
6.3.3	Radio Mínimo de Curvas Horizontales .....	136
6.3.4	Pendientes Máximas y Mínimas .....	136
6.3.5	Determinación de las Curvas Verticales.....	137
6.3.6	Dimensionamiento Vial.....	137
6.4	VELOCIDAD DIRECTRIZ.....	138
6.5	RADIO MÍNIMO DE CURVAS HORIZONTALES .....	139
6.6	PENDIENTES MÁXIMAS Y MÍNIMAS .....	141
6.6.1	Determinación de las curvas verticales .....	141
6.7	SECCIONES TÍPICAS ADOPTADAS .....	141
6.7.2	Secciones para pasos típicos.....	144
6.7.3	Solución para canalización de las vías laterales .....	144
6.8	ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL.....	150

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

6.9	RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS PLANIALTIMÉTRICAS DE DISEÑO .....	150
<b>7.</b>	<b>DISEÑO DE INTERCAMBIADORES, INTERSECCIONES Y PASOS PEATONALES.....</b>	<b>153</b>
7.1	CONSIDERACIONES GENERALES.....	153
7.1.1	Tráfico.....	153
7.1.2	Topografía.....	153
7.1.3	Seguridad.....	153
7.2	NORMAS DE DISEÑO.....	154
7.2.1	Alineamiento horizontal.....	154
7.2.2	Alineamiento Vertical.....	156
7.2.3	Peraltes.....	156
7.2.4	Secciones Transversales.....	157
7.2.5	Terminales de Ramales o Lazos.....	159
7.3	INTERCAMBIADORES DISEÑADOS.....	159
7.3.1	Intercambiador Auquitas.....	159
7.3.2	Intercambiador km 1+453.....	161
7.3.3	Intercambiador Lumbisí.....	162
7.4	PASOS PEATONALES.....	169
7.4.1	Criterios generales.....	169
7.4.2	Estructura diseñada.....	169
7.4.3	Puente peatonal km 0+840.....	169
7.4.4	Diseño estructural de pasos peatonal.....	171
7.4.5	Anexos y cálculos.....	173
7.4.6	Calculo de la estructura.....	174
<b>8.</b>	<b>DISEÑO HIDRÁULICO DE OBRAS DE ARTE MENOR.....</b>	<b>214</b>
8.1	CONSIDERACIONES BÁSICAS.....	214
8.2	CRITERIOS DE DISEÑO.....	214
8.3	PRINCIPALES ELEMENTOS DEL DRENAJE SUPERFICIAL.....	214
8.3.1	Colectores Interceptores.....	215
8.3.2	Cunetas Laterales.....	215
8.3.3	Cunetas de Coronación y relleno.....	215
8.3.4	Descargas.....	217
8.3.5	Alcantarillas.....	217
8.4	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES DE DRENAJE.....	219
8.4.1	Colectores Vía Ruta Sur (0+000 a 5+500 km).....	219
8.5	ALCANTARILLAS.....	222
8.6	ANEXO 8.1: CÁLCULOS HIDRÁULICOS.....	224
8.7	ANEXO 8.2: VOLÚMENES DE OBRAS.....	227
<b>9.</b>	<b>DISEÑO DE PAVIMENTO.....</b>	<b>231</b>
9.1	INTRODUCCIÓN.....	231
9.2	CARTOGRAFÍA EXISTENTE.....	231
9.3	CLIMA Y LLUVIAS.....	231
9.4	METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO.....	231
9.4.1	Metodología Empleada.....	231
9.4.2	Consideraciones previas.....	232
9.4.3	DATOS DE TRÁFICO.....	232

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

9.5	INVESTIGACIÓN DE LA SUBRASANTE .....	233
9.5.1	Investigación del subsueño.....	233
9.5.2	Resistencia de la Subrasante.....	234
9.6	DISEÑO DE PAVIMENTOS – VÍA PRINCIPAL.....	235
9.6.1	Parámetros de Diseño .....	235
9.6.2	Procedimiento de cálculo .....	236
9.6.3	Análisis de Resultados.....	237
9.7	DISEÑO DE PAVIMENTOS – VÍAS SECUNDARIAS LATERALES.....	237
9.7.1	Parámetros de Diseño .....	237
9.7.2	Procedimiento de cálculo .....	238
9.7.3	Análisis de Resultados.....	238
9.8	RECOMENDACIONES PARA UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN.....	239
9.8.1	Entidad responsable.....	239
9.8.2	Controles y observaciones periódicos .....	239
9.8.3	Mantenimiento general preventivo .....	240
9.8.4	Mantenimiento general correctivo.....	240
<b>10.</b>	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAS DE ARTE MAYOR.....</b>	<b>242</b>
10.1	ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO. ....	242
10.2	EL PROYECTO VIAL.....	242
10.2.1	El Trazado Geométrico.....	242
10.2.2	Estructuras Diseñadas.....	242
10.2.3	Sección transversal de los puentes.....	243
10.2.4	Estudios geotécnicos .....	244
10.3	ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS PUENTES.....	244
10.3.1	Alcance de los estudios estructurales .....	244
10.3.2	Estructuración de los puentes, geometría estructural.....	245
10.3.3	Pasos Superiores.....	245
10.3.4	Pasos Superiores del Proyecto Ruta Sur. Primera Etapa de Estudios.....	252
10.3.5	Pasos Inferiores .....	252
10.4	PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS PUENTES.....	253
10.4.1	Generalidades .....	253
10.4.2	Modelos Matemáticos .....	253
10.4.3	Propiedades de los materiales estructurales utilizados .....	253
10.4.4	Cargas utilizadas en el análisis estructural .....	254
10.5	ANÁLISIS Y DISEÑO DE LAS VIGAS POSTENSADAS .....	257
10.5.1	Factores de distribución.....	257
10.5.2	Esfuerzos en el hormigón (AASHTO 5.9.4.1): .....	258
10.5.3	Cálculo de pérdidas .....	259
10.5.4	Estados de carga analizados .....	259
10.6	ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO. ....	260
10.7	ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS .....	261
10.8	ANÁLISIS Y DISEÑO DE LAS PILAS DE LOS PUENTES .....	262
10.8.1	Diseño de zapatas y Vigas de Cimentación.....	262
10.9	ESTRIBOS .....	262
<b>11.</b>	<b>DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN.....</b>	<b>263</b>



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

11.1	INTRODUCCIÓN.....	263
11.2	DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁFICO.....	263
11.3	SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	265
11.3.1	Señales Regulatorias.....	265
11.3.2	Señales preventivas.....	265
11.3.3	Ubicación de las Señales Reglamentarias y de Prevención.....	266
11.3.4	Señales de Información.....	267
11.3.5	Materiales para Señalización Vertical.....	270
11.4	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL.....	270
11.4.1	Tipos y color.....	270
11.4.2	Materiales para Señalización Horizontal.....	272
11.5	MARCAS DE PAVIMENTO SOBRESALIDAS (MPS).....	272
11.6	DELINEADORES DE PELIGRO.....	273
11.7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	274
<b>12.</b>	<b>DISEÑO DE ILUMINACIÓN.....</b>	<b>276</b>
12.1	TÉRMINOS DE REFERENCIA.....	276
12.1.1	Ubicación.....	276
12.1.2	Alcance.....	276
12.2	RED DE ALUMBRADO.....	277
12.2.1	Parámetros de diseño.....	277
12.2.2	Cálculos de iluminación.....	277
12.3	CIRCUITOS SECUNDARIOS DE ALUMBRADO.....	278
12.3.1	Dimensionamiento.....	278
12.3.2	Instalación.....	278
12.3.3	Canalización.....	278
12.3.4	Pozos de revisión.....	279
12.3.5	Cruce de calzada.....	279
12.4	LUMINARIAS.....	279
12.5	ESTRUCTURAS SOPORTE.....	280
12.6	CONTROL.....	280
12.7	PROTECCIÓN DE CIRCUITOS DE ALUMBRADO.....	281
12.7.1	Tableros de protección.....	281
12.8	CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.....	281
12.8.1	Capacidad.....	281
12.8.2	Ubicación.....	281
12.8.3	Instalación.....	281
12.8.4	Alimentación.....	282
12.9	REDES EXISTENTES.....	282
12.10	DERIVACIÓN A TIERRA.....	282
12.11	EQUIPOS Y MATERIALES.....	282
12.12	ANEXOS.....	283
<b>13.</b>	<b>DISEÑO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.....</b>	<b>284</b>
13.1	PROCEDIMIENTO SEGUIDO.....	284
13.2	DISEÑO DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	285
<b>14.</b>	<b>IMPACTOS AMBIENTALES.....</b>	<b>287</b>
<b>15.</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....</b>	<b>288</b>

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

16.	CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN .....	289
17.	DOCUMENTOS PRECONTRACTUALES .....	290
18.	RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN .....	291
18.1	OBJETO .....	291
18.2	PROGRAMACION DE LAS OBRAS.....	291
18.3	OPERACIONES PREVIAS .....	292
18.3.1	Replanteo y acceso a la faja de derecho de vía.....	292
18.3.2	Instalaciones de los contratistas.....	292
18.3.3	Despeje y desbroce .....	292
18.4	MOVIMIENTO DE TIERRAS .....	293
18.4.1	Excavación .....	293
18.4.2	Relleno .....	293
18.4.3	Corte, carga y transporte.....	294
18.5	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO .....	294
18.6	OBRAS DE ARTE MENOR.....	295
18.7	OBRAS DE ARTE MAYOR .....	295
18.8	OBRAS COMPLEMENTARIAS .....	295
18.9	SEÑALIZACIÓN Y BARRERAS DE SEGURIDAD VIAL .....	295
18.9.1	Barreras de seguridad .....	296
18.10	ILUMINACIÓN .....	297
18.11	CONTROL DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	297
18.12	RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	298

### ANEXOS:

Anexo 2.1	Datos de tráfico	
Anexo 4.1	Diseños de Pavimentos	
Anexo 4.2	Ensayos de Laboratorio	
Anexo 12.1	iluminación	
Anexo 14.1	Estudio de Impacto Ambiental	(Volumen Separado)
Anexo 14.2	Diagnóstico Arqueológico	(Volumen Separado)
Anexo 16.1	Cronograma de construcción	

## **1. DESCRIPCIÓN DE LA VÍA**

### **1.1 ANTECEDENTES**

En el marco del desarrollo de la subregión del nororiente del DMQ en los próximos 20 años (horizonte de tiempo establecido en los Términos de Referencia del estudio), se espera un significativo crecimiento en la población residente, cambios en la estructura morfológica y de la ocupación del suelo urbano; procesos que ya están en plena ocurrencia. Ciertamente que el ritmo de cambio se va a acelerar en el futuro, en parte, como consecuencia de las inversiones en infraestructura de mayor escala como la implantación del nuevo aeropuerto, zona franca en la región y red vial de acceso.

La accesibilidad al nuevo aeropuerto es de suma importancia, pero en el contexto de la ciudad es importante recalcar que este asunto necesita ser analizado dentro del contexto del futuro desarrollo de la subregión como todo y particularmente, considerando las necesidades de proveer una red vial debidamente jerarquizada y un sistema de transporte público eficiente, para permitir que este desarrollo se realice en forma racional y sin mayores restricciones por falta de adecuada capacidad vial y de altos costos derivados de la congestión de tráfico.

La Municipalidad ha venido realizando una serie de estudios de transporte y los que se han identificado como relevantes para efectos del estudio de tráfico son los siguientes:

- Plan Maestro de Movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito (2009-2025), Dirección Metropolitana de Transporte y Vialidad, 2009.
- Estudio De Trafico Y Demanda De Transporte En El Corredor Quito-Quinche, Dirección Metropolitana de Transporte y Vialidad, 2007.
- Estudio de Demanda de Transporte de Quito, EMDUQ, 2008.
- Estudio de Vías de Acceso al Nuevo Aeropuerto, CORPAQ, 2004.

De una revisión inicial al Plan Maestro de Movilidad ya tiene proposiciones con respecto a la futura macro estructura de la red vial en esta subregión, sin embargo los lineamientos trazados para un futuro de más largo plazo necesitan ser afinados con propuestas de ampliación y extensión de la red vial que sean más concretas, y sean analizadas y evaluadas sistemática y objetivamente.

Con respecto a las vías de acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito, la Municipalidad Metropolitana emprendió varias acciones, entre las cuales se debe mencionar la creación de CORPAQ, corporación creada para que tome a su cargo todos los aspectos relacionados con la construcción del Nuevo Aeropuerto y de la Zona Franca. Además, contrató varias consultorías especializadas para definir la mejor alternativa de acceso a la zona de las obras. Estudios realizados por la Asociación de firmas consultoras "ASTEC – Ing. Fernando Romo Consultores y León & Godoy" recomendó desarrollar dicho acceso por tres rutas, denominadas Ruta Sur (por el valle de Tumbaco), Ruta Norte (desde la Panamericana Norte) y Ruta Zámbriza (desde la prolongación norte de la Avenida Simón Bolívar). Las tres rutas permitirán manejar y distribuir el intenso tráfico existente a los valles orientales de la ciudad y deberán construirse en diferentes épocas, conforme se requiera por el crecimiento del parque vehicular.

El motivo de la presente consultoría es realizar el Estudio Definitivo de la Ruta Sur- Vía al Nuevo Aeropuerto de Quito. El presente Informe corresponde a la primera etapa del proyecto que constituye el tramo comprendido entre el intercambiador Auquitas, en la Av. Simón Bolívar y la Urbanización La Primavera.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 1.2 CONTENIDO DEL INFORME

El presente Informe está estructurado en veinte partes o capítulos cuya descripción se presenta a continuación.

En el primer capítulo se presenta la descripción de la ruta donde además de señalar los puntos más relevantes por donde pasa el corredor vial, se describen brevemente las características geométricas principales del tramo correspondiente a la Primera Etapa (Auquitas – La Primavera).

En el segundo capítulo se presenta el Estudio de Tráfico, el mismo que por sus características corresponde a todo el corredor, es decir, desde el Intercambiador Auquitas hasta el Intercambiador Alpachaca. En este estudio se analizan los datos obtenidos en el campo y la información secundaria disponible, que permitieron, en base de la modelización realizada, definir la capacidad requerida para satisfacer la demanda futura de tráfico.

En el tercer capítulo se presenta el estudio Geológico de la vía; éste al igual que el indicado en el párrafo anterior corresponde a todo el Proyecto.

En el cuarto capítulo se presentan los estudios Geotécnicos, se analizan los suelos del corredor vial con el fin de poder diseñar la estructura de los pavimentos de la vía expresa y de las vías de servicio. Se realizaron perforaciones para analizar la capacidad portante de los suelos donde se cimentarán los puentes; se presentan también los estudios que permitieron diseñar los taludes de la vía. Como complemento se analizaron también los sitios de las posibles fuentes de materiales pétreos para la construcción de la vía, recomendando los más apropiados tanto por calidad del material como por la distancia al centro de gravedad del proyecto.

En el quinto capítulo se expone el Estudio de Hidrología, Hidráulica, Drenaje y Sub drenaje para las Obras de Arte Menor. Se analizan las características regionales y locales que permitieron diseñar las obras más adecuadas desde el punto de vista técnico y económico. El estudio para las Obras de Arte Mayor se presenta en el décimo capítulo.

En el sexto capítulo se presentan las características geométricas de la vía; en base de la normativa vigente y las condiciones topográficas existentes se realiza el diseño geométrico de tal manera de conseguir la mejor armonía de la vía con el entorno, satisfaciendo los requerimientos de la demanda para la cual se está diseñando.

Como complemento al capítulo anteriormente mencionado, en el séptimo capítulo se expone el diseño de las Intersecciones, Intercambiadores y Pasos Peatonales, donde se consiguió la optimización de los flujos de los diferentes giros, minimizando el área de intervención de tal manera de reducir al máximo las afectaciones a los predios existentes junto al Proyecto.

En el octavo capítulo se presenta el diseño hidráulico de las obras de arte menor en base de los estudios indicados en el capítulo 5.

En el noveno capítulo se presentan los diseños de los pavimentos tanto para las calzadas de la vía expresa como las correspondientes a las vías de servicio, en base de los estudios presentados en los capítulos 2, cargas de tráfico y 4, estudios de suelos y fuentes de materiales.

En el décimo capítulo se presenta el diseño de cada una de las estructuras (puentes) del primer tramo. En este mismo capítulo se presentan los estudios previos necesarios para el diseño correspondiente.



# **ASOCIACIÓN**

## **ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

---

En el capítulo once se presenta el estudio de Señalización y Seguridad Vial, para este estudio se toma en consideración la normativa nacional vigente y para ciertos elementos que no están normados en INEN, se utilizaron normas internacionales actualizadas.

En el capítulo doce se presenta el Diseño de Iluminación el mismo que ha sido consensuado con la Empresa Eléctrica Quito, entidad a cargo del servicio de energía eléctrica en el Distrito Metropolitano.

En el décimo tercer capítulo se presenta el Diseño del movimiento de Tierras, el mismo que ha tomado en consideración además de los elementos técnico económicos del proyecto, las necesidades de la urbe y sobre todo las condiciones ambientales con el fin de producir el menor impacto posible.

En el décimo cuarto capítulo se expone el Estudio de Impactos Ambientales, el cual se encuentra como Anexo 14.1

En el capítulo décimo quinto se presentan las Especificaciones Técnicas, donde se recomienda la aplicación de las normas para la Construcción de Caminos y Puentes MOP -001F -2002 y cuando se requiere, las Especificaciones Especiales que se detallan en el texto.

En el capítulo décimo sexto se presenta el Cronograma de construcción y plazo de ejecución.

En el capítulo decimo séptimo se presentan los Documentos Precontractuales que harán propicia la construcción de la Obra.

Finalmente en el capítulo décimo octavo se presentan las recomendaciones para la construcción donde además se pone énfasis en las actividades que deberán desarrollarse para evitar al máximo los inconvenientes a la ciudadanía que transita o vive en la zona del Proyecto.

### **1.3 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA**

La ruta se inicia en el Intercambiador denominado Auquitas, proyectado sobre la Av. Simón Bolívar, en el sector de San Juan Bautista Alto. En ese sitio inicia el descenso de la ladera dirigiéndose hacia el valle de Cumbayá, pasando por el sector San Patricio, Urbanización La Primavera, cruza el río San Pedro en el sector denominado Rojas, posteriormente la vía Intervalles en el sector denominado "la S"; continua su recorrido por la parte Sur de Tumbaco, atraviesa el sector de La Morita, el Arenal, cruza el río Chiche, cruza la vía Interoceánica en un sitio muy próximo a la población de Puembo, cruza el río Guambi y finaliza en el Intercambiador de Tababela, muy próximo a la quebrada de Alpachaca, donde se enlaza con el acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito.

De acuerdo con el estudio de tráfico, con la finalidad de satisfacer la demanda de viajes de los valles de Cumbayá y Tumbaco así como también los viajes que generará el Nuevo Aeropuerto, la vía constará de dos calzadas de tres carriles cada una, desde la Av. Simón Bolívar hasta el cruce con la vía Interoceánica, que constituirá la vía expresa; se dispondrá además de dos calzadas adicionales, de dos carriles cada una, que constituirán las vías de servicio para todos los sectores por donde cruza la vía, en el tramo comprendido entre el cruce con la vía Intervalles y el cruce con la vía Interoceánica.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

Las secciones típicas de la vía se presentan en el Cuadro 1.1

**Cuadro 1.1**  
**SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VÍA**

Parámetros	AUTOVÍA Anchos (m)	VÍAS LATERALES Anchos (m)
	0+000 - 5+500	0+000 - 5+500
Numero de calzadas	2	2
Número de Carriles	6	4
Ancho calzada	10.95	7.30
Ancho carril	3.65	3.65
Ancho parterre central	3.00	-
Ancho parterre lateral (2)		3.00
Espaldones internos (2)	1.20	-
Espaldones externos (2)	2.50	-
Cuneta lateral en corte (2)	1.00	-
Cuneta lateral en corte o relleno (2)		1.00
Pendiente transversal calzada %	2.5	2
Pendiente transversal espaldón %	2.5	-

Considerando que la vía expresa tendrá un acceso controlado, se han diseñado intercambiadores en los cruces con las vías principales nombradas en los párrafos anteriores. Con el fin de integrar a las zonas por donde atraviesa la vía se han diseñado también cruces a desnivel. Las estructuras que se han diseñado para la primera etapa, tramo Auquitas – La Primavera se presentan en el Cuadro 1.2.

**Cuadro 1.2**  
**SITIOS DONDE SE HAN DISEÑADO ESTRUCTURAS**

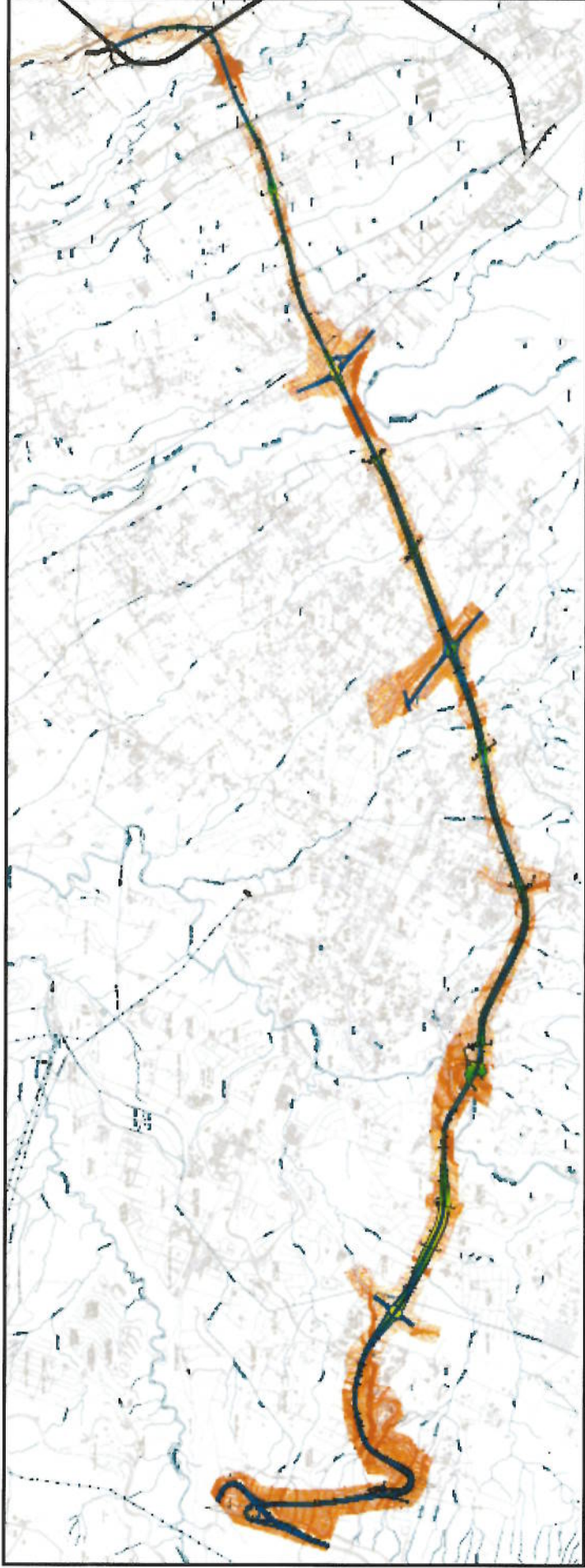
Abscisas	Paso Superior	Paso Inferior	Puente (m)	Observación
0+233.891	x			Inters. Ruta Sur-Av. Simón Bolívar
0+318.211		x		Inters. Av. Simón Bolívar-Rampa 2
0+370.93	x			Cruce Ferrocarril
1+452.658	x			Cruce Ferrocarril
2+790.14		x		Cruce Ruta Sur-Vía Perimetral
3+010.39	x			Cruce Ferrocarril
3+531.369		x		Cruce Ruta Sur- Vía a Lumbisi
3+642.774		x		Cruce Ruta Sur- Vía a Lumbisi
4+259.118	x			Cruce Ruta Sur-La Primavera
4+671.33	X			Cruce Ruta Sur-La Primavera

La ruta se presenta en el Gráfico 1.1

**ASOCIACIÓN**  
**ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

---

**Gráfico G-1.1**  
**UBICACIÓN DEL PROYECTO**



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

### 1.4 REPLANTEO DEL EJE DEL PROYECTO Y EXPROPIACIONES

#### 1.4.1 Replanteo del eje, incluye polígono para enlaces con GPS

Esta actividad consistió en materializar un polígono de precisión a partir de los puntos GPS existentes en el área del Proyecto, luego desde esta poligonal se realizó el replanteo del eje del proyecto en base de coordenadas. El producto de este trabajo fue la materialización del eje del Proyecto.

#### 1.4.2 Nivelación trigonométrica del eje replanteado

En vista que el estacado del eje replanteado, en algunos tramos fue removido del terreno por los propietarios afectados, se realizó la toma de datos de dicho eje con la ayuda de la estación total, a manera de Nivelación Trigonométrica. El resultado de esta actividad fue la obtención del perfil vertical del terreno sobre el eje de replanteo, el mismo que sirvió para realizar el proyecto vertical definitivo.

#### 1.4.3 Monumentación y posicionamiento de nuevos GPS para referencias

Se colocaron 46 mojones con posicionamiento GPS, a lo largo de toda la ruta, los cuales servirán de referencias del trazado. Estos mojones se colocaron en parejas más o menos cada 500 m que servirán para la relocalización del eje del Proyecto en la etapa de construcción. En el siguiente cuadro A continuación se indican los mojones GPS colocados con sus datos respectivos:

**Cuadro 1.3**  
**COORDENADAS GPS ACCESO RUTA SUR AEROPUERTO**

<i>CÓDIGO</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>LATITUD</i>	<i>COTA</i>	<i>OBSERVACIONES</i>
<i>GPS-1-AS</i>	504547.357	9977443.92	2647.431	<i>GPS ANTIGUOS</i>
<i>GPS-2-AS</i>	504835.107	9977724.95	2626.892	<i>GPS ANTIGUOS</i>
<i>GPS-3-AS</i>	508489.35	9975589.39	2315.953	<i>GPS ANTIGUOS</i>
<i>GPS-4-AS</i>	508708.006	9975628.27	2304.47	<i>GPS ANTIGUOS</i>
<i>GPS-5-AS</i>	514816.472	9977138.91	2446.342	<i>GPS ANTIGUOS</i>
<i>GPS-6-AS</i>	514953.874	9976880.91	2456.273	<i>GPS ANTIGUOS</i>
<i>GPS-9-AS</i>	504559.742	9977357.62	2638.071	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-10-AS</i>	504699.539	9977272.61	2615.672	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-11-AS</i>	504581.463	9976960.63	2619.551	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-12-AS</i>	504702.983	9976943.79	2595.159	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-13-AS</i>	504693.059	9976325.85	2569.504	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-14-AS</i>	504716.853	9976266.38	2560.973	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-15-AS</i>	505098.349	9976385.83	2513.939	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-16-AS</i>	505083.689	9976327.33	2512.736	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-17-AS</i>	505449.498	9976604.79	2470.377	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-18-AS</i>	505414.905	9976600.87	2473.824	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-19-AS</i>	505991.13	9976712.52	2434.665	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-20-AS</i>	506028.746	9976773	2432.828	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-21-AS</i>	506385.737	9976254.56	2403.329	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-22-AS</i>	506473.24	9976344.7	2399.911	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-23-AS</i>	506883.312	9975948.04	2390.84	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-24-AS</i>	506800.968	9975975.48	2391.925	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-25-AS</i>	507323.992	9975802.39	2379.294	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-26-AS</i>	507381.084	9975804.47	2373.813	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-27-AS</i>	507922.091	9975931.17	2346.447	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-28-AS</i>	507980.393	9975935.45	2343.426	<i>GPS NUEVOS</i>
<i>GPS-29-AS</i>	510329.098	9975399.76	2350.053	<i>GPS NUEVOS</i>



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

<b>CÓDIGO</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>	<b>COTA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
GPS-30-AS	510389.11	9975461.91	2348.724	GPS NUEVOS
GPS-31-AS	510628.285	9975209.08	2353.937	GPS NUEVOS
GPS-32-AS	510612.444	9975137.2	2355.495	GPS NUEVOS
GPS-33-AS	511095.324	9975442.57	2350.866	GPS NUEVOS
GPS-34-AS	511212.649	9975390.29	2355.584	GPS NUEVOS
GPS-35-AS	511889.416	9975653.12	2360.341	GPS NUEVOS
GPS-36-AS	511957.931	9975488.15	2369.142	GPS NUEVOS
GPS-37-AS	512236.135	9975750.41	2380.877	GPS NUEVOS
GPS-38-AS	512175.7	9975793.57	2378.492	GPS NUEVOS
GPS-39-AS	512753.424	9975974.3	2400.983	GPS NUEVOS
GPS-40-AS	512821.681	9975846.18	2408.413	GPS NUEVOS
GPS-41-AS	513293.968	9976161.92	2411.801	GPS NUEVOS
GPS-42-AS	513412.462	9976098.25	2412.893	GPS NUEVOS
GPS-43-AS	513800.012	9976428.24	2421.281	GPS NUEVOS
GPS-44-AS	513765.039	9976480.99	2417.409	GPS NUEVOS
GPS-45-AS	514221.102	9976449.84	2441.967	GPS NUEVOS
GPS-46-AS	514251.19	9976393.12	2443.671	GPS NUEVOS
GPS-47-AS	514338.005	9976736.8	2436.691	GPS NUEVOS
GPS-48-AS	514331.36	9976787.74	2435.562	GPS NUEVOS
GPS-49-AS	514801.531	9976684.99	2440.019	GPS NUEVOS
GPS-50-AS	514864.152	9976732.82	2446.998	GPS NUEVOS
GPS-51-AS	516585.012	9977568.07	2515.616	GPS NUEVOS
GPS-52-AS	516675.272	9977410.38	2522.313	GPS NUEVOS
GPS-54-AS	517885.21	9978339.6	2524.389	GPS NUEVOS
GPS-55-AS	518188.033	9977910.79	2537.395	GPS NUEVOS

#### 1.4.4 Procesamiento y dibujo perfil vertical

A partir de la toma de datos del eje replanteado con la Estación total, se obtuvo el perfil del terreno del eje del Proyecto, sobre el cual se realizó el diseño vertical definitivo.

#### 1.4.5 Determinación de propietarios para expropiaciones.

A partir del eje del Replanteo y de los puntos GPS de la vía, se procedió al Levantamiento de linderos y propiedades por el corredor de la ruta replanteada, para con esta información proceder a las indemnizaciones correspondientes a cargo de los especialistas respectivos.

#### 1.4.6 Colocación de laterales en áreas construidas

Así mismo a partir del eje del Replanteo y de los puntos GPS de la vía, se procedió a la colocación de las laterales del Proyecto, únicamente en las propiedades afectadas por el trazado.

#### 1.4.7 Topografías auxiliares

Se realizaron Levantamientos topográficos de precisión, en sitios puntuales como el cruce del Río Chiche, el cruce de la ruta con la Vía Pifo-Quinche y en la Av. Simón Bolívar, donde se realizó el levantamiento del perfil del terreno de varias alcantarillas.

## **2. ESTUDIO DE TRÁFICO**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

#### **2.1.1 Objetivo**

El objetivo principal del estudio de tráfico es determinar la demanda, expresada en vehículos, que tendrán los distintos tramos del proyecto, y determinar las proyecciones respectivas para el horizonte de diseño; con esta información, se dispondrán de los parámetros necesarios para dimensionar el proyecto así como información para la evaluación económica y financiera del proyecto.

#### **2.1.2 Alcance del Estudio**

El estudio se lleva a cabo cumpliendo con la secuencia de actividades delineadas a continuación:

- **Determinación de la Demanda Actual**
  - Determinar la situación base de la Red Vial de Quito en base al modelo de Demanda de Quito 2008
  - Determinar la situación base de la Red Vial del Valle de Tumbaco en base a encuestas Origen – Destino y a conteos de tráfico en sitios específicos de la zona.
  - Determinar la demanda de pasajeros del aeropuerto Mariscal Sucre a través del estudio de demanda del aeropuerto realizado en el año 2003.
- **Determinación de la Demanda Futura**
  - En función de lo contemplado en el Plan de Desarrollo Territorial del DMQ (PGDT 2006), y a las previsiones de crecimiento de pasajeros del aeropuerto se define el escenario de crecimiento del tráfico en las zonas involucradas en la región analizada.
- **Proyectos en la Red Vial**
  - Identificar, junto con los técnicos de la I. Municipalidad del DMQ, un conjunto de enlaces viales, que conformarán una estructura de la red vial futura de la subregión, (construcción de nuevos tramos de vías; ampliación/mejoramiento de tramos de vías existentes).
  - Construir un modelo de transporte que integre la información de la Red Vial y la Demanda generados para efectos de la presente consultoría.
- **Programación de Proyectos**
  - Identificar, junto con los técnicos de la I. Municipalidad del DMQ, los proyectos y su año de implementación.
  - Efectuar asignaciones de tráfico, en distintos horizontes de tiempo, de acuerdo a la programación de proyectos.

### **2.2 SITUACIÓN ACTUAL**

#### **2.2.1 Antecedentes históricos de tráfico**

Las fuentes de información de tráfico histórico en el área de estudio, constituye los estudios disponibles de los últimos 10 años en el DMQ y que se detallan a continuación:

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

- Estudio de Demanda de Transporte de Quito, EMDUQ, 2008.
- Estudio de Tráfico y Demanda de Transporte en el Corredor Quito-Quinche, Dirección Metropolitana de Transporte y Vialidad, 2007.
- Estudio de Vías de Acceso al Nuevo Aeropuerto, CORPAQ, 2004.

### 2.2.1.1 Inventario de Rutas de Transporte Público

Existen 11 rutas operando en el valle de Tumbaco; las cuales se detalla en la Tabla 2.1:

**Tabla 2.1**  
**RUTAS QUE OPERAN EN EL VALLE DE TUMBACO**

No.	Operador*	Cod operador	Ruta	Cod ruta
1	Compañía de Transportes San Sebastián de Pifo	64	Terminal Río Coca - Pifo	202
2	Cooperativa de Transportes Yaruquí	67	Terminal Río Coca - Yaruquí	231
3	Cooperativa de Transportes Yaruquí	67	Otón de Velez - Yaruquí - Terminal Río Coca	232
4	Cooperativa de Transportes Reina de El Quinche	63	El Quinche - Checa - Terminal Río Coca	220
5	Cooperativa de Transportes Reina de El Quinche	63	Cusubamba - El Quinche	222
6	Cooperativa de Transportes Reina de El Quinche	63	El Quinche - La Victoria - Guayllabamba	221
7	Compañía de Transportes Puembo TRAPUCA C.A	65	Terminal Río Coca - Puembo	238
8	Cooperativa de Transportes Tumbaco	66	Terminal Río Coca - Collaquí	227
9	Cooperativa de Transportes Tumbaco	66	Terminal Río Coca - El Arenal	228
10	Cooperativa de Transportes Tumbaco	66	Terminal Río Coca - Lumbisí	229
11	Cooperativa de Transportes Tumbaco	66	Terminal Río Coca - La Morita	230
* TODOS LOS OPERADORES INVESTIGADOS CUENTAN CON AUTORIZACIÓN DE OPERACIÓN DE LA EMSAT				

**Fuente:** Estudio de Tráfico y Demanda de Transporte en el Corredor Quito-Quinche, Dirección Metropolitana de Transporte y Vialidad, 2007

Las frecuencias de las rutas que operan en el Corredor Quito – Quinche se presentan en la Tabla 2.2:

# ASOCIACIÓN ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

**Tabla 2.2  
FRECUENCIAS IDENTIFICADAS**

RUTA	202		220		227		228		229		230		231		238	
TERMINAL	COCA	PIFO	COCA	QUINCHE	COCA	COLLAQUI	ARENAL	COCA	COCA	LUMBISI	COCA	MORITA	COCA	YARUQUI	COCA	PUEMBO
HORA	COCA	PIFO	COCA	QUINCHE	COCA	COLLAQUI	ARENAL	COCA	COCA	LUMBISI	COCA	MORITA	COCA	YARUQUI	COCA	PUEMBO
5:00	0	3	3	11	0	6	1	0	0	1	0	2	2	9	0	2
6:00	3	7	11	7	3	8	8	3	4	4	2	4	10	7	6	4
7:00	4	6	13	9	5	4	5	6	3	4	4	4	10	6	6	6
8:00	6	5	9	8	5	4	5	4	4	2	4	4	9	6	5	6
9:00	4	4	10	7	4	4	4	4	2	4	2	4	9	6	6	6
10:00	5	4	9	7	4	3	6	3	4	3	3	3	8	6	5	4
11:00	5	3	9	9	3	2	4	4	4	2	3	2	7	5	4	4
12:00	4	5	9	8	4	3	5	4	4	3	3	3	7	7	6	7
13:00	3	5	8	8	4	4	4	3	3	2	2	3	9	8	5	7
14:00	5	5	8	7	4	4	4	5	5	4	2	3	8	7	5	6
15:00	5	3	8	7	4	4	2	4	4	2	3	3	8	7	5	6
16:00	5	5	8	10	4	4	4	4	4	3	3	3	7	7	6	5
17:00	5	5	10	7	5	5	4	4	3	4	3	3	8	7	6	5
18:00	5	6	8	6	4	3	4	5	4	2	3	3	8	7	4	6
19:00	5	4	6	3	3	5	1	5	2	3	3	1	5	5	7	5
20:00	2	1	3	0	2	4	0	1	1	3	1	1	5	0	3	3
Total	66	71	132	114	58	67	61	59	51	46	41	46	120	100	79	82

**Fuente:** Estudio de Tráfico y Demanda de Transporte en el Corredor Quito-Quinche, Dirección Metropolitana de Transporte y Vialidad, 2007

### 2.2.1.2 Información de Tráfico

En la Tabla 2.3 se reporta en TPDA en las vías donde se realizaron conteos tanto direccionales como de giros en el año 2007.

**Tabla 2.3  
TPDA AÑO 2007 EN LAS VÍAS.**

Vía	Livianos	Transporte Público	Camiones	TOTAL
TANDA – CUMBAYA	38439	2460	2032	42931
LA LIRA – USFQ	51145	2089	2141	55375
INTERVALLES – TUMBACO	32480	1859	2815	37154
PUEMBO PIFO	12180	1123	2037	15600
DESVÍO NAYÓN – INTERCAMBIADOR INTEROCEÁNICA	46801	1786	5106	53693
YARUQUI – QUINCHE	3946	548	1352	5846

**Fuente:** Estudio de Tráfico y Demanda de Transporte en el Corredor Quito-Quinche, Dirección Metropolitana de Transporte y Vialidad, 2007

En la Tabla 2.4 se reporta la composición del tráfico en las vías donde se realizaron conteos tanto direccionales como de giros.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

Tabla 2.4  
COMPOSICIÓN DE TRÁFICO EN LAS VÍAS

Vía	Livianos	Transporte Público	Camiones	TOTAL
TANDA – CUMBAYA	89.5%	5.7%	4.7%	100.0%
LA LIRA – USFQ	92.4%	3.8%	3.9%	100.0%
INTERVALLES – TUMBACO	87.4%	5.0%	7.6%	100.0%
PUEMBO PIFO	78.1%	7.2%	13.1%	100.0%
DESVÍO NAYÓN – INTERCAMBIADOR INTEROCEÁNICA	87.2%	3.3%	9.5%	100.0%
YARUQUI – QUINCHE	67.5%	9.4%	23.1%	100.0%

### 2.2.1.3 Modelos de Transporte

En las consultorías de Estudio de Demanda de Transporte de Quito, EMDUQ, 2008 y Estudio de Vías de Acceso al Nuevo Aeropuerto, CORPAQ, 2004, se generaron modelos de transporte; en la primera fueron analizados tanto el transporte público como privado de la ciudad de Quito; sin embargo en el tratamiento del sector del Valle de Tumbaco no se dispone de información detallada que permita la utilización directa del modelo para la presente consultoría; en cambio la segunda consultoría mencionada fue desarrollada exclusivamente para analizar las vías de acceso al nuevo aeropuerto dando énfasis al corredor Quito – Valle de Tumbaco.

Con información de los modelos mencionados, complementados por la información que se genera en la presente consultoría se ha generado un nuevo modelo; esto fue expuesto en reuniones de trabajo y fue aprobado por el Gerente de Obras Públicas.

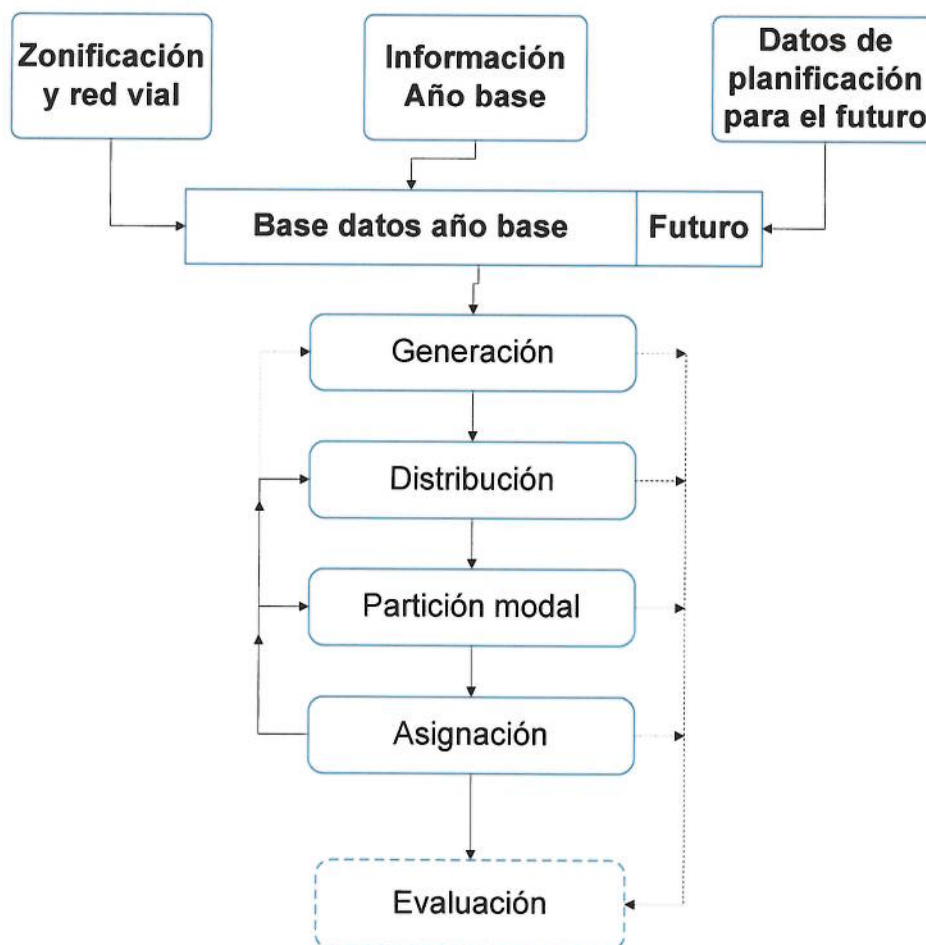
### 2.2.2 Modelo de Transporte para el Análisis de la Ruta Sur

#### 2.2.2.1 Modelo 4 etapas

La información base para el estudio, en lo que tiene que ver con la demanda general de todo el DMQ, fue obtenida del Estudio de Demanda de Quito, 2008<sup>1</sup>, este estudio se basó en un modelo clásico de transporte como se ilustra en la Figura 2.1.

<sup>1</sup> Cal & Mayor – Idrobo & Asociados, INNOVAR UIO

**Figura 2.1**  
**MODELO CLÁSICO DE TRANSPORTE DE 4 ETAPAS**



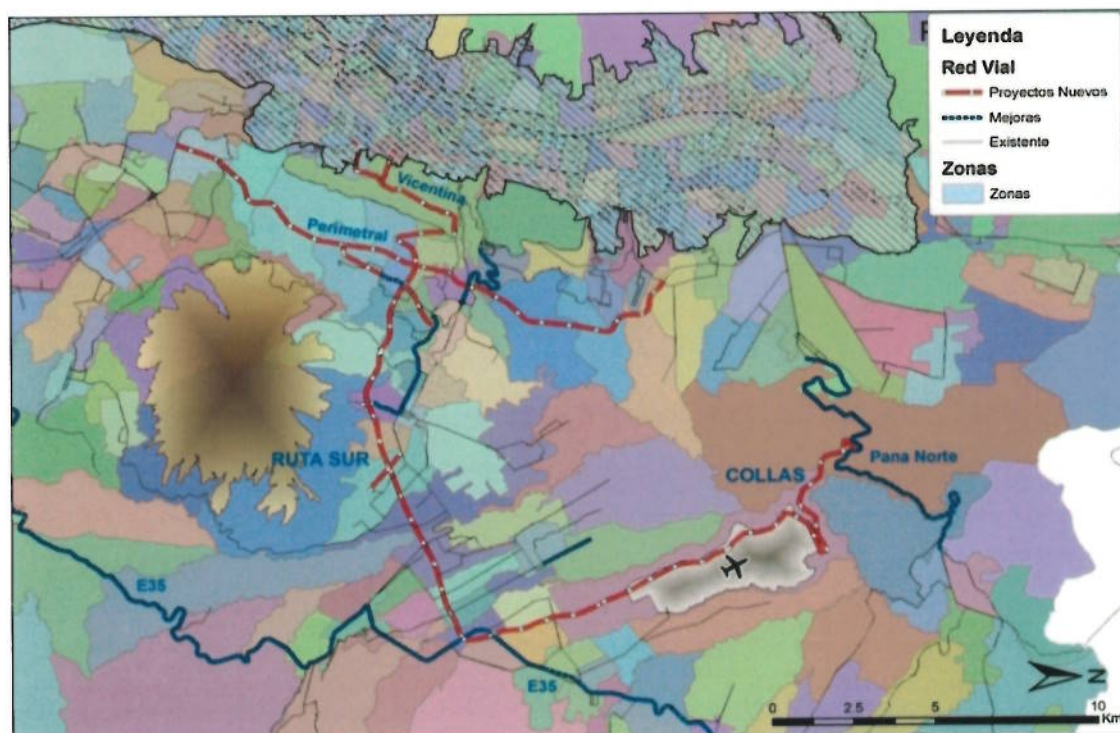
Fuente: E: ORTÚZAR, Modelling Transport

#### 2.2.2.2 Zonificación

La zonificación del estudio de demanda 2008 fue modificada para incluir un total de 552 zonas de tráfico, de las cuales 75 corresponden las parroquias de Cumbayá, Tumbaco y demás parroquias nororientales.

En la Figura 2.2 se presenta un mapa con la zonificación del área de estudio.

**Figura 2.2**  
**ZONIFICACIÓN ÁREA DE ESTUDIO**



Fuente: Elaboración propia

### 2.2.3 Estudio de Demanda de la zona de análisis

Para determinar la demanda de la zona de estudio se llevaron a cabo aforos vehiculares manuales y automáticos, así como encuestas origen y destino.

#### 2.2.3.1 Trabajo de Campo

En la Tabla 2.5 se indican los sitios y fechas en las cuales se llevaron a cabo los 4 días de Encuestas OD correspondientes a 2 días de semana, sábado y domingo, durante 12 horas x día en el período de 6:00 a 18:00 horas. El seguimiento y verificación de estos trabajos fue realizado por la Supervisión del proyecto conformada por los ingenieros Walter Bernal y Holmes Jiménez.

**Tabla 2.5**  
**PROGRAMACIÓN ENCUESTAS OD**

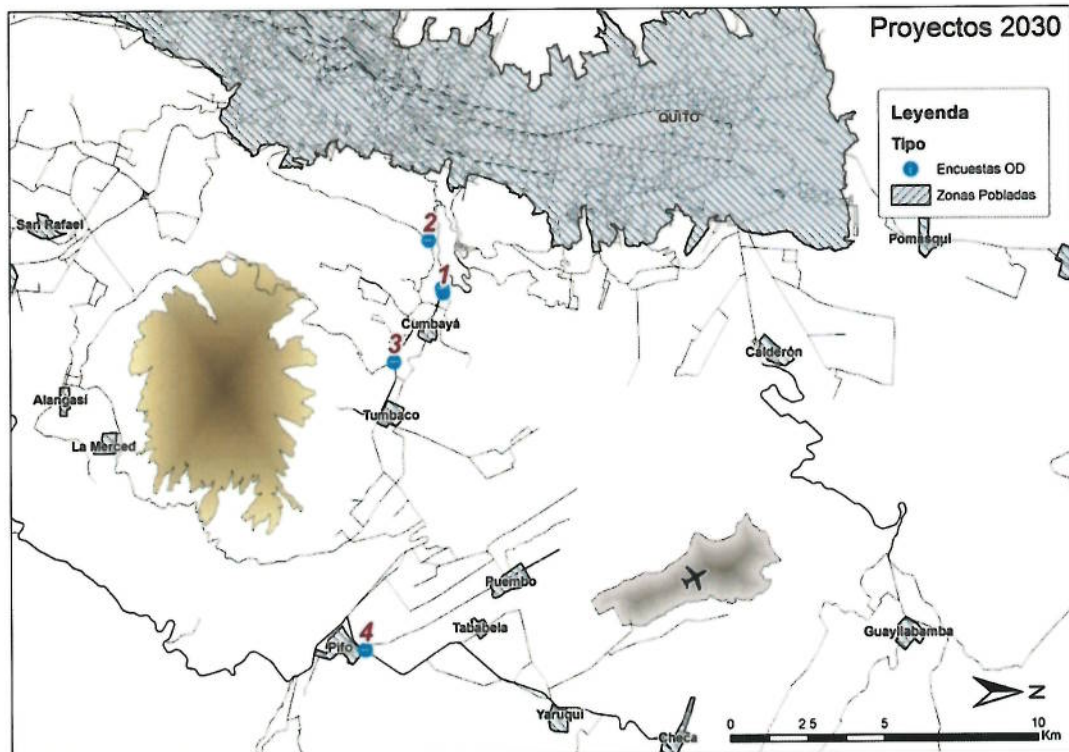
Nº	Sitio	# aforadores	Fecha Inicio	Fecha Fin	No. Enc (aprox)	# días
1	Cumbayá Sector la Lira**	20	jue 24 jun 2010	dom 27 jun 2010	5200	4
2	Vía De ingreso a S. Juan entre S. Bolívar e Interoceánica**	4	jue 24 jun 2010	dom 27 jun 2010	1080	4
3	Av. Interoceánica sector El Nacional	12	jue 1 jul 2010	dom 4 jul 2010	1560	4
4	E35 entre Pifo y Tababela	6	jue 1 jul 2010	dom 4 jul 2010	1400	4

\*\* Se suspendió el día jueves por ausencia de colaboración policial y se reprogramó del viernes 25 al lunes 28 de junio

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.3  
MAPA DE UBICACIÓN ESTACIONES DE ENCUESTAS OD**



Fuente: Elaboración propia

Se diseñaron formularios para llevar a cabo las encuestas Origen – Destino, los cuales fueron puestos en consideración de la Supervisión del proyecto conformada por los ingenieros Walter Bernal y Holmes Jiménez y aprobados. Los formularios se presentan a continuación.

**Figura 2.4  
FORMULARIO ENCUESTA ORIGEN - DESTINO**

Encuestas OD vehículos		POLIO
Fecha:		
Estación:	Sentido:	
Encuestador:	Hora Inicio:	
Hora:	Observaciones:	
<b>Origen</b>		<b>Destino</b>
Barrío/sector/ciudad	Barrío/sector/ciudad	
Sitio	Sitio	
Dirección	Dirección:	
<b>Tipo de Vehículo:</b>	<b>Pico y Placa:</b>	
<input type="checkbox"/> Liviano <input type="checkbox"/> Bus (no urbano) <input type="checkbox"/> Camión mediano <input type="checkbox"/> Camión grande	<input type="checkbox"/> Cambia hora <input type="checkbox"/> Bus / Transp P <input type="checkbox"/> No afecta <input type="checkbox"/> Otro	
<input type="checkbox"/> Taxi <input type="checkbox"/> Bus (no urbano) <input type="checkbox"/> Camión pequeño <input type="checkbox"/> Camión grande	<input type="checkbox"/> Comparte <input type="checkbox"/> Taxi <input type="checkbox"/> Que?	
Número pasajeros: <input type="checkbox"/> Incluido el conductor	<b>Tipo de Carga (solo camiones)</b>	
	<input type="checkbox"/> Agrícola <input type="checkbox"/> Mat. Constr. <input type="checkbox"/> Mercadería / varios <input type="checkbox"/> Vacio	
<b>Motivo de viaje:</b>	<b>Combustible</b>	
DE: <input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudio <input type="checkbox"/> Compras <input type="checkbox"/> Otro	<input type="checkbox"/> Extra Super <input type="checkbox"/> Diesel <input type="checkbox"/> No contesta	
HACIA: <input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudio <input type="checkbox"/> Compras <input type="checkbox"/> Otro		

Fuente: Elaboración propia

Se efectuaron conteos automáticos y conteos manuales de calibración en los sitios indicados en la Tabla 2.6, mediante contadores automáticos de tipo neumático por un período de 7 días, las 24 horas del día y su posterior calibración durante 2 días x 8 horas cada día.

**Tabla 2.6**  
**PROGRAMACIÓN CONTEOS AUTOMÁTICOS DE TRÁFICO**

Nº	Sitio	# Equipos	Fecha Inicio	Fecha Fin	# días	Observaciones
1	Av. Interoceánica antes del desvío a Tanda	2	mié 16 jun 2010	mié 30 jun 2010	14	
2	Av. Conquistadores entre S. Bolívar e Interoceánica	1	mié 16 jun 2010	mar 29 jun 2010	13	
3	Vía De ingreso a S. Juan entre S. Bolívar e Interoceánica	1	vie 18 jun 2010	mié 30 jun 2010	12	Daños en mangueras
4	Av. Interoceánica sector El Nacional	1	mié 16 jun 2010	lun 5 jul 2010	19	
5	Av. Interoceánica sector El arenal	1	mié 16 jun 2010	mié 30 jun 2010	14	
6	Av. Interoceánica entre Pumbo y Pifo	2	mié 30 jun 2010	mar 13 jul 2010	13	
7	E35 entre Pifo y Tababela	1	sáb 19 jun 2010	jue 1 jul 2010	12	

Fuente: Elaboración propia

Se llevaron a cabo aforos vehiculares manuales adicionales durante 1 día de semana por un período de 12 horas continuas, de acuerdo a la Tabla 2.7.

**Tabla 2.7**  
**PROGRAMACIÓN CONTEOS MANUALES ADICIONALES**

Nº	Sitio	# Personas	Fecha
1	Av. Interoceánica sector La Primavera	4	mié 30 jun 2010
2	Av. Interoceánica sector La Morita	4	mié 30 jun 2010
3	Vía antigua Cumbayá - Tumbaco (sector Cervecería)	1	mié 30 jun 2010
4	Av. Conquistadores en Intersección con Av. Simón Bolívar	6	mié 30 jun 2010
5	Av. Interoceánica entrada a Tanda	6	mié 30 jun 2010

Fuente: Elaboración propia

## 2.2.4 Estadísticas de encuestas y conteos

### 2.2.4.1 Conteos vehiculares

En función de los conteos y aforos automáticos y clasificados de tráfico fue posible determinar los flujos vehiculares en las principales vías de la zona.

Para la determinación del TPDA se consideró lo siguiente:

$$TPDA = TPDS \times FS \times FM$$

TPDA = Tráfico Promedio Diario Anual

TPDS = Tráfico Promedio Diario Semanal

FS = Factor de Variación de las semanas de un mes (se asumió 1 dado que los conteos fueron en promedio de 14 días en las estaciones de conteo automático)

FM = Factor de Variación Mensual

Los factores de variación mensual (FM) se tomaron de estadísticas de la Autopista General Rumiñahui de los años 2007 al 2009, con lo cual se obtuvieron los siguientes factores de ajuste.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

**Tabla 2.8**  
**FACTORES DE AJUSTE**

Mes	Factor
Enero	1.09
Febrero	1.06
Marzo	1.04
Abril	1.04
Mayo	1.01
Junio	0.99
Julio	1.00
Agosto	1.03
Septiembre	0.94
Octubre	0.94
Noviembre	0.95
Diciembre	0.93

Fuente: Estadísticas Peaje Autopista General Rumiñahui

En la Tabla 2.9 se presenta el resumen de TPDA obtenido a través de los conteos manuales y automáticos en las estaciones respectivas. En el Anexo 2-1 se presenta el detalle de los conteos efectuados.

**Tabla 2.9**  
**TPDA OBSERVADOS**

Vía	Ubicación / sector	TPDS	FS	FM	TPDA
Interoceánica	Sector Miravalle	45,727	1.0	0.990	45,278
Conquistadores	Entre S. Bolívar y Cumbayá	11,555	1.0	0.990	11,441
Bajada S. Juan Alto	Entre S. Bolívar y Cumbayá	8,467	1.0	0.990	8,384
Interoceánica	Club El Nacional	39,502	1.0	0.990	39,114
Interoceánica	El Arenal	23,100	1.0	0.990	22,873
Interoceánica	Puembo	15,688	1.0	0.996	15,630
E35	Pifo – Tababela	11,048	1.0	0.990	10,939

Fuente: elaboración propia

### *Composición vehicular*

En base a los aforos manuales clasificados se obtuvieron las composiciones de tráfico presentadas en la Tabla 2.10.

# ASOCIACIÓN ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

**Tabla 2.10  
COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO**

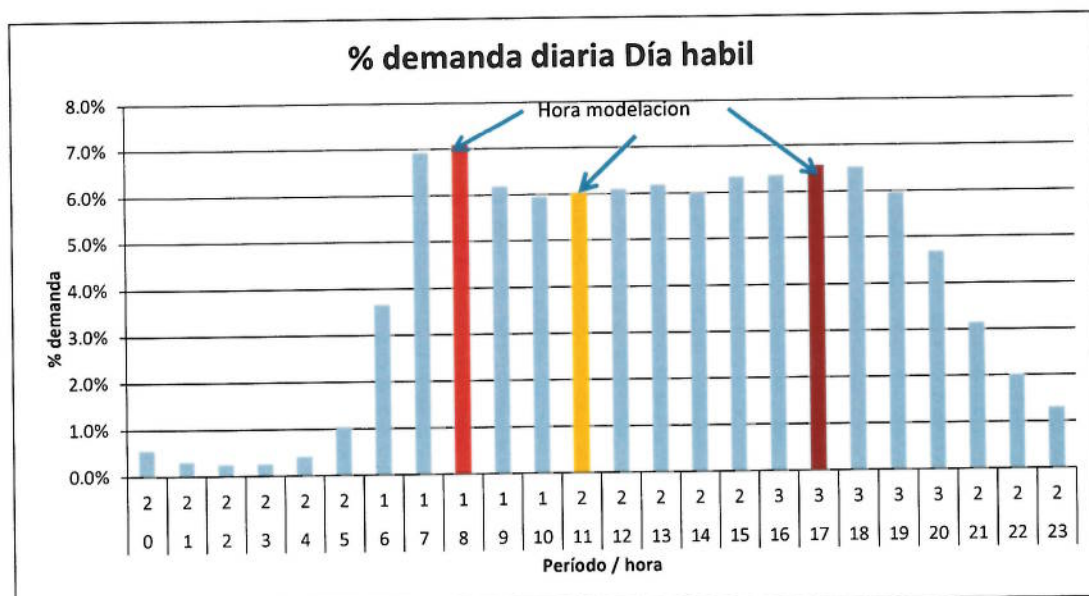
IdSitio	Nombre Estación Aforo	Liviano	Taxi	Bus Transp. Público	Bus 2 ejes (otros)	Bus 3 ejes	Cam. Peq	Cam Med 2 ejes	Cam 3 ejes	Cam 4 ejes	Cam 5+ ejes
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Redondel la Lira	88.3%	2.8%	3.5%	0.8%	0.0%	1.8%	2.0%	0.29%	0.04%	0.31%
2	San Juan	95.0%	1.9%	0.4%	0.5%	0.0%	1.5%	0.7%	0.01%	0.00%	0.00%
3	La Morita	81.3%	3.0%	3.6%	1.8%	0.0%	5.0%	4.2%	0.45%	0.07%	0.51%
4	La Primavera	85.0%	4.2%	3.7%	0.4%	0.0%	3.3%	2.8%	0.28%	0.04%	0.27%
5	Cervecería	92.8%	4.3%	1.0%	0.5%	0.0%	0.9%	0.5%	0.00%	0.00%	0.00%
6	Tanda (intersección)	90.3%	1.6%	2.7%	0.4%	0.0%	2.0%	2.4%	0.23%	0.04%	0.28%
7	Conquistadores y S. Bolívar (intersección.)	91.6%	3.3%	2.2%	0.7%	0.1%	1.6%	0.5%	0.00%	0.00%	0.00%
8	Puente Guápulo	92.5%	3.6%	1.1%	1.0%	0.0%	1.7%	0.0%	0.00%	0.00%	0.00%
9	El Nacional	87.8%	3.7%	2.8%	0.6%	0.0%	2.8%	1.7%	0.20%	0.03%	0.33%
10	Pifo	74.7%	2.4%	5.4%	1.6%	0.0%	5.2%	7.7%	0.80%	0.13%	2.00%

Fuente: elaboración propia

### Períodos de modelación

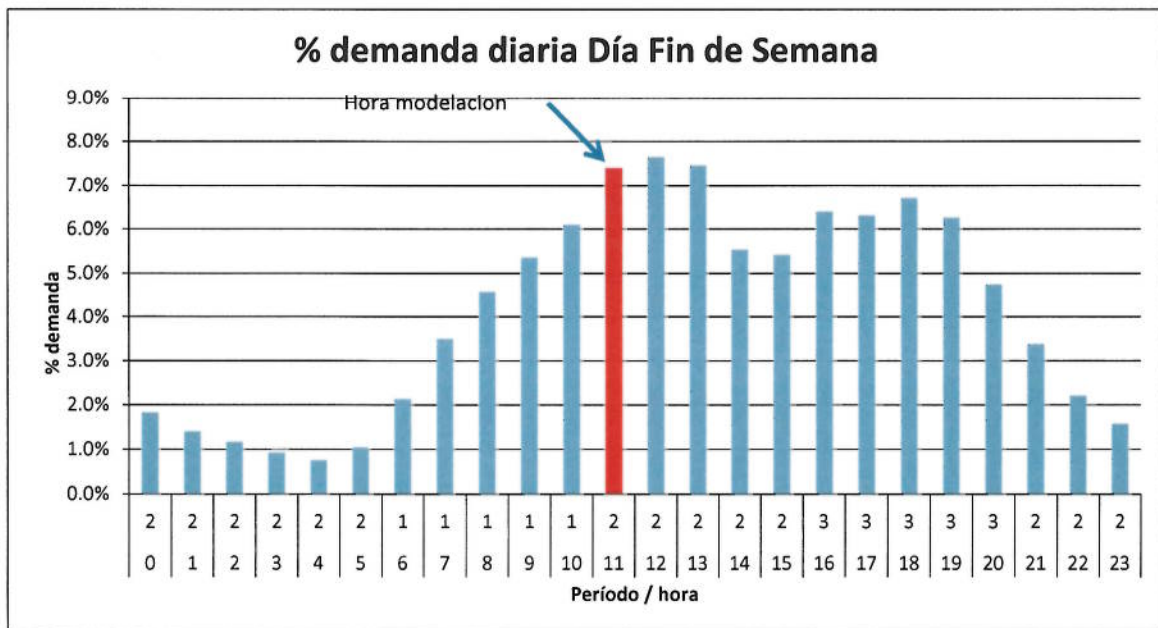
En función de los conteos horarios se procedió a determinar períodos representativos del día hábil para efectos de la modelación. Fueron utilizados los conteos de las principales estaciones de conteo entre Quito y el Valle. En la Figura 2.5 se presenta un perfil horario de demanda para un día hábil promedio, en el cual se indican las horas seleccionadas para la modelación. En la Figura 2.6 se presenta el perfil para el fin de semana.

**Figura 2.5  
PERFIL HORARIO Y PERÍODOS DE MODELACIÓN DÍA HÁBIL**



Fuente: elaboración propia

**Figura 2.6**  
**PERFIL HORARIO Y HORA MODELACIÓN FIN DE SEMANA**



Fuente: elaboración propia

En la Tabla 2.11 se presenta el resumen de las horas de modelación seleccionadas con los porcentajes de esta hora respecto a la demanda del período y respecto a la demanda diaria.

**Tabla 2.11**  
**PERÍODOS DE MODELACIÓN**

Período	Descripción	Hora de modelación	% Demanda hora / período	% Demanda hora / día	% Demanda período / día
1	AM	8h00-8h59	23.75%	7.1%	29.8%
2	Valle	11h00-11h59	15.08%	6.0%	40.1%
3	PM	17h00-17h59	21.79%	6.6%	30.1%
4	Fin de semana	11h00-11h59	7.40%	7.4%	100%

Fuente: elaboración propia

#### 2.2.4.2 Encuestas OD

##### *Tamaño de la muestra*

Con el fin de verificar el tamaño de la muestra requerido de las encuestas O/D efectuadas, fue necesario estimar el universo de la Demanda de Viajes que será analizado; lo cual fue determinado de un análisis inicial de los orígenes y destinos (Tabla 2.12) obtenidos de las encuestas y de los conteos de tráfico efectuado. En la Tabla 2.13 se presenta una matriz origen/destino expresada en vehículos; obteniéndose una demanda diaria total del orden de 70000 vehículos.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

**Tabla 2.12**  
**MACROZONAS**

MACROZONA		MACROZONA	
ID	Descripción	ID	Descripción
1	Norte de Quito	9	Sector de Tumbaco
2	Centro Norte de Quito	10	Aeropuerto
3	Centro de Quito	11	Sector Los Chillos
4	Centro Sur de Quito	12	Cantón Rumiñahui
5	Sur de Quito	13	Externa Norte
6	Sector de Calderón	14	Externa Noroccidente
7	Rural Centro Norte	15	Externa Oriente
8	Rural Noroccidente	16	Externa Sur

**Tabla 2.13**  
**MATRIZ ORIGEN/DESTINO POR ZONAS AGREGADAS**

veh	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1									2,201	1,154							3,355	
2									9,438	3,818							13,256	
3									2,815	1,515							4,330	
4									2,059	1,022							3,081	
5									1,175	761							1,937	
6									779	443							1,222	
7									4	-							4	
8									21	10							31	
9	2161.56	11,566	3,893	1,964	1,188	587	6	71	6,593	1,515	566	750	-	56	-	325	-	31,242
10	684.89	4,094	1,192	619	359	97	3	4	1,772	1,214	96	40	21	110	5	61	-	10,282
11									862	189								1,051
12									898	337								1,235
13									33	-								33
14									66	63								129
15									37	15								51
16									179	62								241
	2846.45	15569.68	5084.94	2582.85	1547.7	684.23	8.94	75.03	28932.38	12118.15	661.67	790.16	21.26	165.23	5.07	385.67	0	71,479

La cantidad de información que debe ser recolectada depende de la exactitud deseada para los resultados. Se ha considerado la siguiente fórmula del Research on Road Traffic, Road Research Laboratory, UK, paginas 126-127

$$V \cong \frac{1}{\sqrt{qkm}}$$

Donde

- V= coeficiente de variación del flujo estimado (el coeficiente de variación es la tasa entre la desviación estándar y la media)
- q = flujo estimado en vehículos
- k = factor de muestra (número de encuestas sobre el número de vehículos)
- m = número de líneas de cordón interceptadas por el movimiento

Si se considera que m es 1, entonces

$$k \cong \frac{1}{qV^2}$$

Tomando en consideración esto si el flujo es de aproximadamente entre Quito y el Valle es de 70000 vehículos, con un promedio de 6000 vehículos por hora el porcentaje de muestra resultante es de 6.7%, o lo que es equivalente a aproximadamente 5000 encuestas.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

A pesar de la escasa colaboración policial se logró obtener un número considerable de encuestas, que están por sobre el 10% de la demanda promedio diaria al valle de Cumbayá.

**Tabla 2.14**  
**NÚMERO DE ENCUESTAS REALIZADAS POR PERÍODO**

Periodo	Descripción	#
1	AM	3210
2	Valle	2143
3	PM	2650
4	Fin de Semana	3400
<b>Total</b>		<b>11403</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.15**  
**NÚMERO DE ENCUESTAS REALIZADAS POR TIPO DE VEHÍCULO**

Tipo Vehículo	# encuestas
Livianos	10809
Buses*	73
Camiones	521

\* no se encuesta líneas TP (ruta conocida)

### *Motivos de viaje*

Los motivos de viaje fueron clasificados de acuerdo a las características del viaje, siendo estos:

- BHT, Basados en el hogar – Trabajo, Viajes cuyo origen o destino es el hogar y tienen características de trabajo
- BHE, Basados en el hogar – Escuela, Viajes cuyo origen o destino es el hogar y son de tipo académicos
- BHC, Basados en el hogar – Compras, Viajes cuyo origen o destino es el hogar y son de tipo compras
- BHO, Basados en el hogar – Otros, Viajes cuyo origen o destino es el hogar y tienen múltiples motivos no contemplados en los anteriores
- NBH, No basados en hogar, viajes cuyo origen o destino no es el hogar, como viajes Trabajo – Trabajo.

En la Tabla 2.16 se presenta el resumen de motivos de viaje según el período característico, cabe anotar que los porcentajes de viajes basados en el hogar-escuela BHE son bajos respecto al promedio observado en la ciudad en otras fechas en las cuales todos los tipos de establecimientos educativos están funcionando.

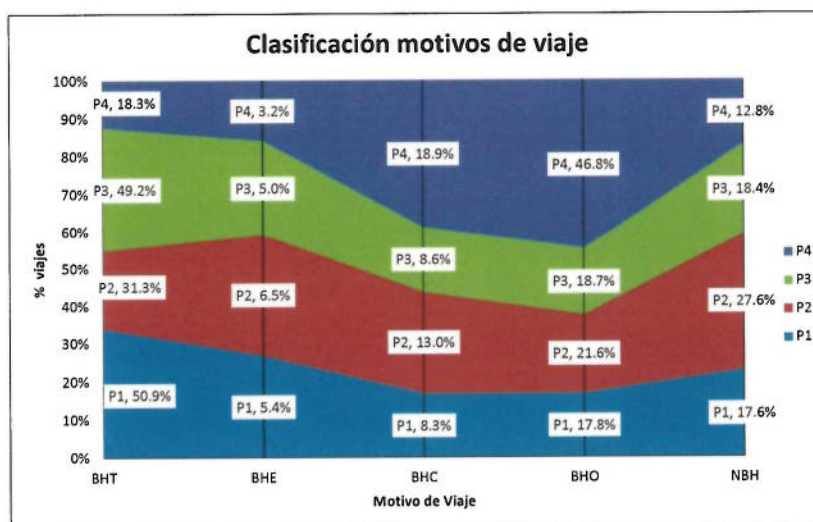
En lo que tiene que ver con otros motivos de viajes los más observados fueron: Recreación, Visitas, Salud y Trámites.

**Tabla 2.16**  
**PORCENTAJE DE MOTIVOS DE VIAJE POR PERÍODO**

Motivo	PERÍODO			
	P1-AM	P2-Valle	P3-PM	P4-Fin Semana
BHT	50.9%	31.3%	49.2%	18.3%
BHE	5.4%	6.5%	5.0%	3.2%
BHC	8.3%	13.0%	8.6%	18.9%
BHO	17.8%	21.6%	18.7%	46.8%
NBH	17.6%	27.6%	18.4%	12.8%

\*\* A la fecha del estudio la mayoría de Colegios, Escuelas y Universidades habían finalizado el período académico  
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 2.7**  
**GRÁFICA MOTIVOS DE VIAJE POR PERÍODO**



**Fuente:** Elaboración propia

### **Ocupación**

En la Tabla 2.17 se presenta el resumen de ocupación promedio de vehículos observada durante las encuestas, cabe señalar que la ocupación promedio de vehículos livianos durante días hábiles es ligeramente menor con una ocupación promedio de 1.7 pasajeros por vehículo. En el caso de taxis hay que señalar que la ocupación no toma en cuenta al chofer, ya que este realmente no se está transportando a ningún sitio, por lo que no se lo considera como pasajero.



**Tabla 2.17**  
**OCUPACIÓN PROMEDIO DE PASAJEROS**

Tipo	Pasajeros Promedio	
Livianos	1.92	
Taxi	0.83	1
Buses	13.11	2
Buses Transp Pub.	43.2	3
Camiones	1.97	

1 No considera el Chofer

2 Solo considera buses particulares

3 Fuente Estudio Demanda Quito – Quinche

Fuente: Elaboración propia

### *Encuesta Pico y Placa*

Cuando se preguntó a los conductores que acción tomaban el día que estaban sujetos a pico y placa se obtuvo una amplia gama de respuestas, las cuales se resumen en la Tabla 2.18. Además existieron un sinnúmero de respuestas variadas correspondientes a la categoría “otros” que incluyen en orden de importancia: No sale, Dispone de Otro vehículo, y no se afecta por discapacidad o 3era edad.

**Tabla 2.18**  
**RESPUESTAS ENCUESTA PICO Y PLACA**

Acción	%
Cambia Hora	24.8%
Bus TP	15.4%
Comparte vehículo	7.9%
Taxi	6.2%
No Afecta	11.5%
Otro	34.2%

Fuente: Elaboración propia

### *Otras estadísticas*

Dentro de los formularios de encuestas O/D se incorporaron preguntas para obtener datos del tipo de carga transportada y del tipo de combustible que ocupan los vehículos. A continuación se presentan los datos obtenidos de las encuestas.

**Tabla 2.19**  
**TIPO DE CARGA TRANSPORTADA**

Tipo Carga	%
Mercadería varia	26%
Alimentos / Bebidas	20%
Vacío	20%
Materiales Construcción.	19%
Agrícola	8%
Otros	4%
Combustible	3%

**Tabla 2.20**  
**TIPO DE COMBUSTIBLE UTILIZADO**

Tipo	Tipo Comb	%
Livianos	Diesel	3.5%
	Extra	54.0%
	Super	37.7%
	No contesta	4.8%
Buses*	Diesel	32.9%
	Extra	27.4%
	Super	38.4%
	No contesta	1.4%
Cam. Pequeños	Diesel	88.6%
	Extra	6.9%
	Super	2.1%
	No contesta	2.4%
Cam. Grandes	Diesel	96.3%
	Extra	1.1%
	Super	1.1%
	No contesta	1.6%

\* no incluye buses transporte público

## 2.2.5 Estudio de velocidades

### 2.2.5.1 Objetivo

Medición de velocidades y obtención de la velocidad media de operación por tipo de vehículo, por tramo homogéneo.

Análisis del impacto que diversas velocidades de diseño tendrían sobre la demanda. Esto se analiza y presenta al momento de presentar los niveles de servicio resultantes del flujo de tráfico y las velocidades estimadas en el modelo.

### 2.2.5.2 Alcance

El alcance del presente estudio se remite a las rutas desde Quito por la Av. Simón Bolívar hacia la "Y" de Pifo por la Intervalles, las mismas se encuentran dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

El estudio finalizará con la entrega de una tabla de resumen de tramos por recorridos el día típico entre semana.

### 2.2.5.3 Metodología de trabajo

Para el presente estudio se utilizaron dispositivos electrónicos como un receptor GPS portátil o navegador GPS; así como un ordenador portátil con programas de sistemas de información geográfica como el Arcgis o similares (ver Fotografía 2.1).

**Fotografía 2.1**  
**DISPOSITIVOS PARA ESTUDIO DE VELOCIDADES**



Fuente: elaboración propia

Con los dispositivos mencionados ingresamos en un vehículo liviano y luego de realizar las conexiones pertinentes de energía se procede de la siguiente manera:

1. Ubicarse en el inicio del tramo de estudio con el vehículo y los dispositivos encendidos y definir el punto de llegada del recorrido.
2. Encender el navegador GPS y esperar que se enlace al menos con cuatro satélites para tener una correcta ubicación geográfica en la ruta.
3. Utilizando el programa Arcgis establecemos conexión con el navegador GPS mediante el cable de transferencia.
4. Configuramos el intervalo de tiempo en el que deseamos registrar los puntos del recorrido así como las propiedades del mismo que deseamos grabar, por ejemplo: fecha y hora, ubicación en coordenadas geográficas (latitud, longitud y altitud), velocidad, cantidad de satélites con los que está enlazado.
5. Se inicia el recorrido en el vehículo, siguiendo el flujo de tráfico y se comienza a registrar cada punto de la ruta con la configuración del numeral anterior.
6. El recorrido se lo hace a velocidad normal, sin acelerar y frenar bruscamente. Si la vía lo permite se utiliza el carril del medio.
7. Al momento de llegar al final del recorrido se graba la ruta creada con un nombre que se lo pueda identificar fácilmente.
8. Se escoge otra ruta para el estudio de preferencia cercana a la que se finalizó, y se procede nuevamente como se indica en el primer numeral.

#### 2.2.5.4 Resultados

Se analizó las velocidades siguiendo las siguientes rutas (ver Figura 2.8):

1. El Arenal - Túnel Osvaldo Guayasamín – Plaza Argentina.
2. Redondel del Ciclista – El Arenal.
3. Redondel del Ciclista – Puente del Chiche – “Y” de Pifo.
4. Y” de Pifo – Av. De los Conquistadores – Parque de la Vicentina.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

5. Plaza Argentina – Universidad San Francisco.
6. Av. Simón Bolívar – Calle San Juan - Universidad San Francisco.
7. Parque de Tumbaco – Cervecería Nacional - Universidad San Francisco.
8. Universidad San Francisco - Redondel del Ciclista.
9. Universidad San Francisco - Cervecería Nacional - Parque de Tumbaco.
10. Universidad San Francisco - Calle San Juan - Av. Simón Bolívar.

Los resultados de velocidades de los recorridos los podemos ver en las siguientes tablas.

**Tabla 2.21**  
**RESUMEN DE VELOCIDADES POR TRAMO**

RESUMEN DE TRAMOS POR RECORRIDOS EL DIA MARTES 18/05/2010				
RUTA: 1. El Arenal - Tunel Osvaldo Guayasamin – Plaza Argentina	HORA INICIO	TIEMPO Minutos	DISTANCIA RECORRIDA Km	VELOCIDAD DE RECORRIDO
Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	7:22:53	4.03	3.16	47.03
Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	7:27:00	4.55	1.62	21.40
Complejo El Nacional - Redondel Lumbisí	7:31:38	5.80	2.19	22.68
Redondel Lumbisí - Intersección La Lira	7:37:31	3.10	1.80	34.88
Intersección La Lira - Hormigonera Quito	7:40:42	4.90	4.12	50.45
Hormigonera Quito - Plaza Argentina	7:45:41	6.07	3.41	33.68
<b>RUTA: 2 Redondel del Ciclista – El Arenal</b>				
Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	6:32:47	4.52	4.53	60.16
Plaza Argentina - Hormigonera Quito	6:37:28	0.50	0.36	43.56
Hormigonera Quito - Intersección La Lira	6:38:08	4.33	3.92	54.29
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	6:42:38	1.67	1.61	58.09
Redondel Lumbisí - Complejo El Nacional	6:44:28	2.83	2.09	44.35
Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	6:47:28	1.68	1.47	52.48
Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	6:49:19	5.02	3.46	41.33

# ASOCIACIÓN

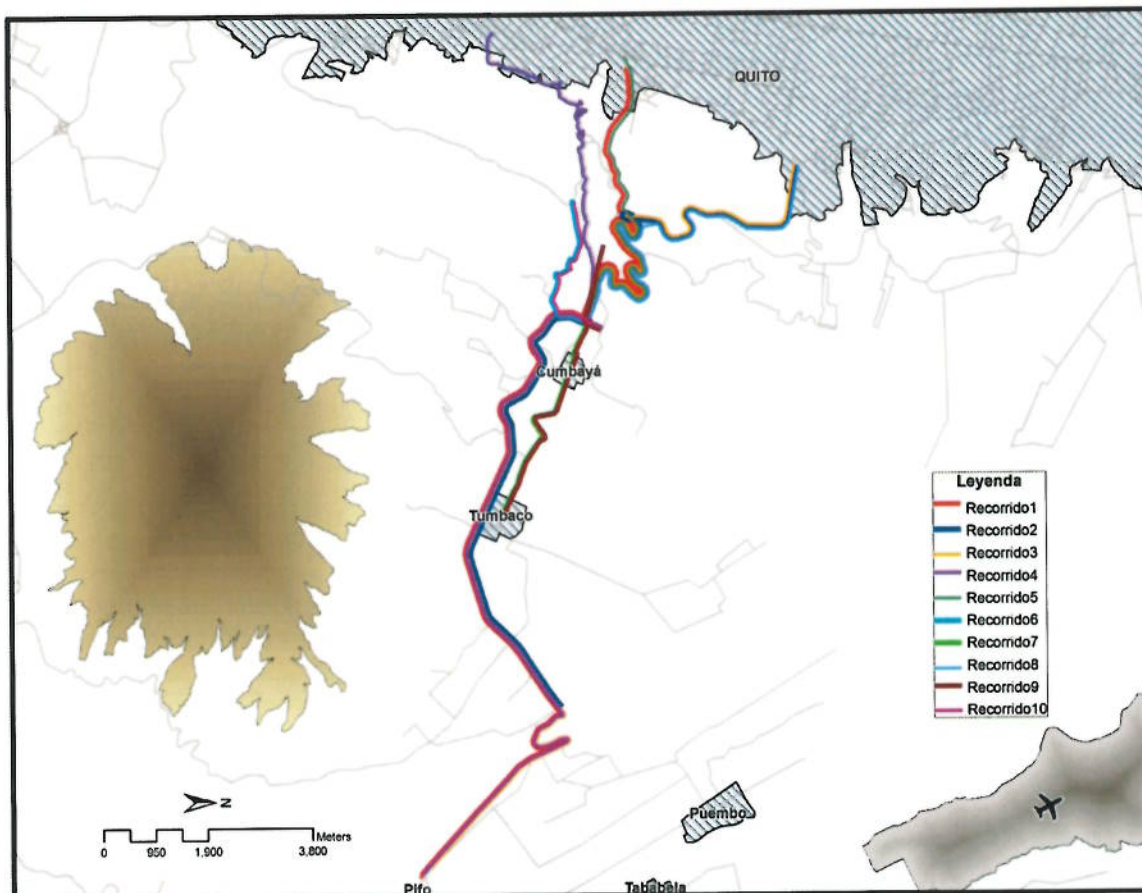
## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

RESUMEN DE TRAMOS POR RECORRIDOS EL DIA MARTES 18/05/2010				
RUTA: 3 Redondel del Ciclista – Puente del Chiche – “Y” de Pifo	HORA INICIO	TIEMPO Min.	DISTANCIA RECORRIDA Km	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
Redondel del Ciclista - Intercambiador a Mi	8:01:09	4.57	4.64	60.96
Plaza Argentina - Hormigonera Quito	8:05:50	0.67	0.52	46.78
Hormigonera Quito - Intersección La Lira	8:06:35	4.63	4.14	53.61
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	8:11:18	1.08	0.53	29.55
Redondel USFQ - Redondel Lumbisí	8:12:28	2.60	1.48	34.20
Redondel Lumbisí - Complejo El Nacional	8:15:09	4.88	2.17	26.72
Complejo El Nacional - Comercial Santa María	8:20:07	2.52	1.60	38.06
Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	8:22:43	3.95	3.63	55.10
Arenal - Y de Puenbo	8:26:45	2.63	1.66	37.85
Y de Puenbo - Y de Pifo	8:29:28	2.92	3.35	68.94
RUTA: 4. “Y” de Pifo – Av. De los Conquistadores – Parque de la Vicentina				
Y de Pifo - Y de Puenbo	9:03:25	2.92	3.35	68.86
Y de Puenbo - Arenal	9:06:25	2.42	1.64	40.80
Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	9:08:55	3.72	3.60	58.16
Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	9:12:43	3.70	1.63	26.46
Complejo El Nacional - Redondel Lumbisí	9:16:30	3.53	2.08	35.33
Redondel Lumbisí - Intersección La Lira	9:20:07	3.58	1.85	31.02
Intersección La Lira - Parque La Vicentina	9:23:48	12.73	6.57	30.95
RUTA: 5. Plaza Argentina – Universidad San Francisco				
Plaza Argentina - Hormigonera Quito	9:43:06	5.58	3.28	35.27
Hormigonera Quito - Intersección La Lira	9:48:46	5.37	4.15	46.36
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	9:54:13	1.00	0.55	33.04
Redondel USFQ - USFQ	9:55:18	0.77	0.35	27.20
RUTA: 6. Av. Simón Bolívar – Calle San Juan - Universidad San Francisco				
Simón Bolívar - San Juan de Cumbaya	10:04:35	4.10	2.25	32.91
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	10:08:46	0.85	0.55	38.62
Redondel USFQ - USFQ	10:09:42	0.83	0.43	30.80
RUTA: 7. Parque de Tumbaco – Cervecería Nacional - Universidad San Francisco				
Parque Tumbaco - Semáforo	10:23:00	7.45	1.83	14.73
Semáforo - Redondel USFQ	10:30:32	5.15	2.48	28.87
Redondel USFQ - USFQ	10:35:47	0.35	0.17	29.59
RUTA: 8. Universidad San Francisco - Redondel del Ciclista				
Redondel Lumbisí - Intersección La Lira	10:43:15	0.67	0.17	15.15
Intersección La Lira - Hormigonera Quito	10:44:00	5.02	3.88	46.44
Intercambiador Miravalle - Redondel del Ciclista	10:49:06	4.70	4.88	62.24
RUTA: 9. Universidad San Francisco - Cervecería Nacional - Parque de Tumbaco				
Redondel USFQ - USFQ	10:11:53	1.93	0.65	20.17
Redondel USFQ - Semáforo	10:14:04	4.10	1.97	28.82
Semáforo - Parque Tumbaco	10:18:15	3.60	1.80	29.97
RUTA: 10. Universidad San Francisco - Calle San Juan - Av. Simón Bolívar				
USFQ - Redondel USFQ	9:57:54	0.67	0.26	23.05
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	9:58:39	0.77	0.53	41.42
San Juan de Cumbaya - Simón Bolívar	9:59:30	4.17	2.23	32.13

Fuente: elaboración propia



**Figura 2.8  
MAPA DE RECORRIDOS PARA ESTUDIO DE VELOCIDADES**



Fuente: elaboración propia

Analizando las velocidades en tramos de la misma carretera, por ejemplo en la Av. Simón Bolívar obtenemos una velocidad promedio superior a los sesenta km/h como se observa en la tabla siguiente:

**Tabla 2.22  
RESUMEN DE VELOCIDADES POR HORA DEL DÍA**

RESUMEN DE VELOCIDADES EN LA AV. SIMÓN BOLÍVAR EL DIA MARTES 18/05/2010					
DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Minutos	DISTANCIA RECORRIDA Km.	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/h
Redondel del Ciclista	Intercambiador a Miravalle	6:32:47	4.52	4.53	60.16
Redondel del Ciclista	Intercambiador a Miravalle	8:01:09	4.57	4.64	60.96
Intercambiador Miravalle	Redondel del Ciclista	10:49:06	4.70	4.88	62.24

Fuente: elaboración propia

En la Av. Interoceánica se tiene velocidades muy variadas principalmente por el trazado horizontal y vertical de la misma ya que posee varias curvas con velocidades de diseño bajas debido a la diferencia de cota entre Quito y El Valle de Cumbayá, así mismo tenemos diferentes secciones típicas de la vía en algunos tramos, iniciando con 4 carriles, pasando por 6 carriles y

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

disminuyendo a 2 en el sector del Rio Chiche, para terminar con 6 carriles. Este cambio de velocidades lo encontramos en la siguiente tabla.

**Tabla 2.23**  
**RESUMEN DE VELOCIDADES POR HORA DEL DÍA**

RESUMEN DE VELOCIDADES EN LA AV. INTEROCEANICA DEL DIA MARTES 18/05/2010					
DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Minutos	DISTANCIA RECORRIDA Km.	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/h
Plaza Argentina	Hormigonera Quito	9:43:06	5.58	3.28	35.27
Hormigonera Quito	Intersección La Lira	8:06:35	4.63	4.14	53.61
		9:48:46	5.37	4.15	46.36
Intersección La Lira	Redondel Lumbisí	6:42:38	1.67	1.61	58.09
Redondel Lumbisí	Complejo El Nacional	6:44:28	2.83	2.09	44.35
		8:15:09	4.88	2.17	26.72
Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	6:47:28	1.68	1.47	52.48
		8:20:07	2.52	1.60	38.06
Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	6:49:19	5.02	3.46	41.33
		8:22:43	3.95	3.63	55.10
Arenal	Y de Puenbo	8:26:45	2.63	1.66	37.85
Y de Puenbo	Y de Pifo	8:29:28	2.92	3.35	68.94
Y de Pifo	Y de Puenbo	9:03:25	2.92	3.35	68.86
Y de Puenbo	Arenal	9:06:25	2.42	1.64	40.80
Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	7:22:53	4.03	3.16	47.03
		9:08:55	3.72	3.60	58.16
Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	7:27:00	4.55	1.62	21.40
		9:12:43	3.70	1.63	26.46
Complejo El Nacional	Redondel Lumbisí	7:31:38	5.80	2.19	22.68
		9:16:30	3.53	2.08	35.33
Redondel Lumbisí	Intersección La Lira	7:37:31	3.10	1.80	34.88
		9:20:07	3.58	1.85	31.02
Intersección La Lira	Hormigonera Quito	7:40:42	4.90	4.12	50.45
		10:44:00	5.02	3.88	46.44
Hormigonera Quito	Plaza Argentina	7:45:41	6.07	3.41	33.68

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 2.24 se puede ver que las velocidades no varían mucho excepto en el tramo que sale de Tumbaco a Cumbayá que pasa por la Cervecería Nacional donde son vías locales y cuya velocidad promedio es de 14.73 Km/h, adicionalmente se tiene en el tramo del puente que se hace de un carril como se ve en la Fotografía 2.2 también observamos una velocidad de 23.05 Km/h en el tramo de ingreso a la Universidad San Francisco.

**Tabla 2.24**  
**RESUMEN DE VELOCIDADES POR HORA DEL DÍA**

RESUMEN DE VELOCIDADES EN DIFERENTES RECORRIDOS EL DIA MARTES 18/05/2010					
DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Minutos	DISTANCIA RECORRIDA Km.	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/h
Redondel USFQ	Redondel Lumbisí	8:12:28	2.60	1.48	34.20
Intersección La Lira	Parque La Vicentina	9:23:48	12.73	6.57	30.95
Simón Bolívar	San Juan de Cumbaya	10:04:35	4.10	2.25	32.91
Parque Tumbaco	Semáforo	10:23:00	7.45	1.83	14.73
Semáforo	Redondel USFQ	10:30:32	5.15	2.48	28.87
Redondel USFQ	Semáforo	10:14:04	4.10	1.97	28.82
Semáforo	Parque Tumbaco	10:18:15	3.60	1.80	29.97
USFQ	Redondel USFQ	9:57:54	0.67	0.26	23.05
San Juan de Cumbaya	Simón Bolívar	9:59:30	4.17	2.23	32.13

Fuente: elaboración propia



**Fotografía 2.2**  
**VÍA ANTIGUA CUMBAYÁ – TUMBACO**



Fuente: Elaboración propia

### 2.2.6 Matrices de Demanda Actual

Con el fin de efectuar la modelación de tráfico considerando criterios de capacidad de las vías; es necesario expresar los flujos y volúmenes de tráfico en unidades de vehículos livianos equivalentes (vle), para lo cual se han considerado factores de conversión de la bibliografía especializada, dada la inexistencia de factores específicos cuya determinación rebasa el alcance de la presente consultoría.

**Tabla 2.25**  
**FACTORES DE CONVERSIÓN A VEHÍCULOS LIVIANOS EQUIVALENTES (VLE)**

Tipo	Factor VLE
Liviano	1
Bus	2
Pesado	2

Fuente: Highway Traffic Analysis and Design

En la Tabla 2.26 se presenta un resumen de la matriz de viajes actuales de la zona de estudio, en vehículos equivalentes, a nivel de zonas administrativas.

# ASOCIACIÓN ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

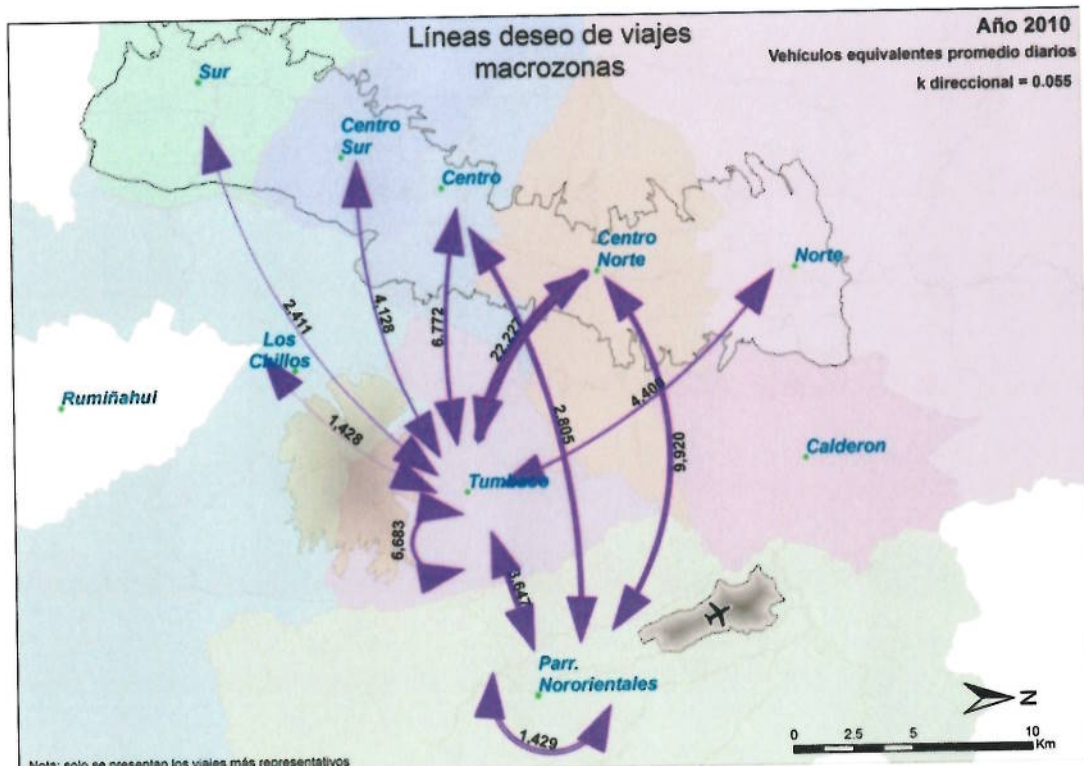
**Tabla 2.26  
MATRIZ DE VIAJES QUITO – VALLE 2010 (VEHÍCULOS EQUIVALENTES)**

2010		Norte	Centro Norte	Centro	Centro Sur	Sur	Calderon	Norcentral	Noroccidente	Tumbaco	Aeropuerto	Los Chillos	Rumiñahui	Externa Noror	Externa Norte	Externa Oriente	Externa Sur	
veq		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Norte	1									2,237	1,212							3,449
Centro N	2									10,008	4,729							14,737
Centro	3									2,854	1,613							4,467
Centro S	4									2,113	1,022							3,135
Sur	5									1,194	761							1,956
Calderon	6									779	462							1,241
Norcentra	7									4	-							4
Noroccide	8									21	10							31
Tumbaco	9	2,162	17,218	3,918	2,015	1,216	588		71	6,683	1,690	566	750	-	56	-	354	32,293
Aeropuer	10	685	5,191	1,192	641	359	97	3	4	1,957	1,429	96	40	21	130	5	61	11,911
Los Chillo	11									862	189							1,052
Rumiñahu	12									900	337							1,238
Externa N	13									52	-							52
Externa N	14									66	63							129
Externa O	15									37	15							51
Externa S	16									198	62							260
		2,847	17,409	5,109	2,657	1,576	685	9	75	29,967	13,593	662	790	21	185	5	415	76,006

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2.9, y en la Figura 2.10 se presentan gráficamente la matriz a maneja de líneas de deseo de viajes, cabe señalar que únicamente se presentan los viajes más significativos para facilidad de lectura.

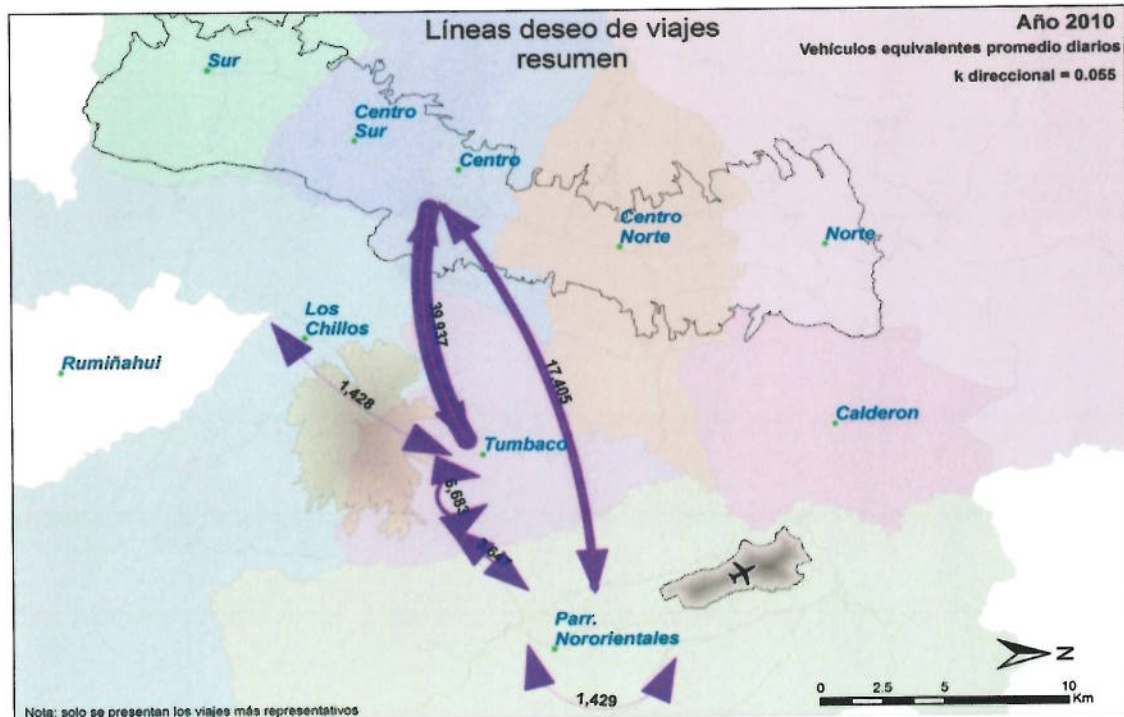
**Figura 2.9  
LÍNEAS DE DESEO DE VIAJES 2010 (DOS DIRECCIONES)**



Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.10**  
**LÍNEAS DE DESEO DE VIAJES RESUMEN 2010 (DOS DIRECCIONES)**



Fuente: Elaboración propia

### 2.3 DEMANDA FUTURA

#### 2.3.1 Factores crecimiento PGDT

Para determinar el crecimiento poblacional de la zona de análisis se utilizaron las proyecciones determinadas por el PGDT revisión 2006, como se indican en la Tabla 2.27 y Tabla 2.28.

**Tabla 2.27**  
**POBLACIÓN ESTIMADA PGDT 2006**

Área	Año				
	2001	2005	2010	2015	2020
Zona Tumbaco	59,576	68,776	80,276	91,776	103,276
Zona Aeropuerto (sin Guayllabamba)	59,565	68,859	94,585	120,240	159,092

Fuente: PGDT 2006

**Tabla 2.28**  
**TASA DE CRECIMIENTO POBLACIÓN PGDT 2006**

Área	Año			
	2005	2010	2015	2020
Zona Tumbaco	3.7%	3.1%	2.7%	2.4%
Zona Aeropuerto (sin Guayllabamba)	3.7%	6.6%	4.9%	5.8%

Fuente: PGDT 2006

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

### 2.3.2 Tasa Motorización (propiedad vehicular)

La crecimiento de la tasa de motorización fue estimado en 3.0%, lo que no quiere decir que el parque automotor crecerá en ese porcentaje respecto a la población, sino que ese será su impacto sobre el tráfico (elasticidad).

A continuación se presenta una comparación de tráfico observado en conteos y asignado en el modelo CORPAQ, 2004 considerando la Tasa Motorización 3 %, y sin la operación del NAIQ.

Vía	TPDA 2010	PRONÓSTICO MODELO CORPAQ AÑO 2010 modificado
Interoceánica	50,526	63,600
Conquistadores	13,022	8,600
Acceso San Juan	8,674	**
<i>Total</i>	72,222	72,200

\*\* No existía esta vía en el modelo de CORPAQ

### 2.3.3 Proyecciones viajes pasajeros

Para determinar las proyecciones de pasajeros al aeropuerto se utilizó la información obtenida en el año 2003 respecto a la demanda y se calibraron las proyecciones para el año 2010 de acuerdo a información secundaria obtenida la cual se presenta en la Tabla 2.29. Este procedimiento fue acordado en reuniones de trabajo mantenidas con la Supervisión y las Autoridades y fueron aprobadas por el Gerente de Obras Públicas.

**Tabla 2.29**  
**DEMANDA ACTUAL AEROPUERTO DE QUITO**

Año	Demanda Pasajeros anuales		
	Nacional	Internacional	Total
2005	2,009,745	1,284,717	3,294,462
2006	2,465,418	1,364,320	3,829,738
2007	2,715,030	1,534,512	4,249,542
2008	2,962,103	1,575,885	4,537,988
2009	3,137,140	1,562,770	4,699,910

Fuente: Revista Criterios, Marzo 2010

### 2.3.4 Matrices futuras (Anexo 2.2)

En la Tabla 2.30 se presenta un resumen de las matrices de viajes en vehículos livianos equivalentes actuales y proyectados por quinquenios, en la que se puede observar los viajes en dos direcciones correspondientes a las zonas administrativas Tumbaco y Aeropuerto (parroquias nororientales). En el Anexo 2-2 se presenta las matrices direccionales detalladas. Es importante aclarar que los viajes atraídos y generados por el Aeropuerto se reportan en forma separada más adelante.

En la Figura 2.11, Figura 2.12, Figura 2.13, y Figura 2.14 se presentan las gráficas respectivas a manera de líneas de deseo de viajes en dos direcciones para los años 2015, 2020, 2025 y 2030 respectivamente.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

De la aplicación de las tasas de crecimiento tanto de población a las distintas zonas de tráfico y de la motorización en forma general, se obtienen las matrices futuras cuyos totales se presentan en la Tabla 2.30.

Para obtener las tasas de crecimiento resultantes se comparan los valores totales de las matrices para cada quinquenio versus el anterior y se obtiene una tasa anual. Cabe recalcar que este es únicamente una estadística resultante, ya que en sí el crecimiento no es uniforme para todas las zonas del modelo, además depende tanto del crecimiento poblacional como del incremento del parque automotor. La tasa de crecimiento resultante en las matrices futuras es el siguiente:

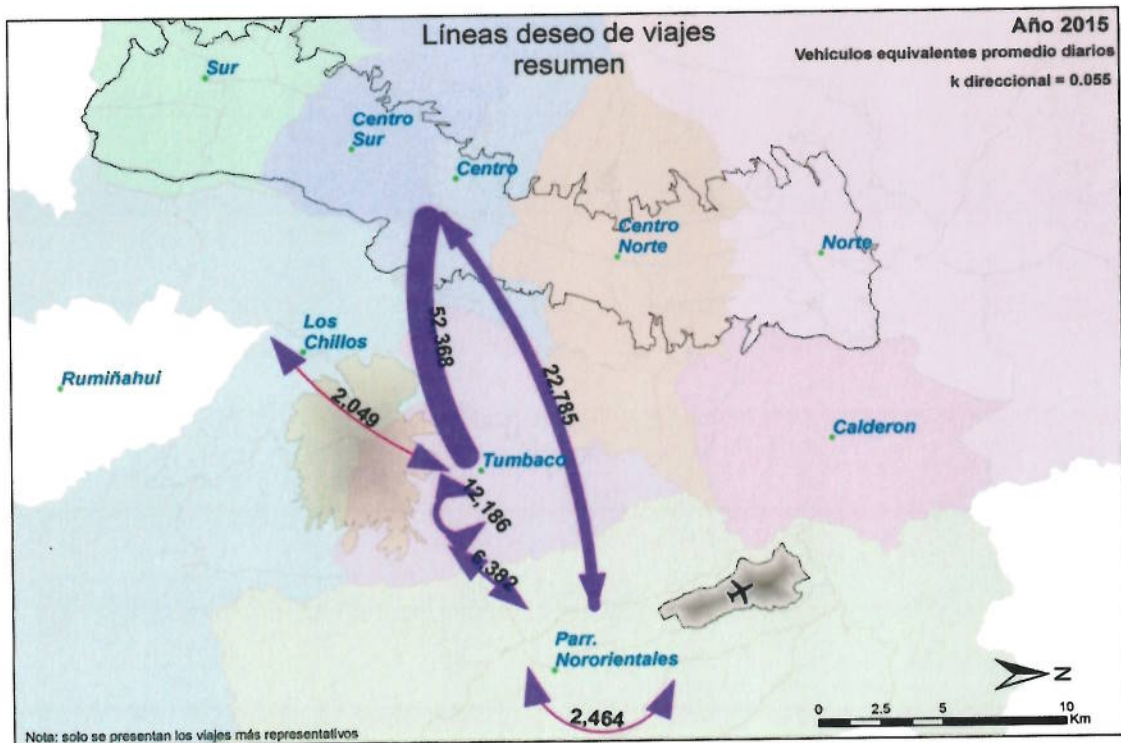
Período	Tasa
2010-2015	6.87%
2015-2020	6.12%
2015-2020	6.10%
2015-2020	6.03%

**Tabla 2.30**  
**VIAJES CORRESPONDIENTES A LAS ZONAS DE TUMBACO Y PARROQUIAS NORORIENTALES (TOTAL DOS DIRECCIONES) (vle)**

Año	Zona	Norte	Centro Norte	Centro	Centro Sur	Sur	Calderon	Norcentral	Noroccidente	Tumbaco	Aeropuerto	Los Chillos	Rumifiañi	Externa Noror	Externa Norte	Externa Oriente	Externa Sur	TOTAL
2010	Tumbaco	4,400	22,227	6,772	4,128	2,411	1,367	9	92	6,683	1,823	1,428	1,650	52	122	37	552	53,753
2010	Aeropuerto	1,897	9,920	2,805	1,664	1,120	559	3	14	1,823	1,429	286	378	21	192	20	123	22,252
																		<b>76,006</b>
2015	Tumbaco	5,705	29,597	8,304	5,019	3,742	1,850	12	109	12,186	3,191	2,049	2,451	66	181	61	726	75,250
2015	Aeropuerto	2,476	13,070	3,448	2,036	1,756	762	4	16	3,191	2,464	405	582	27	278	39	163	30,714
																		<b>105,964</b>
2020	Tumbaco	7,012	37,434	9,840	5,891	5,599	2,246	14	127	18,338	5,158	2,743	3,321	84	233	87	898	99,025
2020	Aeropuerto	3,339	17,780	4,429	2,591	2,841	1,013	4	19	5,158	4,275	579	873	33	389	67	220	43,610
																		<b>142,635</b>
2025	Tumbaco	8,527	46,092	11,693	7,002	7,511	2,754	16	149	26,537	8,433	3,612	4,341	106	287	122	1,096	128,278
2025	Aeropuerto	4,625	24,469	5,895	3,446	4,244	1,406	5	24	8,433	7,849	853	1,297	40	545	115	300	63,546
																		<b>191,824</b>
2030	Tumbaco	10,386	57,052	13,968	8,301	9,904	3,488	19	174	38,574	13,258	4,874	5,781	133	352	168	1,340	167,772
2030	Aeropuerto	6,124	32,269	7,530	4,370	5,974	1,925	6	29	13,258	13,386	1,248	1,871	48	728	184	386	89,337
																		<b>257,109</b>

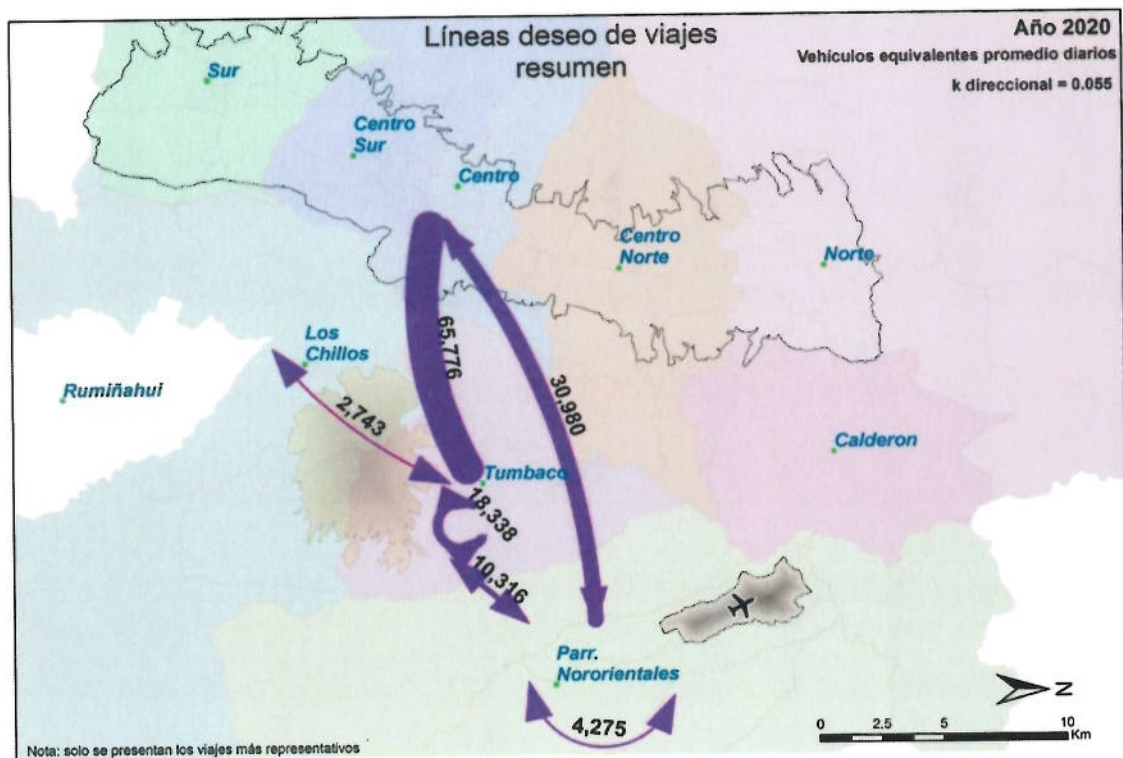
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.11**  
**LÍNEAS DESEO DE VIAJES AÑO 2015**



Fuente: Elaboración propia

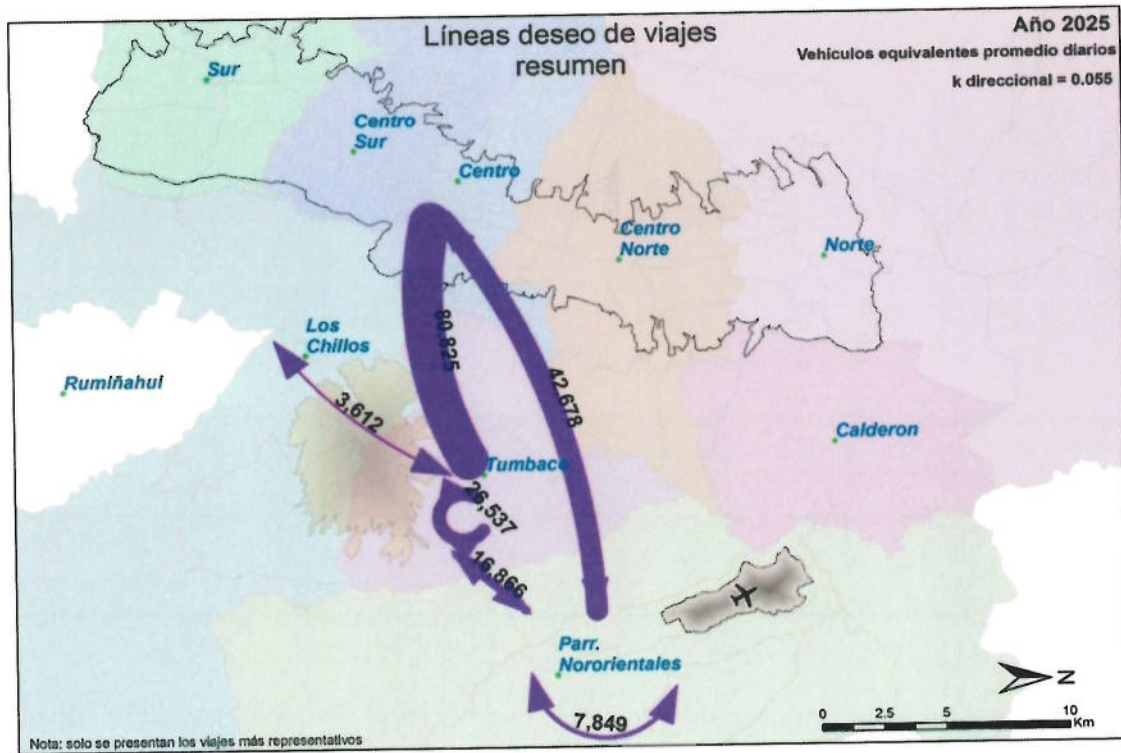
**Figura 2.12**  
**LÍNEAS DESEO DE VIAJES AÑO 2020**



Fuente: Elaboración propia

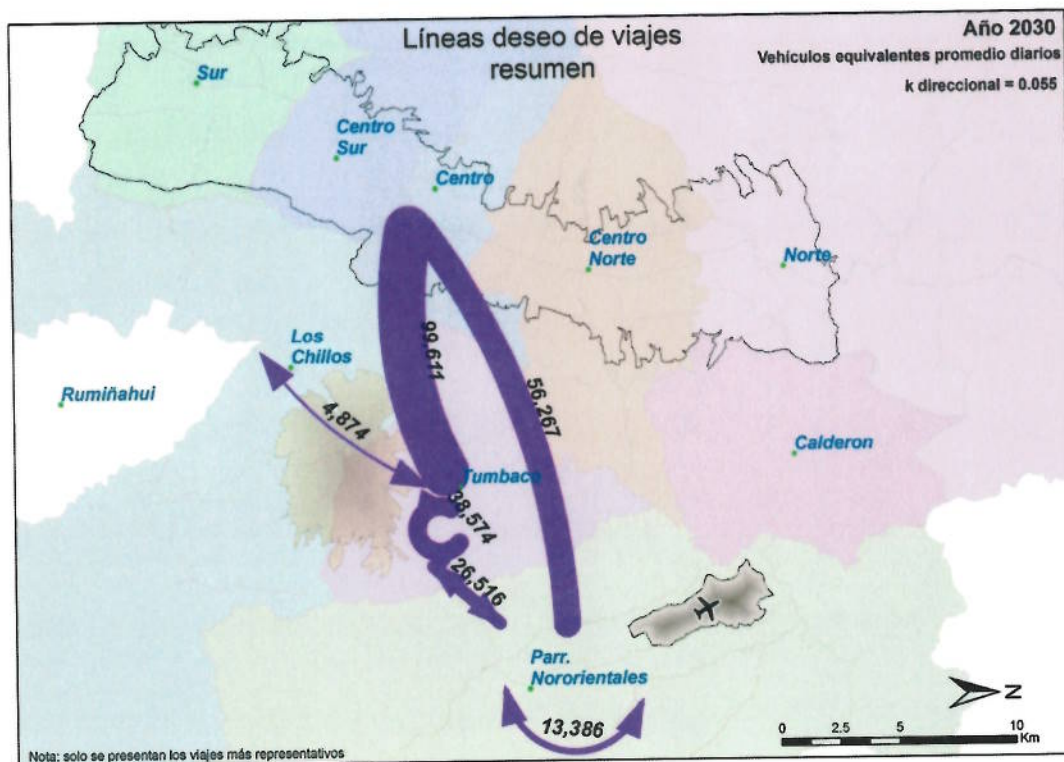


**Figura 2.13**  
**LÍNEAS DESEO DE VIAJES AÑO 2025**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.14**  
**LÍNEAS DESEO DE VIAJES AÑO 2030**



Fuente: Elaboración propia

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

### 2.3.4.1 Demanda futura Aeropuerto

En la Figura 2.15, Figura 2.16, Figura 2.17 y Figura 2.18 se presenta la demanda al nuevo aeropuerto de Quito para los años 2015, 2020, 2025 y 2030 respectivamente. En la Tabla 2.31 se presenta un resumen de la demanda hacia el aeropuerto (dos direcciones) en vehículos livianos equivalentes para cada uno de los quinquenios hasta el año 2030.

**Tabla 2.31**  
**DEMANDA ACTUAL Y PROYECTADA AEROPUERTO INTERNACIONAL DE QUITO**  
**(vle) (DOS DIRECCIONES)**

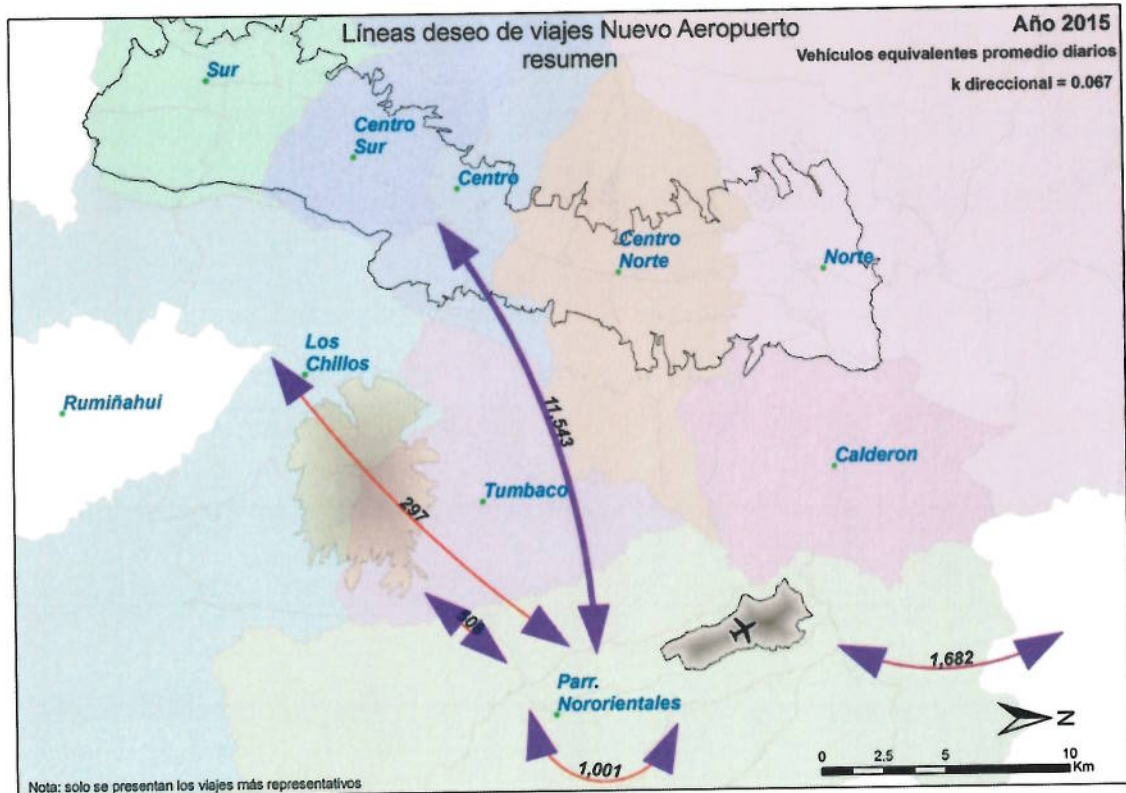
Año	Zona	Norte	Centro Norte	Centro	Centro Sur	Sur	Calderon	Morcentro	Noroccidente	Tumbaco	Aeropuerto	Los Chillos	Ruminahui	Externa Norte	Externa Norte	Externa Oriente	Externa Sur	TOTAL
2010	Aeropuerto	1,515	4,855	797	610	271	101	44	24	430	795	253	422	35	1,314	33	1,256	13,550
2015	Aeropuerto	1,794	5,904	975	697	312	118	57	29	508	1,001	297	506	46	1,682	42	1,612	16,579
2020	Aeropuerto	2,170	7,335	1,219	812	367	141	72	34	614	1,264	356	616	59	2,145	55	2,079	20,603
2025	Aeropuerto	2,621	9,065	1,514	947	432	168	92	41	740	1,597	427	751	76	2,738	72	2,665	25,544
2030	Aeropuerto	3,177	11,192	1,877	1,115	513	201	117	49	897	2,017	514	919	97	3,486	91	3,396	31,675

Fuente: Elaboración propia

El crecimiento resultante de la demanda al aeropuerto es el siguiente:

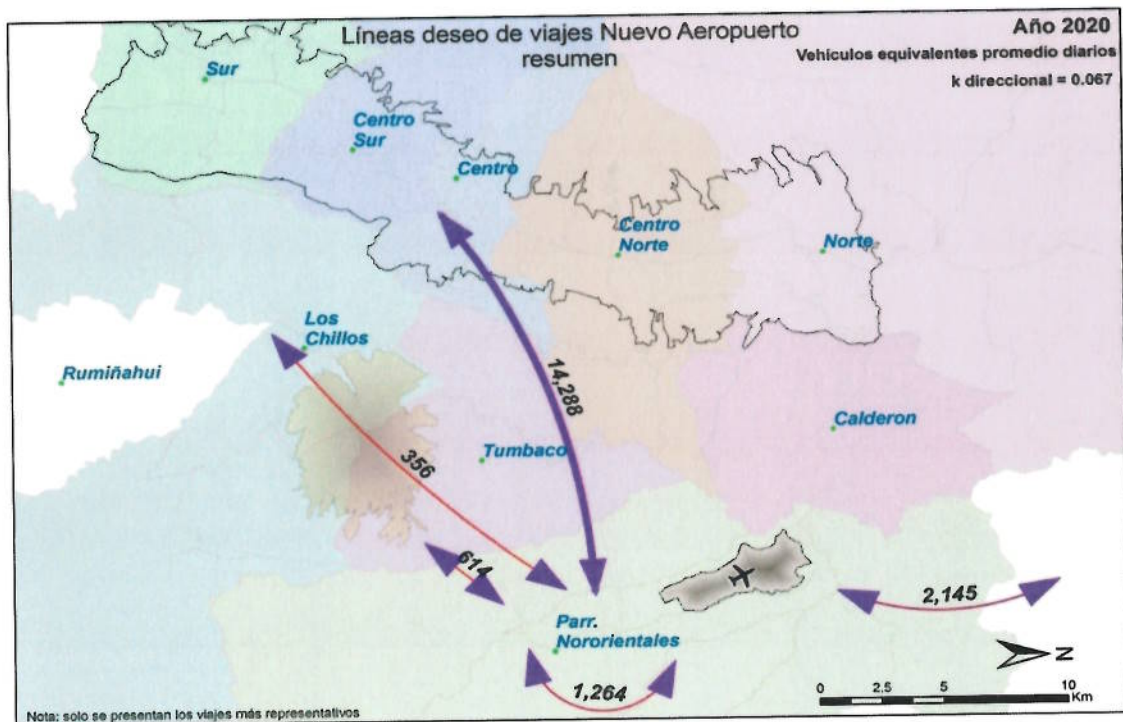
Período	Tasa
2010-2015	4.12%
2015-2020	4.44%
2015-2020	4.39%
2015-2020	4.40%

**Figura 2.15**  
**LÍNEAS DE DESEO DE VIAJES NAIQ AÑO 2015 (VLE)**



Fuente: Elaboración propia

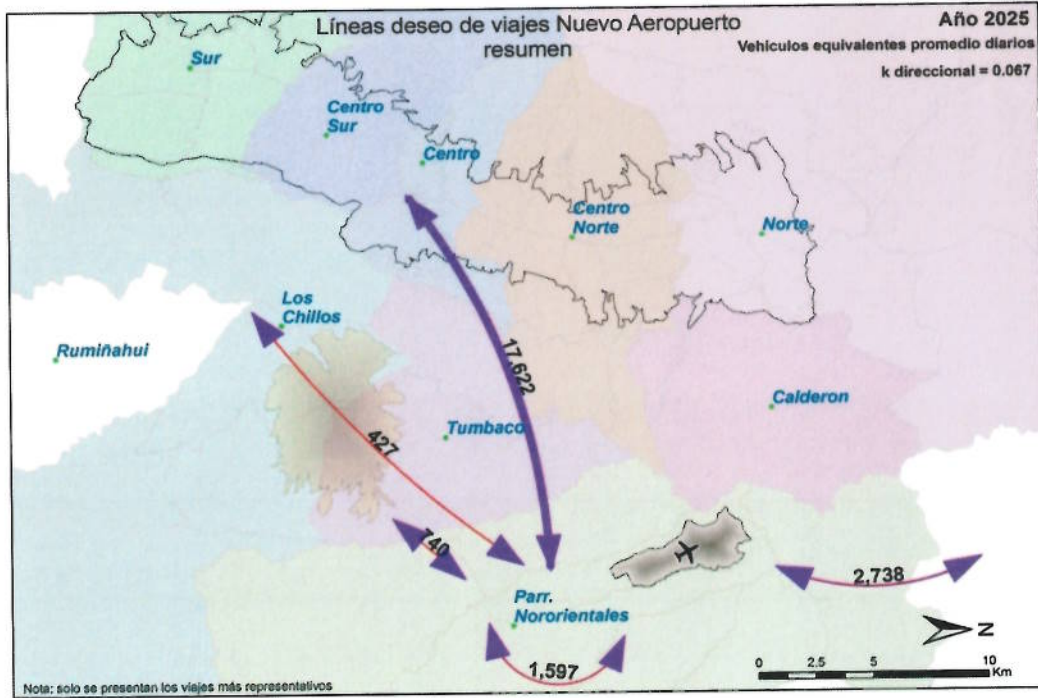
**Figura 2.16**  
**LÍNEAS DE DESEO DE VIAJES NAIQ AÑO 2020 (vle)**



Fuente: Elaboración propia

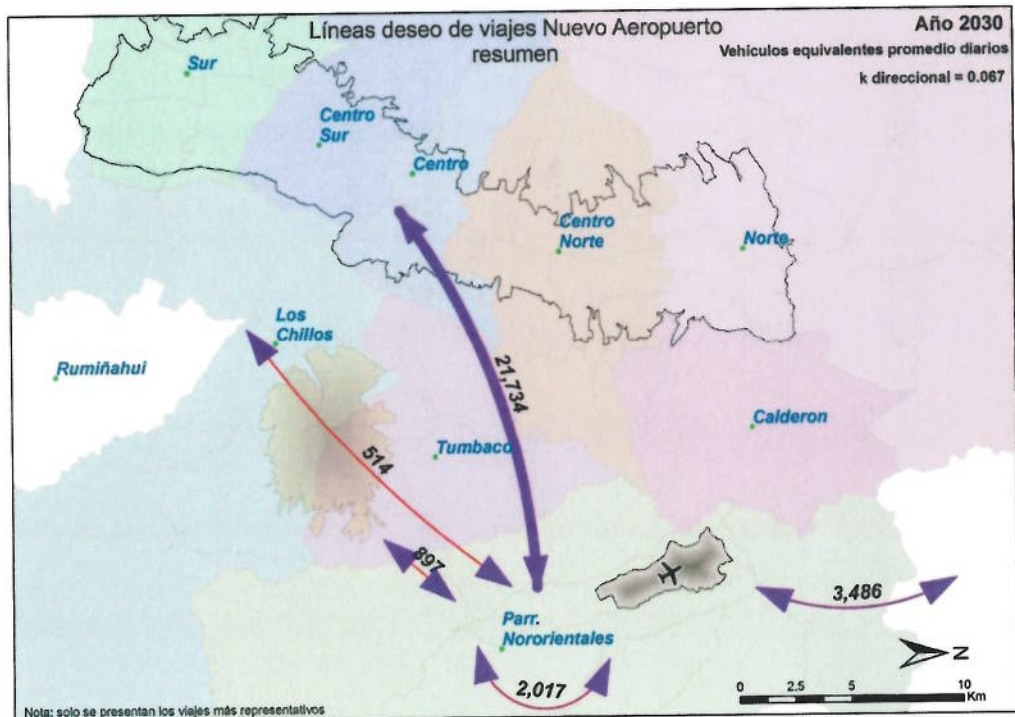


**Figura 2.17**  
**LÍNEAS DE DESEO DE VIAJES NAIQ AÑO 2025 (vle)**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.18**  
**LÍNEAS DE DESEO DE VIAJES NAIQ AÑO 2030 (vle)**



Fuente: Elaboración propia



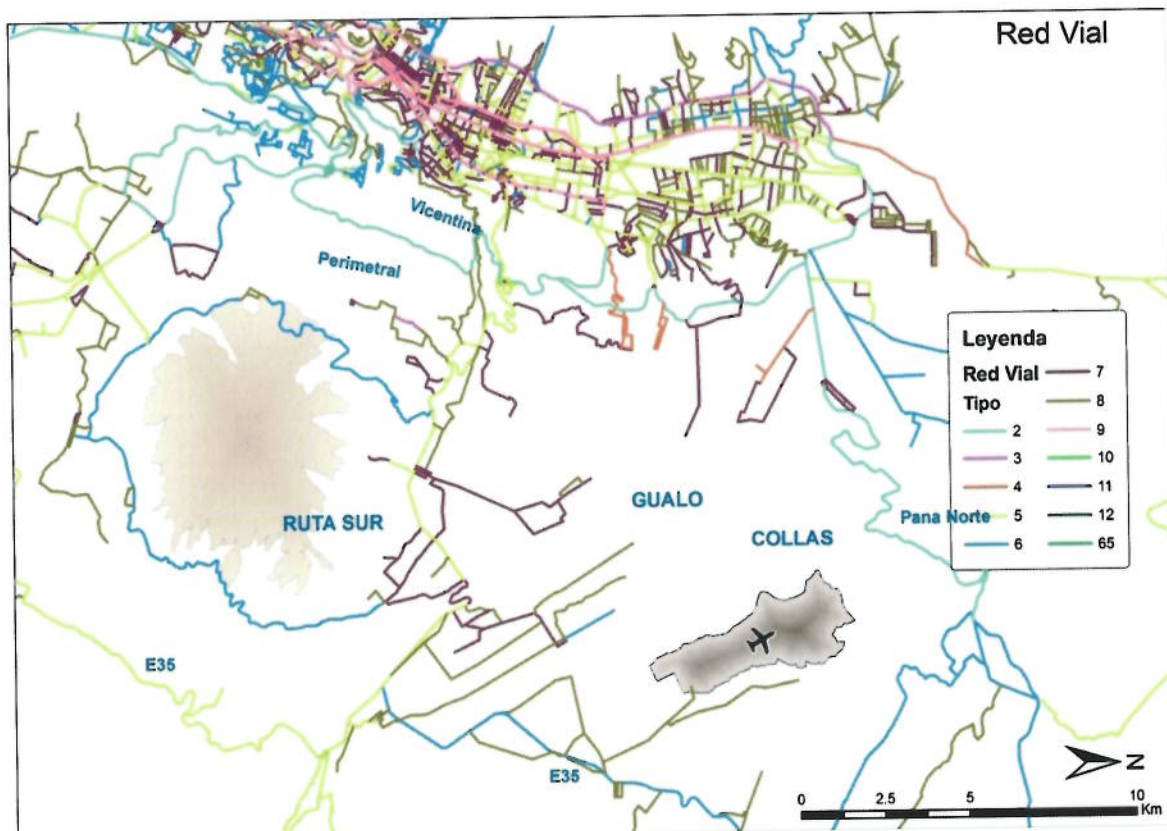
## 2.4 OFERTA

Para pronosticar el tráfico futuro en la red vial se tomó como base la red vial desarrollada como parte del modelo estratégico de Quito, 2001, actualizada en los años 2003 y 2008.

### 2.4.1 Red vial Base

La red vial contiene atributos de distancias, velocidades, capacidad y tipos de vías, los cuales han sido actualizados de acuerdo a la situación actual de la red.

**Figura 2.19  
RED VIAL BASE**



Fuente: Elaboración propia

### 2.4.2 Red vial futura

Para determinar la red vial futura se digitalizaron los proyectos correspondientes al Plan de Desarrollo Vial (Fase 1), de los cuales los proyectos que influyen en el presente estudio son los siguientes:

**Tabla 2.32  
PROYECTOS PLAN DE DESARROLLO VIAL (FASE I)**

**PROYECTOS NUEVOS**

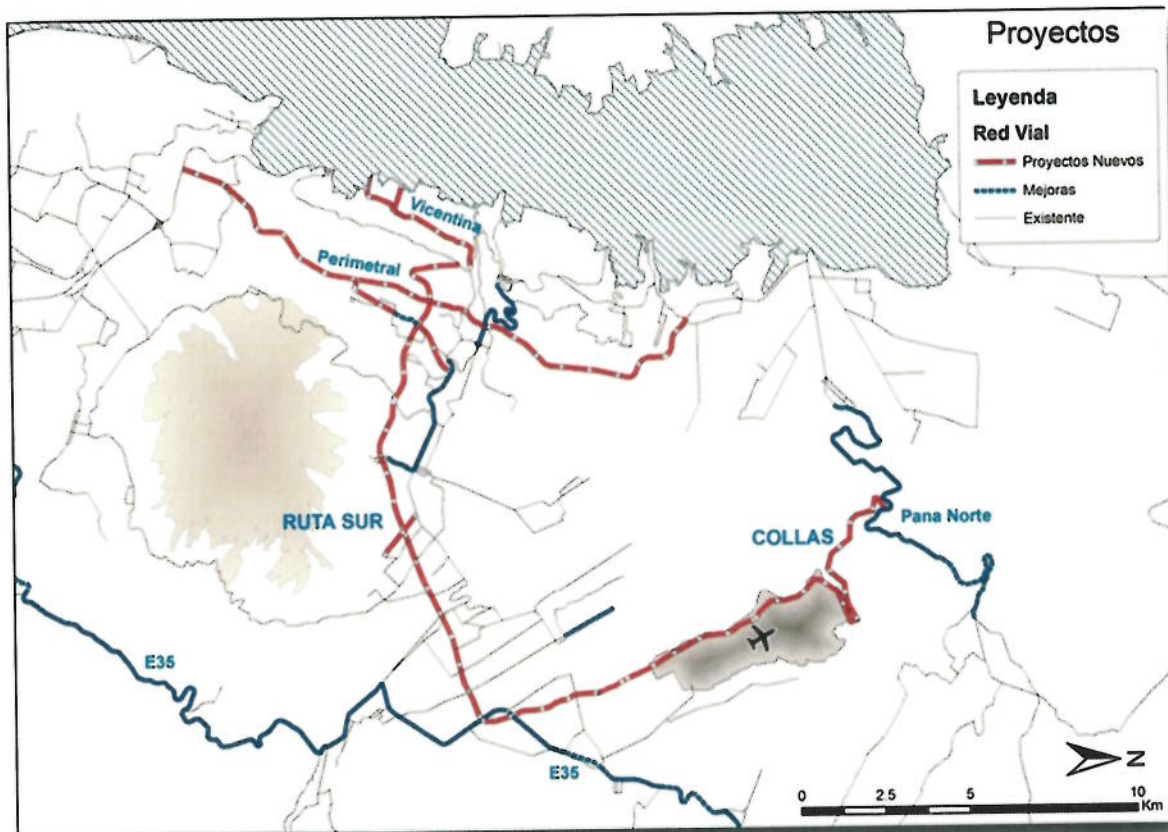
#	Proyecto
1	Vía Monjas - Vicentina - Av. S. Bolívar
4	Vía Perimetral metropolitana (Autopista Gral. Rumiñahui - Gualo)
5	Vía de Integración al Valle Nor-Oriental (Av. S. Bolívar - Nuevo Aeropuerto)
6	Vía Collas (Pana Norte - Nuevo Aeropuerto)

**PROYECTOS AMPLIACIÓN / MEJORA**

#	Proyecto
8	Vía E35 (Panamericana Sur - Santa Rosa de Cusumbamba)
9	Panamericana Norte (Calderón - Guayllabamba)
10	Vía Interoceánica

Fuente: EPMMOP

**Figura 2.20  
PROYECTOS DE LA RED VIAL DEL VALLE**



Fuente: elaboración propia

**2.4.3 Programación de proyectos**

De acuerdo a reuniones mantenidas con técnicos de la EPMMOP se determinó que la Vía collas y el primer tramo de la vía de integración al valle estarían concluidas para el año 2013, así como las ampliaciones de la panamericana norte y E35, y para el año 2015 todas los demás proyectos del área de influencia estarían concluidos así como la mejora de la vía interoceánica.



**Tabla 2.33**  
**PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS**

<b>PROYECTOS NUEVOS</b>		<b>Año de Implementación</b>		
		<b>2013</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>
<b>#</b>	<b>Proyecto</b>			
1	Vía Monjas - Vicentina - Av. S. Bolívar		X	
4	Vía Perimetral metropolitana (Autop. Gral. Rumiñahui - Gualo)		X	
5	Vía de Integración al Valle Nor-Oriental (Av. S. Bolívar-Nuevo Aeropuerto)	X*	X	
6	Vía Collas (Pana Norte - Nuevo Aeropuerto)	X		

<b>PROYECTOS AMPLIACIÓN / MEJORA</b>		<b>2013</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>
<b>#</b>	<b>Proyecto</b>			
8	Vía E35 (Pana Sur - Santa Rosa de Cusumbamba)	X		
9	Pana Norte (Calderón - Guayllabamba)	X		
10	Vía Interoceánica		X	

\* Parcial

Fuente: EPMOP

## 2.5 PRONÓSTICO DE TRÁFICO EN EL PROYECTO (ANEXO 2.3 Y 2.4)

A continuación se presentan los volúmenes de tráfico de los pronósticos y un análisis de Nivel de Servicio considerando la configuración de número de carriles planteada por la EPMOP y que se presenta en la Tabla 2.34. El análisis se presenta para cada quinquenio hasta el año 2030 así como para el año 2013.

**Tabla 2.34**  
**NÚMERO DE CARRILES EN LOS TRAMOS DEL PROYECTO**

<b>Sección</b>	<b>Tramo</b>		<b># de carriles x sentido</b>	<b>Longitud (km)</b>
	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>		
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	3	3.35
2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	3	2.41
3	Intervalles	Tumbaco	2	1.82
4	Tumbaco	Tumbaco 2	2	2.20
5	Tumbaco 2	Puembo	2	2.75
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	2	3.34
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	2	0.96

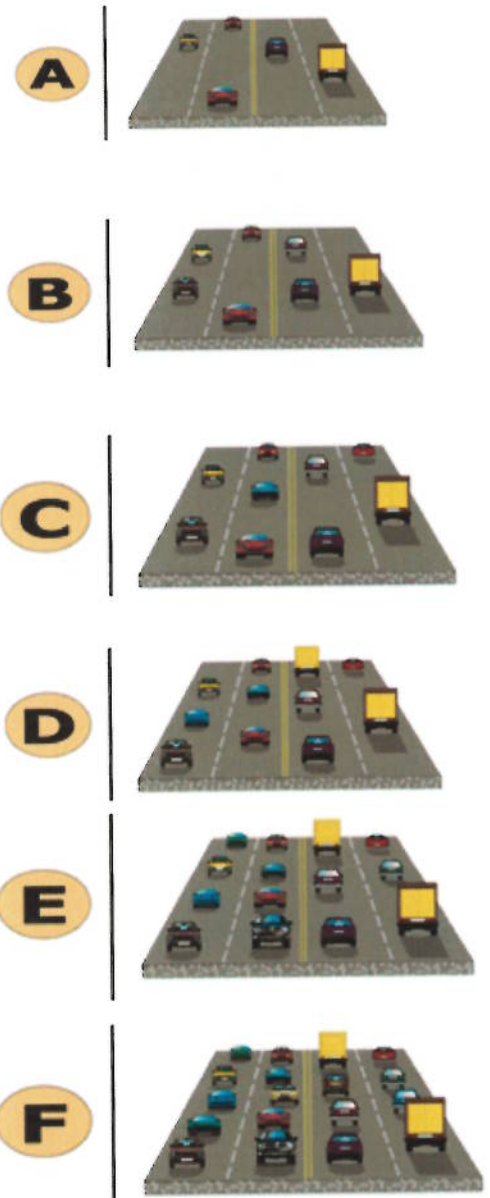
### 2.5.1 Nivel de servicio

La metodología analizada para evaluar el nivel de servicio corresponde a la presentada en el HCM 2000 (Highway Capacity Manual), en lo que corresponde a vías de dos carriles y vías de múltiples carriles. Este análisis abarca la consideración del impacto que la demanda tendría sobre la velocidad de operación tendría y viceversa.

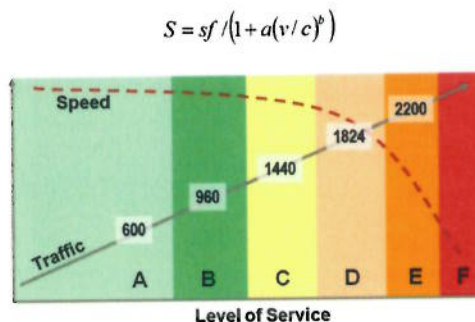
El nivel de servicio es una medida de la calidad de las condiciones operacionales dentro de un flujo de tráfico, tales como son la velocidad, tiempo de viaje, libertad para maniobrar, interrupciones en el tráfico, confort y conveniencia. El HCM define seis niveles de servicio que describen un rango de condiciones operacionales.



- Nivel de Servicio A: Las condiciones de viaje son completamente de flujo libre. La única restricción de la operación de los vehículos radica en las características geométricas del camino y en las preferencias individuales del conductor. La maniobrabilidad dentro del flujo vehicular es buena, y las ligeras interrupciones del tránsito se absorben fácilmente, sin que tengan efecto en la velocidad de cruce.
- Nivel de servicio B: Las condiciones de viaje son de flujo libre. Se observa la presencia de otros vehículos pero no es una restricción de la operación de los vehículos, como lo son las características geométricas del camino y las preferencias individuales del conductor. Las interrupciones ligeras se absorben fácilmente, aunque se observan reducciones localizadas en el NDS.
- Nivel de servicio C: La densidad de tránsito comienza a influir en las operaciones. La capacidad de maniobra dentro del flujo vehicular se ve afectada por otros vehículos. La velocidad de cruce muestra alguna reducción cuando la velocidad de flujo libre sobrepasa los 80 Km/h. Pueden esperarse que las interrupciones menores causen un deterioro local grave del servicio, y comenzar la formación de filas.
- Nivel de servicio D: La capacidad de maniobra está muy restringida debido a los embotellamientos. La velocidad de cruce se reduce a medida que aumenta el volumen. Puede esperarse que las interrupciones ligeras causen un deterioro local grave del servicio y comenzar la formación de filas.
- Nivel de servicio E: Las operaciones son inestables a capacidad o casi capacidad. La densidad varía dependiendo de la velocidad del flujo libre. Los vehículos operan con el espaciamiento mínimo, para el que puede mantenerse el flujo uniforme. Las interrupciones no se disipan con facilidad y generalmente resultan en la formación de filas y en el deterioro del servicio.
- Nivel de servicio F: Ocurre un colapso forzado del flujo en el punto para el cual, el número de vehículos que llegan a ese punto sobrepasa al número de vehículos desalojados, o cuando la demanda esperada sobrepasa la capacidad. Se forman filas en el punto de colapso, mientras que puede parecer que los tramos camino abajo, se encuentra a capacidad. Las operaciones son muy inestables.



**Figura 2.21**  
**VOLÚMENES POR CARRIL SEGÚN NIVEL DE SERVICIO**



2.5.1.1 Metodología

La metodología del HCM consiste en calcular las densidades a las cuales estará operando la vía y compararla con rangos máximos de densidad que definen los distintos niveles de servicio.

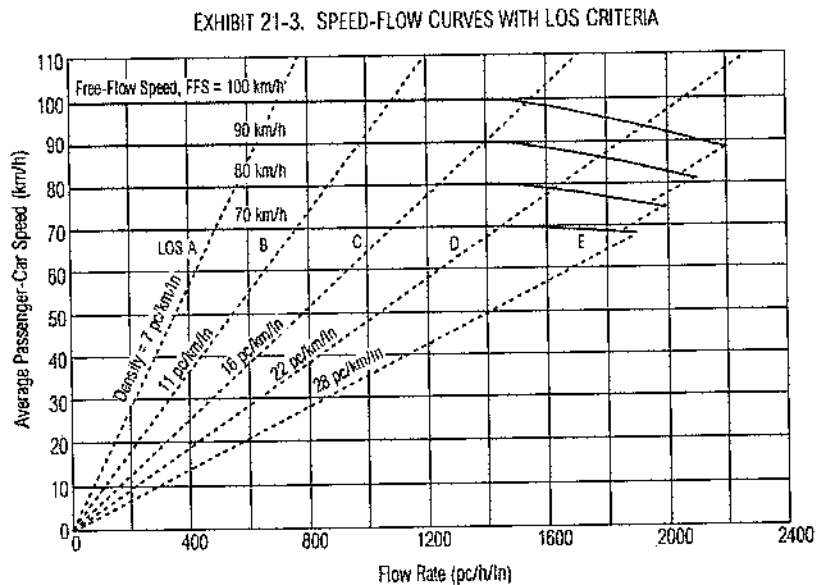
Para definir la velocidad de operación se utilizan curvas flujo-velocidad, y una vez determinada la velocidad se conoce que la densidad está dada por la siguiente expresión:

$$k = \frac{q}{v \cdot N}$$

Donde:

- k = densidad (veh/km)
- q = flujo (veh/h)
- v = velocidad (km/h)
- N = número de carriles

**Figura 22**  
**CRITERIO PARA DEFINIR EL NDS**



Fuente: HCM 2000

Por ejemplo para un tráfico de 53157 vehículos, el máximo número de vehículos livianos equivalentes dirección por carril es de 791 v/e/h/carril, lo que de acuerdo a las curvas de velocidad definidas en el HCM produce un valor de 91 km/h y sabiendo que densidad  $k = \text{flujo} / \text{velocidad}$  entonces la densidad es aproximadamente de 9 veh/km. Lo cual de acuerdo a las tablas correspondientes corresponde a un nivel de servicio B.

**Tabla 2.35**  
**CRITERIOS PARA DEFINIR EL NDS**

EXHIBIT 21-2. LOS CRITERIA FOR MULTILANE HIGHWAYS

Free-Flow Speed	Criteria	LOS				
		A	B	C	D	E
100 km/h	Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	25
	Average speed (km/h)	100.0	100.0	98.4	91.5	88.0
	Maximum volume to capacity ratio (v/c)	0.32	0.50	0.72	0.92	1.00
	Maximum service flow rate (pc/h/ln)	700	1100	1575	2015	2200
90 km/h	Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	26
	Average speed (km/h)	90.0	90.0	89.8	84.7	80.8
	Maximum v/c	0.30	0.47	0.68	0.89	1.00
	Maximum service flow rate (pc/h/ln)	630	990	1435	1860	2100
80 km/h	Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	27
	Average speed (km/h)	80.0	80.0	80.0	77.6	74.1
	Maximum v/c	0.28	0.44	0.64	0.85	1.00
	Maximum service flow rate (pc/h/ln)	560	880	1280	1705	2000
70 km/h	Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	28
	Average speed (km/h)	70.0	70.0	70.0	69.6	67.9
	Maximum v/c	0.26	0.41	0.59	0.81	1.00
	Maximum service flow rate (pc/h/ln)	490	770	1120	1530	1900

Fuente: HCM 2000

### 2.5.2 Año 2013

A continuación en la Tabla 2.36 se presenta la proyección de tráfico, considerando la implementación de los proyectos del Plan de Desarrollo Vial (Fase I) en el proyecto en análisis, que corresponden a la vía Collas y el primer tramo de la ruta sur.

En la Tabla 2.37 se presenta un análisis del nivel de servicio en los distintos tramos del proyecto considerando el año 2013 como horizonte para el Diseño y la especificación de número de carriles planteado por la EPMOP.

**Tabla 2.36**  
**PRONÓSTICO DEL TRÁFICO PARA EL AÑO 2013**

Sección	Descripción		RUTA		
	Inicio	Fin	Interoc.	SUR	COLLAS
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	24,067	53,157	
2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	57,496	5,669	10,635
3	Intervalles	Tumbaco	56,971		
4	Tumbaco	Tumbaco 2	40,278		
5	Tumbaco 2	Puembo	32,023		
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	24,340		
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	15,866		

Fuente: Elaboración propia



**ASOCIACIÓN**  
**ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

**Tabla 2.37**  
**NIVELES DE SERVICIO EN LOS TRAMOS DEL PROYECTO AÑO 2013.**

Sección	Descripción		Características SUR	
	Inicio	Fin	# de carriles x sentido	Nivel de Servicio
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisi	3	B
2	Cumbayá/Lumbisi	Intervalles	3	A
3	Intervalles	Tumbaco		
4	Tumbaco	Tumbaco 2		
5	Tumbaco 2	Puembo		
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche		
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca		

Fuente: Elaboración propia

**2.5.3 Año 2015**

A continuación en la Tabla 2.38 se presenta la proyección de tráfico, considerando la implementación de los proyectos del Plan de Desarrollo Vial (Fase I) en el proyecto en análisis, la vía Interoceánica y la ruta Collas para el año 2015.

En la Tabla 2.39 se presenta un análisis del nivel de servicio en los distintos tramos del proyecto considerando el año 2015 como horizonte para el Diseño y la especificación de número de carriles planteado por la EPMOP.

**Tabla 2.38**  
**PRONÓSTICO DEL TRÁFICO PARA EL AÑO 2015**

Sección	Descripción		RUTA		
	Inicio	Fin	Interoc.	SUR	COLLAS
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisi	22,331	67,125	
2	Cumbayá/Lumbisi	Intervalles	25,951	57,099	5,524
3	Intervalles	Tumbaco	23,061	56,470	
4	Tumbaco	Tumbaco 2	15,666	40,872	
5	Tumbaco 2	Puembo	8,838	37,946	
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	17,509	21,403	
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	6,873	19,563	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.39**  
**NIVELES DE SERVICIO EN LOS TRAMOS DEL PROYECTO AÑO 2015**

Sección	Descripción		Características SUR	
	Inicio	Fin	# de carriles x sentido	Nivel de Servicio
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisi	3	C
2	Cumbayá/Lumbisi	Intervalles	3	B
3	Intervalles	Tumbaco	2	C
4	Tumbaco	Tumbaco 2	2	C
5	Tumbaco 2	Puembo	2	B
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	2	B
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	2	B

Fuente: Elaboración propia

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

### 2.5.4 Año 2020

A continuación en la Tabla 2.40 se presenta la proyección de tráfico, considerando la implementación de los proyectos del Plan de Desarrollo Vial (Fase I) en el proyecto en análisis, la vía Interoceánica y la ruta Collas para el año 2020.

En la Tabla 2.41 se presenta un análisis del nivel de servicio en los distintos tramos del proyecto considerando el año 2020 como horizonte para el Diseño y la especificación de número de carriles planteado por la EPMMOP.

**Tabla 2.40**  
**PRONÓSTICO DEL TRÁFICO PARA EL AÑO 2020**

Sección	Descripción		RUTA		
	Inicio	Fin	Interoc.	SUR	COLLAS
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	30,081	82,528	
2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	37,411	71,113	8,179
3	Intervalles	Tumbaco	33,811	70,383	
4	Tumbaco	Tumbaco 2	22,184	52,682	
5	Tumbaco 2	Puembo	10,835	51,252	
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	22,650	29,237	
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	9,527	27,528	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.41**  
**NIVELES DE SERVICIO EN LOS TRAMOS DEL PROYECTO AÑO 2020**

Sección	Descripción		Características SUR	
	Inicio	Fin	# de carriles x sentido	Nivel de Servicio
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	3	C
2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	3	C
3	Intervalles	Tumbaco	2	D
4	Tumbaco	Tumbaco 2	2	C
5	Tumbaco 2	Puembo	2	C
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	2	B
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	2	B

Fuente: Elaboración propia

### 2.5.5 Año 2025

A continuación en la Tabla 2.42 se presenta la proyección de tráfico, considerando la implementación de los proyectos del Plan de Desarrollo Vial (Fase I) en el proyecto en análisis, la vía Interoceánica y la ruta Collas para el año 2025.

En la Figura 2.43 se presenta un análisis del nivel de servicio en los distintos tramos del proyecto considerando el año 2025 como horizonte para el Diseño y la especificación de número de carriles planteado por la EPMMOP.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

**Tabla 2.42**  
**PRONÓSTICO DEL TRÁFICO PARA EL AÑO 2025.**

Sección	Descripción		RUTA		
	Inicio	Fin	Interoc.	SUR	COLLAS
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	40,932	101,563	
2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	54,295	86,021	13,616
3	Intervalles	Tumbaco	50,039	85,087	
4	Tumbaco	Tumbaco 2	34,417	65,411	
5	Tumbaco 2	Puembo	13,330	70,566	
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	29,311	41,571	
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	14,380	40,556	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.43**  
**NIVELES DE SERVICIO EN LOS TRAMOS DEL PROYECTO AÑO 2025**

Sección	Descripción		Características SUR	
	Inicio	Fin	# de carriles x sentido	Nivel de Servicio
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	3	D
2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	3	C
3	Intervalles	Tumbaco	2	E
4	Tumbaco	Tumbaco 2	2	D
5	Tumbaco 2	Puembo	2	E
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	2	C
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	2	C

Fuente: Elaboración propia

### 2.5.6 Año 2030

A continuación en la Tabla 2.44 se presenta la proyección de tráfico, considerando la implementación de los proyectos del Plan de Desarrollo Vial (Fase I) en el proyecto en análisis, la vía Interoceánica y la ruta Collas para el año 2030.

A continuación en la Tabla 2.45 se presenta un análisis del nivel de servicio en los distintos tramos del proyecto considerando el año 2030 como horizonte para el Diseño y la especificación de número de carriles planteado por la EPMOP.



**ASOCIACIÓN**  
**ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

**Tabla 2.44**  
**PRONÓSTICO DEL TRÁFICO PARA EL AÑO 2030**

Sección	Descripción		RUTA		
	Inicio	Fin	Interoc.	SUR	COLLAS
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	56,946	124,276	
2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	77,089	103,344	22,673
3	Intervalles	Tumbaco	72,639	101,953	
4	Tumbaco	Tumbaco 2	53,989	77,755	
5	Tumbaco 2	Puembo	33,202	79,912	
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	38,254	59,827	
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	22,180	59,779	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.45**  
**NIVELES DE SERVICIO EN LOS TRAMOS DEL PROYECTO AÑO 2030**

Sección	Descripción		Características SUR	
	Inicio	Fin	# de carriles x sentido	Nivel de Servicio
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	3	F
2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	3	D
3	Intervalles	Tumbaco	2	F
4	Tumbaco	Tumbaco 2	2	E
5	Tumbaco 2	Puembo	2	E
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	2	D
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	2	D

Fuente: Elaboración propia

### 2.5.7 Pronóstico nivel de servicio Interoceánica

A continuación se presentan los niveles de servicio esperados en la vía interoceánica para los años 2013, 2015, 2020, 2025 y 2030.

**Tabla 2.46**  
**NIVEL DE SERVICIO 2013 INTEROCEÁNICA**

Sección	Descripción		Características SUR	
	Inicio	Fin	# de carriles x sentido	Nivel de Servicio
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	2	B
2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	2	F
3	Intervalles	Tumbaco	2	F
4	Tumbaco	Tumbaco 2	3	C
5	Tumbaco 2	Puembo	1	F
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	3	C
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	3	A

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.47**  
**NIVEL DE SERVICIO 2015 INTEROCEÁNICA**

Sección	Descripción		Características SUR	
	Inicio	Fin	# de carriles x sentido	Nivel de Servicio
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	2	B
2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	2	C
3	Intervalles	Tumbaco	2	B
4	Tumbaco	Tumbaco 2	3	A
5	Tumbaco 2	Puembo	1	D
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	3	B
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	3	A

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.48**  
**NIVEL DE SERVICIO 2020 INTEROCEÁNICA**

Sección	Descripción		Características SUR	
	Inicio	Fin	# de carriles x sentido	Nivel de Servicio
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	2	C
2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	2	D
3	Intervalles	Tumbaco	2	D
4	Tumbaco	Tumbaco 2	3	A
5	Tumbaco 2	Puembo	1	D
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	3	C
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	3	A

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.49**  
**NIVEL DE SERVICIO 2025 INTEROCEÁNICA**

Sección	Descripción		Características SUR	
	Inicio	Fin	# de carriles x sentido	Nivel de Servicio
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	2	D
2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	2	E
3	Intervalles	Tumbaco	2	E
4	Tumbaco	Tumbaco 2	3	C
5	Tumbaco 2	Puembo	1	D
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	3	D
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	3	A

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 2.50**  
**NIVEL DE SERVICIO 2030 INTEROCEÁNICA**

Sección	Descripción		Características SUR	
	Inicio	Fin	# de carriles x sentido	Nivel de Servicio
1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	2	F
2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	2	E
3	Intervalles	Tumbaco	2	F
4	Tumbaco	Tumbaco 2	3	D
5	Tumbaco 2	Puembo	3	C
6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	3	D
7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	3	B

Fuente: Elaboración propia

### 2.5.8 Resumen de pronóstico de tráfico Ruta Sur

En la Tabla 2.51 se presenta un resumen del TPDA para el proyecto para cada uno de los quinquenios de análisis. Cabe señalar que por restricciones del modelo y de las técnicas de modelación sólo se utilizan tres tipos de vehículos: Livianos, Buses y Pesados. Sin embargo en la Tabla 2.10 se presenta la composición detallada del tráfico en las vías actuales.

En el Anexo 2-3 se presenta de manera detallada año por año el tráfico en el proyecto así como el total de vehículos-kilómetro recorridos en el proyecto.



**ASOCIACIÓN**  
**ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

**Tabla 2.51**  
**PRONOSTICO TPDA RUTA SUR**

Año	Tramo	Desde	Hasta	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TPDA
2015	1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	61,057	1,097	1,937	64,091
2015	2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	50,923	1,210	1,878	54,011
2015	3	Intervalles	Tumbaco	50,300	1,188	1,897	53,385
2015	4	Tumbaco	Tumbaco 2	36,276	987	1,311	38,574
2015	5	Tumbaco 2	Puembo	32,982	1,185	1,297	35,464
2015	6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	18,250	948	628	19,826
2015	7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	16,763	736	663	18,163
2020	1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	75,465	1,188	2,343	78,996
2020	2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	64,037	1,310	2,228	67,575
2020	3	Intervalles	Tumbaco	63,314	1,283	2,251	66,848
2020	4	Tumbaco	Tumbaco 2	47,329	1,096	1,580	50,005
2020	5	Tumbaco 2	Puembo	45,272	1,413	1,577	48,262
2020	6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	25,354	1,142	799	27,296
2020	7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	24,086	844	877	25,807
2025	1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	93,372	1,261	2,834	97,468
2025	2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	78,075	1,416	2,557	82,048
2025	3	Intervalles	Tumbaco	77,149	1,382	2,587	81,118
2025	4	Tumbaco	Tumbaco 2	59,364	1,191	1,832	62,388
2025	5	Tumbaco 2	Puembo	63,225	1,705	1,965	66,895
2025	6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	36,615	1,398	1,080	39,093
2025	7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	36,084	992	1,244	38,320
2030	1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	115,174	1,254	3,297	119,725
2030	2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	94,535	1,453	2,952	98,940
2030	3	Intervalles	Tumbaco	93,190	1,396	2,985	97,572
2030	4	Tumbaco	Tumbaco 2	71,358	1,153	2,046	74,557
2030	5	Tumbaco 2	Puembo	72,414	1,750	1,999	76,163
2030	6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	53,500	1,727	1,436	56,664
2030	7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	54,142	1,167	1,651	56,960

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2.52 se indican las tasas quinquenales de crecimiento, que consideran las asignaciones de tráfico, hay que tomar en cuenta que las estas tasas dependen directamente de los proyectos nuevos ya que el tráfico desviado es componente importante del volumen total.

En el Anexo 2.4 se presentan las tasas año a año.

**ASOCIACIÓN**  
**ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

**Tabla 2.52**  
**TASAS DE CRECIMIENTO QUINQUENALES**

Año	Tramo	Desde	Hasta	Tasas quinquenales			
				LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TPDA
2020	1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	4%	2%	4%	4%
2020	2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	5%	2%	3%	5%
2020	3	Intervalles	Tumbaco	5%	2%	3%	5%
2020	4	Tumbaco	Tumbaco 2	5%	2%	4%	5%
2020	5	Tumbaco 2	Puembo	7%	4%	4%	6%
2020	6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	7%	4%	5%	7%
2020	7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	8%	3%	6%	7%
2025	1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	4.4%	1.2%	3.9%	4.3%
2025	2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	4.0%	1.6%	2.8%	4.0%
2025	3	Intervalles	Tumbaco	4.0%	1.5%	2.8%	3.9%
2025	4	Tumbaco	Tumbaco 2	4.6%	1.7%	3.0%	4.5%
2025	5	Tumbaco 2	Puembo	6.9%	3.8%	4.5%	6.7%
2025	6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	7.6%	4.1%	6.2%	7.4%
2025	7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	8.4%	3.3%	7.2%	8.2%
2030	1	Simón Bolívar	Cumbayá/Lumbisí	4.3%	-0.1%	3.1%	4.2%
2030	2	Cumbayá/Lumbisí	Intervalles	3.9%	0.5%	2.9%	3.8%
2030	3	Intervalles	Tumbaco	3.9%	0.2%	2.9%	3.8%
2030	4	Tumbaco	Tumbaco 2	3.7%	-0.7%	2.2%	3.6%
2030	5	Tumbaco 2	Puembo	2.8%	0.5%	0.3%	2.6%
2030	6	Puembo	E35 Pifo-Quinche	7.9%	4.3%	5.9%	7.7%
2030	7	E35 Pifo-Quinche	Alpachaca	8.5%	3.3%	5.8%	8.3%

Fuente: Elaboración propia

### **3. ESTUDIO GEOLÓGICO DE LA VÍA**

#### **3.1 ANTECEDENTES**

La EPMMOP-Q contrato con la Asociación de compañías consultoras ASTEC – Fernando Romo – León & Godoy, la ejecución de los estudios de ingeniería definitivos de la Ruta Sur hacia el nuevo aeropuerto de Quito.

En la fase de estudios de factibilidad de las rutas al nuevo aeropuerto de Quito, se desarrolló un estudio geológico preliminar de la Ruta Sur, la cual sigue prácticamente por los mismos territorios por los cuales discurre el trazado final, motivo del presente estudio. Algunas partes de varios capítulos de dicho estudio han sido reproducidas en este Informe.

El trazado definitivo de la Ruta Sur tiene 16,507 km de longitud y desciende desde los 2639 msnm (abscisa 0+000) en la Avenida Simón Bolívar, hasta los 2301 msnm (puente San Pedro, 5+480) para finalizar a 2510 msnm (16+507) en las cercanías al Nuevo Aeropuerto de Quito.

En esta ruta serán construidas 3 obras para el cruce sobre los ríos San Pedro y Chichi mediante puentes y con posible relleno sobre el río Guambi. Los estudios geológicos de estos cruces han sido desarrollados en un Informe específico.

#### **3.2 ALCANCE Y METODOLOGÍA**

El presente estudio indica las condiciones geológicas regionales y locales a partir de estudios de superficie de la Ruta Sur, en sus 16,5 km de longitud.

Para efectuar este estudio se ha procedido a la ejecución de las siguientes actividades:

- Recopilación y análisis de las informaciones regionales: Geológica general y estructural;
- Mapeamiento geológico local siguiendo el trazado topográfico de la vía.

El estudio geológico a detalle, ha sido realizado con recorridos sobre el terreno y con el uso de equipos tipo GPS para ubicación en coordenadas UTM a más del uso de altímetro de precisión para ubicación en cotas.

En el desarrollo de los estudios de campo ha sido necesario además el empleo de cartas topográficas y geológicas, para facilitar la ubicación geográfica principalmente y observación de las áreas distensionadas por fallas cubiertas.

Las informaciones obtenidas constan en el presente informe.

#### **3.3 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIONES**

El detalle de las informaciones geológicas consultadas, consta en el capítulo Bibliografía y están referidas principalmente al conocimiento de las Formaciones Geológicas en cuanto a su ubicación, litologías preponderantes, fallas geológicas observadas o inferidas, aspectos geológicos estructurales, entre los principales.

De las informaciones recopiladas se destacan en este estudio, las relativas a estudios geológicos previos efectuados para la Ruta Sur y otras variantes de accesos viales, así como mapas geológicos regionales (Hojas “Sangolquí” y “El Quinche”) y bibliografía especializada.



Dado que el río San Pedro es un drenaje natural por el que han recorrido lahares generados por la erupción del volcán activo Cotopaxi, se ha dado principal énfasis en la ubicación en el terreno, de vestigios de dichas corrientes, especialmente la de 1877 que según estudios vulcanológicos, es la erupción con generación de lahares más importante acaecida.

### **3.3.1 Geología general regional**

En la zona norte de Ecuador y específicamente en la zona del Proyecto, la cordillera de Los Andes está conformada por 2 cadenas montañosas casi paralelas: la cordillera Occidental y la Real, de dirección aproximada NE – SW y separadas entre si por depresiones o valles interandinos.

El basamento de la cordillera Occidental está constituido por unidades volcánicas de edad cretácica (Formación Macuchi) a las cuales han cubierto depósitos sedimentarios cretácicos – eocénicos. Este conjunto rocoso ha sido interpretado como un antiguo arco volcánico fallado, plegado y en el cual han intruido varios cuerpos batolíticos, a más de ser receptáculos de sedimentos. El flanco occidental de esta Cordillera, está afectado por varias fallas generadas por esfuerzos orogénicos y epirogénicos.

Subyacentes a las rocas volcánicas cretácicas que conforman el núcleo de la cordillera Occidental, se encuentran roca metamórficas paleozoicas y precámbricas, algunas de las cuales afloran en las cimas de la Cordillera Real.

El núcleo de la cordillera Real, ubicada al lado Este del proyecto vial (Ruta Sur) está formado por rocas metamórficas de posible edad paleozoica, plegadas, fracturadas y con presencia de varios cuerpos intrusivos. En el flanco oriental de esta cordillera se encuentran varias fallas de cabalgamiento. En el flanco occidental, limitante con el valle interandino, se observan varias fallas geológicas que las separan.

Tanto la cordillera Occidental como la Real, tiene coberturas cuaternarias de espesores variados de piroclastos y depósitos glaciares, los cuales en general, encubren a rocas antiguas y fracturas geológicas. Igualmente, en las 2 Cordilleras antes indicadas se encuentran estrato-volcanes activos y otros dormidos.

La depresión interandina o valles interandinos donde se encuentran la Ruta Sur, ha sido rellenada con elementos de diversas granulometrías, caídos o transportados a diferentes ambientes de sedimentación. Estos depósitos tienen edades que van desde el mioceno hasta el holoceno.

W. Sauer (Ref. 1) indica *"Las depresiones interandinas son los sitios en que adquieren mayor potencia los depósitos lacustres y fluviales... Las partes más profundas de las depresiones se han rellenado casi exclusivamente de estratos lacustres, fluvio-lacustres, glacio - lacustres y morrénicos del Cuaternario antiguo. Solo en los paquetes superiores de los sedimentos se encuentran intercalaciones eólicas, las cuales demuestran que, temporalmente, durante los periodos interglaciares secos han tenido lugar desecaciones de las depresiones, originando sedimentos propiamente terrestres, encima de los depósitos lacustres y fluviales"*.

En el valle de Tumbaco – Guayllabamba existieron varios lagos de agua dulce, poco profundos y templados. La desaparición de los antiguos lagos se debió, en gran parte, a la acción fuerzas de epirogénicos que al fracturar las cubetas, generaron su desagüe.

En el Cuaternario, W. Sauer (Ref. 1) indica *"...existen claras evidencias a disminuir la potencia de las formaciones lacustres hacia las partes superiores de los perfiles cuaternarios ... y a aumentar las potencias de las intercalaciones eólicas..."* *"Los enormes depósitos sedimentarios, de centenares de metros de potencia en las depresiones interandinas, no se han formado propiamente a causa de la acción erosiva del agua en las regiones montañosas, sino que son*

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

*preferentemente el resultado de la acción acumuladora de las aguas torrenciales, fluviales y lacustres que han concentrado [a]...las masas arrojadas por los volcanes”.*

### 3.3.2 Las glaciaciones

W. Sauer (Ref. 1) indica que en la región interandina norte ecuatoriana (es decir, aproximadamente al norte del Nudo de Tiocajas) existieron 4 períodos interglaciares. El primer interglaciar puede ser observado en los cañones excavados por los procesos erosivos en los ríos, “...por ejemplo, en el río Chiche”.

En el río Chiche, sobre (Ref. 1) “*bancos superpuestos y alternados monótonamente de conglomerados, gravas y arenas gruesas...*” de la 1ª. glaciación fueron cubiertos por “...lodo y arena fina lacustre...” En la 2ª. glaciación “...los escombros de morrenas basales” se mezclaron con los lodos y arenas lacustres “...formando montones de material morrénico...de muy diversas potencias”

El período del 2º. Interglaciar se caracteriza “...por la primera aparición de cangahua eólica de poca potencia y extensión, con rara intercalación de reducidos horizontes de ‘bolas de cangahua’. Estas capas eólicas se han depositado sobre cangahua lacustre y sedimentos arenosos y arcillosos...”

En la 3ª. glaciación en el perfil del río Chiche “...se muestra...una verdadera morrena...perteneciente al antiguo glaciar de Paluguillo. En el interglaciar, “...productos piroclásticos finos arrojados por erupciones explosivas, se acumularon en las depresiones interandinas como sedimentos eólicos en disposición periclinal sobre el relieve de los terrenos secos o sobre estratos lacustres...” (Ref. 1)

En los depósitos de cangahua existen horizontes de las denominadas “bolas de cangahua” generadas por “*un escarabajo pelotero de la familia Scarabaeidae...[que] por su importancia como fósil guía del Pleistoceno, ha obtenido una denominación propia: Coprinisphaera ecuadoriensis*”.

Posteriormente, la depresión andina fue rellenada con cangahuas modernas pertenecientes a la era Postglacial. Por estas zonas atraviesa, en gran parte de su recorrido, la Ruta Sur.

La depresión interandina está limitada por escarpes de fallas geológicas, algunas consideradas como activas, lo que ha coadyuvado para que sea justificado el denominar a la región como una zona sísmica activa.

En la depresión interandina cerca al Proyecto, existe el volcán dormido Ilaló de posible edad pleistocénica, con 1,5 MA de antigüedad, el cual pueden observarse varios valles glaciares y ha sido la fuente de aportes de materiales limosos y rocosos meteorizados que se hallan en los depósitos coluviales que circundan a este antiguo volcán y que la Ruta Sur los atraviesa.

### 3.4 FORMACIONES GEOLÓGICAS PRINCIPALES Y ESTRUCTURAS A LAS QUE CRUZA LA RUTA SUR

El Proyecto vial (Ruta Sur) parte desde el flanco oriental de la Cordillera Occidental, desciende hasta el valle de Cumbayá – Tumbaco y cruza por una parte del callejón Interandino hasta el final en el ingreso al nuevo aeropuerto.

En el corredor vial de la Ruta Sur afloran Unidades Geológicas ubicadas en la columna estratigráfica, en el Terciario superior de la cuenca interandina central y que se los ha agrupado como sedimentos de la Hoya del Guayllabamba.

En la cuenca geológica de Guayllabamba se encuentran productos de actividad volcánica depositados durante los periodos Mioceno, Oligoceno y Plioceno en el Terciario Superior y también en los periodos Pleistoceno y Holoceno en el Cuaternario.

Los productos volcánicos rellenaron la cuenca de Guayllabamba conformando gruesos estratos vulcano-sedimentarios. Estos productos fueron depositados en ambientes subaéreos, fluviales y lagunares, como revelan algunas facies observadas.

En general, la Ruta Sur tiene una dirección W – E y las estructuras (fallas geológicas) que predominan en la ladera oriental de la Loma Monjas, tienen direcciones N-S; NNE – SSW y en menor medida NW – SE. Muchas de estas fallas geológicas afectan hasta el holoceno, por lo que algunas han sido catalogadas como activas.

De las direcciones antes indicadas, prácticamente todas las estructuras existentes cruzan al Proyecto en sentido perpendicular, lo cual es favorable para la estabilidad de los taludes principalmente.

Las Unidades Estratigráficas que afloran en el corredor vial de la Ruta Sur, se describen desde la más antigua hasta las capas modernas de la superficie, las cuales fueron depositadas en el área durante el Cuaternario, desde el Pleistoceno medio hasta el Holoceno.

La Formación Cangahua [Q<sub>C</sub>] ocupa aproximadamente el 35% de la longitud del Proyecto de 16,5 km; un 50% corresponde a depósitos coluviales; un aproximado del 10% a depósitos de lahares y el 5% restante se distribuye en detritos de la Formación Chiche.

#### **3.4.1 Formación Chiche Pleistoceno superior (0,5 a 1,6 MA) [P<sub>CH</sub>]**

Son depósitos que corresponden a los “*Sedimentos Chichi*” que para W. Sauer (Ref. 1) correspondería a los sedimentos de la 2<sup>a</sup>. y 3<sup>a</sup>. glaciación.

La columna estratigráfica Chiche tiene dos miembros fluvio lacustres intercalados por un extenso depósito laharítico de espesor uniforme.



*Foto de las Formaciones Cangahua [Q<sub>C</sub>] arriba, color crema y Chiche [P<sub>CH</sub>] abajo, color gris, vistas desde el puente actual sobre el río Chiche. La línea entrecortada negra indica el contacto geológico.*



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

Para Sauer (Ref.1) , Játiva y Dávila (Ref. 4) "...a nivel regional del valle de la provincia de Pichincha, los sedimentos llegados a la laguna Chiche se depositaron sobre un fondo irregular dejado por los depósitos volcánicos de la formación Guayllabamba y parcialmente sobre la erosionada formación San Miguel.

*La formación Chiche se depositó al mismo tiempo que se construía el complejo volcánico Mojanda - Fuya Fuya (hace 500 000 años) y es también más joven que el volcán Ilaló (1 a 1,6 millones de años)*

*El miembro fluvio lacustre Chiche inferior tiene un aporte de sedimentos venidos desde área del volcán Cayambe. Al norte de la cuenca el ambiente de depósito es fluvio lacustre y hacia el sur se presentan facies eólicas. Las facies de este miembro cambian al sur de la cuenca. Los materiales llegaron a la orilla Sur de la laguna Chiche desde los volcanes Cotopaxi, Pasochoa y Rumiñahui.*

*El conjunto estratigráfico tiene un espesor de aproximadamente 100 m en el río Chiche y se adelgaza a 20 m en la depresión de Guayllabamba".*

La columna estratigráfica en el río Chiche es identificable a lo lejos por sus colores grises. Contiene conglomerados, areniscas líticas grises, tobas y lapillis. Los fragmentos líticos son en su mayoría de andesitas piroxeno olivínicas y unos pocos de riolitas, grauvacas y obsidianas. Se ha identificado en estas capas fósiles del mamífero dentado *Glossoterium* del Pleistoceno superior.

En los dos miembros fluvio lacustres se encuentra en algunas localidades capas de cangagua.

El Proyecto Ruta Sur cruza en corta extensión a esta Formación en el río Guambi y la cimentación de las pilas del puente Chiche se apoyarán en estos competentes materiales.

### **3.4.2 Formación Cangahua** *Pleistoceno superior a Holoceno [Q<sub>c</sub>]*

La Formación Cangahua está constituida por depósitos de estratos de "...toba volcánica ...de plagioclasa, hornblenda, augita, biotita y a veces cuarzo, o sea los elementos mineralógicos de las andesitas..."(Ref. 2) y por 2 estratos métricos de lapilli intercalados.

El suelo conocido como cangagua, ocurre extensamente en todo el valle interandino norte de Ecuador. En las planicies se encuentra estratificada y en montes y colinas los cubre como un manto periclinal, sobreponiéndose a todas las formaciones depositadas previamente. Su espesor aproximado llega a 50 m en las planicies y a 20 y 30 m en las colinas.

En ciertos sitios se han observado espesores de hasta 80 m, por ejemplo en la quebrada de Gualo fuera de la zona en estudio. En la zona del puente sobre el río Chiche tiene un espesor aproximado de 50 m incluidos los 2 estratos de lapilli, cuyo espesor individual varía entre 2 m a 3 m cada uno.

Las cangahuas tienen un color típicamente café amarillento en estado seco y varía a sepia humedecido. Se intercalan cenizas, extensos lapillis, paleosuelos negros, localmente ocurren flujos de lodo fino y canales aluviales arenosos o pumíticos. Se observan a veces niveles y vetas de caliche y limonita en los planos de estratificación y grietas de desecación, las cuales indican que su depósito fue en zonas áridas. En la zona del proyecto, el ambiente de depósito corresponde al de estepa seca.

Entre las manifestaciones fósiles se encuentran huellas de flora esteparia, gasterópodos terrestres, nidos de roedores y anélidos.

# ASOCIACIÓN

## ASTEAC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

En las cangahuas del 3er. interglacial principalmente, son comunes las ‘bolas de cangagua’ (Coprinisphaera ecuadoriense) construidas por una variedad de escarabajos peloteros. Se han encontrado también restos óseos de grandes mamíferos del Pleistoceno: caballo andino -*Equus andinum*-, osos, venados e inclusive restos humanos del paleolítico.



*Foto de un talud en tobas con lentes de arenas volcánicas de la Formación Cangagua. Absc. 0+000 de Ruta Sur, en, Av. Simón Bolívar. Talud con corte 3:1 de 10 m de altura aproximada. Los lentes de arenas finas deben ser estabilizados mediante lechadas de cemento u otro método, pues caen por total falta de cohesión.*



*Talud de cangahuas “retrabajadas” por deslizamientos actualmente estabilizados. Km 1 Ruta Sur.*





*Susceptibilidad de las tobas y arenas de la Formación Cangahua a ser erosionadas. Km 1,5 Ruta Sur.*



*Taludes casi verticales de quebradas y quebradillas en Ruta Sur. Cangahuas.*





*Tobas dispuestas en lagunas. Cerca de depósitos de lahar, Km 2,4 Ruta Sur.*

Al suelo conocido como cangahua se lo clasifica en Mecánica de Suelos como limo arenoso a limo arcilloso. Es un suelo cuyo comportamiento es similar a los loess, tanto en sus propiedades físico-mecánicas como por su comportamiento frente al humedecimiento (es un suelo colapsible), tipo de rotura típica, entre las principales. Pero en cuanto a los conceptos geológicos, son diferentes.

### **3.4.3 Detalles geológicos de las Formaciones Chiche y Cangahua**

W. Sauer (Ref.1) indica que en la región interandina norte ecuatoriana (es decir, aproximadamente al norte del Nudo de Tiocajas) se produjo el depósito de tobas en 4 períodos interglaciares. El primer interglacial puede ser observado en los cañones excavados por los procesos erosivos en los ríos, "...por ejemplo, en el río Chiche".

En el río Chiche, sobre (Ref.1) "*bancos superpuestos y alternados monótonamente de conglomerados, gravas y arenas gruesas...*" de la 1ª. glaciación fueron cubiertos por "*...lodo y arena fina lacustre...*" En la 2ª. glaciación por "*...los escombros de morrenas basales*" se mezclaron con los lodos y arenas lacustres "*...formando montones de material morrénico...de muy diversas potencias*"

El período del 2º. Interglacial se caracteriza "*...por la primera aparición de cangahua eólica de poca potencia y extensión, con rara intercalación de reducidos horizontes de 'bolas de cangahua'. Estas capas eólicas se han depositado sobre cangahua lacustre y sedimentos arenosos y arcillosos...*"

En la 3ª. glaciación en el perfil del río Chiche "*...se muestra...una verdadera morrena...perteneciente al antiguo glaciar de Paluguillo. En interglacial, "...productos piroclásticos finos arrojados por erupciones explosivas, se acumularon en las depresiones interandinas como sedimentos eólicos en disposición periclinal sobre el relieve de los terrenos secos o sobre estratos lacustres..."* (Ref. 1)

Las denominadas "bolas de cangahua" generadas por "un escarabajo pelotero de la familia *Scarabaeidae*...[que] por su importancia como fósil guía del Pleistoceno, ha obtenido una denominación propia: *Coprinisphaera ecuadoriensis*".

Posteriormente, la depresión fue rellenada con cangahuas modernas pertenecientes a la era Postglacial.

Para W. Sauer, las cangahuas del 2º. Interglaciario se presentan de color amarillento café rojizo con óxidos de hierro; son compactas y pueden ser consideradas como rocas blandas por su alta resistencia mecánica. Las cangahuas del 3er. interglaciario y postglaciario, son de coloración amarillenta y densidad baja, son blandas.

En cuanto al grado de compacidad, algunos sectores de estos suelos loésicos (desde el punto de vista geotécnico) son considerados como roca blanda, al pasar su resistencia a la compresión simple los 10 kgf/cm<sup>2</sup>.

El proyecto Ruta Sur atraviesa a esta Formación en una longitud aproximada de 6 km.

#### **3.4.4 Depósitos coluviales [c]**

##### *Holoceno [c]*

Los depósitos coluviales se formaron por la deposición gravitacional de detritos de formaciones preexistentes y están inmersos generalmente en una matriz limosa, arcillosa. Son de edad actual y pueden encontrarse en una longitud aproximada mayor a 8 km que atraviesa la Ruta Sur.

Los suelos de la Formación Cangahua al sufrir procesos de denudación, transportan a las tobas, limos, lapillis y otros elementos pétreos (pequeños clastos de andesitas, obsidias, en matriz limo arenosa, producto de la denudación del volcán Ilaló) hacia sectores más bajos donde forman planicies compuestas por tobas, arenas finas, limos y restos pétreos meteorizados, obsidias. En la Ruta Sur, esos depósitos son evidentes desde las cercanías al río San Pedro, todo el sector entre Cununyacu y Tumbaco, hasta cerca al río Chiche.

Por su origen (cangahuas, arenas, lapillis transportados, fragmentos de andesitas y vidrios volcánicos) tienen comportamientos geotécnicos aproximadamente similares pero con menores capacidades de portancia y de resistencia erosiva, especialmente la hidráulica.

#### **3.4.5 Depósitos coluviales laharíticos**

##### *Holoceno [c + lh]*

Estos depósitos pequeños fueron formados por la mezcla entre clastos y cantos rodados de corrientes laharíticas con coluvios de tobas transportados por acarreo acuoso. Las partículas componentes se encuentran inmersas en una matriz limo arenosa de plasticidad media.

Son depósitos no consolidados y se los puede ubicar en algunas laderas de la cuenca del río San Pedro.

#### **3.4.6 Depósitos aluviales laharíticos**

##### *Holoceno [a + lh]*

Estos depósitos de pequeña extensión y poca profundidad, son una mezcla de bloques y cantos aluviales con clastos y arenas de origen laharítico. Las partículas componentes se encuentran inmersas en una matriz limo arenosa de plasticidad media y están no consolidados.

Se los ubica en las playas de la cuenca del río San Pedro.

### **3.4.7 Depósitos de lahares** *Cuaternario actual [lh ]*

Los lahares son corrientes de lodo compuestas por una fase sólida de bloques rocosos, cantos, arenas, limos saturados en agua y que se forman por el deshielo de casquetes que cubren a estratovolcanes en procesos eruptivos, o por lluvias intensas, derrames de lagos sobre los flancos, entre las principales.

La denominación tiene origen en Indonesia donde “...*flujos bifásicos de escombros y agua diferentes que los flujos fluviales, se derraman por las laderas de un volcán a gran velocidad...*” (Ref. 8)

Estas corrientes de lodo tienen gran velocidad y una energía cinética muy alta que las torna muy peligrosas para la vida y obras.

Las erupciones del Cotopaxi datan desde hace “4500 a 4650 años AC...en 30 erupciones acaecidas...[y] son probablemente el evento geológico más catastrófico ocurrido en el Holoceno”(Ref. 6)

Las erupciones el Cotopaxi “...han sido acompañadas por escorias y flujos de ceniza pumítica, flujos de lava en bloques, flujos de escorias y piroclastos y lahares, todos de carácter andesítico (Si O<sub>2</sub> = 56-58%).” (Ref. 6)

La misma referencia anterior indica que la composición de los depósitos de lahar es de “...*ceniza, pómez, granos líticos y también un aproximado del 10 al 20% de clastos líticos mayores a 1 a 2 cm de longitud En otros pocos lugares, bloques de hasta 2 m de diámetro... en la zona de Cumbayá...*” El autor ha encontrado bloques de más de 3 m a orillas del río San Pedro, cerca de la zona del puente.

El Proyecto vial atraviesa el río San Pedro, drenaje natural por el cual han recorrido flujos de lahar provenientes del volcán activo Cotopaxi, cuya última erupción se desarrolló en el año de 1877 y a como consecuencia de la cual se produjeron numerosas muertes y daños notables en los sectores por los cuales recorrieron estos flujos de lodo.

Según Aguilera E. (Ref. 7) los registros históricos de las erupciones del Cotopaxi tiene 466 años y en ese lapso se han producido 4 periodos eruptivos importantes, es decir con un lapso aproximado cada 116 años. Si la última se produjo en 1877, la siguiente debió haberse producido en el año 1993, lo que demuestra el alto grado de riesgo del cañón del río San Pedro y otras zonas aledañas por las cuales bajó el flujo de lodo.





*Depósito de lahar “enchapado” sobre tobas de la Formación Cangahua. Bloques rocosos, cantos y gravas inmersas en limos arenosos; compactos. Lugar: margen derecha de río San Pedro, en zona de puente proyectado.*



*Depósito de lahar cerca al río San Pedro. Bloques de hasta 3 m de diámetro con cantos rodados, andesíticos en su mayoría, inmersos en matriz limo-arenosa.*

**3.4.8 Depósitos aluviales**  
*Cuaternario actual [a]*

Se circunscriben a las playas aluviales estrechas, de pequeños volúmenes y poco profundas ( $Z < 10$  m) observadas en los ríos San Pedro principalmente y Chiche.

Estas pequeñas playas aluviales están constituidas por bloques, cantos rodados sub redondeados, gravas, arenas finas y pocos finos.

En lo litológico son mayoritarias las andesitas, presentándose también lavas rojizas y basaltos. Todos los rodados están o sueltos o inmersos en una matriz arenosa – gravosa con pocos limos.

Los depósitos están en fase desagregada y tienen alta permeabilidad.

Como cimientos de estructuras importantes, deben ser consolidados debidamente.

**3.5 ASPECTOS ESTRUCTURALES**

**3.5.1 Buzamiento de las capas**

Las actividades vulcano –sedimentarias en el valle interandino donde se halla el proyecto, han cubierto el modelado inicial y con ello han encubierto las trazas de los fallamientos y estructuras (tipo pliegues) que pueden haber existido.

Las tobas, arenas, cenizas y piroclastos en general, tiene una depositación periclinal, es decir, cubren a manera de una manta, el modelado topográfico manteniendo la inclinación de las pendientes anteriores.

En las zonas planas, el buzamiento de las capas de tobas, arenas, lapilli y otros piroclastos, es horizontal a subhorizontal de bajo ángulo.

**3.5.2 Fallas**

El valle interandino está limitado de las cordilleras Occidental y Real, por fallas geológicas. En la zona del Proyecto Ruta Sur, las fallas geológicas se ubican al costado occidental con diferentes direcciones, siendo mayoritarias las NE –SW; es decir, aproximadamente paralelas a la dirección de la Cordillera. Ref. 9 y 10

Investigaciones geomorfológicas apoyadas en estudios fotogeológicos y observaciones en imágenes remotas, han permitido observar cerca de las zona del puente San Pedro, lineamientos que se los ha considerados como fallas que se hallan cubiertas (Ref. 9 y 10) por espesas capas de tobas de la formación Cangahua y lahares provenientes del volcán Cotopaxi.

En la hoja geológica “Sangolquí” (Ref. 9) se observan los lineamientos antes indicados y que corresponden a las siguientes discontinuidades:



ABSCISA aproximada RUTA SUR	DIRECCIÓN DE LA FALLA Y LONGITUD (km)	NOTAS
0+070	N 22°-28° E    (> 30)	Falla de Quito o de Lumbisí. Falla regional con un ancho estimado de más de 100 m. Trazas de esta falla pueden ser observadas en algunos taludes de corte de la Av. Simón Bolívar
3+700	N 40° E    (3)	Falla cubierta por lahares, de corta extensión
5+270	N32°E    (17)	Falla Río San Pedro definida por análisis morfológicos sobre fotos aéreas
5+900	N3°W    (2,7)	Falla cubierta, de corta extensión y definida por análisis morfológicos

Sobre estas fallas geológicas cubiertas, únicamente la de **Lumbisí** ha sido reportada como activa (Ref. 11) con peligro para la ciudad de Quito por su tipo, de tipo inverso, con buzamiento “...de 30 hasta 45 grados hacia el oeste y tomando en cuenta el desplazamiento de la terraza de Parcayacu ...” (Ref. 11) es decir, su actividad es actual, con evidencias de movimiento en el Holoceno y es más importante por su movimiento hacia el subsuelo de la ciudad de Quito antes que hacia el valle de Cumbayá – Tumbaco donde se encuentra el puente San Pedro.

La **falla del río San Pedro** ha sido trazada sobre estudios fotogeológicos y es considerada (Ref. 9) como de tipo normal, justificando las alineaciones del cauce del río San Pedro en un tramo de 10 km.

De la falla San Pedro no se ha encontrado literatura que indique su antigüedad y principalmente sobre su grado de actividad o no. Sin embargo, la relativa cercanía con la falla activa Lumbisí o De Quito permite considerarla de riesgo bajo a medio para la estructura del puente San Pedro, por lo que se sugiere que las columnas de dicha estructura estén provistas de sistemas de amortiguación de posibles movimientos.

Cerca al estribo de salida (derecho) del puente San Pedro, los estudios regionales (Ref. 9) han ubicado a una falla cubierta dirigida hacia la cima del volcán Ilaló. La corta extensión de esta posible discontinuidad, le confieren una nivel de riesgo bajo.

De igual manera, una falla cubierta de probable existencia y de bajo riesgo por su corta extensión ha sido trazada (Ref. 9) al lado NW del sitio seleccionado para el puente San Pedro y tiene una dirección aproximadamente paralela a la falla San Pedro. De existir, ha sido cubierta por depósitos de lahar.

### 3.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DE LA RUTA

Los trabajos de campo desarrollados para el presente capítulo, tuvieron que vencer la dificultad de ubicación sobre el terreno al haber desaparecido las señales del polígono topográfico y además por el uso de coordenadas de los planos, diferentes a las coordenadas de uso internacional (tipo SAM-56 o WGS-84)

#### 3.6.1 Morfología que atraviesa la ruta

En la Ruta Sur se observan 2 paisajes morfológicos: Un primer tramo correspondiente al descenso por un flanco cordillerano hacia el valle de Cumbayá – Tumbaco y luego por un paisaje de planicies y lomas redondeadas del valle interandino, hasta el final de la ruta en la abscisa 16+512,73 a la cota terreno 2510,49 msnm

En la segunda zona morfológica se encuentran los mayores cañones fluviales mientras que en la zona de laderas, se encuentran quebradas profundas y estrechas.



# ASOCIACIÓN

## ASTECS - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 3.6.1.1 Tramo de fuerte pendiente natural

La Ruta Sur se inicia en la Av. Simón Bolívar a la cota terreno 2639,84 msnm y desciende por la ladera oriental de la Loma Monjas – Lumbisí hasta el sector de la población de Lumbisí (cota terreno 2399,84 msnm) En este tramo de 3,4 km de ruta, se desciende 240 m.

En el tramo montañoso, la ladera presenta una pendiente natural transversal a la ruta, de un valor medio del 13% (7,2°) aunque existen tramos de pendientes naturales transversales superiores al 25% (14°) como en 0+750 por ejemplo.

#### ***Red de drenaje***

En este tramo la Ruta Sur cruza quebradas formadas por la acción erosiva hidráulica sobre suelos tobáceos de la Formación Cangahua, los cuales tienen un comportamiento geotécnico similar al loess.

La acción erosiva ha formado quebradas en forma de “V” estrechas, con distancia entre labios en longitudes medias entre 5 a 10 m y de profundidades mayores a 15 m. Las pendientes longitudinales son variables entre el 8% al 15% excepcionalmente. Estos drenes naturales tienen direcciones de flujo hacia el valle, es decir, W-E y la Ruta los cruza en forma perpendicular o diagonal.

La red de drenaje es de tipo subparalela con valles estrechos, profundos, rectos en su mayoría y de fuertes pendientes longitudinales.

### 3.6.1.2 Tramo en planicies y colinas redondeadas

Corresponde al tramo entre las abscisas 3+400 aproximadamente hasta el final de la Ruta en 16+510.

En este tramo, las planicies cubren gran parte de la zona, siendo interrumpidas con sectores colinados de centenares de metros circunscritos a los sectores aledaños a San José de Cununyacu y en las cercanías a los ríos Chiche y Guambi.

Tanto en las zonas planas como en los sectores colinados, afloran suelos limosos arenosos (cangahuas) que hacen de matriz de fragmentos líticos andesíticos y que son producto de la denudación de las tobas y líticos del volcán Ilaló con depositación en los sectores planos del valle de Cumbayá – Tumbaco. Estos son depósitos coluviales en los cuales es posible encontrar fragmentos de obsidiana. También en estos sectores de suave topografía afloran tobas, arenas volcánicas y capas de lapilli agrupados en la Formación Cangahua los cuales han sido depositados en forma periclinal sobre la antigua orografía.

La diferenciación entre los sedimentos coluviales formados por suelos tobáceos (limos arenosos) y los depósitos de la Formación Cangahua, radica en que los primeros engloban a fragmentos líticos de obsidiana, riolitas, andesitas. Además y en forma general, los suelos de los depósitos coluviales tienen menor resistencia mecánica que las tobas de la formación Cangahua.

#### ***Red de drenaje***

Son numerosas las quebradas que han formado su curso por la acción erosiva de lluvias fuertes sobre superficies con vegetación rala o seca en suelos tobáceos.

# ASOCIACIÓN

## ASTEAC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

Son quebradas en forma de "V" estrecha, con profundidad del curso entre 5 a 10 m y con una separación entre borde, de 5 m a 10 m. Las pendientes longitudinales no superan el 4%.

Los ríos San Pedro, Chiche y Guambi son los drenes principales que han disectado a estas zonas de suave topografía.

El río San Pedro tiene un curso sinuoso como consecuencia de un lecho fluvial cubierto por numerosos bloques rocosos provenientes de corrientes de lahar que han recorrido por este río, en el cual existen varios depósitos de estas corrientes lodosas en el sitio mismo del puente a ser construido. El perfil del río, en la zona del puente, es asimétrico con un talud vertical en el lado derecho de una altura de 4 m e inclinado hacia el final del talud; en el lado izquierdo, el talud es menos inclinado que su contrario.

Por los aportes de los lahares, este río tiene un régimen más acumulativo que erosivo, lo cual explica también su tendencia a formar curvas que se asemejan a meandros. La pendiente longitudinal es inferior al 2% y la altura del valle es de aproximadamente 35 m.

El río Chiche ha disectado profundamente a los sedimentos vulcano sedimentarios de la Formación Cangahua y a la subyacente Formación Chiche de origen fluvio lacustre. El perfil del valle tiene la forma aproximadamente simétrica en "V" con mayor inclinación (del orden de 60° a 90°) en el sector inferior donde afloran conglomerados y areniscas de la Formación Chiche y taludes del orden de 30° a 45° en las tobas superiores de la Formación Cangahua. El cambio de pendiente marca el contacto geológico entre estas 2 formaciones.

El valle tiene, en la zona del puente proyectado, un curso casi recto, interrumpido por un pequeño derrubio. La pendiente longitudinal es inferior al 3% y el valle tiene una altura de 140 m sobre el terreno.

El río Guambi disecta a las tobas, arenas y lapillis de la suprayacente Formación Cangahua y a conglomerados y areniscas de la subyacente Formación Chiche. En el sitio de cruce, tiene la forma de una "V" asimétrica con un talud continuo y casi vertical en el lado derecho y un talud con 2 inclinaciones en la ladera izquierda, donde el talud inferior es más inclinado (alrededor a los 60°) que el tramo superior.

En las 2 laderas existen canales de regadío construidas sobre banquinas.

En la zona del cruce, el río tiene una pendiente longitudinal del 3% y un curso regular, lineal, en proceso de erosión.

### **3.6.2 Tramo 0+000 a 3+100 aproximadamente**

Corresponde a suelos tobáceos limosos arenosos de la Formación Cangahua [Q<sub>C</sub>]. Afloran tobas intercalados con lentes de arenas volcánicas finas de un espesor e < 50 cm.

Las formas de rotura de los suelos denominados "cangahuas" son muy parecidas a las de los loess.

La morfología de algunos taludes indica que los suelos de este tramo han sido y son susceptibles a la erosión hídrica, por lo que los cortes deben ser complementados con obras de evacuación y revegetación de los taludes con especies autóctonas que minimicen la acción erosiva de lluvias de gran intensidad.

Sobre el terreno se observan en un paisaje monótono, tramos erodados carentes de suelo vegetal y cubiertos con vegetación de zonas áridas, lo cual es extendido a todo este tramo. Son tobáceos

# ASOCIACIÓN

## ASTECS - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

suelos limo arenosos color habano cuando secos y sepías cuando húmedos, de plasticidad media y conocidos como cangahuas. Son favorables para la construcción vial.

### 3.6.2.1 Sectores inestables

En todo el tramo no se ha encontrado sectores inestables.

Los cortes en este tramo tienen alturas inferiores a 15 m por lo que deberán ser diseñados el ángulo de corte y la altura máxima, en función de los estudios de Mecánica de Suelos a ser efectuado. Se considera necesario recomendar la inclusión de cunetas revestidas en coronación conectadas a descargas no erosivas.

### 3.6.3 **Tramo 3+100 aprox. a 4+200**

#### 3.6.3.1 Cangahua lagunar

Entre 3+100 hasta aproximadamente 3 + 300 y en los pocos taludes existentes, se ha observado la presencia de tobas caídas en ambiente lagunar y coluvios de tobas con clastos centimétricos de pómez.

Esta es una unidad pequeña en extensión y de poca profundidad que se la diferencia con dificultad de depósitos coluviales de cangahuas.

#### 3.6.3.2 Lahares

En los escasos afloramientos por la expansión urbana, desde 3 + 300 hasta 4+200 se observa la presencia de suelos arenosos que hacen de matriz de cantos rodados y clastos angulosos acarreados por corrientes de lahar.

La distribución espacial de estos materiales es difícil establecer con precisión dado que existen trabajos agrícolas que han desplazado a los bloques andesíticos que son la más clara evidencia de la presencia de lahares y también por la existencia de construcciones viales y urbanas.

Es más evidente la presencia de las corrientes de lahar antiguo en las cercanías al río San Pedro.

Los depósitos de lahar se encuentran suprayacentes a suelos tobáceos, estratos de arenas y eventuales lapillis de la formación Cangahua.

Cabe señalar que a la altura de la quebrada de 3+860, la información geológica regional indica la existencia de una falla cubierta de poca extensión.

### 3.6.4 **Tramo 4+200 a 4+380**

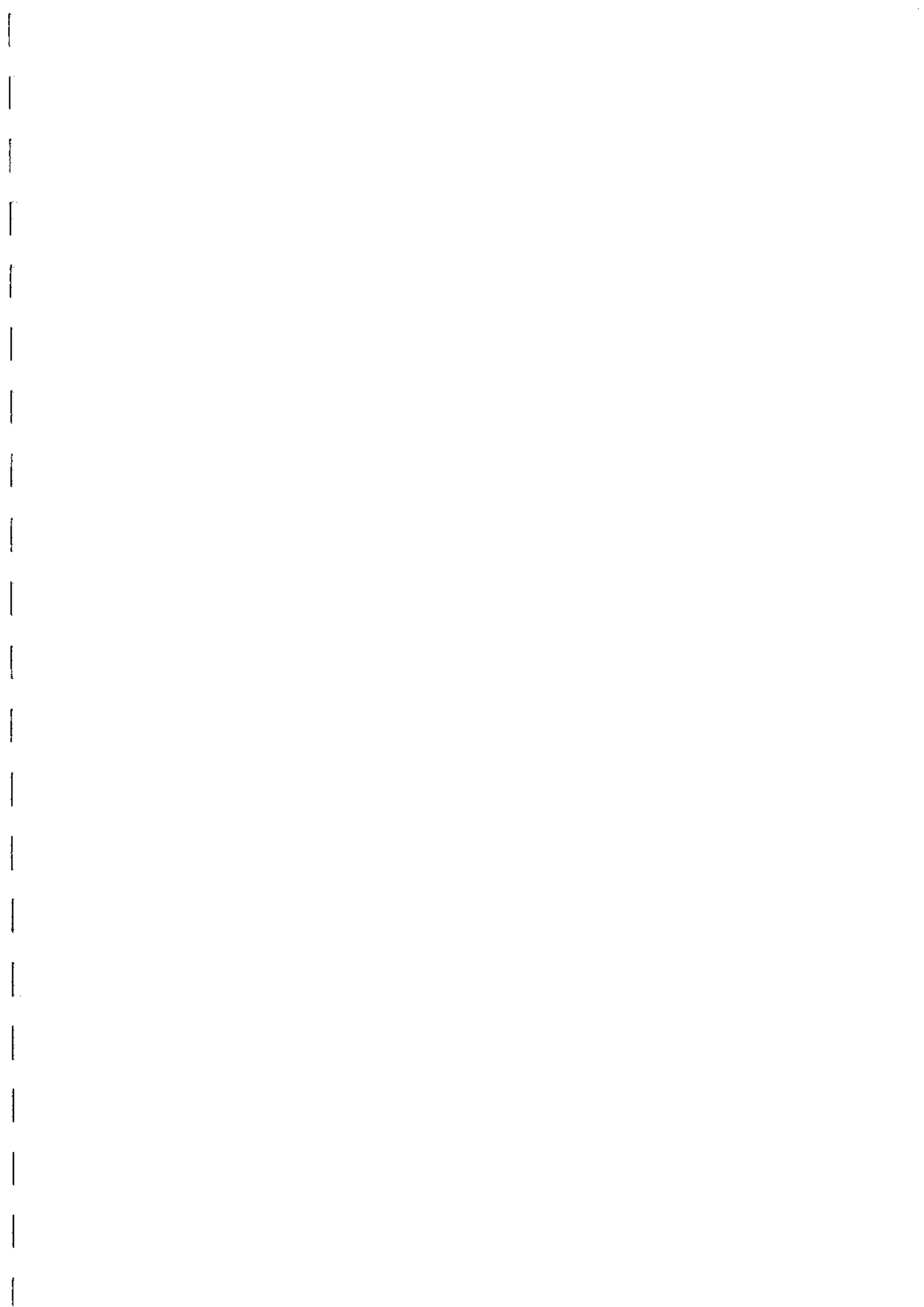
Bajo una cobertura de suelo vegetal arenoso limoso de coloración oscura, afloran suelos tobáceos amarillentos con estratos de arenas pertenecientes a la Formación Cangahua.

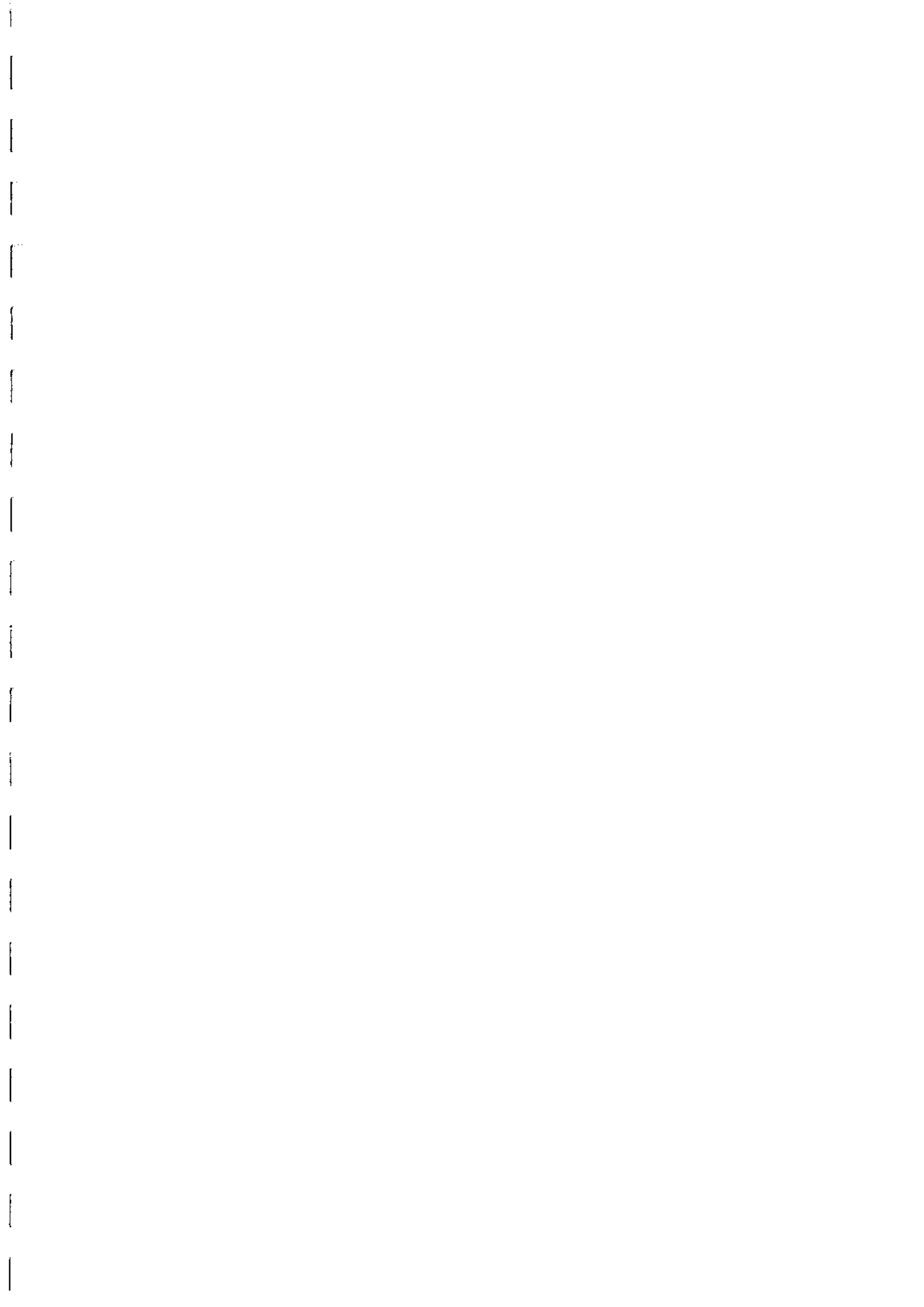
El proyecto vial cortará suelos de esta formación en una altura baja, inferior a los 6 m.

### 3.6.5 **Tramo 4+380 a 5+150 aproximadamente**

Es el tramo de la ladera izquierda del río San Pedro. Es un sector de depósitos coluviales conformado por tobas retrabajadas de la Formación Cangahua, mezcladas con fragmentos líticos







# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

de andesitas y cantos rodados originados en antiguos depósitos aluviales hoy inexistentes como tales por procesos erosivos y restos de antiguos flujos de lahares.

Estos depósitos se encuentran sobreyacentes a las tobas y arenas de la Formación Cangahua, en un espesor estimado de 6 a 8 m .

El proyecto vial corta a estos depósitos y a las cangahuas hasta 5+200 aproximadamente.

### 3.6.6 Tramo 5+150 a 5+550

Es un tramo que corresponde a las laderas del río San Pedro. En este tramo se observan los siguientes suelos:

- Desde 5+150 hasta 5+200 aproximadamente, depósitos tobáceos amarillentos con lentes centimétricos de arenas volcánicas pertenecientes a la Formación Cangahua.

El Proyecto ejecutará corte cerrado en estos suelos, en taludes de hasta 25 m de altura por lo que en la fase de estudios y diseños geotécnicos, debe calcularse los sistemas de corte y estabilización de estos taludes.

- Desde 5+200 hasta 5+390, el Proyecto vial atravesará por la mezcla de depósitos coluviales y de lahares. Estos depósitos mezclados están conformados por bloques, cantos, gravas de origen volcánico (andesitas, riolitas, lavas rojizas) inmersos en limos arenosos provenientes de las tobas de la Formación Cangahua vecina.
- Desde 5+390 hasta 5+550 se proyecta el puente sobre el río San Pedro. En el cañón y playas de este tramo se observan depósitos de lahar de la última erupción del volcán Cotopaxi (1877); depósitos de una mezcla entre lahares y aluviales y depósitos aluviales.

Todos estos depósitos están en una condición no consolidada y deben ser evaluados geotécnicamente mediante estudios sísmicos y perforaciones exploratorias que definan sus propiedades, profundidades, resistencias, etc.

Los detalles geológicos del puente sobre el río San Pedro, se indican en el volumen respectivo.

### 3.6.7 Tramo 5+550 a 6+240

Afloran suelos limosos arenosos pertenecientes a las tobas, arenas volcánicas y estratos de lapilli entre 20 a 40 cm de espesor, agrupados en la Formación Cangahua.

Son favorables las condiciones de estabilidad del depósito vulcano-sedimentario.

### 3.6.8 Tramo 6+240 a 9+500

Este sector se encuentra cubierto por depósitos coluviales conformados por limos arenosos que engloban a clastos andesíticos, riolíticos y eventuales fragmentos de obsidiana. El depósito descansa sobre tobas de la Formación Cangahua.

El espesor del depósito es variable, como ha sido posible observar en pocos afloramientos en quebradillas, variando entre 3 m a 5 m.

Este depósito es susceptible a erosión hídrica y eólica, por lo que debe ser debidamente protegido en su superficie, mediante vegetación u otro tipo de elemento compatible con el paisaje.



### 3.6.9 Tramo 9+500 a 16+507

En el tramo aflora la Formación Cangahua, en cuya superficie se encuentran cubriéndola suelos limosos arenosos de espesor entre 30 cm a 50 cm.

En el suelo de cobertura es posible encontrar fragmentos de dimensiones centimétricas de obsidianas negras a grises y pocos clastos de andesitas, dacitas y principalmente pumitas de magnitudes menores a los 10 mm.

Los suelos superficiales son fácilmente erosionados por el viento y corrientes de agua, más la cangahua subyacente –y que se la observa en los numerosos canales de regadío no revestidos– tiene una permeabilidad media a baja, indicando la presencia de un componente arcilloso.

#### 3.6.9.1 Depósitos de coluvios

En el tramo y circunscritos a zonas de quebradillas se encuentran depósitos coluviales del mismo suelo limo arenoso con arcilla, conocido como Cangahua (cangahuas retrabajadas) y que se hallan en condición casi suelta.

Los tramos de depósitos coluviales se hallan aproximadamente entre las abscisas:

- 9+720 a 9+910;
- 10+660 a 11+300.

#### 3.6.9.2 Condiciones geotécnicas

Los suelos loésicos como la cangahua, son cohesivos y friccionantes y cuyos valores deben ser establecidos en cada tramo mediante ensayos en laboratorio.

Estudios de Mecánica de Suelos en sectores cercanos y en la misma formación geológica, establecen valores de cohesión ( $c$ ) entre  $5 \text{ Tf/m}^2 < c < 40 \text{ Tf/m}^2$  Para el ángulo de fricción ( $\phi$ ) los valores varían entre  $8^\circ < \phi < 35^\circ$

Los mayores valores de cohesión ( $c$ ) y fricción ( $\phi$ ) corresponden a cangahuas de mayor compactación geológica, las cuales además pueden tener valores de resistencia a la compresión simple ( $\sigma$ ) superiores a los  $10 \text{ Kg/cm}^2$ ; es decir son considerados como rocas blandas.

#### 3.6.9.3 Zonas inestables

En este tramo no se ha detectado la presencia de zonas inestables, sin embargo, es necesario destacar que el suelo conocido como cangahua tiene un comportamiento geotécnico similar al loess y además son colapsibles. Esta condición debe ser tomada en cuenta en la planificación de las obras de protección de taludes de corte en la vía y en los trabajos de remoción para la cimentación de estribos y pilas de puentes.

#### 3.6.9.4 Puente y cruce de ríos

En el tramo se encuentra el puente sobre el río Chiche y el cruce sobre el río Guambi.

Ambas obras están relacionadas con la Formación Cangahua: en superficie en la excavación para los estribos y posterior relleno y con la Formación Chiche que se recomienda sea la base de cimentación de las pilas del puente sobre el río Chiche.

Para el cruce sobre el río Guambi mediante un relleno, los materiales excavados en los aproches serán de suelo limos arenosos procedentes de la Formación Cangahua y cuyas características geotécnicas como materiales a ser compactados, son favorables por su composición granulométrica.

### 3.6.9.5 Cortes

De acuerdo con el proyecto geométrico, la altura de los cortes no sobrepasa los 15 m; es decir, son cortes relativamente pequeños. Para alturas de corte superiores a los 8 m podrá ser necesaria la construcción de una berma, lo cual debe ser establecido en los estudios geotécnicos sobre la base de ensayos de Mecánica de Suelos.

### 3.6.9.6 Quebradas y quebradillas

Son escasas las quebradas y quebradillas que cruzará la Ruta Sur en este tramo, las cuales son producidas por erosión hídrica sobre suelos limosos arenosos de origen vulcano sedimentario agrupados en la Formación Cangahua.

Por las dimensiones de las quebradas y quebradillas, tienen muy poca importancia geológica para el Proyecto.

## 3.7 INTERCAMBIADORES DE TRÁNSITO

La Ruta Sur tiene los siguientes intercambiadores de tránsito:

TRAMO ENTRE ABSCISAS	DENOMINACIÓN DEL INTERCAMBIADOR	FORMACIÓN Ó DEPÓSITO
3+150 a 3+650	Lumbisi	Depósitos de lahar sobre suelos tobáceos de la Formación Cangahua
5+600 a 5+850	Intervalles	Tobas, arenas y lapilli de la Formación Cangahua. Probable falla geológica cubierta en 5+750
7+350 a 7+850	Tumbaco 1	Depósitos coluviales de poco espesor, sobreyacentes a tobas de la Formación Cangahua
9+550 a 10+150	Tumbaco 2	Depósitos coluviales de poco espesor sobreyacentes a tobas de la Formación Cangahua
12+350 a 12+850	Puemo	Tobas, arenas y lapilli de la Formación Cangahua

### 3.7.1 Aspectos geológicos

Todos los intercambiadores se encuentran en depósitos cuaternarios modernos, conformados por tobas, arenas volcánicas finas no consolidadas y eventuales gránulos de pómez, en mezcla variable con cantos y bloques rodados andesíticos, resistentes provenientes de corrientes de lahares.

La información geológica regional indica la presencia cercana de una falla cubierta en el sitio del intercambiador Intervalles.

### 3.7.2 Estabilidad

En todos los sectores de estas obras, no se ha encontrado evidencia alguna de inestabilidad del suelo; sin embargo, es indispensable la ejecución de estudios geotécnicos que definan la capacidad admisible, cota de fundación y tipo recomendable.

### 3.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.8.1 Conclusiones

- La Ruta Sur discurre sobre territorios geológicos cuaternarios representados por la Formación Cangahua (*Pleistoceno superior a Holoceno [Q<sub>1</sub>]*) la de mayor extensión y que está conformada por tobas, arenas finas volcánicas y estratos de lapilli;
- Los materiales de la Formación Cangahua han generado coluvios de similares composiciones al depósito original, a veces mezclados con fragmentos líticos andesíticos, obsidias y pómez;
- Parte de la Ruta Sur cruza por depósitos de lahares como consecuencia de las erupciones del volcán Cotopaxi, cuyo último evento ocurrió en 1877 y al cual ha sido calificado como de mayor magnitud probable;
- La Formación Chiche (*Pleistoceno superior (0,5 a 1,6 MA) [P<sub>CH</sub>]*) compuesta por materiales fluvio lacustres, aflora en los prominentes taludes de los cañones de los ríos Chiche y Guambi sin que sea atravesada por las obras viales, aunque se ha recomendado por su alta resistencia mecánica y estabilidad, sea el cimiento de las pilas del puente sobre el río Chiche;
- En cuanto a estabilidad de laderas, en los estudios de campo como en la literatura técnica publicada no se ha encontrado zona inestable alguna. Las zonas inestables halladas en los cañones fluviales, tienen volúmenes poco significativos y se encuentran alejados de las obras viales;
- Los suelos derivados de las tobas, arenas y lapillis de la Formación Cangahua, son susceptibles ante la acción erosiva del agua, por lo que todas las obras (taludes, rellenos, cunetas) deben ser debidamente protegidas con técnicas a ser definidas en el estudio geotécnico;
- La Ruta Sur cruza en forma aproximadamente perpendicular sobre las fallas geológicas: Lumbisí (o activa de Quito); Río San Pedro (cubierta pero muy probable) y tres más de corta extensión. Dado que la Ruta las cruza en forma aproximadamente perpendicular, la injerencia tectónica sobre los cortes en los taludes es pequeña a inexistente; sin embargo, en el diseño estructural del puente San Pedro, debe ser tomada en cuenta su cercana presencia;
- En la Ruta Sur será necesaria la construcción de puentes sobre los ríos San Pedro y Chiche y un cruce en el río Guambi mediante relleno. El estudio geológico de los puentes y el cruce, constan en un capítulo particular;

#### 3.8.2 Recomendaciones

- Para el puente San Pedro, se recomienda un gálibo de 40 m de altura ante la presencia de corrientes de lahar. Para la misma obra, se recomienda que el puente no tenga pilas;
- Se recomienda ejecutar los siguientes estudios geofísicos y geotécnicos en los puentes:
  - **San Pedro:**
    - 4 líneas sísmicas de 110 m cada una, en pares perpendiculares y con medición de módulos elásticos del suelo, en la zona de los estribos;
    - 4 Sondeos eléctricos verticales (SEVs) , 2 en cada estribo, con investigación hasta 20 m de profundidad;
    - 1 perforación geotécnica en cada estribo, de una profundidad de 20 m aproximadamente, con ejecución de ensayos de SPT cada metro y recuperación de suelos para clasificación en laboratorio cada metro;



- **Chiche:**

En cada estribo:

- 2 líneas sísmicas de 110 m cada una, en disposición perpendicular y con medición de módulos elásticos del suelo;
- 2 Sondeos eléctricos verticales (SEVs) con investigación hasta 20 m de profundidad;
- 1 perforación geotécnica de una profundidad de 20 m aproximadamente, con ejecución de ensayos de SPT cada metro y recuperación de suelos para clasificación en laboratorio cada metro;

En cada sector de las pilas de cada lado:

- 2 líneas sísmicas de 110 m cada una, en disposición perpendicular y con medición de módulos elásticos del suelo;
- 2 Sondeos eléctricos verticales (SEVs) con investigación hasta 20 m de profundidad;
- 1 perforación geotécnica de una profundidad de 40 m aproximadamente, con ejecución de ensayos de SPT cada metro y recuperación de suelos para clasificación en laboratorio cada metro;

- **Cruce río Guambi (mediante relleno):**

Sobre sector del túnel de desvío:

- 4 líneas sísmicas de 110 m cada una, siguiendo el plano del eje en superficie y 2 líneas sísmicas de 110 m cada una, en sentido aproximadamente perpendicular a las 4 líneas primeras;
  - 2 SEVs con profundidad de investigación de 50 m
- 
- Se recomienda el estudio de los materiales que conforman los taludes, para el diseño de los valores de corte y de ser el caso, el uso de bermas;
  - Se recomienda la instalación de cunetas revestidas en coronación con desagües no erosivos;
  - Se recomienda la reforestación de todas las zonas circundantes a la Ruta Sur.

#### **4. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE SUELOS, CANTERAS Y FUENTES DE MATERIALES**

##### **4.1 INTERCAMBIADOR AUQUITAS**

###### **4.1.1 Introducción**

###### **4.1.1.1 Propósito y Alcance**

El presente Informe corresponde al diseño de las cimentaciones y empujes sobre la estructura del Intercambiador Auquitas, ubicado en la abscisa 0+234 de la Carretera de Acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito, Ruta Sur. Su objetivo es el de establecer las características del sitio y las propiedades generales de los materiales que servirán de soporte a las estructuras previstas y proporcionar los parámetros geotécnicos que permitan el cálculo estructural de los elementos que formarán las cimentaciones y las recomendaciones pertinentes.

El trabajo se basa en la investigación del subsuelo realizada para el proyecto, la cual se detalla más adelante, y en los datos de las obras previstas.

###### **4.1.1.2 Estructura Proyectada**

La estructura cuya cimentación se analiza en este informe corresponde al inicio de la Ruta Sur, en la intersección de la Avenida Simón Bolívar y está formada por un paso superior que permite el tráfico de la Ruta Sur sobre la Autopista Simón Bolívar, en los dos sentidos y otro paso, éste deprimido, que atraviesa por debajo de la Avenida para conectar el tráfico que viene desde el sur y desea tomar la Ruta Sur. El intercambiador se complementa con un redondeo a nivel que redistribuye el tráfico.

En las dos estructuras, los estribos deben soportar el empuje de tierras y por razones constructivas, este empuje corresponde al de un relleno compactado, posterior a la construcción de la obra, por lo que la carga a aplicar será determinada bajo tales supuestos.

###### **4.1.1.3 Descripción del Sitio**

El sitio seleccionado para la implantación de la obra está ubicado en la colina que forma el cañón del río Machángara, en la ladera opuesta de los cerros de Catequilla, al oriente; en una zona de pendiente transversal abrupta. La zona ha sido alterada por los trabajos realizados para la Avenida Simón Bolívar.

En general el material del lugar corresponde a diferentes eventos de depósito de material volcánico, principalmente de origen eólico, depositados en ambiente seco y cementado naturalmente.

La zona se encuentra en zona agrícola y de bosques, aún no presenta urbanizaciones en las inmediaciones de las vías y por las obras viales no presenta vegetación original.

La investigación del subsuelo no detecta la presencia de agua subterránea.

El clima dominante es el ecuatorial mesotérmico semihúmedo, con temperaturas medias anuales de alrededor de 14 grados centígrados. La cantidad de lluvia medida oscila alrededor de los 800 a 1 200 mm (para años normales). Las lluvias se presentan entre octubre a junio, con dos máximos en los meses de octubre y abril y un período seco entre junio a septiembre.

#### 4.1.2 Investigación del Subsuelo

##### 4.1.2.1 Exploración subterránea

Para conocer las condiciones del subsuelo se ejecutaron seis sondeos, de 6.50 a 15.50 metros de profundidad, conforme se señala en las tablas siguientes. En los sondeos se realizaron ensayos de penetración estándar cada metro y se recuperaron muestras disturbadas para la clasificación de los materiales encontrados y una muestra inalterada mediante tubo Shelby.

#### INVESTIGACIÓN DEL PASO SUPERIOR

SONDEO	Abscisa	Cota	PROF. (m)	MUESTRAS	N.F.
PIA-4	0+730	2 639.00	6.50	6	No detecta
PIA-3	0+760	2 693.00	6.50	6	No detecta
PIA-6	0+780	2 693.00	15.50	16	No detecta

#### INVESTIGACIÓN DEL PASO DEPRIMIDO (INFERIOR)

SONDEO	Abscisa Rampa 2	Cota	PROF. (m)	MUESTRAS	N.F.
PIA-1	0+260	2 653.00	10.00	10	No detecta
PIA-2	0+320	2 650.00	7.50	7	No detecta
PIA-5	0+370	2 649.00	7.50	7	No detecta

Los sondeos detectan estratos de arenas limosas y limos arenosos, sin plasticidad, erráticos, con compacidades entre altas a muy altas de manera general. Sin embargo se encuentran estratos de consistencia media en varios de los pozos, a profundidades menores a las de cimentación, pese a ello, la presencia de estos materiales hace que se seleccione para diseño, valores menores a los promedios obtenidos por los procedimientos usuales que recomiendan las normas. El material se vuelve impenetrable en varios de los sondeos.

Los anexos indican la ubicación de las perforaciones, los registros de campo, los ensayos de laboratorio realizados y los registros de las perforaciones, cuyos datos han sido tomados de los reportes entregados por la firma Consultora Geosuelos Cía. Ltda., a quien corresponde la responsabilidad de todas las decisiones relacionadas con los trabajos de campo y laboratorio.

##### 4.1.2.2 Información Complementaria

Además de la información obtenida en los sondeos, se dispone de información geotécnica y geológica del sector y de clima y lluvias de la región.

Se proporcionó información general del proyecto, el tipo de estructura y las cargas previstas para esta obra.

#### 4.1.3 Diseño de Cimentaciones Paso Superior

##### 4.1.3.1 Hipótesis previas para el diseño de las cimentaciones

Teniendo en cuenta la información del subsuelo, el tipo de estructura, el valor estimado de las cargas transmitidas al suelo de cimentación y demás datos del proyecto, se plantean las siguientes hipótesis:



1. **Profundidad de Desplante:** Por el tipo de obra adoptado, la cimentación debe ser superficial, enterrada entre 1.00 y 2.00 metros desde el fondo de la excavación prevista para la vía. La cota de cimentación depende principalmente de la cota del proyecto.
2. **Tipo de Cimentación:** El tipo de estructura adoptado obliga a usar una losa de cimentación independiente para cada apoyo. En realidad es una zapata corrida de dimensiones considerables.
3. **Material que recibe la Cimentación:** El material que se tendrá a la cota de cimentación es de comportamiento granular, las teorías de cálculo empleadas son concordantes con ello.
4. **Asentamientos:** La cimentación adoptada debe limitar el asentamiento de la estructura para evitar distorsión que afectaría la funcionalidad de la obra.
5. **Estructura:** La estructura de cada uno de los apoyos será monolítica e hiperestática y se construirá con hormigón armado.

Cualquier variación substancial de las hipótesis asumidas merecerá una revisión del cálculo de los parámetros recomendados, por la dependencia de las teorías empleadas con los supuestos que se necesitan para su aplicación. El Ingeniero Estructural verificará esta condición básica del diseño y el Constructor deberá comprobar que la cimentación se construya sobre el material previsto.

#### 4.1.3.2 Capacidad de Carga y Asentamientos

Para el diseño de las cimentaciones del puente se seguirán las recomendaciones que se indican a continuación:

- a. Las cimentaciones serán independientes para cada apoyo (estribos y pila central) y su desplante se ubica a la cota 2 625.00 (o a cotas inferiores a estas), según el criterio empleado en el cálculo estructural para garantizar un adecuado empotramiento de la estructura.
- b. El valor de la capacidad de carga admisible neta calculada de acuerdo a lo recomendado en el documento AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Fifth Edition, 2010, es superior a los 5.00 Kg/cm<sup>2</sup> (50.0 Ton/m<sup>2</sup>) para el caso de carga viva más carga muerta, con sus incrementos establecidos en los códigos. Este valor podrá incrementarse en un 50% para el diseño con cargas accidentales como viento o sismo.
- c. No obstante lo señalado en el numeral anterior, se recomienda que el diseño se realice con valores que no excedan los 3.00 Kg/cm<sup>2</sup> (30.0 Ton/m<sup>2</sup>) para carga viva más carga muerta, a fin de limitar los asentamientos totales de la obra para evitar daños funcionales.
- d. Con los valores de la presión real estimada y en condición estática, el asentamiento total será del orden de los 14 mm y el asentamiento diferencial máximo probable será de 10 mm, valores inferiores a los tolerables por la estructura para un claro de 12 metros, que corresponde a la dimensión de la cimentación.

#### 4.1.3.3 Empujes de Tierra

Por el tipo de estructura adoptado, para el cálculo del empuje de tierras se utilizara el valor del coeficiente correspondiente a la condición activa. El suelo a colocar en el relleno que se requiere colocar luego de la construcción de la estructura no deberá compactarse a más del 90 a 92% de la máxima densidad obtenida en el ensayo de proctor a energía modificada, a fin de no generar cuñas de alto empuje en la estructura, por lo que se usarán los siguientes valores en el cálculo:

Ángulo de Fricción del material de relleno = 30°

Coefficiente de empuje de tierras en condición activa:  $K_0 = 0.333$

Coefficiente de empuje de tierras con sismo ( $a_h = 15\%g$ ):  $K_{ac} = 0.500$

#### 4.1.3.4 Recomendaciones Adicionales

En vista de que el relleno posterior a los dos estribos del puente debe construirse con un grado de compactación menor al del suelo natural existente, es de esperarse que se origine un asentamiento diferencial a futuro. A fin de minimizar este problema se sugiere que:

- a) El pavimento de la vía transversal se construya al menos 30 días después de concluida la construcción del puente y del relleno respectivo.
- b) Se disponga de una losa de aproximación al puente de un ancho de por lo menos 3.00 metros, que evite la generación de ondulaciones.

#### 4.1.4 **Diseño de Cimentaciones Paso Deprimido (Inferior)**

##### 4.1.4.1 Hipótesis previas para el diseño de las cimentaciones

Las hipótesis previas son las mismas señaladas en el Capítulo anterior.

##### 4.1.4.2 Capacidad de carga y asentamientos:

Para el diseño de las cimentaciones del puente se seguirán las recomendaciones que se indican a continuación:

- a. Las cimentaciones serán independientes para cada estribo y su desplante se ubica a la cota 2 640.00 (o a cotas inferiores a estas), según el criterio empleado en el cálculo estructural para garantizar un adecuado empotramiento de la estructura.
- b. El valor de la capacidad de carga admisible neta calculada de acuerdo a lo recomendado en el documento AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Fifth Edition, 2010, es superior a los 5.00 Kg/cm<sup>2</sup> (50.0 Ton/m<sup>2</sup>) para el caso de carga viva más carga muerta, con sus incrementos establecidos en los códigos. Este valor podrá incrementarse en un 50% para el diseño con cargas accidentales como viento o sismo.
- c. No obstante lo señalado en el numeral anterior, se recomienda que el diseño se realice con valores que no excedan los 3.00 Kg/cm<sup>2</sup> (30.0 Ton/m<sup>2</sup>) para carga viva más carga muerta, a fin de limitar los asentamientos totales de la obra para evitar daños funcionales
- d. Con los valores de la presión real estimada y en condición estática, el asentamiento total será del orden de los 21 mm y el asentamiento diferencial máximo probable será de 14 mm, valores inferiores a los tolerables por la estructura para un claro de 12 metros, que corresponde a la dimensión de la cimentación.

##### 4.1.4.3 Empujes de tierra

Por el tipo de estructura adoptado, para el cálculo del empuje de tierras se utilizara el valor del coeficiente correspondiente a la condición activa. El suelo a colocar en el relleno que se requiere colocar luego de la construcción de la estructura no deberá compactarse a más del 90 a 92% de la máxima densidad obtenida en el ensayo de proctor a energía modificada, a fin de no generar cuñas de alto empuje en la estructura, por lo que se usarán los siguientes valores en el cálculo:

Ángulo de Fricción del material de relleno = 30°

Coeficiente de empuje de tierras en condición activa:  $K_0 = 0.333$

Coeficiente de empuje de tierras con sismo ( $a_h = 15\%g$ ):  $K_{ae} = 0.500$

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 4.1.4.4 Recomendaciones adicionales

En vista de que el relleno posterior a los dos estribos del puente debe construirse con un grado de compactación menor al del suelo natural existente, es de esperarse que se origine un asentamiento diferencial a futuro. A fin de minimizar este problema se sugiere que:

- a) El pavimento de la vía transversal se construya al menos 30 días después de concluida la construcción del puente y del relleno respectivo.
- b) Se disponga de una losa de aproximación al puente de un ancho de por lo menos 3.00 metros, que evite la generación de ondulaciones...

### 4.1.5 **Construcción de las Cimentaciones**

#### 4.1.5.1 Proceso constructivo general

El tráfico que circula por la Avenida Simón Bolívar es intenso y no es posible interrumpirlo por las graves consecuencias económicas que tendría en la movilidad de la población. Por ello, es necesario que el constructor prevea la necesidad de construir desvíos y pasos provisionales, de 2 carriles como mínimo y construir los intercambiadores en etapas, afectando a los carriles de cada sentido solamente.

Las excavaciones que se ejecutan al lado de una vía traficada necesariamente deben llevar entibado y sostenimiento para evitar cualquier deslizamiento o interrupción.

Se exigirá al contratista la presencia permanente de señales de peligro mientras duran los trabajos, balizas luminosas que canalicen el tráfico y personal de auxilio durante las 24 horas del día.

Con este antecedente se organizará el proceso constructivo, de acuerdo a lo señalado en los siguientes numerales.

#### 4.1.5.2 Proceso constructivo, pila central

El proceso constructivo de la Pila Central del Paso Superior será el convencional, es decir que después de realizada la excavación para la vía principal, se excavará la zanja que aloja la zapata, con un talud de corte 2 (v) a 1 (h). Alcanzada la cota de desplante se fundirá un replantillo para proteger la excavación de la intemperie, mientras se configura el acero de refuerzo y se procede a la fundición de la zapata.

Concluido el hormigonado se esperará al menos una semana para el fraguado adecuado de la estructura y se procederá a rellenar hasta llegar al nivel de subrasante, usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal, de acuerdo al cronograma previsto para esta actividad.

#### 4.1.5.3 Proceso constructivo, estribos

El proceso constructivo de los estribos, tanto para el paso elevado como para el deprimido, se inicia con la excavación necesaria, la cual ocupa un cierto espacio de la vía secundaria y parte del carril extremo de la vía principal. La excavación se hará con el talud recomendado en el numeral 5.2 y solamente se empleará revestimiento o entibado, en caso de encontrar en la excavación



material arenoso suelto. De igual manera se requiere de un replantillo para proteger el fondo de la excavación.

La construcción del estribo se hará por etapas, las zapatas en primer lugar y la pantalla exterior y los contrafuertes posteriormente (por la altura de los estribos pueden requerirse varias etapas de fundición). Concluido el hormigonado se esperará el tiempo necesario para su fraguado y se procederá a rellenar la excavación hasta llegar al nivel de subrasante, en el costado exterior, usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificad y por capas, gradualmente en el costado interior, también utilizando el material del lugar, que habrá quedado almacenado con este objeto, pero compactándolo de manera diferenciada, entre el 90 al 92% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada en la zona adyacente a la pantalla y en un ancho de 3.00 metros como mínimo y al 95% o más, en el resto de la excavación. Es necesaria que esta compactación sea diferenciada para evitar la creación de una cuña que ejerza un empuje mayor al calculado.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal y en la vía secundaria, luego de la construcción de las demás obras del puente (tablero y obras accesorias), de acuerdo al cronograma de ejecución de la obra.

## **4.2 MURO DE SOSTENIMIENTO ABSCISA 0+320**

### **4.2.1 Introducción**

#### **4.2.1.1 Propósito y alcance**

El presente Informe corresponde al diseño de un muro de sostenimiento que permita reducir el movimiento de tierras previsto para la construcción de la Ruta Sur, en las inmediaciones de la abscisa 0+320, costado derecho, pues en este lugar existe una infraestructura escolar ya desarrollada y se desea minimizar el impacto de la expropiación. Su objetivo es el de establecer las características del sitio y las propiedades generales de los materiales que actúan sobre los elementos de retención de la excavación proyectada, y las soportan, así como el proporcionar los parámetros geotécnicos que permitan el cálculo estructural de los elementos que forman los muros y las recomendaciones pertinentes.

El trabajo se basa en las investigación del subsuelo realizada para el Intercambiador Auquitas y los cortes previstos en este sector, muy cerca de la obra prevista, por lo que los cálculos deberán verificarse luego de realizar los movimientos de tierra preliminares en función de los materiales encontrados en el lugar.

#### **4.2.1.2 Descripción del sitio:**

El sitio seleccionado para la implantación de la obra está ubicado en la vertiente oriental de la ladera que forman los cerros de Catequilla, que separan la ciudad de los valles de Cumbayá y Tumbaco, La zona está formada por capas de ceniza volcánica de diferente origen, de tal manera que se han generado suelos areno limosos a areno arcillosos, compactos y cementados en profundidad. El estrato de base lo forma la cangahua propia de la zona.

Varias investigaciones realizadas en el sector señalan la presencia de agua subterránea a cotas más profundas de las que pudieran influenciar en el proyecto.

El clima dominante es el ecuatorial mesotérmico semi húmedo, con temperaturas medias anuales de alrededor de 15 grados centígrados. La cantidad de lluvia medida varía entre 1.250 a 2.500 mm para años normales y muy lluviosos, respectivamente. Las lluvias se presentan entre octubre a

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

junio, con dos máximos en los meses de octubre y abril y un período seco entre junio a septiembre.

### 4.2.2 Análisis de estabilidad y empujes del terreno

#### 4.2.2.1 Consideraciones previas

Para el diseño del muro de sostenimiento se parte de las siguientes consideraciones básicas. Toda variación o desviación de ellas merecerá obligatoriamente la revisión de los parámetros de diseño y de la magnitud de las presiones recomendadas.

1. Los muros se apoyarán en elementos anclados permanentes.
2. Los muros deben tener drenajes adecuados que permitan la salida de las aguas lluvias que pudieran infiltrarse en el respaldo, por lo que no se considera este empuje en los cálculos.
3. El suelo existente por detrás del muro tiene comportamiento mixto, es decir tiene una cohesión media a alta y valores de fricción altos. Los cálculos de empuje se realizan para las dos condiciones, adoptando el mayor de los dos resultados.

#### 4.2.2.2 Hipótesis básicas del diseño

Para el diseño de los soportes se considera lo siguiente:

1. **Estructuración de los Muros:** Como ya se mencionó, los muros se sostienen mediante anclajes que se construyen a diferente altura. Los muros propiamente dichos serán pantallas de hormigón armado, cuya armadura se calculará para las ubicaciones de los apoyos.
2. **Presiones Actuantes:** Se ha revisado la bibliografía existente y dichas presiones se han calculado utilizando las recomendaciones de la teoría clásica de empujes de tierra, con las últimas modificaciones recomendadas (AASHTO LRFD Manual, 2010; Budhu, 2008; Bowles, 1996; Das, 2005 y Day, 2002).
3. **Estabilidad de Taludes:** Se calculó la estabilidad del talud de corte a fin de definir la posición de la superficie de falla crítica, la misma que determina la longitud del anclaje, pues es necesario que éste se extienda por detrás de la zona de posible falla. El análisis se presenta en la memoria de cálculo adjunta.
4. **Tipo de suelo y Teorías de Cálculo:** Los materiales existentes son depósitos piroclásticos compactos, cementados (cenizas y tobas), de comportamiento mixto (cohesivo y granular). Las teorías de cálculo empleadas son concordantes. Se han adoptado factores de seguridad recomendados en los Códigos, considerando que el anclaje será permanente.

Cualquier variación substancial de las hipótesis asumidas merecerá una revisión del cálculo.

#### 4.2.2.3 Presiones de diseño

Para definir los diagramas de presiones a recomendar se consideraron los valores más altos de los determinados por la teoría, como ya se mencionó. El empuje unitario multiplicado por la separación entre anclajes (vertical) es el empuje por metro de ancho de la pantalla que se indica en los cuadros adjuntos y dicho valor permite calcular la separación entre anclajes.

### 4.2.3 Empujes y diseño de anclajes

#### 4.2.3.1 Consideraciones previas

Los anclajes se han diseñado como elementos permanentes. Con esta hipótesis en mente, se aceptan factores de seguridad razonables y redundantes, a fin de que la obra pueda resistir sollicitaciones extraordinarias en el tiempo de la construcción de la obra.

#### 4.2.3.2 Presiones de diseño

Con los datos calculados de presión de tierras (AAHSTO, 2010) se calcularon las fuerzas que deben soportar cada una de las pantallas, las mismas que se incluyen en la respectiva memoria.

#### 4.2.3.3 Diseño de anclajes

Habiendo definido la presión de tierras que deben soportar los anclajes, se procedió a definir sus dimensiones. Se definieron los siguientes parámetros fundamentales.

- Las perforaciones serán de 4 pulgadas de diámetro (10 cm) a fin de obtener un buen soporte del anclaje en el terreno circundante.
- Para refuerzo se emplearán cables de acero de alta resistencia (2 torones de cable de 5/8" de diámetro) y de la longitud indicada en la Memoria. Se usará acero con resistencia a la tensión de 18 900 Kg/cm<sup>2</sup> embebido en mortero cuya resistencia sea de por lo menos 240 Kg/cm<sup>2</sup>.
- La longitud de los anclajes es variable de acuerdo a la profundidad a fin de ubicar el fondo de los mismos por atrás de la superficie de falla definida como crítica en el análisis de estabilidad.
- Todos los anclajes deben construirse con una pendiente de 4 (H) a 1 (V) para facilitar la fundición del mortero.
- Los muros serán verticales, con la geometría señalada más adelante y tendrán drenaje y ventilación adecuados durante la construcción, que eviten acumulación de agua en el respaldo del muro, caso contrario se incrementará la presión hidrostática correspondiente.

El cálculo correspondiente se presenta en los anexos al Informe. Para obtener la solución recomendada se estableció la cota de cada nivel de apoyos y se variaron el espaciamiento entre anclajes, que modifica la presión ejercida, y la longitud del elemento, que define la profundidad de enterramiento y el estrato del suelo en el que se apoya el anclaje, con cuyos parámetros se calculan las reacciones respectivas. Se procuró obtener factores de seguridad adecuados, manteniendo las restricciones usuales de equipo y materiales que ofrece el mercado.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

La pantalla se construye en tramos verticales de 6 metros de altura apoyados en dos filas de anclajes. Al pie se deja una berma de 0.60 metros para permitir futuros accesos para mantenimiento y control. De esta manera se tiene una pendiente promedio de 1 (h) a 10 (v), que reduce a un mínimo la afectación al terreno de la corona del corte. Se deben dejar cunetas de coronación adecuadas, con bajantes mediante tuberías. La separación de los bajantes será tal que no haya escurrimiento de agua por las paredes de la pantalla. De igual forma debe haber cunetas (más pequeñas) en cada berma.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

Pantalla	Fila	Desde	Hasta	Longitud m	Tramo de Soporte	Espacia- miento
1	1	0.00	3.00	20.00	11.30	3.00
	2	3.00	6.00	18.00	9.80	3.00
2	3	6.00	9.00	15.00	7.50	3.00
	4	9.00	12.00	13.00	6.00	3.00
3	5	12.00	15.00	11.60	6.00	3.00
	6	15.00	18.00	10.00	6.00	3.00
4	7	18.00	22.00	8.00	6.00	2.50

La longitud es la distancia desde la boca del anclaje hasta el fondo de la perforación. El cable debe ser algo más largo para embeberlo en la pantalla, la cabeza del anclaje y poder colocar el equipo de tensado y el dispositivo de sujeción. Una vez colocado y sujeto, se corta el exceso y se funde la carcasa de protección.

El tramo de soporte es la distancia entre el fondo del anclaje y la ubicación del obturador para la inyección del anclaje. La porción de cable fuera de este tramo de soporte será engrasado y protegido con una funda de tubería plástica (vaina) de la lechada colocada posteriormente para el sellado final del anclaje.

La inyección se hará con una presión de por lo menos el 75% del peso de tierras por encima del anclaje.

Terminada la instalación se tensarán los anclajes usando una presión de 45 toneladas. Todo anclaje que no soporte esta carga será desechado y vuelto a construir. Para la instalación se usará una carga de 25 toneladas.

### 4.3 PASO SUPERIOR “CRUCE FERROCARRIL 0+376”

#### 4.3.1 Introducción

##### 4.3.1.1 Propósito y alcance

El presente Informe corresponde al diseño de las cimentaciones y empujes sobre la estructura del Paso Superior “Cruce Ferrocarril 0+376”, ubicado en la abscisa 0+370 de la Carretera de Acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito, Ruta Sur. Su objetivo es el de establecer las características del sitio y las propiedades generales de los materiales que servirán de soporte a las estructuras previstas y proporcionar los parámetros geotécnicos que permitan el cálculo estructural de los elementos que formarán las cimentaciones y las recomendaciones pertinentes.

El trabajo se basa en la investigación del subsuelo realizada para el proyecto, la cual se detalla más adelante, y en los datos de las obras previstas.

##### 4.3.1.2 Estructura proyectada

La estructura cuya cimentación se analiza en este informe está formada por un paso superior que se apoya en dos estribos cerrados y una pila central, que soportan vigas de hormigón pretensado, las que a su vez reciben la losa del tablero. La vía principal está deprimida con respecto al terreno natural y el puente permite el tráfico transversal, sin que interrumpa el flujo vehicular principal.

Los estribos deben soportar el empuje de tierras y por razones constructivas, este empuje corresponde al de un relleno compactado, posterior a la construcción de la obra, por lo que la carga a aplicar será determinada bajo tales supuestos.

#### 4.3.1.3 Descripción del sitio

El sitio seleccionado para la implantación de la obra está ubicado en la ladera oriental de los cerros de Catequilla, que separan los valles de Quito, al occidente, de Tumbaco, al oriente; en una zona de pendiente transversal media a abrupta, dependiente del lugar. La zona ha sido alterada por los trabajos realizados para la vía férrea que antes servía a las provincias del norte y se desea aprovechar el lugar para construir un distribuidor de tráfico para las numerosas urbanizaciones desarrolladas en las cercanías.

En general el material del lugar corresponde a diferentes eventos de depósito de material volcánico, principalmente de origen eólico, depositados en ambiente seco y cementado naturalmente.

La zona se encuentra entre áreas urbanizadas y agrícolas, no está completamente consolidada y no presenta vegetación original.

La investigación del subsuelo no detecta la presencia de agua subterránea.

El clima dominante es el ecuatorial mesotérmico semihúmedo, con temperaturas medias anuales de alrededor de 14 grados centígrados. La cantidad de lluvia medida oscila alrededor de los 800 a 1 200 mm (para años normales). Las lluvias se presentan entre octubre a junio, con dos máximos en los meses de octubre y abril y un período seco entre junio a septiembre.

#### 4.3.2 **Investigación del Subsuelo**

##### 4.3.2.1 Exploración subterránea

Para conocer las condiciones del subsuelo se ejecutaron dos sondeos de 9.00 metros de profundidad, conforme se señala en la tabla siguiente. En los sondeos se realizaron ensayos de penetración estándar cada metro y se recuperaron muestras disturbadas para la clasificación de los materiales encontrados.

SONDEO	Abscisa	Cota	PROF. (m)	MUESTRAS	N.F.
P-1	0+107.946	2 633.50	9.00	9	No detecta
P-2	0+051.146	2 632.50	9.00	9	No detecta

Los sondeos detectan estratos de limos arenosos, sin plasticidad, de consistencia media en superficie, que incrementa sustancialmente a partir de los 2.00 metros de profundidad, llegando al rechazo (material impenetrable al SPT) a los 5.00 a 7.00 metros (ver perfil esquemático).

Se solicitó extrapolar en profundidad el tipo de materiales presentes mediante métodos geofísicos, cuyo informe se presenta en documento separado.

Los anexos indican la ubicación de las perforaciones, los registros de campo, los ensayos de laboratorio realizados y los registros de las perforaciones, cuyos datos han sido tomados de los reportes entregados por la firma Consultora Geosuelos Cía. Ltda., a quien corresponde la responsabilidad de todas las decisiones relacionadas con los trabajos de campo y laboratorio.

##### 4.3.2.2 Información complementaria

Además de la información obtenida en los sondeos, se dispone de información geotécnica y geológica del sector y de clima y lluvias de la región.

Se proporcionó información general del proyecto, el tipo de estructura y las cargas previstas para esta obra.

### 4.3.3 Diseño de Cimentaciones

#### 4.3.3.1 Hipótesis previas para el diseño de las cimentaciones:

Teniendo en cuenta la información del subsuelo, el tipo de estructura, el valor estimado de las cargas transmitidas al suelo de cimentación y demás datos del proyecto, se plantean las siguientes hipótesis:

- 1 **Profundidad de Desplante:** Por el tipo de obra adoptado, la cimentación debe ser superficial, enterrada entre 1.00 y 2.00 metros desde el fondo de la excavación prevista para la vía. La cota de cimentación depende principalmente de la cota del proyecto.
- 2 **Tipo de Cimentación:** El tipo de estructura adoptado obliga a usar una losa de cimentación independiente para cada apoyo. En realidad es una zapata corrida de dimensiones considerables.
- 3 **Material que recibe la Cimentación:** El material que se tendrá a la cota de cimentación es de comportamiento granular, las teorías de cálculo empleadas son concordantes con ello.
- 4 **Asentamientos:** La cimentación adoptada debe limitar el asentamiento de la estructura para evitar distorsión que afectaría la funcionalidad de la obra.
- 5 **Estructura:** La estructura de cada uno de los apoyos será monolítica e hiperestática y se construirá con hormigón armado.

Cualquier variación substancial de las hipótesis asumidas merecerá una revisión del cálculo de los parámetros recomendados, por la dependencia de las teorías empleadas con los supuestos que se necesitan para su aplicación. El Ingeniero Estructural verificará esta condición básica del diseño y el Constructor deberá comprobar que la cimentación se construya sobre el material previsto.

#### 4.3.3.2 Capacidad de carga y asentamientos

Para el diseño de las cimentaciones del puente se seguirán las recomendaciones que se indican a continuación:

- a. Las cimentaciones serán independientes para cada apoyo (estribos y pila central) y su desplante se ubica a la cota 2 620.00 (o a cotas inferiores a estas), según el criterio empleado en el cálculo estructural para garantizar un adecuado empotramiento de la estructura.
- b. El valor de la capacidad de carga admisible neta calculada de acuerdo a lo recomendado en el documento AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Fifth Edition, 2010, es superior a los 5.00 Kg/cm<sup>2</sup> (50.0 Ton/m<sup>2</sup>) para el caso de carga viva más carga muerta, con sus incrementos establecidos en los códigos. Este valor podrá incrementarse en un 50% para el diseño con cargas accidentales como viento o sismo.
- c. No obstante lo señalado en el numeral anterior, se recomienda que el diseño se realice con valores que no excedan los 3.00 Kg/cm<sup>2</sup> (30.0 Ton/m<sup>2</sup>) para carga viva más carga muerta, a fin de limitar los asentamientos totales de la obra para evitar daños funcionales.
- d. Con los valores de la presión real estimada y en condición estática, el asentamiento total será del orden de los 17 mm y el asentamiento diferencial máximo probable será de 12 mm, valores inferiores a los tolerables por la estructura para un claro de 12 metros, que corresponde a la dimensión de la cimentación (ancho del paso superior).



#### 4.3.3.3 Empujes de tierra

Por el tipo de estructura adoptado, para el cálculo del empuje de tierras se utilizará el valor del coeficiente correspondiente a la condición activa. El suelo a colocar en el relleno que se requiere colocar luego de la construcción de la estructura no deberá compactarse a más del 90 a 92% de la máxima densidad obtenida en el ensayo de proctor a energía modificada, a fin de no generar cuñas de alto empuje en la estructura, por lo que se usarán los siguientes valores en el cálculo:

Ángulo de Fricción del material de relleno =  $30^\circ$

Coefficiente de empuje de tierras en condición activa:  $K_0 = 0.333$

Coefficiente de empuje de tierras con sismo ( $a_h = 15\%g$ ):  $K_{ac} = 0.500$

#### 4.3.3.4 Recomendaciones adicionales

En vista de que el relleno posterior a los dos estribos del puente debe construirse con un grado de compactación menor al del suelo natural existente, es de esperarse que se origine un asentamiento diferencial a futuro. A fin de minimizar este problema se sugiere que:

- a) El pavimento de la vía transversal se construya al menos 30 días después de concluida la construcción del puente y del relleno respectivo.
- b) Se disponga de una losa de aproximación al puente de un ancho de por lo menos 3.00 metros, que evite la generación de ondulaciones

#### 4.3.4 Construcción de las Cimentaciones

##### 4.3.4.1 Proceso constructivo, Pila Central

El proceso constructivo de la Pila Central será el convencional, es decir que después de realizada la excavación para la vía principal, se excavará la zanja que aloja la zapata, con un talud de corte 2 (v) a 1 (h). Alcanzada la cota de desplante se fundirá un replantillo para proteger la excavación de la intemperie, mientras se configura el acero de refuerzo y se procede a la fundición de la zapata.

Concluido el hormigonado se esperará al menos una semana para el fraguado adecuado de la estructura y se procederá a rellenar hasta llegar al nivel de subrasante, usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal, de acuerdo al cronograma previsto para esta actividad.

##### 4.3.4.2 Proceso constructivo, estribos

El proceso constructivo de los estribos se inicia con la excavación necesaria, la cual ocupa un cierto espacio de la vía secundaria y parte del carril extremo de la vía principal. La excavación se hará con el talud recomendado en el numeral 3.1 y solamente se empleará revestimiento o entibado, en caso de encontrar en la excavación material arenoso suelto. De igual manera se requiere de un replantillo para proteger el fondo de la excavación.

La construcción del estribo se hará por etapas, las zapatas en primer lugar y la pantalla exterior y los contrafuertes posteriormente (por la altura de los estribos pueden requerirse varias etapas de fundición). Concluido el hormigonado se esperará el tiempo necesario para su fraguado y se procederá a rellenar la excavación hasta llegar al nivel de subrasante, en el costado exterior,

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificad y por capas, gradualmente en el costado interior, también utilizando el material del lugar, que habrá quedado almacenado con este objeto, pero compactándolo de manera diferenciada, entre el 90 al 92% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada en la zona adyacente a la pantalla y en un ancho de 3.00 metros como mínimo y al 95% o más, en el resto de la excavación. Es necesaria que esta compactación sea diferenciada para evitar la creación de una cuña que ejerza un empuje mayor al calculado.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal y en la vía secundaria, luego de la construcción de las demás obras del puente (tablero y obras accesorias), de acuerdo al cronograma de ejecución de la obra.

#### **4.4 PASO SUPERIOR "CRUCE FERROCARRIL 1+450"**

##### **4.4.1 Introducción**

###### **4.4.1.1 Propósito y Alcance**

El presente Informe corresponde al diseño de las cimentaciones y empujes sobre la estructura del Paso Superior "Cruce Ferrocarril 0+376", ubicado en la abscisa 0+370 de la Carretera de Acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito, Ruta Sur. Su objetivo es el de establecer las características del sitio y las propiedades generales de los materiales que servirán de soporte a las estructuras previstas y proporcionar los parámetros geotécnicos que permitan el cálculo estructural de los elementos que formarán las cimentaciones y las recomendaciones pertinentes.

El trabajo se basa en la investigación del subsuelo realizada para el proyecto, la cual se detalla más adelante, y en los datos de las obras previstas.

###### **4.4.1.2 Estructura proyectada**

La estructura cuya cimentación se analiza en este informe está formada por un paso superior que se apoya en dos estribos cerrados y una pila central, que soportan vigas de hormigón pretensado, las que a su vez reciben la losa del tablero. La vía principal está deprimida con respecto al terreno natural y el puente permite el tráfico transversal, sin que interrumpa el flujo vehicular principal.

Los estribos deben soportar el empuje de tierras y por razones constructivas, este empuje corresponde al de un relleno compactado, posterior a la construcción de la obra, por lo que la carga a aplicar será determinada bajo tales supuestos.

###### **4.4.1.3 Descripción del sitio**

El sitio seleccionado para la implantación de la obra está ubicado en la ladera oriental de los cerros de Catequilla, que separan los valles de Quito, al occidente, de Tumbaco, al oriente; en una zona de pendiente transversal media a abrupta, dependiente del lugar. La zona ha sido alterada por los trabajos realizados para la vía férrea que antes servía a las provincias del norte y se desea aprovechar el lugar para construir un distribuidor de tráfico para las numerosas urbanizaciones desarrolladas en las cercanías.

En general el material del lugar corresponde a diferentes eventos de depósito de material volcánico, principalmente de origen eólico, depositados en ambiente seco y cementado naturalmente.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

La zona se encuentra entre áreas urbanizadas y agrícolas, no está completamente consolidada y no presenta vegetación original.

La investigación del subsuelo no detecta la presencia de agua subterránea.

El clima dominante es el ecuatorial mesotérmico semihúmedo, con temperaturas medias anuales de alrededor de 14 grados centígrados. La cantidad de lluvia medida oscila alrededor de los 800 a 1 200 mm (para años normales). Las lluvias se presentan entre octubre a junio, con dos máximos en los meses de octubre y abril y un período seco entre junio a septiembre.

### 4.4.2 Investigación del Subsuelo

#### 4.4.2.1 Exploración Subterránea

Para conocer las condiciones del subsuelo se ejecutaron dos sondeos de 9.00 metros de profundidad, conforme se señala en la tabla siguiente. En los sondeos se realizaron ensayos de penetración estándar cada metro y se recuperaron muestras disturbadas para la clasificación de los materiales encontrados.

SONDEO	Abscisa	Cota	PROF. (m)	MUESTRAS	N.F.
P-1	0+107.946	2 633.50	9.00	9	No detecta
P-2	0+051.146	2 632.50	9.00	9	No detecta

Los sondeos detectan estratos de limos arenosos, sin plasticidad, de consistencia media en superficie, que incrementa sustancialmente a partir de los 2.00 metros de profundidad, llegando al rechazo (material impenetrable al SPT) a los 5.00 a 7.00 metros (ver perfil esquemático).

Se solicitó extrapolar en profundidad el tipo de materiales presentes mediante métodos geofísicos, cuyo informe se presenta en documento separado.

Los anexos indican la ubicación de las perforaciones, los registros de campo, los ensayos de laboratorio realizados y los registros de las perforaciones, cuyos datos han sido tomados de los reportes entregados por la firma Consultora Geosuelos Cía. Ltda., a quien corresponde la responsabilidad de todas las decisiones relacionadas con los trabajos de campo y laboratorio.

#### 4.4.2.2 Información complementaria

Además de la información obtenida en los sondeos, se dispone de información geotécnica y geológica del sector y de clima y lluvias de la región.

Se proporcionó información general del proyecto, el tipo de estructura y las cargas previstas para esta obra.

### 4.4.3 Diseño de Cimentaciones

#### 4.4.3.1 Hipótesis previas para el diseño de las cimentaciones

Teniendo en cuenta la información del subsuelo, el tipo de estructura, el valor estimado de las cargas transmitidas al suelo de cimentación y demás datos del proyecto, se plantean las siguientes hipótesis:



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

- 1 **Profundidad de Desplante:** Por el tipo de obra adoptado, la cimentación debe ser superficial, enterrada entre 1.00 y 2.00 metros desde el fondo de la excavación prevista para la vía. La cota de cimentación depende principalmente de la cota del proyecto.
- 2 **Tipo de Cimentación:** El tipo de estructura adoptado obliga a usar una losa de cimentación independiente para cada apoyo. En realidad es una zapata corrida de dimensiones considerables.
- 3 **Material que recibe la Cimentación:** El material que se tendrá a la cota de cimentación es de comportamiento granular, las teorías de cálculo empleadas son concordantes con ello.
- 4 **Asentamientos:** La cimentación adoptada debe limitar el asentamiento de la estructura para evitar distorsión que afectaría la funcionalidad de la obra.
- 5 **Estructura:** La estructura de cada uno de los apoyos será monolítica e hiperestática y se construirá con hormigón armado.

Cualquier variación substancial de las hipótesis asumidas merecerá una revisión del cálculo de los parámetros recomendados, por la dependencia de las teorías empleadas con los supuestos que se necesitan para su aplicación. El Ingeniero Estructural verificará esta condición básica del diseño y el Constructor deberá comprobar que la cimentación se construya sobre el material previsto.

#### 4.4.3.2 Capacidad de carga y asentamientos

Para el diseño de las cimentaciones del puente se seguirán las recomendaciones que se indican a continuación:

- a. Las cimentaciones serán independientes para cada apoyo (estribos y pila central) y su desplante se ubica a la cota 2 620.00 (o a cotas inferiores a estas), según el criterio empleado en el cálculo estructural para garantizar un adecuado empotramiento de la estructura.
- b. El valor de la capacidad de carga admisible neta calculada de acuerdo a lo recomendado en el documento AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Fifth Edition, 2010, es superior a los 5.00 Kg/cm<sup>2</sup> (50.0 Ton/m<sup>2</sup>) para el caso de carga viva más carga muerta, con sus incrementos establecidos en los códigos. Este valor podrá incrementarse en un 50% para el diseño con cargas accidentales como viento o sismo.
- c. No obstante lo señalado en el numeral anterior, se recomienda que el diseño se realice con valores que no excedan los 3.00 Kg/cm<sup>2</sup> (30.0 Ton/m<sup>2</sup>) para carga viva más carga muerta, a fin de limitar los asentamientos totales de la obra para evitar daños funcionales.
- d. Con los valores de la presión real estimada y en condición estática, el asentamiento total será del orden de los 17 mm y el asentamiento diferencial máximo probable será de 12 mm, valores inferiores a los tolerables por la estructura para un claro de 12 metros, que corresponde a la dimensión de la cimentación (ancho del paso superior).

#### 4.4.3.3 Empujes de tierra

Por el tipo de estructura adoptado, para el cálculo del empuje de tierras se utilizara el valor del coeficiente correspondiente a la condición activa. El suelo a colocar en el relleno que se requiere colocar luego de la construcción de la estructura no deberá compactarse a más del 90 a 92% de la máxima densidad obtenida en el ensayo de proctor a energía modificada, a fin de no generar cuñas de alto empuje en la estructura, por lo que se usarán los siguientes valores en el cálculo:

Ángulo de Fricción del material de relleno = 30°

Coeficiente de empuje de tierras en condición activa:  $K_0 = 0.333$

Coeficiente de empuje de tierras con sismo ( $a_h = 15\%g$ ):  $K_{ae} = 0.500$

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 4.4.3.4 Recomendaciones adicionales

En vista de que el relleno posterior a los dos estribos del puente debe construirse con un grado de compactación menor al del suelo natural existente, es de esperarse que se origine un asentamiento diferencial a futuro. A fin de minimizar este problema se sugiere que:

- a. El pavimento de la vía transversal se construya al menos 30 días después de concluida la construcción del puente y del relleno respectivo.
- b. Se disponga de una losa de aproximación al puente de un ancho de por lo menos 3.00 metros, que evite la generación de ondulaciones...

### 4.4.4 **Construcción de las Cimentaciones**

#### 4.4.4.1 Proceso constructivo, Pila Central

El proceso constructivo de la Pila Central será el convencional, es decir que después de realizada la excavación para la vía principal, se excavará la zanja que aloja la zapata, con un talud de corte 2 (v) a 1 (h). Alcanzada la cota de desplante se fundirá un replantillo para proteger la excavación de la intemperie, mientras se configura el acero de refuerzo y se procede a la fundición de la zapata.

Concluido el hormigonado se esperará al menos una semana para el fraguado adecuado de la estructura y se procederá a rellenar hasta llegar al nivel de subrasante, usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal, de acuerdo al cronograma previsto para esta actividad.

#### 4.4.4.2 Proceso constructivo, estribos

El proceso constructivo de los estribos se inicia con la excavación necesaria, la cual ocupa un cierto espacio de la vía secundaria y parte del carril extremo de la vía principal. La excavación se hará con el talud recomendado en el numeral 3.1 y solamente se empleará revestimiento o entibado, en caso de encontrar en la excavación material arenoso suelto. De igual manera se requiere de un replantillo para proteger el fondo de la excavación.

La construcción del estribo se hará por etapas, las zapatas en primer lugar y la pantalla exterior y los contrafuertes posteriormente (por la altura de los estribos pueden requerirse varias etapas de fundición). Concluido el hormigonado se esperará el tiempo necesario para su fraguado y se procederá a rellenar la excavación hasta llegar al nivel de subrasante, en el costado exterior, usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada y por capas, gradualmente en el costado interior, también utilizando el material del lugar, que habrá quedado almacenado con este objeto, pero compactándolo de manera diferenciada, entre el 90 al 92% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada en la zona adyacente a la pantalla y en un ancho de 3.00 metros como mínimo y al 95% o más, en el resto de la excavación. Es necesaria que esta compactación sea diferenciada para evitar la creación de una cuña que ejerza un empuje mayor al calculado.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal y en la vía secundaria, luego de la construcción de las demás obras del puente (tablero y obras accesorias), de acuerdo al cronograma de ejecución de la obra

#### **4.5 PASO SUPERIOR “NUEVA VÍA PERIMETRAL” ABSCISA 2+800**

##### **4.5.1 Introducción**

###### 4.5.1.1 Propósito y alcance

El presente Informe corresponde al diseño de las cimentaciones y empujes sobre la estructura del Paso Superior “Nueva Vía Perimetral”, ubicado en la abscisa 2+800 de la Carretera de Acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito, Ruta Sur. Su objetivo es el de establecer las características del sitio y las propiedades generales de los materiales que servirán de soporte a las estructuras previstas y proporcionar los parámetros geotécnicos que permitan el cálculo estructural de los elementos que formarán las cimentaciones y las recomendaciones pertinentes.

El trabajo se basa en la investigación del subsuelo realizada para el proyecto, la cual se detalla más adelante, y en los datos de las obras previstas.

###### 4.5.1.2 Estructura proyectada

La estructura cuya cimentación se analiza en este informe está formada por un paso superior que se apoya en dos estribos cerrados y una pila central, que soportan vigas de hormigón pretensado, las que a su vez reciben la losa del tablero. La Vía Perimetral se ha proyectado por debajo del puente vehicular y requiere de un movimiento de tierras importante, por lo que no será posible construir este paso a futuro, sin serios conflictos de tráfico.

Los estribos deben soportar el empuje de tierras y por razones constructivas, este empuje corresponde al de un relleno compactado, posterior a la construcción de la obra, por lo que la carga a aplicar será determinada bajo tales supuestos.

###### 4.5.1.3 Descripción del sitio

El sitio seleccionado para la implantación de la obra está ubicado en la ladera oriental de los cerros de Catequilla, que separan los valles de Tumbaco y Cumbayá, de la ciudad de Quito, al occidente; en una zona de pendiente transversal media a abrupta, dependiente del lugar. La zona ha sido alterada por los trabajos realizados para las vías del sector en las inmediaciones del sitio de esta obra.

En general el material del lugar corresponde a diferentes eventos de depósito de material volcánico, principalmente de origen eólico, depositados en ambiente seco y cementado naturalmente.

La zona se encuentra entre áreas urbanizadas y agrícolas, no está completamente consolidada y no presenta vegetación original.

La investigación del subsuelo no detecta la presencia de agua subterránea.

El clima dominante es el ecuatorial mesotérmico semi húmedo, con temperaturas medias anuales de alrededor de 14 grados centígrados. La cantidad de lluvia medida oscila alrededor de los 800 a 1 200 mm (para años normales). Las lluvias se presentan entre octubre a junio, con dos máximos en los meses de octubre y abril y un período seco entre junio a septiembre.



#### 4.5.2 Investigación del subsuelo

##### 4.5.2.1 Exploración subterránea

Para conocer las condiciones del subsuelo se ejecutaron dos sondeos, de 20 metros de profundidad, conforme se señala en la tabla siguiente. En los sondeos se realizaron ensayos de penetración estándar cada metro y se recuperaron muestras disturbadas para la clasificación de los materiales encontrados y una muestra inalterada mediante tubo shelby.

SONDEO	Abscisa	Cota	PROF. (m)	MUESTRAS	N.F.
P-1	0+280	2 461.00	20.50	20	No detecta
P-2	0+315	2 466.00	20.00	20	No detecta

Los sondeos detectan estratos de arenas limosas y limos arenosos, sin plasticidad, con compacidad entre alta a muy alta. Se observan estratos menos compactos entre mantos cementados, cuyo valor se emplea en el cálculo de la capacidad portante, pues no se encuentra la capa impenetrable que se ha podido observar en otros sondeos.

Los diseños se hacen para el pozo P-2, pues es el más desfavorable.

Los anexos indican la ubicación de las perforaciones, los registros de campo, los ensayos de laboratorio realizados y los registros de las perforaciones, cuyos datos han sido tomados de los reportes entregados por la firma Consultora Geosuelos Cía. Ltda., a quien corresponde la responsabilidad de todas las decisiones relacionadas con los trabajos de campo y laboratorio.

##### 4.5.2.2 Información complementaria

Además de la información obtenida en los sondeos, se dispone de información geotécnica y geológica del sector y de clima y lluvias de la región.

Se proporcionó información general del proyecto, el tipo de estructura y las cargas previstas para esta obra.

#### 4.5.3 Diseño de cimentaciones

##### 4.5.3.1 Hipótesis previas para el diseño de las cimentaciones:

Teniendo en cuenta la información del subsuelo, el tipo de estructura, el valor estimado de las cargas transmitidas al suelo de cimentación y demás datos del proyecto, se plantean las siguientes hipótesis:

1. **Profundidad de Desplante:** Por el tipo de obra adoptado, la cimentación debe ser superficial, enterrada entre 1.00 y 2.00 metros desde el fondo de la excavación prevista para la vía. La cota de cimentación depende principalmente de la cota del proyecto adoptada para la Vía Perimetral.
2. **Tipo de Cimentación:** El tipo de estructura adoptado obliga a usar una losa de cimentación independiente para cada apoyo. En realidad es una zapata corrida de dimensiones considerables.
3. **Material que recibe la Cimentación:** El material que se tendrá a la cota de cimentación es de comportamiento granular, las teorías de cálculo empleadas son concordantes con ello.

# ASOCIACIÓN

## ASTECS - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

4. **Asentamientos:** La cimentación adoptada debe limitar el asentamiento de la estructura para evitar distorsión que afectaría la funcionalidad de la obra.
5. **Estructura:** La estructura de cada uno de los apoyos será monolítica e hiperestática y se construirá con hormigón armado.

Cualquier variación substancial de las hipótesis asumidas merecerá una revisión del cálculo de los parámetros recomendados, por la dependencia de las teorías empleadas con los supuestos que se necesitan para su aplicación. El Ingeniero Estructural verificará esta condición básica del diseño y el Constructor deberá comprobar que la cimentación se construya sobre el material previsto.

### 4.5.3.2 Capacidad de carga y asentamientos

Para el diseño de las cimentaciones del puente se seguirán las recomendaciones que se indican a continuación:

- a. Las cimentaciones serán independientes para cada apoyo (estribos y pila central) y su desplante se ubica a la cota 2 445.00 (o a cotas inferiores a estas), según el criterio empleado en el cálculo estructural para garantizar un adecuado empotramiento de la estructura.
- b. El valor de la capacidad de carga admisible neto calculada de acuerdo a lo recomendado en el documento AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Fifth Edition, 2010, es superior a los 5.00 Kg/cm<sup>2</sup> (50.0 Ton/m<sup>2</sup>) para el caso de carga viva más carga muerta, con sus incrementos establecidos en los códigos. Este valor podrá incrementarse en un 50% para el diseño con cargas accidentales como viento o sismo.
- c. No obstante lo señalado en el numeral anterior, se recomienda que el diseño se realice con valores que no excedan los 3.00 Kg/cm<sup>2</sup> (30.0 Ton/m<sup>2</sup>) para carga viva más carga muerta, a fin de limitar los asentamientos totales de la obra para evitar daños funcionales.
- d. Con los valores de la presión real estimada y en condición estática, el asentamiento total será del orden de los 30 mm y el asentamiento diferencial máximo probable será de 25 mm, valores inferiores a los tolerables por la estructura para un claro de 12 metros, que corresponde a la dimensión de la cimentación (ancho del paso superior).

### 4.5.3.3 Empujes de tierra

Por el tipo de estructura adoptado, para el cálculo del empuje de tierras se utilizara el valor del coeficiente correspondiente a la condición activa. El suelo a colocar en el relleno que se requiere colocar luego de la construcción de la estructura no deberá compactarse a más del 90 a 92% de la máxima densidad obtenida en el ensayo de proctor a energía modificada, a fin de no generar cuñas de alto empuje en la estructura, por lo que se usarán los siguientes valores en el cálculo:

Ángulo de Fricción del material de relleno = 30°

Coeficiente de empuje de tierras en condición activa:  $K_0 = 0.333$

Coeficiente de empuje de tierras con sismo ( $a_h = 15\%g$ ):  $K_{ac} = 0.500$

### 4.5.3.4 Recomendaciones adicionales

En vista de que el relleno posterior a los dos estribos del puente debe construirse con un grado de compactación menor al del suelo natural existente, es de esperarse que se origine un asentamiento diferencial a futuro. A fin de minimizar este problema se sugiere que:

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

- a. El pavimento de la vía transversal se construya al menos 30 días después de concluida la construcción del puente y del relleno respectivo.
- b. Se disponga de una losa de aproximación al puente de un ancho de por lo menos 3.00 metros, que evite la generación de ondulaciones...

### 4.5.4 Construcción de las cimentaciones

#### 4.5.4.1 Proceso constructivo, pila central

El proceso constructivo de la Pila Central será el convencional, es decir que después de realizada la excavación para la vía principal, se excavará la zanja que aloja la zapata, con un talud de corte 2 (v) a 1 (h). Alcanzada la cota de desplante se fundirá un replantillo para proteger la excavación de la intemperie, mientras se configura el acero de refuerzo y se procede a la fundición de la zapata.

Concluido el hormigonado se esperará al menos una semana para el fraguado adecuado de la estructura y se procederá a rellenar hasta llegar al nivel de subrasante, usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal, de acuerdo al cronograma previsto para esta actividad.

#### 4.5.4.2 Proceso constructivo, estribos

El proceso constructivo de los estribos se inicia con la excavación necesaria. La excavación se hará con el talud recomendado en el numeral 4.1 y solamente se empleará revestimiento o entibado, en caso de encontrar en la excavación material arenoso suelto. De igual manera se requiere de un replantillo para proteger el fondo de la excavación.

La construcción del estribo se hará por etapas, las zapatas en primer lugar y la pantalla exterior y los contrafuertes posteriormente (por la altura de los estribos pueden requerirse varias etapas de fundición). Concluido el hormigonado se esperará el tiempo necesario para su fraguado y se procederá a rellenar la excavación hasta llegar al nivel de subrasante, en el costado exterior, usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada y por capas, gradualmente en el costado interior, también utilizando el material del lugar, que habrá quedado almacenado con este objeto, pero compactándolo de manera diferenciada, entre el 90 al 92% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada en la zona adyacente a la pantalla y en un ancho de 3.00 metros como mínimo y al 95% o más, en el resto de la excavación. Es necesaria que esta compactación sea diferenciada para evitar la creación de una cuña que ejerza un empuje mayor al calculado.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal y en la vía secundaria, luego de la construcción de las demás obras del puente (tablero y obras accesorias), de acuerdo al cronograma de ejecución de la obra.

#### **4.6 PASO INFERIOR FFCC ABSCISA 3+007**

##### **4.6.1 Introducción**

###### **4.6.1.1 Proposito y alcance**

El presente Informe corresponde al diseño de las cimentaciones y empujes sobre la estructura del Paso Inferior FFCC, ubicado en la abscisa 3+007 de la Carretera de Acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito, Ruta Sur. Su objetivo es el de establecer las características del sitio y las propiedades generales de los materiales que servirán de soporte a las estructuras previstas y proporcionar los parámetros geotécnicos que permitan el cálculo estructural de los elementos que formarán las cimentaciones y las recomendaciones pertinentes.

El trabajo se basa en la investigación del subsuelo realizada para el proyecto, la cual se detalla más adelante, y en los datos de las obras previstas.

###### **4.6.1.2 Estructura proyectada**

La estructura cuya cimentación se analiza en este informe está formada por un paso superior que se apoya en dos estribos cerrados y una pila central, que soportan vigas de hormigón pretensado, las que a su vez reciben la losa del tablero. La Ruta Sur se eleva para acceder al puente vehicular y requiere de un relleno que formará los accesos.

Los estribos deben soportar el empuje de tierras y por razones constructivas, este empuje corresponde al de un relleno compactado, posterior a la construcción de la obra, por lo que la carga a aplicar será determinada bajo tales supuestos.

###### **4.6.1.3 Descripción del sitio**

El sitio seleccionado para la implantación de la obra está ubicado en la ladera oriental de los cerros de Catequilla, que separan los valles de Tumbaco y Cumbayá, de la ciudad de Quito, al occidente; en una zona de pendiente transversal media a abrupta, dependiente del lugar. La zona ha sido alterada por los trabajos realizados para edificaciones, canchas y las vías del sector en las inmediaciones del sitio de esta obra.

En general el material del lugar corresponde a diferentes eventos de depósito de material volcánico, principalmente de origen eólico, depositados en ambiente seco y cementado naturalmente.

La zona se encuentra entre áreas urbanizadas y agrícolas, no está completamente consolidada y no presenta vegetación original.

La investigación del subsuelo no detecta la presencia de agua subterránea.

El clima dominante es el ecuatorial mesotérmico semi húmedo, con temperaturas medias anuales de alrededor de 14 grados centígrados. La cantidad de lluvia medida oscila alrededor de los 800 a 1 200 mm (para años normales). Las lluvias se presentan entre octubre a junio, con dos máximos en los meses de octubre y abril y un período seco entre junio a septiembre.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 4.6.2 Investigación del subsuelo

#### 4.6.2.1 Exploración subterránea

Para conocer las condiciones del subsuelo se ejecutaron dos sondeos, de 7 y 9 metros de profundidad, conforme se señala en la tabla siguiente. En los sondeos se realizaron ensayos de penetración estándar cada metro y se recuperaron muestras disturbadas para la clasificación de los materiales encontrados y una muestra inalterada mediante tubo shelby.

SONDEO	Abscisa	Cota	PROF. (m)	MUESTRAS	N.F.
P-1	0+095	2 437.00	8.50	8	No detecta
P-2	0+120	2 438.50	6.50	6	No detecta

Los sondeos detectan estratos de arenas limosas y limos arenosos, sin plasticidad, con compacidad entre alta a muy alta. La cimentación se apoyará en los mantos superficiales, relativamente compactos y no se observan capas menos competentes en profundidad.

Los diseños se hacen para el pozo P-1, pues es el más desfavorable.

Los anexos indican la ubicación de las perforaciones, los registros de campo, los ensayos de laboratorio realizados y los registros de las perforaciones, cuyos datos han sido tomados de los reportes entregados por la firma Consultora Geosuelos Cía. Ltda., a quien corresponde la responsabilidad de todas las decisiones relacionadas con los trabajos de campo y laboratorio.

#### 4.6.2.2 Información complementaria

Además de la información obtenida en los sondeos, se dispone de información geotécnica y geológica del sector y de clima y lluvias de la región.

Se proporcionó información general del proyecto, el tipo de estructura y las cargas previstas para esta obra.

### 4.6.3 Diseño de cimentaciones

#### 4.6.3.1 Hipótesis previas para el diseño de las cimentaciones

Teniendo en cuenta la información del subsuelo, el tipo de estructura, el valor estimado de las cargas transmitidas al suelo de cimentación y demás datos del proyecto, se plantean las siguientes hipótesis:

1. **Profundidad de Desplante:** Por el tipo de obra adoptado, la cimentación debe ser superficial, enterrada entre 1.00 y 2.00 metros desde la superficie actual de la vía existente.
2. **Tipo de Cimentación:** El tipo de estructura adoptado obliga a usar una losa de cimentación independiente para cada apoyo. En realidad es una zapata corrida de dimensiones considerables.
3. **Material que recibe la Cimentación:** El material que se tendrá a la cota de cimentación es de comportamiento granular, las teorías de cálculo empleadas son concordantes con ello.
4. **Asentamientos:** La cimentación adoptada debe limitar el asentamiento de la estructura para evitar distorsión que afectaría la funcionalidad de la obra.

# ASOCIACIÓN

## ASTECS - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

5. **Estructura:** La estructura de cada uno de los apoyos será monolítica e hiperestática y se construirá con hormigón armado.

Cualquier variación substancial de las hipótesis asumidas merecerá una revisión del cálculo de los parámetros recomendados, por la dependencia de las teorías empleadas con los supuestos que se necesitan para su aplicación. El Ingeniero Estructural verificará esta condición básica del diseño y el Constructor deberá comprobar que la cimentación se construya sobre el material previsto.

### 4.6.3.2 Capacidad de carga y asentamientos

Para el diseño de las cimentaciones del puente se seguirán las recomendaciones que se indican a continuación:

- a. Las cimentaciones serán independientes para cada apoyo (estribos y pila central) y su desplante se ubica a la cota 2 436.00 (o a cotas inferiores a estas), según el criterio empleado en el cálculo estructural para garantizar un adecuado empotramiento de la estructura.
- b. El valor de la capacidad de carga admisible neta calculada de acuerdo a lo recomendado en el documento AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Fifth Edition, 2010, es superior a los 5.00 Kg/cm<sup>2</sup> (50.0 Ton/m<sup>2</sup>) para el caso de carga viva más carga muerta, con sus incrementos establecidos en los códigos. Este valor podrá incrementarse en un 50% para el diseño con cargas accidentales como viento o sismo.
- c. No obstante lo señalado en el numeral anterior, se recomienda que el diseño se realice con valores que no excedan los 3.00 Kg/cm<sup>2</sup> (30.0 Ton/m<sup>2</sup>) para carga viva más carga muerta, a fin de limitar los asentamientos totales de la obra para evitar daños funcionales
- d. Con los valores de la presión real estimada y en condición estática, el asentamiento total será del orden de los 35 mm y el asentamiento diferencial máximo probable será de 25 mm, valores inferiores a los tolerables por la estructura para un claro de 12 metros, que corresponde a la dimensión de la cimentación (ancho del paso superior).

### 4.6.3.3 Empujes de tierra

Por el tipo de estructura adoptado, para el cálculo del empuje de tierras se utilizara el valor del coeficiente correspondiente a la condición activa. El suelo a colocar en el relleno que se requiere colocar para formar los accesos al paso vehicular no deberá compactarse a más del 90 a 92% de la máxima densidad obtenida en el ensayo de proctor a energía modificada, en las zonas inmediatas a la pantalla del estribo, a fin de no generar cuñas de alto empuje en la estructura, por lo que se usarán los siguientes valores en el cálculo:

Ángulo de Fricción del material de relleno = 30°

Coeficiente de empuje de tierras en condición activa:  $K_0 = 0.333$

Coeficiente de empuje de tierras con sismo ( $a_h = 15\%g$ ):  $K_{ac} = 0.500$

### 4.6.3.4 Recomendaciones adicionales

En vista de que el relleno inmediatamente posterior a los dos estribos del puente debe construirse con un grado de compactación menor al del suelo natural existente, es de esperarse que se origine un asentamiento diferencial a futuro. A fin de minimizar este problema se sugiere que:

- a. El pavimento de la vía transversal se construya al menos 30 días después de concluida la construcción del puente y del relleno respectivo.

- b. Se disponga de una losa de aproximación al puente de un ancho de por lo menos 3.00 metros, que evite la generación de ondulaciones...

#### **4.6.4 Construcción de las cimentaciones**

##### **4.6.4.1 Proceso constructivo, pila central**

El proceso constructivo de la Pila Central será el convencional, es decir que después de realizada la excavación para la vía principal, se excavará la zanja que aloja la zapata, con un talud de corte 2 (v) a 1 (h). Alcanzada la cota de desplante se fundirá un replantillo para proteger la excavación de la intemperie, mientras se configura el acero de refuerzo y se procede a la fundición de la zapata.

Concluido el hormigonado se esperará al menos una semana para el fraguado adecuado de la estructura y se procederá a rellenar hasta llegar al nivel de subrasante, usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal, de acuerdo al cronograma previsto para esta actividad.

##### **4.6.4.2 Proceso constructivo, estribos**

El proceso constructivo de los estribos se inicia con la excavación necesaria. La excavación se hará con el talud recomendado en el numeral 4.1 y solamente se empleará revestimiento o entibado, en caso de encontrar en la excavación material arenoso suelto. De igual manera se requiere de un replantillo para proteger el fondo de la excavación.

La construcción del estribo se hará por etapas, las zapatas en primer lugar y la pantalla exterior y los contrafuertes posteriormente (por la altura de los estribos pueden requerirse varias etapas de fundición). Concluido el hormigonado se esperará el tiempo necesario para su fraguado y se procederá a rellenar los accesos hasta llegar al nivel de subrasante, en el costado exterior, usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada y por capas, gradualmente en el costado interior, también utilizando el material del lugar, que habrá quedado almacenado con este objeto, pero compactándolo de manera diferenciada, entre el 90 al 92% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada en la zona adyacente a la pantalla y en un ancho de 3.00 metros como mínimo y al 95% o más, en el resto del relleno. Es necesaria que esta compactación sea diferenciada para evitar la creación de una cuña que ejerza un empuje mayor al calculado.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal y en la vía secundaria, luego de la construcción de las demás obras del puente (tablero y obras accesorias), de acuerdo al cronograma de ejecución de la obra.

#### **4.7 INTERCAMBIADOR LUMBISÍ**

##### **4.7.1 Introducción**

###### **4.7.1.1 Propósito y alcance**

El presente Informe corresponde al diseño de las cimentaciones y empujes sobre las estructuras del Intercambiador Lumbisí, ubicado en la abscisa 3+590 de la Carretera de Acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito, Ruta Sur. Su objetivo es el de establecer las características del sitio y las propiedades generales de los materiales que servirán de soporte a las estructuras previstas y proporcionar los parámetros geotécnicos que permitan el cálculo estructural de los elementos que formarán las cimentaciones y las recomendaciones pertinentes.

El trabajo se basa en la investigación del subsuelo realizada para el proyecto, la cual se detalla más adelante, y en los datos de las obras previstas.

###### **4.7.1.2 Estructura proyectada**

La estructura cuya cimentación se analiza en este informe está formada por un paso elevado que permite el flujo directo de la vía principal y un redondel, a nivel, con dos pasos inferiores y cuatro rampas de acceso, el cual distribuye el tráfico secundario en todos los sentidos. Los dos pasos elevados se ubican en las abscisas 3+531 y 3+642 de la Ruta Sur.

Los estribos deben soportar el empuje de tierras y por la sobreelevación de la vía principal, este empuje corresponde al de un relleno compactado, posterior a la construcción de la obra, por lo que la carga a aplicar será determinada bajo tales supuestos.

###### **4.7.1.3 Descripción del sitio**

El sitio seleccionado para la implantación de la obra está ubicado en la meseta de Lumbisí, en una zona de pendiente moderada hacia el oriente. En el sitio cruza el camino vecinal Cumbayá – Lumbisí y se desea aprovechar el lugar para construir un distribuidor de tráfico para las numerosas urbanizaciones desarrolladas en las cercanías.

En general el material del lugar corresponde a diferentes eventos de depósito de material volcánico, principalmente de origen eólico, depositados en ambiente seco y cementado naturalmente...

La zona se encuentra en una zona agrícola y no presenta vegetación original.

La investigación del subsuelo no detecta la presencia de agua subterránea.

El clima dominante es el ecuatorial mesotérmico semihúmedo, con temperaturas medias anuales de alrededor de 14 grados centígrados. La cantidad de lluvia medida oscila alrededor de los 800 a 1 200 mm (para años normales). Las lluvias se presentan entre octubre a junio, con dos máximos en los meses de octubre y abril y un período seco entre junio a septiembre.



#### 4.7.2 Investigación del Subsuelo

##### 4.7.2.1 Exploración subterránea

Para conocer las condiciones del subsuelo en el sitio del Intercambiador y sus accesos se ejecutaron cinco sondeos de 12.50 a 15.50 metros de profundidad, conforme se señala en la tabla siguiente. En los sondeos se realizaron ensayos de penetración estándar cada metro y se recuperaron muestras disturbadas para la clasificación de los materiales encontrados.

SONDEO	Abscisa	Cota	PROF. (m)	MUESTRAS	N.F.
ITL-1	3+575	2 402.00	15.50	15	No detecta
ITL-2	3+450	2 408.00	12.50	12	No detecta
ITL-3	3+350	2 410.60	12.50	12	No detecta
ITL-4	3+780	2 395.00	12.50	12	No detecta
ITL-5	3+690	2 396.70	12.50	12	No detecta

Los sondeos detectan estratos de arenas limosas o limos arenosos, sin plasticidad, de consistencia suelta a muy suelta en superficie, que incrementa a medianamente compacta a partir de los 2.00 metros de profundidad. El perfil es algo errático y corresponde a geología de transición pero en cualquier caso el material es apto para soportar las cimentaciones a partir de los 2.00 metros de profundidad.

Los anexos indican la ubicación de las perforaciones, los registros de campo, los ensayos de laboratorio realizados y los registros de las perforaciones, cuyos datos han sido tomados de los reportes entregados por la firma Consultora Geosuelos Cía. Ltda., a quien corresponde la responsabilidad de todas las decisiones relacionadas con los trabajos de campo y laboratorio.

##### 4.7.2.2 Información complementaria

Además de la información obtenida en los sondeos, se dispone de información geotécnica y geológica del sector y de clima y lluvias de la región.

Se proporcionó información general del proyecto, el tipo de estructura y las cargas previstas para esta obra.

#### 4.7.3 Diseño de Cimentaciones

##### 4.7.3.1 Hipótesis previas para el diseño de las cimentaciones

Teniendo en cuenta la información del subsuelo, el tipo de estructura, el valor estimado de las cargas transmitidas al suelo de cimentación y demás datos del proyecto, se plantean las siguientes hipótesis:

- 1 **Profundidad de Desplante:** Por el tipo de obra adoptado, la cimentación debe ser superficial, enterrada un mínimo de 2.00 metros en suelo natural para evitar los materiales sueltos de superficie. La cota de cimentación depende principalmente de la resistencia del suelo en dicho lugar.
- 2 **Tipo de Cimentación:** El tipo de estructura adoptado obliga a usar una losa de cimentación independiente para cada apoyo. En realidad es una zapata corrida de dimensiones considerables.
- 3 **Material que recibe la Cimentación:** El material que se tendrá a la cota de cimentación es de comportamiento granular, las teorías de cálculo empleadas son concordantes con ello.
- 4 **Asentamientos:** La cimentación adoptada debe limitar el asentamiento de la estructura para evitar distorsión que afectaría la funcionalidad de la obra.

- 5 **Estructura:** La estructura de cada uno de los apoyos será monolítica e hiperestática y se construirá con hormigón armado.

Cualquier variación substancial de las hipótesis asumidas merecerá una revisión del cálculo de los parámetros recomendados, por la dependencia de las teorías empleadas con los supuestos que se necesitan para su aplicación. El Ingeniero Estructural verificará esta condición básica del diseño y el Constructor deberá comprobar que la cimentación se construya sobre el material previsto.

#### 4.7.3.2 Capacidad de carga y asentamientos

Para el diseño de las cimentaciones de los dos puentes se seguirán las recomendaciones que se indican a continuación:

- a. Las cimentaciones serán independientes para cada apoyo (los dos estribos de cada puente) y su desplante se ubica a la cota 2 400.00 para la estructura en la abscisa 3+531 y la cota 2 395.00 para la estructura en abscisa 3+642 (o a cotas inferiores a estas), según el criterio empleado en el cálculo estructural para garantizar un adecuado empotramiento de la estructura.
- b. El valor de la capacidad de carga admisible neta calculada de acuerdo a lo recomendado en el documento AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Fifth Edition, 2010, es de 3.28 a 3.97 Kg/cm<sup>2</sup> (32.8 a 39.7 Ton/m<sup>2</sup>) para el caso de carga viva más carga muerta, con sus incrementos establecidos en los códigos. Este valor podrá incrementarse en un 50% para el diseño con cargas accidentales como viento o sismo.
- c. No obstante lo señalado en el numeral anterior, se recomienda que el diseño se realice con valores que no excedan los 3.00 Kg/cm<sup>2</sup> (30.0 Ton/m<sup>2</sup>) para carga viva más carga muerta, a fin de limitar los asentamientos totales de la obra para evitar daños funcionales
- d. Con los valores de la presión real estimada y en condición estática, el asentamiento total será del orden de los 24 a 29 mm y el asentamiento diferencial máximo probable será de 17 a 20 mm, valores inferiores a los tolerables por la estructura para las dimensiones adoptadas.

#### 4.7.3.3 Empujes de tierra

Por la necesidad de elevar la vía principal, para el cálculo del empuje de tierras se utilizará el valor del coeficiente correspondiente a la condición activa. El suelo a colocar en el relleno que formará la rampa de acceso a las estructuras, en las inmediaciones de los estribos, no deberá compactarse a más del 90 a 92% de la máxima densidad obtenida en el ensayo de proctor a energía modificada, a fin de no generar cuñas de alto empuje en la estructura, por lo que se usarán los siguientes valores en el cálculo:

Ángulo de Fricción del material de relleno = 30°

Coeficiente de empuje de tierras en condición activa:  $K_0 = 0.333$

Coeficiente de empuje de tierras con sismo ( $a_h = 15\%g$ ):  $K_{ae} = 0.500$

#### 4.7.3.4 Recomendaciones adicionales

Por cuanto las exploraciones detectaron suelo superficial suelto, se recomienda que la rampa de acceso elevada de la ruta sur se construya luego de retirar la capa de suelo vegetal y escarificando y recompactando una profundidad mínima de 80 cm. Este proceso de compactación se debe hacer usando un rodillo vibrador de al menos 14 toneladas de peso. La compactación del relleno debe hacerse de manera gradual, por capas, hasta la altura de subrasante.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

El relleno en la zona inmediata posterior a los dos estribos de los puentes debe construirse con un grado de compactación menor al del suelo natural existente, por lo que es de esperarse que se origine un asentamiento diferencial a futuro. A fin de minimizar este problema se sugiere que:

- a) El pavimento de la vía transversal se construya al menos 30 días después de concluida la construcción de los puentes y del relleno respectivo.
- b) Se disponga de una losa de aproximación al puente de un ancho de por lo menos 3.00 metros, que evite la generación de ondulaciones...

### 4.7.4 Construcción de las Cimentaciones

#### 4.7.4.1 Proceso constructivo, Rampas de Acceso

El proceso constructivo de las Rampas de acceso será el convencional, salvo la necesidad de retirar la capa vegetal y escarificar y recomprimir una capa de 80 cm de espesor para evitar los materiales superficiales sueltos.

El relleno de las rampas de acceso puede hacerse antes o después de la construcción de los estribos, pero en ningún caso alcanzará la zona inmediata anterior a éstos, pues los requisitos de compactación de la rampa (95 a 100% de la máxima de proctor) inducen empujes y sobreesfuerzos en las pantallas de los estribos. Esta zona se compactará como se señala en el numeral siguiente.

#### 4.7.4.2 Proceso constructivo, estribos

El proceso constructivo de los estribos se inicia con la excavación necesaria para las zapatas. La excavación se hará con talud 2 (v) a 1 (h) y no se requiere de revestimiento o entibado. Se debe colocar un replantillo para proteger el fondo de la excavación, tan pronto termine la excavación.

La construcción del estribo se hará por etapas, las zapatas en primer lugar y la pantalla exterior y los contrafuertes posteriormente (por la altura de los estribos pueden requerirse varias etapas de fundición). Concluido el hormigonado se esperará el tiempo necesario para su fraguado y se procederá a rellenar la excavación hasta llegar al nivel de suelo natural, usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada. El espacio que quedó entre la rampa de acceso y el estribo se rellenará por capas, gradualmente, utilizando material de préstamo, pero compactándolo de manera diferenciada, entre el 90 al 92% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada en la zona adyacente a la pantalla y en un ancho de 3.00 metros como mínimo y al 95% o más, en el resto del relleno. Es necesaria que esta compactación sea diferenciada para evitar la creación de una cuña que ejerza un empuje mayor al calculado.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal y en las vías secundarias, luego de la construcción de las demás obras del puente (tablero y obras accesorias), de acuerdo al cronograma de ejecución de la obra.

## **4.8 LA PRIMAVERA "1"**

### **4.8.1 Introducción**

#### **4.8.1.1 Propósito y alcance**

El presente Informe corresponde al diseño de las cimentaciones y empujes sobre la estructura del Paso Superior "La Primavera 1", ubicado en la abscisa 4+259 de la Carretera de Acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito, Ruta Sur. Su objetivo es el de establecer las características del sitio y las propiedades generales de los materiales que servirán de soporte a las estructuras previstas y proporcionar los parámetros geotécnicos que permitan el cálculo estructural de los elementos que formarán las cimentaciones y las recomendaciones pertinentes.

El trabajo se basa en la investigación del subsuelo realizada para el proyecto, la cual se detalla más adelante, y en los datos de las obras previstas.

#### **4.8.1.2 Estructura proyectada**

La estructura cuya cimentación se analiza en este informe está formada por un paso superior que se apoya en dos estribos cerrados y una pila central, que soportan vigas de hormigón pretensado, las que a su vez reciben la losa del tablero. La vía principal está deprimida con respecto al terreno natural y el puente permite el tráfico transversal, sin que interrumpa el flujo vehicular principal.

Los estribos deben soportar el empuje de tierras y por razones constructivas, este empuje corresponde al de un relleno compactado, posterior a la construcción de la obra, por lo que la carga a aplicar será determinada bajo tales supuestos.

#### **4.8.1.3 Descripción del sitio**

El sitio seleccionado para la implantación de la obra está ubicado en una meseta relativamente plana que descansa, a manera de un amplio escalón entre el valle del Río San Pedro en Cumbayá y la meseta de San Patricio (Lumbisí). La meseta tiene una ligera pendiente hacia el oriente y en general el material del lugar corresponde a diferentes eventos de depósito de material volcánico, principalmente de origen eólico, depositados en ambientes diferentes.

La zona se encuentra entre áreas urbanizadas y consolidadas y no presenta vegetación original.

La investigación del subsuelo no detecta la presencia de agua subterránea.

El clima dominante es el ecuatorial mesotérmico semihúmedo, con temperaturas medias anuales de alrededor de 14 grados centígrados. La cantidad de lluvia medida oscila alrededor de los 800 a 1 200 mm (para años normales). Las lluvias se presentan entre octubre a junio, con dos máximos en los meses de octubre y abril y un período seco entre junio a septiembre.

### **4.8.2 Investigación del Subsuelo**

#### **4.8.2.1 Exploración subterránea**

Para conocer las condiciones del subsuelo se ejecutaron tres sondeos de 10.00 a 12.00 metros de profundidad, conforme se señala en la tabla siguiente. En los sondeos se realizaron ensayos de penetración estándar cada metro y se recuperaron muestras disturbadas para la clasificación de los materiales encontrados.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

SONDEO	Abscisa	Cota	PROF. (m)	MUESTRAS	N.F.
P-1	0+077.908	2 388.00	10.50	10	No detecta
P-2	0+100.000	2 388.00	10.50	10	No detecta
P-3	0+122.092	2 388.00	11.50	11	No detecta

Los sondeos detectan estratos de arenas limosas de compacidad suelta a media en superficie y hasta profundidades de 2.00 a 3.00 metros, y esencialmente el mismo material más compacto en profundidad, con niveles de gravilla y aún gravas (sondeo P-1, 7.00 a 8.00 m). En el sondeo 3, a partir de los 7.00 metros de profundidad se encuentra un estrato de limo arenoso compacto, con niveles de gravilla y material blanquecino (¿lapilli?) (ver perfil esquemático).

Los anexos indican la ubicación de las perforaciones, los registros de campo, los ensayos de laboratorio realizados y los registros de las perforaciones, cuyos datos han sido tomados de los reportes entregados por la firma Consultora Geosuelos Cía. Ltda., a quien corresponde la responsabilidad de todas las decisiones relacionadas con los trabajos de campo y laboratorio.

#### 4.8.2.2 Información complementaria

Además de la información obtenida en los sondeos, se dispone de información geotécnica y geológica del sector y de clima y lluvias de la región.

Se proporcionó información general del proyecto, el tipo de estructura y las cargas previstas para esta obra.

#### 4.8.3 **Diseño de Cimentaciones**

##### 4.8.3.1 Hipótesis previas para el diseño de las cimentaciones

Teniendo en cuenta la información del subsuelo, el tipo de estructura, el valor estimado de las cargas transmitidas al suelo de cimentación y demás datos del proyecto, se plantean las siguientes hipótesis:

- 1 **Profundidad de Desplante:** Por el tipo de obra adoptado, la cimentación debe ser superficial, enterrada entre 1.00 y 2.00 metros desde el fondo de la excavación prevista para la vía. La cota de cimentación depende principalmente de la cota del proyecto.
- 2 **Tipo de Cimentación:** El tipo de estructura adoptado obliga a usar una losa de cimentación independiente para cada apoyo. En realidad es una zapata corrida de dimensiones considerables.
- 3 **Material que recibe la Cimentación:** El material que se tendrá a la cota de cimentación es de comportamiento granular, las teorías de cálculo empleadas son concordantes con ello.
- 4 **Asentamientos:** La cimentación adoptada debe limitar el asentamiento de la estructura para evitar distorsión que afectaría la funcionalidad de la obra.
- 5 **Estructura:** La estructura de cada uno de los apoyos será monolítica e hiperestática y se construirá con hormigón armado.

Cualquier variación substancial de las hipótesis asumidas merecerá una revisión del cálculo de los parámetros recomendados, por la dependencia de las teorías empleadas con los supuestos que se necesitan para su aplicación. El Ingeniero Estructural verificará esta condición básica del diseño y el Constructor deberá comprobar que la cimentación se construya sobre el material previsto.

#### 4.8.3.2 Capacidad de carga y asentamientos

Para el diseño de las cimentaciones del puente se ha tomado en cuenta la presencia de niveles de gravilla y grava que incrementan el número de golpes del ensayo de penetración, por lo que se ha trabajado con el promedio ponderado de los resultados obtenidos por debajo de la cota de cimentación.

Los resultados permiten recomendar lo que se indica a continuación:

- a. Las cimentaciones serán independientes para cada apoyo (estribos y pila central) y su desplante se ubica a la cotas 2 379.00 o a cotas inferiores a esta, según el criterio empleado en el cálculo estructural para garantizar un adecuado empotramiento de la estructura.
- b. El valor de la capacidad de carga admisible neta calculada de acuerdo a lo recomendado en el documento AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Fifth Edition, 2010, es de  $4.32 \text{ Kg/cm}^2$  ( $43.2 \text{ Ton/m}^2$ ) para el caso de carga viva más carga muerta, con sus incrementos establecidos en los códigos. Este valor podrá incrementarse en un 50% para el diseño con cargas accidentales como viento o sismo.
- c. No obstante lo señalado en el numeral anterior, se recomienda que el diseño se realice con valores que no excedan los  $3.00 \text{ Kg/cm}^2$  ( $30.0 \text{ Ton/m}^2$ ) para carga viva más carga muerta, a fin de limitar los asentamientos totales de la obra para evitar daños funcionales
- d. Con los valores de la presión real estimada y en condición estática, el asentamiento total será del orden de los 22 mm y el asentamiento diferencial máximo probable será de 15 mm, valores inferiores a los tolerables por la estructura para un claro de 12 metros, que corresponde a la dimensión de la cimentación (ancho del paso superior).

#### 4.8.3.3 Empujes de tierra

Por el tipo de estructura adoptado, para el cálculo del empuje de tierras se utilizara el valor del coeficiente correspondiente a la condición activa. El suelo a colocar en el relleno que se requiere colocar luego de la construcción de la estructura no deberá compactarse a más del 90 a 92% de la máxima densidad obtenida en el ensayo de proctor a energía modificada, a fin de no generar cuñas de alto empuje en la estructura, por lo que se usarán los siguientes valores en el cálculo:

Ángulo de Fricción del material de relleno =  $30^\circ$

Coeficiente de empuje de tierras en condición activa:  $K_0 = 0.333$

Coeficiente de empuje de tierras con sismo ( $a_h = 15\%g$ ):  $K_{ae} = 0.500$

#### 4.8.3.4 Recomendaciones adicionales

En vista de que el relleno posterior a los dos estribos del puente debe construirse con un grado de compactación menor al del suelo natural existente, es de esperarse que se origine un asentamiento diferencial a futuro. A fin de minimizar este problema se sugiere que:

- a) El pavimento de la vía transversal se construya al menos 30 días después de concluida la construcción del puente y del relleno respectivo.
- b) Se disponga de una losa de aproximación al puente de un ancho de por lo menos 3.00 metros, que evite la generación de ondulaciones.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 4.8.4 Construcción de las Cimentaciones

#### 4.8.4.1 Proceso constructivo, pila central:

El proceso constructivo de la Pila Central será el convencional, es decir que después de realizada la excavación para la vía principal, se excavará la zanja que aloja la zapata, con un talud de corte 2 (v) a 1 (h). Alcanzada la cota de desplante se fundirá un replantillo para proteger la excavación de la intemperie, mientras se configura el acero de refuerzo y se procede a la fundición de la zapata.

Concluido el hormigonado se esperará al menos una semana para el fraguado adecuado de la estructura y se procederá a rellenar hasta llegar al nivel de subrasante, usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal, de acuerdo al cronograma previsto para esta actividad.

#### 4.8.4.2 Proceso constructivo, estribos

El proceso constructivo de los estribos se inicia con la excavación necesaria, la cual ocupa un cierto espacio de la vía secundaria y parte del carril extremo de la vía principal. La excavación se hará con el talud recomendado en el numeral 3.1 y solamente se empleará revestimiento o entibado, en caso de encontrar en la excavación material arenoso suelto. De igual manera se requiere de un replantillo para proteger el fondo de la excavación.

La construcción del estribo se hará por etapas, las zapatas en primer lugar y la pantalla exterior y los contrafuertes posteriormente (por la altura de los estribos pueden requerirse varias etapas de fundición). Concluido el hormigonado se esperará el tiempo necesario para su fraguado y se procederá a rellenar la excavación hasta llegar al nivel de subrasante, en el costado exterior, usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada y por capas, gradualmente en el costado interior, también utilizando el material del lugar, que habrá quedado almacenado con este objeto, pero compactándolo de manera diferenciada, entre el 90 al 92% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada en la zona adyacente a la pantalla y en un ancho de 3.00 metros como mínimo y al 95% o más, en el resto de la excavación. Es necesario que esta compactación sea diferenciada para evitar la creación de una cuña que ejerza un empuje mayor al calculado.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal y en la vía secundaria, luego de la construcción de las demás obras del puente (tablero y obras accesorias), de acuerdo al cronograma de ejecución de la obra...

### 4.9 LA PRIMAVERA "2"

#### 4.9.1 Introducción

##### 4.9.1.1 Propósito y alcance

El presente Informe corresponde al diseño de las cimentaciones y empujes sobre la estructura del Paso Superior "La Primavera 2", ubicado en la abscisa 4+671 de la Carretera de Acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito, Ruta Sur. Su objetivo es el de establecer las características del sitio y las propiedades generales de los materiales que servirán de soporte a las estructuras previstas y proporcionar los parámetros geotécnicos que permitan el cálculo estructural de los elementos que formarán las cimentaciones y las recomendaciones pertinentes.

# ASOCIACIÓN

## ASTECC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

El trabajo se basa en la investigación del subsuelo realizada para el proyecto, la cual se detalla más adelante, y en los datos de las obras previstas.

### 4.9.1.2 Estructura proyectada

La estructura cuya cimentación se analiza en este informe está formada por un paso superior que se apoya en dos estribos cerrados y una pila central, que soportan vigas de hormigón pretensado, las que a su vez reciben la losa del tablero. La vía principal está deprimida con respecto al terreno natural y el puente permite el tráfico transversal, sin que interrumpa el flujo vehicular principal.

Los estribos deben soportar el empuje de tierras y por razones constructivas, este empuje corresponde al de un relleno compactado, posterior a la construcción de la obra, por lo que la carga a aplicar será determinada bajo tales supuestos.

### 4.9.1.3 Descripción del sitio

El sitio seleccionado para la implantación de la obra está ubicado en una meseta relativamente plana que descansa, a manera de un amplio escalón entre el valle del Río San Pedro en Cumbayá y la meseta de San Patricio (Lumbisí). La meseta tiene una ligera pendiente hacia el oriente y en general el material del lugar corresponde a diferentes eventos de depósito de material volcánico, principalmente de origen eólico, depositados en ambientes diferentes.

La zona se encuentra entre áreas urbanizadas y consolidadas y no presenta vegetación original.

La investigación del subsuelo no detecta la presencia de agua subterránea.

El clima dominante es el ecuatorial mesotérmico semihúmedo, con temperaturas medias anuales de alrededor de 14 grados centígrados. La cantidad de lluvia medida oscila alrededor de los 800 a 1 200 mm (para años normales). Las lluvias se presentan entre octubre a junio, con dos máximos en los meses de octubre y abril y un período seco entre junio a septiembre.

## 4.9.2 Investigación del Subsuelo

### 4.9.2.1 Exploración subterránea

Para conocer las condiciones del subsuelo se ejecutaron tres sondeos de 6.00 a 7.00 metros de profundidad, conforme se señala en la tabla siguiente. En los sondeos se realizaron ensayos de penetración estándar cada metro y se recuperaron muestras disturbadas para la clasificación de los materiales encontrados.

SONDEO	Abscisa	Cota	PROF. (m)	MUESTRAS	N.F.
P-1	0+077.775	2 374.20	6.50	6	No detecta
P-2	0+122.231	2 373.00	6.50	6	No detecta
P-3	0+100.003	2 373.20	5.50	5	No detecta

Los sondeos detectan estratos de limos arenosos, sin plasticidad, de consistencia suelta a media en superficie, que incrementa sustancialmente a partir de los 2.00 metros de profundidad, llegando al rechazo (material impenetrable al SPT) a los 5.00 a 7.00 metros (ver perfil esquemático).

Se solicitó extrapolar en profundidad el tipo de materiales presentes mediante métodos geofísicos, cuyo informe se presenta en documento separado.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

Los anexos indican la ubicación de las perforaciones, los registros de campo, los ensayos de laboratorio realizados y los registros de las perforaciones, cuyos datos han sido tomados de los reportes entregados por la firma Consultora Geosuelos Cía. Ltda., a quien corresponde la responsabilidad de todas las decisiones relacionadas con los trabajos de campo y laboratorio.

### 4.9.2.2 Información complementaria

Además de la información obtenida en los sondeos, se dispone de información geotécnica y geológica del sector y de clima y lluvias de la región.

Se proporcionó información general del proyecto, el tipo de estructura y las cargas previstas para esta obra.

### 4.9.3 **Diseño de Cimentaciones**

#### 4.9.3.1 Hipótesis previas para el diseño de las cimentaciones

Teniendo en cuenta la información del subsuelo, el tipo de estructura, el valor estimado de las cargas transmitidas al suelo de cimentación y demás datos del proyecto, se plantean las siguientes hipótesis:

- 1 **Profundidad de Desplante:** Por el tipo de obra adoptado, la cimentación debe ser superficial, enterrada entre 1.00 y 2.00 metros desde el fondo de la excavación prevista para la vía. La cota de cimentación depende principalmente de la cota del proyecto.
- 2 **Tipo de Cimentación:** El tipo de estructura adoptado obliga a usar una losa de cimentación independiente para cada apoyo. En realidad es una zapata corrida de dimensiones considerables.
- 3 **Material que recibe la Cimentación:** El material que se tendrá a la cota de cimentación es de comportamiento granular, las teorías de cálculo empleadas son concordantes con ello.
- 4 **Asentamientos:** La cimentación adoptada debe limitar el asentamiento de la estructura para evitar distorsión que afectaría la funcionalidad de la obra.
- 5 **Estructura:** La estructura de cada uno de los apoyos será monolítica e hiperestática y se construirá con hormigón armado.

Cualquier variación substancial de las hipótesis asumidas merecerá una revisión del cálculo de los parámetros recomendados, por la dependencia de las teorías empleadas con los supuestos que se necesitan para su aplicación. El Ingeniero Estructural verificará esta condición básica del diseño y el Constructor deberá comprobar que la cimentación se construya sobre el material previsto.

#### 4.9.3.2 Capacidad de carga y asentamientos

Para el diseño de las cimentaciones del puente se seguirán las recomendaciones que se indican a continuación:

- a. Las cimentaciones serán independientes para cada apoyo (estribos y pila central) y su desplante se ubica a la cotas 2363.00 (Pozos P-1 y P-3) ó 2364.00 (Pozo P-2), pudiendo variar ligeramente este valor según el criterio empleado en el cálculo estructural para garantizar un adecuado empotramiento de la estructura.
- b. El valor de la capacidad de carga admisible neto calculada de acuerdo a lo recomendado en el documento AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Fifth Edition, 2010, es superior a los 5.00 Kg/cm<sup>2</sup> (50.0 Ton/m<sup>2</sup>) para el caso de carga viva más carga muerta, con sus incrementos establecidos en los códigos. Este valor podrá incrementarse en un 50% para el diseño con cargas accidentales como viento o sismo.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

- c. No obstante lo señalado en el numeral anterior, se recomienda que el diseño se realice con valores que no excedan los  $3.00 \text{ Kg/cm}^2$  ( $30.0 \text{ Ton/m}^2$ ) para carga viva más carga muerta, a fin de limitar los asentamientos totales de la obra para evitar daños funcionales
- d. Con los valores de la presión real estimada y en condición estática, el asentamiento total será del orden de los 16 mm y el asentamiento diferencial máximo probable será de 11 mm, valores inferiores a los tolerables por la estructura para un claro de 12 metros, que corresponde a la dimensión de la cimentación (ancho del paso superior).

### 4.9.3.3 Empujes de tierra

Por el tipo de estructura adoptado, para el cálculo del empuje de tierras se utilizara el valor del coeficiente correspondiente a la condición activa. El suelo a colocar en el relleno que se requiere colocar luego de la construcción de la estructura no deberá compactarse a más del 90 a 92% de la máxima densidad obtenida en el ensayo de proctor a energía modificada, a fin de no generar cuñas de alto empuje en la estructura, por lo que se usarán los siguientes valores en el cálculo:

Ángulo de Fricción del material de relleno =  $30^\circ$

Coeficiente de empuje de tierras en condición activa:  $K_0 = 0.333$

Coeficiente de empuje de tierras con sismo ( $a_h = 15\%g$ ):  $K_{as} = 0.500$

### 4.9.3.4 Recomendaciones adicionales

En vista de que el relleno posterior a los dos estribos del puente debe construirse con un grado de compactación menor al del suelo natural existente, es de esperarse que se origine un asentamiento diferencial a futuro. A fin de minimizar este problema se sugiere que:

- a) El pavimento de la vía transversal se construya al menos 30 días después de concluida la construcción del puente y del relleno respectivo.
- b) Se disponga de una losa de aproximación al puente de un ancho de por lo menos 3.00 metros, que evite la generación de ondulaciones...

## 4.9.4 **Construcción de las Cimentaciones**

### 4.9.4.1 Proceso constructivo, pila central

El proceso constructivo de la Pila Central será el convencional, es decir que después de realizada la excavación para la vía principal, se excavará la zanja que aloja la zapata, con un talud de corte 2 (v) a 1 (h). Alcanzada la cota de desplante se fundirá un replantillo para proteger la excavación de la intemperie, mientras se configura el acero de refuerzo y se procede a la fundición de la zapata.

Concluido el hormigonado se esperará al menos una semana para el fraguado adecuado de la estructura y se procederá a rellenar hasta llegar al nivel de subrasante, usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal, de acuerdo al cronograma previsto para esta actividad.

### 4.9.4.2 Proceso constructivo, estribos

El proceso constructivo de los estribos se inicia con la excavación necesaria, la cual ocupa un cierto espacio de la vía secundaria y parte del carril extremo de la vía principal. La excavación se hará con el talud recomendado en el numeral 3.1 y solamente se empleará revestimiento o

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

entibado, en caso de encontrar en la excavación material arenoso suelto. De igual manera se requiere de un replantillo para proteger el fondo de la excavación.

La construcción del estribo se hará por etapas, las zapatas en primer lugar y la pantalla exterior y los contrafuertes posteriormente (por la altura de los estribos pueden requerirse varias etapas de fundición). Concluido el hormigonado se esperará el tiempo necesario para su fraguado y se procederá a rellenar la excavación hasta llegar al nivel de subrasante, en el costado exterior, usando el material del lugar, compactándolo al 95% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificad y por capas, gradualmente en el costado interior, también utilizando el material del lugar, que habrá quedado almacenado con este objeto, pero compactándolo de manera diferenciada, entre el 90 al 92% del máximo de un ensayo de proctor a energía modificada en la zona adyacente a la pantalla y en un ancho de 3.00 metros como mínimo y al 95% o más, en el resto de la excavación. Es necesario que esta compactación sea diferenciada para evitar la creación de una cuña que ejerza un empuje mayor al calculado.

Finalmente se colocarán las capas del pavimento en la vía principal y en la vía secundaria, luego de la construcción de las demás obras del puente (tablero y obras accesorias), de acuerdo al cronograma de ejecución de la obra...

### 4.10 PASOS PEATONALES

#### 4.10.1 Propósito y alcance

El presente Informe corresponde al diseño de las cimentaciones y empujes sobre las estructuras de los Pasos Peatonales previstos en diferentes sitios de la Carretera de Acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito, Ruta Sur. Su objetivo es el de establecer las características de los sitio y las propiedades generales de los materiales que servirán de soporte a las estructuras previstas y proporcionar los parámetros geotécnicos que permitan el cálculo estructural de los elementos que formarán las cimentaciones y las recomendaciones pertinentes.

El trabajo se basa en la investigación del subsuelo realizada para el proyecto, la cual se detalla más adelante, y en los datos de las obras previstas.

#### 4.10.2 Estructuras proyectadas

Las estructuras cuya cimentación se analiza en este informe está formada, de manera general, por un paso superior para tráfico peatonal, que se apoya en dos estribos y una o dos pilas centrales (según el sitio), que soportan vigas de hormigón pretensado, las que a su vez reciben la losa del tablero y pasamanos. Donde la altura del terreno lo permite, el paso peatonal conecta con el suelo natural y donde esto no es posible, se han previsto rampas de acceso, generalmente circulares, para facilitar la comunicación y permitir el paso de ciclistas, minusválidos y personas con discapacidad motriz, para quienes las gradas son un obstáculo.

Las diferentes estructuras proyectadas son las siguientes:

Abscisa	Vanos	L (m)	Rampa Izquierda	Rampa Derecha
0+400	2	40.0	Circular	<del>Circular</del> No
6+957	4	76.0	Recta	No
8+626.5	4	100.0	Circular	Circular
9+432	2	60.0	Circular	No
10+361.8	2	60.0	No	Circular (1)
11+380	2	64.0	Circular	Circular

Nota (1): Se recomienda cambiar el diseño.

*no corresponde a la localización de la obra de 0+400*

*No*

#### 4.10.3 Exploración subterránea disponible

No se ha autorizado la investigación del subsuelo en estos lugares pero se dispone de los datos de las investigaciones realizadas para puentes e intercambiadores, en todos los casos, ubicadas en sitios cercanos. La uniformidad de la geología del sitio permite extrapolar tales resultados y las cargas de este tipo de obras permiten el diseño de apoyos de dimensiones económicas y con amplia seguridad.

Todos los sitios de implantación están formados por suelos arenosos a limosos, muy compactos y cementados, por lo que las teorías desarrolladas para suelos granulares presentarán resultados conservadores, asegurando factores de seguridad en el diseño mayores a los empleados en las fórmulas de cálculo.

De todos los pozos disponibles se seleccionan los siguientes datos para su empleo en este diseño:

- Tipo de suelo: SM o ML
- Golpes ( $N_{SPT}$ ) 23 (valor mínimo absoluto)

La investigación del subsuelo no detecta la presencia de agua subterránea en ninguno de los lugares explorados, dada la profundidad de los cauces de drenaje naturales, cuyas cotas gobiernan la posición de los mantos freáticos.

El clima dominante es el ecuatorial mesotérmico semi húmedo, con temperaturas medias anuales de alrededor de 14 grados centígrados. La cantidad de lluvia medida oscila alrededor de los 800 a 1 200 mm (para años normales). Las lluvias se presentan entre octubre a junio, con dos máximos en los meses de octubre y abril y un período seco entre junio a septiembre.

#### 4.10.4 Hipótesis previas para el diseño de las cimentaciones

Para el diseño de las cimentaciones de las diferentes estructuras analizadas se tiene en cuenta el tipo de subsuelo, el tipo de estructura, el valor estimado de las cargas transmitidas al suelo de cimentación (calculadas en base a los datos entregados) y demás datos del proyecto. Como antecedente básico para el diseño, se plantean las siguientes hipótesis:

1. **Profundidad de Desplante:** Por el tipo de obra adoptado, la cimentación debe ser superficial, enterrada entre 0.50 a 1.50 metros desde el fondo de la excavación prevista para la vía. Esta cota de implantación debe estar por lo menos 1.50 metros por debajo de la cota de suelo natural (antes del movimiento de tierras) a fin de desalojar todo material suelto superficial que pudiera presentarse.
2. **Tipo de Cimentación:** El tipo de estructura y las cargas favorece el empleo de zapatas aisladas para cada pila o estribo. Las rampas de acceso circulares pueden usar zapatas aisladas para cada columna o anillos de cimentación (zapatas corridas).
3. **Material que recibe la Cimentación:** El material que se tendrá a la cota de cimentación es de comportamiento granular, las teorías de cálculo empleadas son concordantes con ello.
4. **Asentamientos:** La cimentación adoptada debe limitar el asentamiento de la estructura para evitar distorsión que afectaría la funcionalidad de la obra.
5. **Estructura:** La estructura del paso es simplemente apoyada y las rampas circulares serán monolíticas e hiperestáticas y se construirá con hormigón armado.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

Cualquier variación substancial de las hipótesis asumidas merecerá una revisión del cálculo de los parámetros recomendados, por la dependencia de las teorías empleadas con los supuestos que se necesitan para su aplicación. El Ingeniero Estructural verificará esta condición básica del diseño y el Constructor deberá comprobar que la cimentación se construya sobre el material previsto.

### 4.10.5 Diseño de cimentaciones paso peatonal 0+840

#### 4.10.5.1 Estructura prevista y cargas asumidas

La estructura prevista es de 40 metros de longitud, en dos vanos iguales de 20.00 metros cada uno. Tiene rampas de acceso circulares en los dos extremos.

El detalle de la estructura es el siguiente:

Apoyo	Abscisa	Carga	Desplante	Cota
Rampa	0+013.00	Variable	1.00	2593.00
Estribo 1	0+020.00	67.68 T	1.00	2593.00
Pila 1	0+040.00	104.64 T	1.00	2597.00
Estribo 2	0+060.00	67.68 T	1.00	2597.00

#### 4.10.5.2 Capacidad de carga y asentamientos

Las recomendaciones para el diseño de las cimentaciones son las siguientes:

1. Las cimentaciones de pilas y estribos serán zapatas aisladas y su desplante se ubica en las cotas señaladas en la tabla anterior o inferiores, según el criterio empleado en el cálculo estructural para garantizar un adecuado empotramiento de la estructura. Las excavaciones para las cimentaciones podrán hacerse con pendiente 4 (v) a 1 (h) y no necesitarán entibado salvo que se encuentren arenas sueltas.
2. El valor de la capacidad de carga admisible neta recomendada es de 3.00 Kg/cm<sup>2</sup> (30.0 Ton/m<sup>2</sup>) para carga viva más carga muerta, a fin de limitar los asentamientos totales de la obra para evitar daños funcionales
3. Con los valores de la presión real estimada y en condición estática, el asentamiento total será del orden de los 13 mm para estribos y 22 mm para la pila central, valores inferiores a los tolerables por la estructura.
4. Las cimentaciones de la Rampa 1 (Abscisa 0+013) serán zapatas aisladas para cada columna, su desplante será en la cota antes señalada y la capacidad de carga será de 30 ton/m<sup>2</sup>.
5. La cimentación de la Rampa 2 (Abscisa 0+067) será un anillo de cimentación (zapatas corrida circular), su desplante será en la cota 2.588.00 y la capacidad de carga será de 20 ton/m<sup>2</sup>, a fin de considerar la reducción que obliga la excavación cercana.

#### 4.10.5.3 Empujes de tierra

**Estribos:** Se recomienda que los Estribos 1 y 2 se construyan como cajas cerradas para confinar el relleno a colocar y que este relleno se construya con suelo cemento, para lo cual se empleará el mismo material del lugar, adicionado cemento portland en una proporción de 4 sacos de cemento por metro cúbico de suelo

Para el cálculo del empuje de tierras se utilizara el valor del coeficiente correspondiente a la condición activa. El suelo cemento transmite el empuje del suelo natural por lo que se usarán los

siguientes valores en el cálculo:

Ángulo de Fricción del material de relleno =  $38^\circ$

Coefficiente de empuje de tierras en condición activa:  $K_0 = 0.24$

Coefficiente de empuje de tierras con sismo ( $a_h = 15\%g$ ):  $K_{ae} = 0.32$

**Rampas:** Para el cálculo del empuje de tierras sobre el muro que rodea la Rampa 2 se utilizará el valor del coeficiente correspondiente a la condición activa. El suelo a colocar en el relleno que se requiere colocar luego de la construcción del muro no deberá compactarse a más del 90 a 92% de la máxima densidad obtenida en el ensayo de proctor a energía modificada, a fin de no generar cuñas de alto empuje en la estructura, por lo que se usarán los siguientes valores en el cálculo:

Ángulo de Fricción del material de relleno =  $30^\circ$

Coefficiente de empuje de tierras en condición activa:  $K_0 = 0.333$

Coefficiente de empuje de tierras con sismo ( $a_h = 15\%g$ ):  $K_{ae} = 0.500$

#### **4.11 FUENTES DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

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, Yaruquí, 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).

Cada uno de los sectores se analizan detenidamente en los Capítulos posteriores de este Informe y las conclusiones alcanzadas se recogen de manera resumida al final. La figura de la página siguiente muestra la ubicación general del proyecto y de los materiales de construcción, dentro del contexto regional.

##### **4.11.1 Sector Norte de Quito**

###### **4.11.1.1 Minas y canteras existentes**

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 y Bodaspamba. El catastro de materiales realizado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas indica los siguientes lugares de donde se puede obtener materiales pétreos:

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

No.	Nombre	Ubicación	Material	Aptitud <sup>2</sup>	Volumen
37	Q. Chitahuayco	Parcayacu	Brecha volc.	B AC AA	100.000
40	El Corazón	Pomasqui		SB	100.000
1	Sta. Rosa	Pomasqui	Ag. Volcánico	AC	Ilimitada
2	Tentadero	Pomasqui	Ag. Volcánico	SS	Ilimitada
36	San Antonio	San Antonio	Gravas y arenas	SB SS	100.000
41	Calacalí	Calacalí		B AC AA	100.000
12	Loma Catequilla	San Antonio	Brecha volcánica	SB AC	Ilimitada
50	Loma Catequilla 2	San Antonio	Brecha volcánica	SB AC	no indica
35	Río Guayllabamba	Margen izquierda Río	Grava andesítica	B AC AA	100.000
16	Recalde	San Antonio		SS	100.000
3	Buitrón	San Antonio	Andesitas	SS	Ilimitada
4	Maldonado	San Antonio	Andesitas	SB AC	Ilimitada
11	La Marca	San Antonio	Andesitas	SS	Ilimitada
32	Q. Portada	N de S. Antonio		SB AC AA	100.000
42	Mojanda 1	S de La Marca		SB AC AA	100.000
43	Mojanda 2	Tanlahua		B AC AA	100.000
34	Tanlahua	Vía a Perucho	lavas andesíticas	AC SS	100.000
33	Pogyos, El Plan	Vía a Perucho		B AC AA	100.000
30	Perucho	Puente Guayllabamba	Andesitas verdes	B AC AA	100.000
31	Calderón	Bellavista		SB SS	100.000
70	Río Guayllabamba	Puente Panamericana	Grava aluvial	B AC AA	100.000
17	Bodaspamba	Guayllabamba	Gravas y bloques	SB	
38	Minas Huayco	Quito - Nono	brecha volcánica	B AC AA	100.000
17	Nono	Vía a Nono		B AC AA	100.000

Una revisión detenida de las características de los materiales existentes al norte de Quito permite concluir que ninguno de estos materiales debería ser utilizado en el proyecto pues tanto por la calidad variable del material, cuanto por la distancia de transporte lo hacen antieconómico. Además está el hecho de que su empleo implica atravesar la ciudad generando conflictos en el sector norte de la urbe.

Aparte de lo señalado se considera que es inconveniente recomendar el empleo de estos materiales por las siguientes razones:

- Las canteras 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 (Nos. 40, 1, 2, 36, 12, 50, 35, 16, 3, 4, 11, 32, 42, 43, 34, 33, y 30) 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. Varias de estas canteras están clausuradas por la afectación ambiental a las poblaciones de Pomasqui y San Antonio..
- Las canteras Q. Chitahuayco (No. 37) y Calacalí (No. 41) son de propiedad particular y tienen volumen limitado de material.
- Las canteras Calderón (No. 31) y Bodaspamba (No. 17) no tienen material de buena calidad y han sido calificadas solamente para subbase y suelo seleccionado.

Nota <sup>2</sup>: SS = Suelo Mejorado, SB = Subbase, B = Base, AA = Agregados para Hormigón Asfáltico, AC = Agregados para Hormigón Hidráulico (los materiales calificados para un uso más exigente incluyen las capas de inferior calidad)

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

- Las canteras que se encuentran en el camino a Nono son de propiedad particular y su explotación podría afectar las obras realizadas para la protección de las laderas del Pichincha, además, la distancia de transporte es alta, por lo que no será económico su empleo.

### 4.11.2 Minas y canteras de posible uso

Pese a lo indicado, se considera que pueden considerarse para un uso eventual los materiales ubicados en las Minas existentes en el Río Guayllabamba o en las Canteras de Tanlahua, cuya descripción se presenta a continuación:

#### 4.11.2.1 Minas de Guayllabamba

Las minas están ubicadas en la Carretera Panamericana Norte, en las inmediaciones del Puente sobre el Río Guayllabamba, con acceso carrozable y en plena explotación. Las minas están, aproximadamente a 14 Km de Quito. No se cuenta con una actualización del volumen disponible.

El material existente corresponde a gravas de arrastre aluvial, con predominio de rocas volcánicas, con buena cantidad de bloques de tamaños centimétricos a gravas medianas, y 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.

Las características de este material son las siguientes:

PROPIEDAD	VALORES	ESPECIFICADOS
% Arcilla	8	0 a 3
Desgaste a Sulfatos	3.52	Menor a 10
Abrasión los Ángeles	23	Menor a 40
Densidad SSS	2.59 a 2.67	Mayor a 2.2
Absorción	1.39 a 2.45	
Granulometría	Según pedido	Clase 1
Peso Unitario	1.45 a 1.72	

#### 4.11.2.2 Canteras de Tanlahua y sus alrededores

En el camino vecinal San Antonio – Perucho se encuentran en explotación las siguientes canteras:

1. **Mina Tanlahua:** Se ubica aproximadamente a 4.0 Km del inicio de San Antonio. Existe acceso y la mina está en explotación. El material corresponde a piroclastos en matriz arenosa, de fácil explotación, y de volumen ilimitado.
2. **Mina Cruzloma 1:** Se encuentra a 5.5 km de San Antonio, el material es semejante al anterior y se dispone de volúmenes explotables superiores a las necesidades del proyecto.
3. **Mina Cruzloma 2:** A un costado de la anterior y ligeramente más distante, corresponde a la vertiente opuesta de la loma. También se tiene acceso, la mina está en explotación y tiene volumen ilimitado.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

Las características de los materiales son las siguientes:

PROPIEDAD	VALORES	ESPECIFICADOS
% Arcilla	4	0 a 3
Desgaste a Sulfatos	1,0	Menor a 10
Abrasión los Angeles	29	Menor a 40
Densidad SSS	2.47 a 2.55	Mayor a 2.2
Absorción	1.9 a 4.6	
Granulometría	Según pedido	Clase 1
Peso Unitario	1.44 a 1.70	

El material en condición natural, y tal como sale de la mina, no cumple graduaciones de material de Base o de Sub-base. Será necesario proceder a un tamizado, trituración secundaria y mezcla para obtener la granulometría definida en las Especificaciones Generales del MOP. El material ensayado es de gran dureza (resistencia a la abrasión = 29%) y poco sensible al ataque químico (desgaste por sulfatos = 1%). Es denso (densidad de sólidos entre 2.46 a 2.56), por lo que podrá ser empleado para cualquier uso, incluso para doble tratamiento con una trituración y tamizado adecuados. No obstante, se presentan en el frente de explotación fajas de material pumítico de menor dureza, que deben ser evitadas al momento de la extracción. El material de baja calidad se usará de preferencia para rellenos o usos semejantes.

#### 4.11.2.3 Conclusiones

1. Existen serias restricciones en el uso de los materiales pétreos existentes al norte de Quito, bien sea por la calidad del material, por razones de impacto, por limitación de volumen explotable o por provenir de empresas mineras en plena producción, lo que encarece el costo de expropiación.
2. El volumen disponible de material en las Minas Guayllabamba debe confirmarse mediante prospección Geofísica, si se opta por explotar material de esta mina. La distancia de transporte al proyecto es de aproximadamente 30 Km, por vías urbanas de alto tráfico.
3. El volumen disponible de material en las Canteras de Tanlahua es ilimitado. La distancia de transporte al proyecto es de aproximadamente 22 Km, por vías urbanas de alto tráfico.
4. Para lograr un adecuado aprovechamiento de los materiales se requiere de trituración primaria, secundaria y posiblemente terciaria, cribado y mezcla.

#### 4.11.3 Sector Occidente de Quito

##### 4.11.3.1 Minas y canteras existentes

En el sector occidental de la ciudad se han identificado las siguientes fuentes de materiales pétreos:

No. Nombre	Ubicación	Material	Aptitud	Volumen
19 Quito 1	Loma Yuracyacu		B AC AA	100.000
28 Q. Yuracyacu	Vía a Lloa por Gatazo		B AC AA	100.000
29 Unguí	Vía a Lloa por Gatazo	Lavas andesíticas	SB SS	100.000
21 Quito 3	Lloa		SS	100.000
39 Q. El Arrayán	La Libertad, Chillogallo		B AC AA	50.000
25 Atacazo	Q. Rundobalín		B AC AA	por agotarse
20 Quito 2	Al N del cerro Pailón		B AC AA	100.000
26 INIAP	Cutuglahua	Brechas volcánicas	B AC AA	100.000

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

Salvo la última, todas las demás se encuentran en el sector del Bosque Protector del Pichincha y se ha prohibido su explotación. No se conoce el grado de afectación que podría tener la explotación de las canteras en el Plan de Protección de las Laderas del Pichincha, sector Sur, pero se considera lógico reservar el material existente para las obras previstas en este programa.

### 4.11.3.2 Cantera de posible uso

No se recomienda ninguna de las canteras de este sector, por las limitaciones señaladas.

### 4.11.4 Sector Oriental – Valle de Tumbaco

#### 4.11.4.1 Minas y canteras existentes

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 las siguientes fuentes de materiales pétreos:

No.	Nombre	Ubicación	Material	Aptitud	Volumen
5	Vía Oriental	Av. Oriental	Aglomerado volcánico	SB B AC	Ilimitada
1	Guápulo 1	Q. El Batán, Guápulo	Lahares y aglom.	SB AC SS	30.000
2	Guápulo 2	Guápulo, río Machángara	Lahares y aglom.	SB B SS	30.000
3	Guápulo 3	Guápulo, puente		SB B SS	30.000
10	Cunuyacu	Cunuyacu	Grava, arena	B AC SS AA	Limitada
4	El Sauce	aguas ab. Río San Pedro	Arena y grava aluvial	SB SS	Explotada
5	El socavón	aguas ab. Río San Pedro	Arena y grava aluvial	SB SS	10.000
6	Churoloma 1	Margen der. río San Pedro	Grava arenosa	SB	100.000
7	Churoloma 2	Margen der. río San Pedro	Grava arenosa	SB SS	10.500
9	Río Chiche	Junto al puente viejo	Aglom.volcánicos, limos	SB B	Agotada
24	La Isla	Q.Huambi (Yaruquí-Pifo)	Conglomerado	SB	12.000
22	La Paz	Q. Huambi (Pifo-La Paz)	Conglomerado	SB	6.000
23	Hda. Ponderosa	Q. Huambi (Pifo-La Paz)	Conglomerado	SB	10.000
60	Pifo DISENSA	Pifo Papallacta		B AC AA	200.000
7	Palugo 2 - SAME	Pifo - Sangolquí	Brechas volcánicas	B AC AA	Ilimitada
8	Palugo 3 - MOP	Pifo - Sangolquí	Brechas volcánicas	B AC AA	Ilimitada
27	Cerro Negro (Hlaló)	Cerro Negro		B AC AA	100.000
9	Guangopolo	Guangopolo	Aluvial; grava, arena	B AC AA	50.000
13	La Armenia	El Tingó- Guangopolo	Depósitos aluviales	B AC AA	200.000

De estas, no podrán emplearse las siguientes:

1. Las canteras de Guápulo y la Av. Oriental (Nos. 1, 2, 3, 5) tienen limitaciones de explotación pues pueden desestabilizar los taludes de la zona.
2. Las minas de los ríos San Pedro y Chiche y los materiales aluviales de Guangopolo (Nos. 10, 4, 5, 6, 7, 9, 27, 9 y 13) 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.
3. Los materiales provenientes de la Quebrada Huambi (Nos. 22, 23, 24) son aptos para usarse como suelo seleccionado o subbase y el volumen existente es limitado

#### 4.11.4.2 Cantera seleccionada

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

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

la adjudicación de las canteras Palugo 2 o 3, utilizadas para la construcción de las obras viales del sector.

Se recomienda para el proyecto el empleo de materiales provenientes de la Cantera Pifo, pues es la más cercana al proyecto y el costo de adquisición puede ser más bajo que el transporte desde otros afloramientos. La cantera tiene acceso por una vía de primer orden, pavimentada. La zona está aproximadamente a unos 3.0 Km del nuevo aeropuerto, en la vía a Papallacta.

El material corresponde a un flujo de lava, con transición a brecha, encontrándose estas últimas en el tope 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.

Las características de este material son las siguientes:

PROPIEDAD	VALORES	ESPECIFICADOS
% Arcilla	6	0 a 3
Desgaste a Sulfatos	8.3	Menor a 10
Abrasión los Angeles	27	Menor a 40
Densidad SSS	2.48	Mayor a 2.2
Absorción	4.7	
Granulometría	Según pedido	Clase 1
Peso Unitario	1.36	

#### 4.11.4.3 Conclusiones

- Existen restricciones en el uso de los materiales pétreos existentes al occidente de Quito, Valle de Tumbaco, bien sea por la calidad del material, por razones de impacto, por limitación de volumen explotable o por provenir de empresas mineras en plena producción, lo que encarece el costo de expropiación. Se recomienda el empleo de la Cantera Pifo tanto por su calidad, cuanto por el volumen disponible y el menor costo de transporte.
- Para lograr un adecuado aprovechamiento del material se requiere de trituración primaria, secundaria y posiblemente terciaria, cribado y mezcla.

#### 4.11.5 Sector Oriental – Valle de Los Chillos

##### 4.11.5.1 Minas y canteras existentes

En el sector Oriental sur de la ciudad, que incluye el valle de Los Chillos y sus zonas de influencia, se han identificado las siguientes fuentes de materiales pétreos:

No.	Nombre	Ubicación	Material	Aptitud	Volumen
59	La Armenia, Río San Pedro	Urb. La Armenia	Arenas gravosas	SB B	por agotarse
58	Cooperativa El Valle	C.Pastaza, San Rafael	Arenas gravosas	S	Abandonada
57	El Ejido	Sangolquí	Grava arenosa	SB B SS	por Agotarse
15	Selva Alegre	Sangolquí	Depósitos aluviales	B AC AA	50.000
14	Enkador	Cashapamba	Depósitos aluviales	B AC AA	50.000
18	Pintag	Yana Urcu, cerca de Pintag	Flujo de lava	B AC AA	10.000.000

Todas las minas aluviales (Nos. 59, 58, 57, 15, 14) 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, por lo que no se las recomienda.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

El flujo de lava del Antisana (Yana Urco o Q. El Golpe) es la cantera recomendada por el Municipio Metropolitano para 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.

#### 4.11.5.2 Minas y canteras de posible uso

Por lo indicado, se recomienda el empleo de materiales provenientes de la Cantera Pintag, bien sea del frente que está actualmente en explotación o solicitando la adjudicación exclusiva de zonas reservadas a proyectos de la ciudad. La cantera tiene acceso al sitio mediante una vía de primer orden, pavimentada hasta la población de Pintag y una vía de tercer orden, afirmada y empedrada en el tramo final. La zona está aproximadamente a unos 30.0 Km de Quito (El Trebol) 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.

#### 4.11.5.3 Conclusiones

1. No existe mucha oferta de materiales pétreos al occidente de Quito, Valle de Los Chillos. Los depósitos aluviales han sido extensamente explotados y no se dispone de suficiente volumen. Se recomienda el empleo de la Cantera Pintag como alternativa a la Cantera DISENSA pues dispone de volumen suficiente y el material es apto para todo uso. El Municipio Metropolitano deberá solicitar la adjudicación de áreas exclusivas de esta cantera para sus proyectos, aún expropiando o cancelando adjudicaciones ya hechas, en su propio beneficio.
2. El volumen disponible de material es muy superior al requerido por el proyecto, por lo que no existen limitaciones por esta causa. La distancia de transporte es de aproximadamente 35 Km (hasta el proyecto).
3. Para lograr un adecuado aprovechamiento del material se requiere de trituración primaria, secundaria y posiblemente terciaria, cribado y mezcla.

#### 4.11.6 **Conclusiones del estudio**

1. Por la calidad del material y el menor recorrido de transporte se recomienda el empleo de los materiales provenientes de la Cantera DISENSA, que corresponden a flujos de lava y como segunda opción se recomienda emplear los materiales de la Cantera El Volcán (Carretera a La Mica).
2. Se recomienda además realizar todos los trámites legales que le permitan poseer y explotar de manera exclusiva para las obras de la ciudad, áreas suficientes de los diferentes afloramientos en diferentes sectores de los valles aledaños, evitando de esta manera un posible monopolio en el abastecimiento de este material, y asegurando la provisión de este insumo, básico para la construcción.

### 4.12 **DISEÑO DE TALUDES**

#### 4.12.1 **Antecedentes**

El presente documento es un resumen de los estudios geológicos realizados para la vía y otros estudios semejantes de materiales existentes en el sector y presenta las recomendaciones para



definir los taludes de corte y relleno de las obras viales, en el sector comprendido entre las abscisas 0+000 a 5+300. Como un alcance a este documento se presentará el análisis de estabilidad del sector, preparado en base a perforaciones y ensayos de sitios representativos.

La zona en estudio se encuentra en la hoya del río Guayllabamba, en donde se han identificado Unidades Geológicas del Terciario Superior y que corresponden a diferentes formaciones sedimentarias, además existen productos de actividad volcánica depositados durante los periodos Mioceno, Oligoceno y Plioceno en el Terciario Superior y también en los periodos Pleistoceno y Holoceno en el Cuaternario. Tales productos rellenaron la cuenca conformando gruesos estratos vulcano-sedimentarios depositados en ambientes subaéreos, fluviales y lagunares, como revelan algunas facies observadas.

En general, la Ruta Sur tiene una dirección W – E y las estructuras (fallas geológicas) observadas tienen direcciones N-S; NNE – SSW y en menor medida NW – SE, por lo que, prácticamente todas las estructuras existentes cruzan al Proyecto en sentido perpendicular, lo cual es favorable para la estabilidad de los taludes.

Las Unidades Estratigráficas identificadas en el corredor se distribuyen, de una manera aproximada como sigue: la Formación Cangahua [Q<sub>c</sub>] ocupa aproximadamente el 35% de la longitud del Proyecto de 16,5 km; un 50 % corresponde a depósitos coluviales; un aproximado del 10% a depósitos de lahares y el 5% restante, se distribuye en detritos de la Formación Chiche. En el tramo que se analiza, la mayor parte de los materiales corresponde a la formación cangahua y existe una moderada presencia de lahares y suelos aluviales, como se describe más adelante.

#### **4.12.2 Formación Cangahua – (Pleistoceno superior a Holoceno) [Q<sub>c</sub>]**

La cangahua se clasifica como roca blanda o suelo compacto, ocurre extensamente en todo el valle interandino norte de Ecuador. En las planicies se encuentra estratificada y en montes y colinas los cubre como un manto periclinal, sobreponiéndose a todas las formaciones depositadas previamente. Su espesor aproximado llega a 50 m en las planicies y a 20 y 30 m en las colinas, aunque se observan espesores de hasta 80 m localmente. Es frecuente encontrar mantos intercalados de lapilli de 2 o 3 metros de espesor, capas de cenizas, paleosuelos negros y localmente flujos de lodo fino o canales aluviales arenosos o pumíticos. Se observan a veces niveles y vetas de caliche y limonita en los planos de estratificación y grietas de desecación, las cuales indican que su depósito fue en zonas áridas. En la zona del proyecto, el ambiente de depósito corresponde al de estepa seca.



*Foto de un talud en tobas con lentes de arenas volcánicas de la Formación Cangahua. Absc. 0+000 de Ruta Sur, en, Av. Simón Bolívar. Talud con corte 3:1 de 10m de altura aproximada. Los lentes de arenas finas deben ser estabilizados mediante lechadas de cemento u otro método, pues caen por total falta de cohesión.*



*Talud de cangahuas "retrabajadas" por deslizamientos actualmente estabilizados. Km 1 Ruta Sur.*





*Susceptibilidad de las tobas y arenas de la Formación Cangahua a ser erosionadas. Km 1,5 Ruta Sur.*



*Taludes casi verticales de quebradas y quebradillas en Ruta Sur. Cangahuas.*





*Tobas dispuestas en lagunas. Cerca de depósitos de lahar, Km 2,4 Ruta Sur.*

Dominan en esta unidad gruesas capas de polvo volcánico limo arenoso de tipo ML a SM, según la clasificación SUCS. Mayormente se clasifica como toba volcánica y se presenta compacta, masiva y alterada, de color café amarillento.

En estado natural los materiales se presentan en forma de suelos homogéneos, cohesivos (cementados), compactos, densos, y estables. Es de fácil excavación mecánica (Rubro aplicable Excavación en Suelo, salvo sectores de alta cementación en donde se aplica el rubro Excavación en Marginal). La cangahua pierde cementación y colapsa cuando propasa su umbral de saturación, lo que se considera en las recomendaciones posteriores.

Los taludes excavados en esta unidad son muy estables bajo altos ángulos e incluso en posición vertical. Los niveles de lapilli son muy deleznable y deben ser estabilizados confinándolos con calces para evitar su desprendimiento y la desestabilización de las capas suprayacentes. Se recomienda excavar con un talud 2 (v) a 1 (h) para cortes de hasta 15 metros y añadir bermas en cortes mayores.

#### **4.12.3 Lahares – (Cuaternario actual) [lh ]**

Los lahares son corrientes de lodo compuestas por una fase sólida de bloques rocosos, cantos, arenas, limos saturados en agua y que se forman por el deshielo de casquetes que cubren a estratovolcanes en procesos eruptivos, o por lluvias intensas, derrames de lagos sobre los flancos, entre las principales.

Se cree que la mayor parte de los depósitos laháricos proviene de erupciones del Cotopaxi, P.A. **Mothes, M.L. Hall, R.J. Janda** señalan que la composición de los depósitos de lahar es de “...ceniza, pómez, granos líticos y también un aproximado del 10 al 20% de clastos líticos mayores a 1 a 2cm de longitud En otros pocos lugares, bloques de hasta 2m de diámetro... en la zona de Cumbayá...” aunque los estudios realizados para la Ruta Sur han encontrado bloques de más de 3 m a orillas del río San Pedro, cerca de la zona del puente.





*Depósito de lahar “enchapado” sobre tobas de la Formación Cangahua. Bloques rocosos, cantos y gravas inmersas en limos arenosos; compactos. Lugar: margen derecha de río San Pedro, en zona de puente proyectado.*

Dominan en esta unidad gruesas capas de polvo volcánico limo arenoso de tipo ML según la clasificación SUCS. En estado natural los materiales se presentan como rocas blandas cementadas. Son de fácil excavación mecánica (Rubro aplicable Excavación en Suelo, salvo sectores de alta cementación en donde se aplica el rubro Excavación en Marginal).

Los taludes excavados en esta unidad son estables por la alta cementación que poseen y se recomienda excavar con un talud 2 (v) a 1 (h) para cortes de hasta 15 metros.

#### **4.12.4 Recomendaciones**

Para la construcción de la vía, en el sector comprendido entre las abscisas 0+000 a 5+200 aproximadamente, se presentan las siguientes recomendaciones:

##### **4.12.4.1 Taludes en Corte**

Los taludes de los cortes tendrán una pendiente de 2 (v) a 1 (h) para cortes de hasta 15 metros y para cortes mayores llevarán bermas conforme se señala en los planos del proyecto.

Todos los cortes deben disponer de cunetas de coronación, revestidas y con bajantes y disipadores de energía dispuestos de tal forma que eviten afectar al material existente en el punto de entrega. No se permitirá en ningún caso que las aguas lluvias viertan libremente sobre la cara expuesta del corte. Los cuerpos de agua receptores deben disponer de obras adecuadas para controlar la erosión originada en el mayor caudal que las cunetas entregarán a futuro.

Los cortes que descubran capas de lapilli, depósitos arenosos puros y acumulación de pómez, deberán protegerse con un revestimiento de hormigón lanzado o material similar, en los sitios de tales afloramientos, a fin de impedir la erosión superficial, que origina futuros deslizamientos.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

El Municipio Metropolitano no permitirá que se desarrollen urbanizaciones o lotizaciones sin que estos dispongan de un sistema de evacuación de aguas negras y aguas lluvias adecuados. Se recomienda de manera especial se emita una ordenanza por la cual se prohíba la construcción de fosas sépticas o actividades agrícolas que requieran riego, o cualquier otra actividad en la que se vierta agua de manera indiscriminada al suelo, en una franja de por lo menos 100 metros de ancho, medidos desde la cuneta de coronación del talud o corte.

### 4.12.4.2 Taludes en Relleno

Los taludes en relleno tendrán una pendiente 1 (v) a 1.5 a 2.0 (h) según si el material es cohesivo o no. Materiales de préstamos o de excavación arenosos y predominantemente granulares deben ser más tendidos.

Los rellenos deben disponer de una cuneta de coronación con sus respectivos bajantes a todo lo largo de la unión entre el relleno y el suelo natural, además, la cara expuesta de los rellenos debe ser revegetada con especies nativas para protegerlos de la erosión eólica.

No se permitirá colocar las alcantarillas a media altura en los rellenos. Toda tubería debe colocarse sobre el suelo natural y solamente en casos especiales y donde los planos así lo indiquen se podrá apoyar la tubería en el relleno. En este caso será obligatorio el uso de estructuras estancas (PVC, fibra de vidrio, hormigón o similares) y se prohíbe el empleo de alcantarillas metálicas acoplables u otros elementos que permitan el escape del agua fuera de la tubería. También se debe disponer de estructuras adecuadas al final de la alcantarilla hasta la entrega de las aguas al cuerpo receptor, incluyendo obras de disipación de la energía.

Las alcantarillas deben diseñarse para soportar una carga vertical igual al peso del relleno colocado sobre ésta. No se permitirá el uso de factores de reducción de ningún tipo pues se ha comprobado que en este tipo de estructuras no llega a desarrollarse el efecto de arco.

## **5. ESTUDIO HIDROLÓGICO DE OBRAS DE ARTE MENOR**

### **5.1 ANTECEDENTES**

El presente estudio se enfoca en los fenómenos asociados al flujo del agua a través de laderas, quebradas y cauces que de manera directa o indirecta afectan a las obras viales existentes y sus complementos proyectados.

Se estructura el presente informe de acuerdo a los tres componentes básicos:

- La lluvia; como variable de entrada,
- El escurrimiento: la hidrología,
- Y las características geomorfológicas 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 evento con el fin de determinar los caudales generados en las cuencas y concentrados en los cauces y con ello proyectar; durante los estudios hidráulicos, las obras civiles necesarias para el drenaje que contribuyan a asegurar el buen funcionamiento de la infraestructura vial proyectada.

Para ello se sirve de un diagnóstico de las condiciones climáticas imperantes en la zona, obtenidos de un análisis de las variables meteorológicas de interés.

En relación al macrodrenaje se ha observado, mediante el análisis de información cartográfica, la extensión de las cuencas aportantes al escurrimiento, obteniéndose áreas de aporte importantes en el cruce con el Río San Pedro en la abscisa (5+570), km<sup>2</sup> en el cruce la vía con el Río Chiche (12+050), en el cruce de la vía con el Río Guambi (15+550). El estudio detallado de cada uno de estos tres puentes ha sido realizado en los estudios de puentes respectivos.

En relación al micro drenaje y que es lo que compete al presente estudio, a lo largo de toda la vía se presentan micro-áreas aportantes que constituyen un análisis diferente al realizado para drenajes de obras de arte mayor. Se tiene una área total de drenaje para las micro-cuencas igual a 31.43 km<sup>2</sup>.

Recopilada la información de escritorio necesaria, se han realizado visitas a la zona de estudio, generando un reporte fotográfico de las principales características del Uso del Suelo en las micro áreas de interés. Adicionalmente se indica que se ha utilizado como importante herramienta el programa informático Google Earth que permite visualizar imágenes en 3D del planeta y que permite de manera interactiva exponer las bondades del estudio realizado.

Otra herramienta de importante uso consiste en la utilización de herramientas del Sistema de Información Geográfica para el análisis y presentación de variables espaciales en la zona de estudio.

### **5.2 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS PRELIMINAR DE INFORMACIÓN**

Como información básica se cuenta con la topografía a escala 1:5000 que abarcan a la zona de drenaje del proyecto vial (Ver Figura N° 1.)

Esta información ha sido utilizada para la determinación de los límites de las microcuencas de estudio y con ello proceder a la identificación y posterior recopilación de datos hidrometeorológicos e hidrográficos de interés para este estudio.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

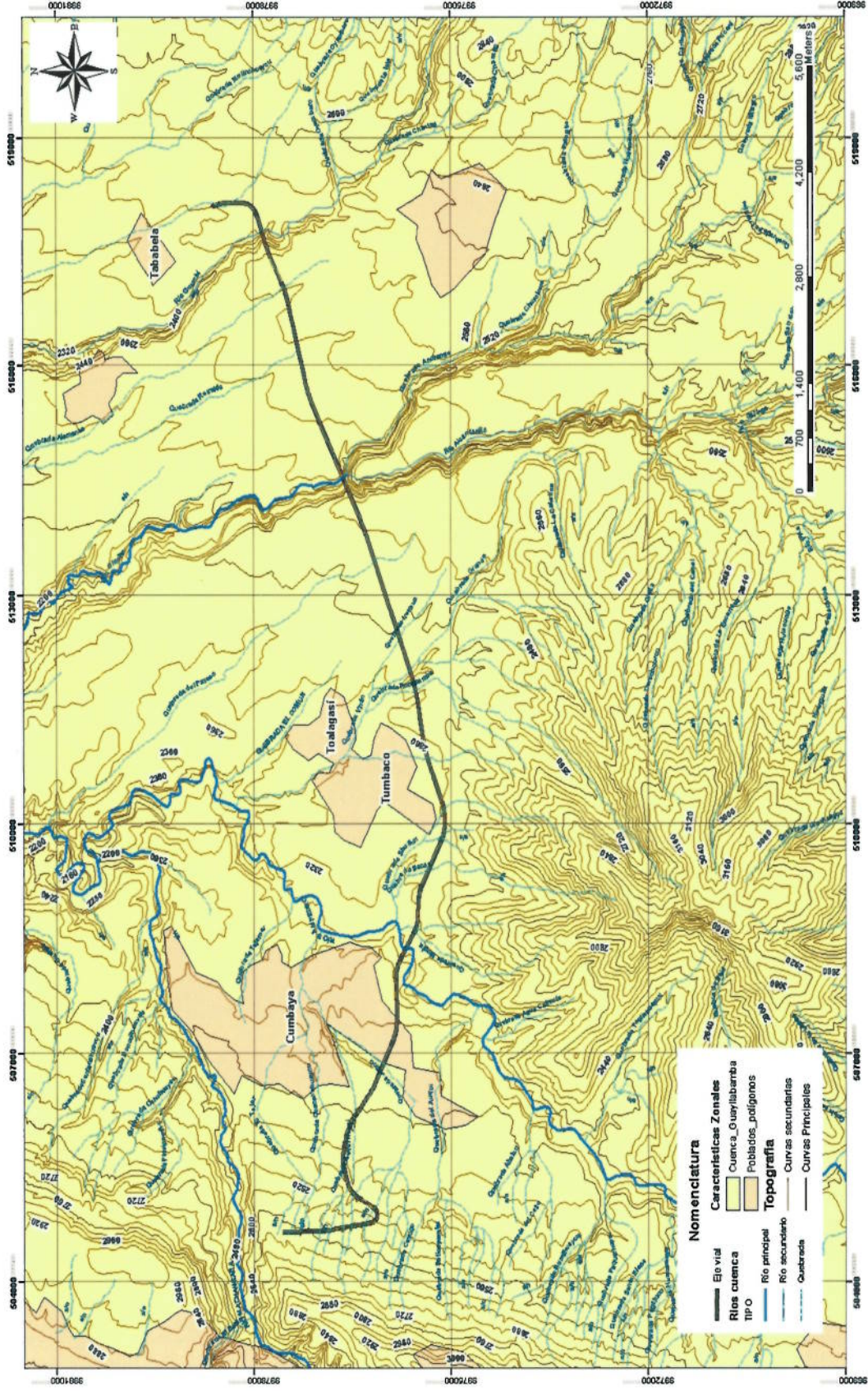
Además, se ha utilizado la información topográfica a escala 1:1000 obtenida de los levantamientos topográficos de campo levantados durante la presente fase de estudios.

Por otro lado, es de interés dentro de los estudios hidrológicos afianzarse en estudios afines al presente, que tratan la temática hidrológica y meteorológica aplicada, por ello se han analizado estudios previos resumidos en:

- Estudio de Lluvias Intensas (INAMHI, 1999).
- Anuarios meteorológicos INAMHI.
- SISSE, Sistema integrado de Seguridad Social del Ecuador.
- Drenaje de Obras Viales (MOP, 1983)



**ASOCIACIÓN  
ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**



**Figura 5-1: TOPOGRAFÍA ÁREA DE ANÁLISIS**



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

### 5.2.1 Disponibilidad de información hidrometeorológica

La figura 5-2 indica la ubicación de las estaciones cercanas al área de influencia al proyecto vial, en la cual se puede observar las estaciones indicadas en el cuadro 5.1.

Para el análisis de los aspectos climáticos se cuenta con la información de una estación meteorológica existente en el área de influencia. Por su cercanía a la zona de estudio se ha utilizado la información de la estación climatológica ordinaria Tumbaco.

**Cuadro 5-1**  
**LISTADO DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS**  
**CERCANAS A LA ZONA DE ESTUDIO**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TIPO	Latitud				Longitud				Cota	Institución
			0	5	54	S	78	25	15	W		
M345	CALDERÓN	PV	0	5	54	S	78	25	15	W	2645	INAMHI
M112	CONOCOTO	CO	0	16	2	S	78	28	8	W	2552	INAMHI
M120	COTOPAXI-CLIRSEN	CP	0	37	9	S	78	34	19	W	3560	INAMHI
M121	EL REFUGIO COTOPAXI	CE	0	39	33	S	78	34	12	W	4800	INAMHI
M003	IZOBAMBA	AP	0	22	0	S	78	33	0	W	3058	INAMHI
M002	LA TOLA	AP	0	13	46	S	78	22	0	W	2480	INAMHI
M364	LORETO PEDREGAL	PV	0	33	41	S	78	25	35	W	3620	INAMHI
M188	PAPALLACTA	CO	0	21	54	S	78	8	41	W	3150	INAMHI
M260	PIFO	CO	0	13	10	S	78	19	56	W	2583	INAMHI
M347	PUEMBO	PV	0	10	34	S	78	21	21	W	2460	INAMHI
M353	RUMIPAMBA - PICHINCHA	PV	0	25	39	S	78	24	57	W	2940	INAMHI
M115	SAN ANTONIO DE PICHINCHA	CO	0	0	37	S	78	26	13	W	2430	INAMHI
M352	SANGOLQUÍ	PV	0	20	0	S	78	26	0	W	2480	INAMHI
M114	TUMBACO	CO	0	14	0	S	78	24	50	W	2348	INAMHI
M113	UYUMBICHO	CO	0	23	18	S	78	31	31	W	2740	INAMHI
M346	YARUQUÍ - INAMHI	PV	0	9	35	S	78	18	55	W	2600	INAMHI

Nota 1 : LG Estación Limnigráfica

Nota 2 : AP Estación Agro meteorológica

Nota 3 : CO Estación Climatológica Ordinaria

Nota 4: CE Climatológica Especial

La indicada estación climatológica ordinaria posee registros de temperatura, humedad relativa, heliofanía, nubosidad, evaporación, precipitación y número de días con lluvia.

## 5.3 ESTUDIO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

### 5.3.1 Hidrografía

El área de las micro-cuencas de estudio tiene un total igual 31.35 km<sup>2</sup>. La zona dispone de una importante red hídrica natural que entrega sus aguas a los Ríos San Pedro, Chiche, Guambi entre los más importantes.

La zona de estudio se encuentra ubicada al Sureste de la ciudad de Quito iniciando en la Población de Cumbayá pasando por el sector de Tumbaco y llegando a la población de Tababela.

## ASOCIACIÓN

### ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

Se observa tres cuerpos de drenaje importantes en la zona a nivel general, el primero el Río San Pedro, el segundo el Río Chiche y el tercero en el Río Guambi en cada cruce de la vía en estos ríos se encuentran ubicados puentes a que dan continuidad a la vía.

El principal accidente geográfico es el volcán Ilaló que origina vertientes de las quebradas Mugia que cruza la vía desde la abscisa 5+750 hasta la quebrada Grande en la abscisa 9+385 desembocando al Río San Pedro

La ubicación general de la vía de estudio, el área de análisis y los accidentes geográficos más importantes se indican en la Figura N° 5-3.

La zona por la que atraviesa la vía así en su mayoría son zonas urbanas atravesando cantones de Cumbayá, Tumbaco y Tababela. No existe bosque nativo en la zona, las actividades agrícolas dedicadas a cultivos de ciclo corto y frutales son pocas.







# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 5.3.2 Zonas de vida

Según la división del PRONAREG, dentro del programa Nacional de Regionalización Agraria, las zonas de vida existentes en la zona de estudio son:

#### 5.3.2.1 Bosque seco montano bajo

Esta zona corresponde a las llanuras y barrancos secos del callejón interandino entre las cotas 2000 y 2200 msnm, se localiza en áreas relativamente pequeñas y muy dispersas. En la provincia de Pichincha se presenta en zonas como Tabacundo, Puéllaro, El Quinche y Llano Chico. Entre la cota 3000 msnm la temperatura coincide con la isoterma de 8°C. Climáticamente hablando, las temperaturas son típicamente frías en promedio hasta ligeramente frías durante el día. En el verano existe una marcada diferencia entre la máxima y mínima temperatura promedio mensual, especialmente cuando el cielo está despejado y existe una fuerte radiación nocturna, la temperatura puede llegar a 25° durante el día y esta baja a la madrugada a -2°C o más ocasionando la presencia de heladas.

#### 5.3.2.2 Bosque seco Premontano

En la sierra, esta formación se encuentra por debajo de los 2000 msnm. Debido a los efectos de abrigado y la orografía local los valles no reciben más que la mitad del total de precipitación anual que cae sobre los terrenos más altos que lo rodean.

En cuanto a los suelos existen suelos derivados de materiales volcánicos. Los daños por las heladas y los vientos son más frecuentes en los meses de agosto septiembre y octubre<sup>1</sup>.

### 5.3.3 Bioclimas y Ecosistemas

Dentro de una zona de vida (conjunto natural de asociaciones) Holdridge observó la existencia de ciertos grupos o asociaciones vegetales (Ecosistemas) que corresponden a rangos de temperatura, precipitación y humedad

El área de análisis del estudio vial, se encuentra en una zona caracterizada por un rango altitudinal entre la cota 2600 a 5400 msnm (3200 m de desnivel) presenta variaciones de precipitación anual entre 500 y 1600 mm respectivamente, precipitación máxima en 24 horas de 21 a 50 mm, temperatura media mensual de 17 °C.

Los ecosistemas predominantes en la zona de estudio corresponden a:

- Bosque húmedo Montano Occidental
- Vegetación húmeda interandina.

Esta división representa la disponibilidad natural climática, edáfica, atmosférica e hídrica de la zona de estudio, han sido eliminadas de este medio y reemplazadas momentáneamente por usos de tierras para labores agrícolas y ganaderas.

### 5.3.4 Uso del suelo dentro de la delimitación de la Micro-cuencas de drenaje

Un tercer nivel del sistema de zonas de Vida de Holdridge, contempla los cambios temporales de los ecosistemas ya sea producto de la sucesión natural o el introducido por el hombre o los animales. El sistema de Zonas de vida cataloga dichos cambios como el estado sucesional, que debido a su corta duración se trata como el uso de la tierra o del suelo.

# ASOCIACIÓN

## ASTECS - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

La Figura 5-5, el uso del suelo dentro de la zona de interés del presente estudio.

### 5.4 ANÁLISIS DEL RÉGIMEN PLUVIAL EN EL ÁREA DE APORTE

Al área de influencia del proyecto vial le corresponde un micro-clima interandino atípico, observándose la influencia de los vientos nubosos provenientes de la costa y de microclimas de las hoyas interandinas. Se observa una **estación lluviosa** que se extiende desde Noviembre a Junio, presentándose otro período seco durante los meses de Julio a Octubre. (Ver Figura 5-6 adjuntos).

**Cuadro 5-2**  
**VALORES PLUVIOMÉTRICOS MENSUALES EN ESTACIÓN YARUQUÍ - INAMHI**

PLUVIOMETRICOS MENSUALES (mm)

CODIGO: M346

UBICACIÓN: ESTACION YARUQUI-INAMHI

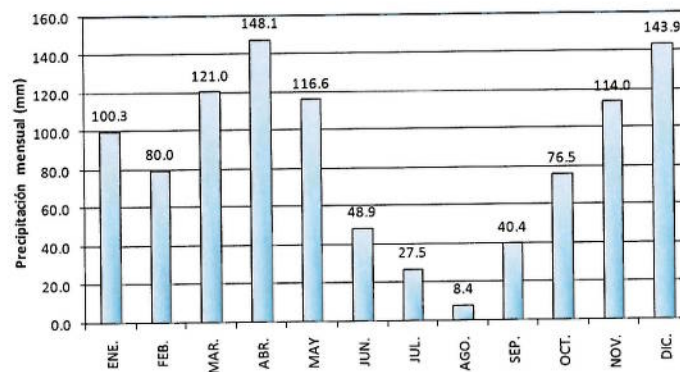
COTA: 2600

DÍA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
2000	85.7	144.5	142.7	187.7	156.6	74.5	17.5	4.4	53.3	38.9	52.3	57.6	1015.70
2001	62.40	46.80	148.60	29.20	36.60	18.60	11.80	0.00	53.80	42.30	40.50	24.30	514.90
2002	37.50	35.50	123.70	187.90	38.40	24.90	2.50	5.60	33.20	101.80	81.80	123.90	796.70
2003	24.20	77.70	110.20	122.80	53.30	28.80	11.50	0.80	38.20	55.50	69.84	69.20	662.04
2004	31.70	25.50	38.80	115.20	103.60	1.90	1.60	0.00	92.30	59.60	103.70	47.40	621.30
2005	70.60	107.90	83.70	66.80	16.40	50.90	18.90	39.10	43.10	86.10	67.40	92.80	743.70
MIN	24.20	25.50	38.80	29.20	16.40	1.90	1.60	0.00	33.20	38.90	40.50	24.30	274.50
MAX	85.70	144.50	148.60	187.90	156.60	74.50	18.90	39.10	92.30	101.80	103.70	123.90	1277.50
PRE.MEDIA	52.02	72.98	107.95	118.27	67.48	33.27	10.63	8.32	52.32	64.03	69.26	69.20	725.72
DESV. ESTÁN.	24.43	46.26	41.19	63.69	52.64	25.69	7.28	15.27	21.22	24.94	22.19	35.14	379.95
	Valores corregidos												
	Valores interpolados												

Fuente: Anuarios INAMHI.

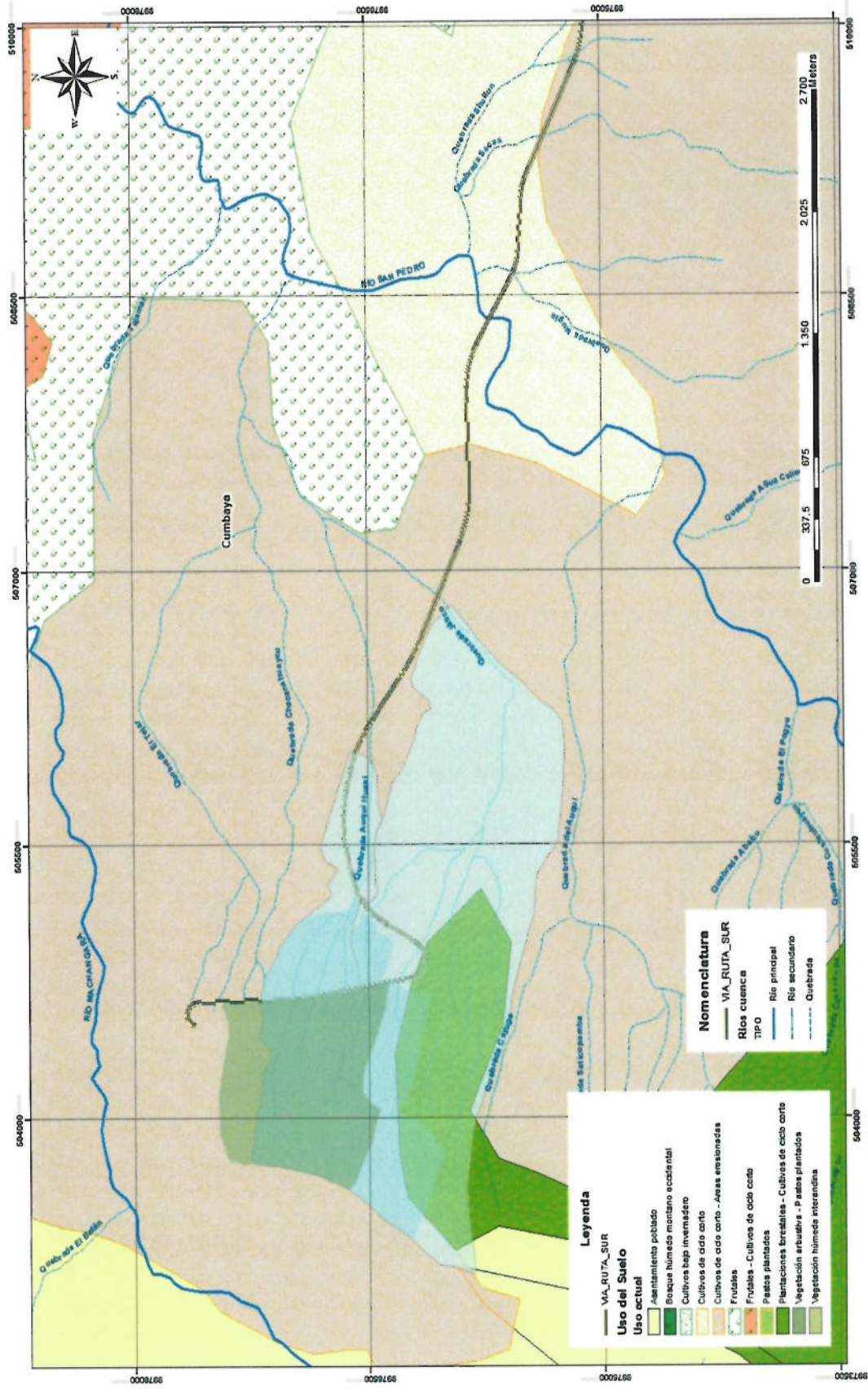
**Figura 5-6**  
**DISTRIBUCIÓN INTRA-ANUAL DE LA PRECIPITACIÓN EN ESTACIÓN YARUQUÍ**

DISTRIBUCION INTRAANUAL DE LA PRECIPITACION  
LUGAR: ESTACION YARUQUI-INAMHI





**ASOCIACIÓN  
ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**



**Figura 5-5: USO DEL SUELO EN MICROCUENCAS DE ANÁLISIS.**



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

La estación climatológica más cercana a la zona de proyecto es la estación Tumbaco ubicada a la cota 2348 msnm. Los datos de esta estación al año 2000 y 2002 son:

- Temperaturas mínimas 5.3°(Promedio multianual)
- Temperatura mínima absoluta 2.0°
- Temperaturas máximas 28.3°(Promedio multianual)
- Temperatura máxima absoluta 29.0
- Temperatura media anual 16.2°
- Evaporación 102.8(mm) Promedio multianual

### 5.5 CAUDALES DE CRECIDAS

Los caudales de crecida para diferentes periodos de retorno, se obtienen mediante la simulación computacional 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.

Se analiza por tanto tres componentes hidrológicos básicos:

- 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 los niveles de agua alcanzados por las crecidas, así como las velocidades de flujos. Sus resultados aportan al estudio mediante recomendaciones que aseguren el buen funcionamiento de las obras civiles planificadas.

#### 5.5.1 El tiempo de concentración

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

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

Donde:

- CN, es el Número de Curva
- S, es la pendiente media de la cuenca
- L, es la longitud del cauce

El Número de curva o CN, es valorado en relación a la cobertura vegetal, uso del suelo, modo de cultivos, capacidad de infiltración etc. Se considera adecuado utilizar un valor igual a:

**Cuadro 5-3**  
**NÚMERO DE CURVAS UTILIZADO**

Uso del suelo	Grupo C	Grupo D
Zona urbana	90	92
Terreno cultivado	80	84
Bosques	73	73
Chaparro	75	75
Páramo	71	78

Se ha realizado el análisis para obtener el valor ponderado del número de curva, calculando las áreas respectivas en función del uso de suelo en cada microcuenca, se ha considerado adecuado el utilizar el valor CN 84 para terrenos cultivados considerando que los cultivos de ciclo corto de la zona se pueden encontrar en estado de barbecho durante las tormentas de diseño.

Los cálculos de los caudales de crecida se los ha realizado para un período de retorno de 25 años para estructuras de drenaje menor.

### 5.5.2 Curvas y Ecuaciones pluviométricas

Los diseños de obras de captación, conducción y descarga de proyectos hidroeléctricos, requieren la determinación del caudal de crecida máximo, relativo a una frecuencia de diseño, conocida técnicamente como Período de retorno (Tr).

La simulación de la precipitación de lluvias poco frecuentes sobre la microcuenca de estudio, permite obtener los caudales de crecida y por tanto los niveles del agua alcanzados por estos eventos en los diferentes puntos de interés por los que la vía atraviesa.

Debido al importante trabajo que ha realizado la Empresa Municipal de Alcantarillado y Agua Potable de la Ciudad de Quito EMAAP-Q, para las micro-cuencas de estudio se ha preferido utilizar la ecuación de intensidades de la estación Dac Aeropuerto:

$$I = \frac{55.666T^{0.69}}{t^{1.66}} [\ln(t+3)]^{4.165} [\ln T]^{0.1}$$

Donde:

$t$ , es el tiempo de duración de la lluvia (min)

$T$ , es el período de retorno (años).

$I$ , Intensidad de lluvia (mm/h)

### 5.5.3 Integración de información y cálculo de crecidas

Determinadas las áreas, el Número de Curva (CN), el tiempo de concentración y las intensidades de lluvia de diseño, se integra todo dentro de un modelo de precipitación escurrimiento realizado en hoja Excel para áreas pequeñas (menores a 250 ha) y mediante la utilización del método racional. El cuadro 5-4 indica el resultado de los cálculos hidrológicos para estructuras de drenaje menor.

**ASOCIACIÓN**  
**ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

**Cuadro 5-4**  
**CÁLCULO DE CAUDALES DE CRECIDA PARA DRENAJE MENOR-MÉTODO RACIONAL**

Periodo de retorno: 100 años

Descripción	ABSCISA	CN <sub>c</sub>	PENDIENTE CUENCA(%)	LONGITUD CAUCE (km)	COTA MIN. m.s.n.m.	COTA MAX. m.s.n.m.	Tiempo de concent. (min)	Intensidad Promedio (mm/h)	Coefficiente de escurrimiento	Caudal Pico (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Especi. (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
AREA1_1	0+437.268	86	32.0	0.28	2615	2895	2.3	207.9	0.67	3.5	38.9
AREA1_2	0+581.884	86	33.7	0.36	2615	2895	2.7	190.7	0.65	4.2	34.4
AREA1_3	0+684.459	91	25.2	0.18	2610	2660	1.8	243.0	0.85	0.9	57.6
AREA1_4	0+769.186	86	35.4	0.72	2600	2880	4.6	149.9	0.60	3.8	25.2
AREA1_5	0+933.788	86	33.5	0.76	2590	2885	4.9	146.1	0.60	5.0	24.3
AREA1_6	1+127.839	86	40.7	1.03	2580	2905	5.8	137.0	0.58	5.4	22.1
AREA1_7	1+253.257	85	23.7	0.50	2565	2685	4.1	158.1	0.58	0.9	25.7
AREA1_8	Unión de cauces	88	24.2	0.19	2555	2680	1.9	234.0	0.76	3.2	49.7
AREA2_3	1+502.857	86	33.1	1.19	2555	2945	7.0	127.2	0.58	10.5	20.3
AREA2_2	2+174.528	87	31.2	1.10	2490	2685	6.7	129.1	0.59	2.2	21.1
AREA2_1	2+268.560	86	33.1	2.15	2470	2900	11.0	106.1	0.54	13.6	16.1
AREA3_1	3+175.033	86	34.1	3.93	2405	2900	17.3	86.7	0.52	13.6	12.6
AREA3_2	4+078.762*	89	22.2	3.87	2360	2995	20.1	80.4	0.58	39.1	12.9

## **6. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA**

### **6.1 CRITERIOS DE DISEÑO**

La Ruta Sur, vía de propósito múltiple, diseñada para dar servicio a las zonas de Cumbayá, Tumbaco, Puembo y parroquias localizadas en la zona sur oriental del Distrito Metropolitano de Quito, así como al NAIQ, está localizada en la región de la Sierra Norte.

El diseño definitivo se efectuó en escala 1:1.000, sobre una faja topográfica con curvas de nivel equidistantes cada metro, obtenidas mediante restitución aerofotogramétrica con fotografías del año 2010 elaborada por el Instituto geográfico Militar IGM.

El diseño en planta y perfil corresponde a la denominada Ruta Sur cuyas características comprende a una autovía que de acuerdo con los resultados de los estudios de tráfico, realizados para éste estudio de diseño definitivo ratifican el dimensionamiento que registran los estudios de prefactibilidad, o sea, 6 carriles localizados en dos calzadas, una por sentido de 3 carriles, a los cuales por disposición del Ilustre Municipio del Distrito Metropolitano de Quito se ha incorporado 2 vías secundarias, cada una de dos carriles que decurren en forma paralela a la autovía en la mayor parte de la longitud de la autovía propuesta, el propósito de estas vías es el contribuir a los planes de ordenamiento urbano que para las zonas de Cumbaya y Tumbaco tiene programados el Ilustre Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, fue concebido como una vía principal directa desde Quito hacia el Nuevo Aeropuerto acompañada con vías laterales de servicio hacia las diferentes urbanizaciones y poblaciones, complementadas con intercambiadores, pasos superiores e inferiores que permiten la conexión. El eje principal fue diseñado considerando calzadas paralelas a un mismo nivel; para las calzadas que constituyen la autovía expresa principal, mientras que las vías laterales se han diseñado a diferente nivel.

El diseño geométrico de un proyecto vial 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 externos 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 tráfico actual y futuro, los valores ambientales, la climatología e hidrología de la zona, los planes de ordenamiento territorial y urbano, y uso del suelo actual y previstos, así como, los parámetros socioeconómicos 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 la ruta o corredor más favorable que conecta los extremos del proyecto y unen puntos de paso intermedio obligados, aspectos que ya fue definido en los estudios pre-preliminares elaborados y aprobados por la CORPAQ para nuestro caso.



# ASOCIACIÓN

## ASTECC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

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), se obtendrá 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; y en nuestro caso el trazado de las vías secundarias laterales que la EPMMOP a dispuesto sean incluidas en el diseño definitivo, complementándose así la concepción tridimensional de la vía.

La denominada Ruta Sur, estudiada en los Estudios de prefactibilidad entregados a la CORPAQ y aprobada por esta Institución y por el IDMQ, fue la seleccionada en primer lugar.

### 6.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Dadas las características geomorfológicas del corredor de la ruta Sur en que se implantó este enlace vial, uno de los resultados obtenidos del estado geológico de detalle realizado, es el haber definido que la Ruta Sur atraviesa dos tipos de terreno: ondulado y montañoso, de acuerdo con las definiciones que se registran a continuación:

- a) 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 por ciento.

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

- b) 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 por ciento.

En el corredor de la Ruta Sur, 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.

### 6.3 NORMAS DE DISEÑO

A fin de seleccionar los parámetros de diseño geométrico, más adecuados a las accidentadas características geomorfológicas e hidrológicas dada su decisiva influencia en el costo de construcción de las vías que integran, 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

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

Públicas del Ecuador y el Manual de Diseño MOP-001-E. Como complemento se consultaron diversas normas internacionales aplicables a nuestro medio.

Como una referencia se muestran en el cuadro 6.1 un resumen de los valores límites de los parámetros de diseño geométrico que han sido consideradas:

**Cuadro 6.1**  
**VALORES DE DISEÑO**

Tipo de terreno	Velocidad de diseño (KPH)	Coef. fricción lateral	Pendiente Máxima (%)	Radio mínimo (m)	Peralte Máximo (%)
Ondulado	100	0.13	4	350	10
Montañoso	80	0.14	6	210	10

En el Cuadro 6.6 se presentan las Normas de diseño recomendados por el Ministerio de Obras Públicas.

### 6.3.1 Normas de Diseño Geométrico

Dadas las características geomorfológicas del corredor en que está localizada la Ruta Sur, se ha considerado tres tipos de terreno: llano, ondulado y montañoso de acuerdo con las definiciones que se registran a continuación.

#### 6.3.1.1 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. Predomina una pendiente transversal de terreno natural de 0–5 por ciento.

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 por ciento.

#### 6.3.1.2 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 por ciento.

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.

#### 6.3.1.3 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.

# ASOCIACIÓN

## ASTECS - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

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 6.2**  
**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 6.6 se presentan las Normas de Diseño recomendados por el Ministerio de Obras Públicas.

### 6.3.2 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.

Las velocidades que se han adoptado para el estudio y diseño de la Ruta Sur son: 110, 100 y 80 km por hora, para terrenos plano, ondulado, montañoso,

### 6.3.3 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 MTOP, 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 y 80 kph.

El peralte máximo se fijó en 10%, 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 km por hora, respectivamente.

### 6.3.4 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.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

### 6.3.5 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 6.3 se indican los diversos valores de K para las diferentes velocidades de diseño para curvas verticales convexas y cóncavas.

**Cuadro 6.3**  
**CURVAS VERTICALES CONVEXAS Y CÓNCAVAS MÍNIMAS**

Velocidad de Diseño (km/h)	Distancia de Visibilidad para Parada (m)	Curvas Verticales Convexas Mínimas Coeficiente "K" = S <sup>2</sup> /426		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

### 6.3.6 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 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.



# ASOCIACIÓN

## ASTECC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

El criterio adoptado tiene como sustento al hecho que debido a las difíciles condiciones geomorfológicas del corredor, en el cual está localizada la Ruta Sur, el movimiento de tierras necesario para la construcción de la obra básica de esta vía así como, los puentes que requerirán de estructuras especiales para salvar los profundos y amplios cauces que atraviesa la Ruta propuesta, constituirán los componentes de construcción que demanden la mayor inversión del presupuesto de construcción de la misma, 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.

A manera de referencia se incluye los Cuadros 6.4 y 6.5 que registran los principales parámetros utilizados para establecer el dimensionamiento vial.

El Cuadro 6.4 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 6.5 los parámetros que se consideran en el dimensionamiento de una carretera *convencional* Clase 1 o Clase 2.

**Cuadro 6.4**  
**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-6.5**  
**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

### 6.4 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 como las indicadas.

La máxima velocidad que se ha adoptado como referente para el estudio y diseño de estas vías es de 100 kilómetros por hora, para terrenos ondulados y 80km para terrenos montañosos.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

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.

### 6.5 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 MTOP, según el cual este radio es función de la velocidad directriz, del peralte máximo y del coeficiente de fricción lateral.

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

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

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

# ASOCIACIÓN ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN & GODOY CONSULTORES

Cuadro C-6.6  
VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCION

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	OL	M	LL	OL	M	LL	OL	M	LL	OL	M	LL	OL	M	LL	OL	M	LL	OL	M	LL	OL	M	LL	OL	M	LL	OL	M
Velocidad de diseño (k.p.h)	110	100	80	100	90	70	90	80	60	80	70	50	70	60	40	60	50	35	50	40	25	40	30	20	30	20	15	20	15	10
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	275	160	275	210	110	210	150	75	150	110	42	110	75	42	75	42	25	42	25	15	25	15	10	15	10	5
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	135	90	135	110	70	110	70	40	70	40	20	40	20	10	20	10	5	10	5	3	5	3	2	3	2	1
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	565	415	270	415	270	150	270	150	80	150	80	40	80	40	20	40	20	10	20	10	5	10	5	3
Paralelo	MAXIMO = 10 %																													
Coefficiente "K" para:	0.50%																													
Curvas verticales convexas (m)	80	50	28	50	43	19	43	28	7	28	12	4	12	4	2	4	2	1	2	1	0.5	1	0.5	0.2	0.5	0.2	0.1	0.2	0.1	0.05
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	31	19	31	24	10	24	13	6	13	6	3	6	3	1.5	3	1.5	0.7	1.5	0.7	0.3	0.7	0.3	0.15	0.3	0.15	0.07
Longitudinal	3	4	5	4	5	7	5	7	8	7	8	9	8	9	10	9	10	11	10	11	12	11	12	13	12	13	14	13	14	15
Gradiente longitudinal	0.50%																													
Ancho de pavimento (m) a	7.30																													
Clase de pavimento	Carpeta asfáltica y Hormigón																													
Ancho de espaldones b	3.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	2.0	1.5	1.0	1.5	1.0	0.5	1.0	0.5	0.2	0.5	0.2	0.1	0.2	0.1	0.05	0.1	0.05	0.02	0.05	0.02	0.01	0.02	0.01	0.005
Gradiente transversal para pavimento (%)	2.0																													
Gradiente transversal para espaldones (%)	2.0 (6) - 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 VÍA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																													
Ancho de aceras (m) (7)	0.50 m mínimo a cada lado																													
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																													

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 numero 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 la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 500 m.

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

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

6) Cuando el espaldón esta 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  $V_D = 20 \text{ km/h}$  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 construcción. Se puede variar algo de las Normas "Absolutas" para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente generalmente el trazado actual.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 6.6 PENDIENTES MÁXIMAS Y MÍNIMAS

La pendiente longitudinal utilizada varían entre 4 y 6 por ciento para terreno ondulado y montañoso, pudiendo, en longitudes cortas menores a 500 metros, aumentar la gradiente en 1 por ciento en terrenos ondulados y 2 por ciento en terrenos montañosos. En determinados sitio fue necesario utilizar pendientes de hasta el 8.8 por ciento con el objeto de no incrementar los cortes y poder empalmar el eje principal con las vías laterales y además disminuir en lo posible las expropiaciones.

#### 6.6.1 Determinación de las curvas verticales

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

$$\begin{aligned} \text{Curvas verticales Convexas} & L=K.A \\ \text{Curvas verticales Cóncavas} & L=K.A \end{aligned}$$

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 6.7 se indican los diversos valores de K para las diferentes velocidades de diseño para curvas verticales convexas y cóncavas.

**Cuadro 6.7**  
**CURVAS VERTICALES CONVEXAS Y CÓNCAVAS MÍNIMAS**

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad para parada (m)	Curvas Verticales Convexas Mínimas Coeficiente "K" = S <sup>2</sup> /426		Curvas Verticales Cóncavas Mínimas Coeficiente "K" = S <sup>2</sup> /122+3.5 S	
		Calculado	Redondeado	Calculado	Redondeado
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

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP-2003

### 6.7 SECCIONES TÍPICAS ADOPTADAS

Sustentados en las Normas que ha adoptado el Ministerio de Obras Publicas 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, los Planes Ordenamiento Territorial y Urbano elaborados para las zonas mencionadas, como también su incidencia en el presupuesto de construcción, se adopta una sección típica (AUTOVÍA) de 6 carriles desde el km 0+000 (Intercambiador Auquitas) hasta el km 12+700 (Intercambiador Puenbo) y de 4 carriles desde el km 12+700 (Intercambiador Puenbo) hasta el km 17+500 (Intercambiador Alpachaca), incorporado, además, las vías secundarias laterales que han sido incluidas por disposición de las autoridades del IMDMQ.

Las autoridades del IMDMQ han programado la construcción de la autopista (Ruta Sur) para realizarla en dos etapas: en la primera etapa que corresponde al tramo comprendido entre el km 0+000 – km 5+500, que se compone de:



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 6.7.1.1 Anchos y pendientes transversales

Considerando el tipo de vía y el tráfico, se adoptó el ancho de 3.65 metros para ancho de los carriles, en consecuencia el ancho de cada una de las calzadas será de 10.95 metros que corresponde a 3 carriles.

Por tratarse de una autovía con 2 calzadas, la pendiente transversal adoptada es de 2.5 por ciento, 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 efectuará 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.

### 6.7.1.2 Ancho y pendiente de los espaldones

El ancho de los espaldones externos de las calzadas que corresponde a la vía principal o expresa (AUTOVIA), 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, pues las vías se desarrollan en un porcentaje importante de su longitud a media ladera, produciendo cortes de cierta magnitud.

La inclinación transversal adoptada para los espaldones exteriores es del 2.5 por ciento para los tramos en tangente.

Los espaldones internos de las calzadas centrales serán de 1.20 metros, con la misma inclinación (pendiente transversal) que los carriles de tránsito, variando igual que los carriles cuando se requiere de peraltes.

### 6.7.1.3 Junto a los espaldones internos

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

### 6.7.1.4 Elementos junto a los espaldones externos

Junto a los espaldones externos, tanto en secciones en corte como en relleno, se ha diseñado cunetas de desagüe de forma triangular, de 1 metro de ancho con una inclinación 4:1 junto a la calzada. 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  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### 6.7.1.5 Elementos junto a las calzadas cunetas externas de la vía principal

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

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 6.7.1.6 Elementos junto a los parterres externos de la vía principal

Junto a los parterres externos de la vía principal, tanto en secciones en corte como en relleno, se ha diseñado cunetas de desagüe de forma triangular, de 1 metro de ancho con una inclinación 4:1. 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  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### 6.7.1.7 Elementos junto a las cunetas externas de los parterres externos

A cada lado de la autovía (vía principal o expresa), se ha incorporado una calzada lateral de dos carriles de 3.65 metros de ancho por carril, de esta forma el ancho de la calzada será de 7.30 metros

La pendiente transversal adoptada es de 2.0 por ciento con pendiente única hacia la parte externa de la calzada. En los tramos en tangente, el ancho máximo de cada calzada con pendiente única es de 7.30 metros.

En los tramos en curva, el giro de la sección, hasta alcanzar el peralte exigido por el diseño, se efectuará en el eje.

### 6.7.1.8 Elementos junto a las vías laterales

Junto a las vías laterales en su lado externo, tanto en secciones en corte como en relleno, se ha diseñado cunetas de desagüe de forma triangular, de 1 metro de ancho con una inclinación 4:1 junto a la calzada. 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  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Se ha previsto en zonas ya urbanas, tanto en secciones en corte como en relleno aceras laterales de 1.50 m de ancho y un espesor de 0.10 m. las aceras serán revestidas con de hormigón de  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

A continuación se presenta los parámetros de diseño de las secciones transversales definidas (Cuadro 6.8).

**Cuadro 6.8**  
**PARÁMETROS DE DISEÑO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES**

Parámetros	AUTOVIA		VÍAS SECUNDARIAS	
	Anchos (m)		LATERALES	
	0+000	6+000	0+000	5+500
Numero de calzadas	2		2	
Número de Carriles	6		4	
Ancho calzada	10.95		7.30	
Ancho carril	3.65		3.65	
Ancho parterre central	3.00		-	
Ancho parterre lateral (2)			3.00	
Espaldones internos (2)	1.20		-	
Espaldones externos (2)	2.50		-	
Cuneta lateral en corte (2)	1.00		-	
Cuneta lateral en corte o relleno (2)			1.00	
Pendiente transversal calzada %	2.5		2	
Pendiente transversal espaldón %	2.5		-	

### 6.7.2 Secciones para pasos típicos

A lo largo de la Ruta Sur existen caminos importantes que comunican urbanizaciones, centros poblados, haciendas etc., que serán atravesados por la ruta propuesta. Se ha previsto de forma definitiva 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 5.50 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 5.50 metros.

Para una mejor comprensión, estos parámetros se muestran dibujados en los Gráficos 6.1,-6.2, 6.3 y 6.4.

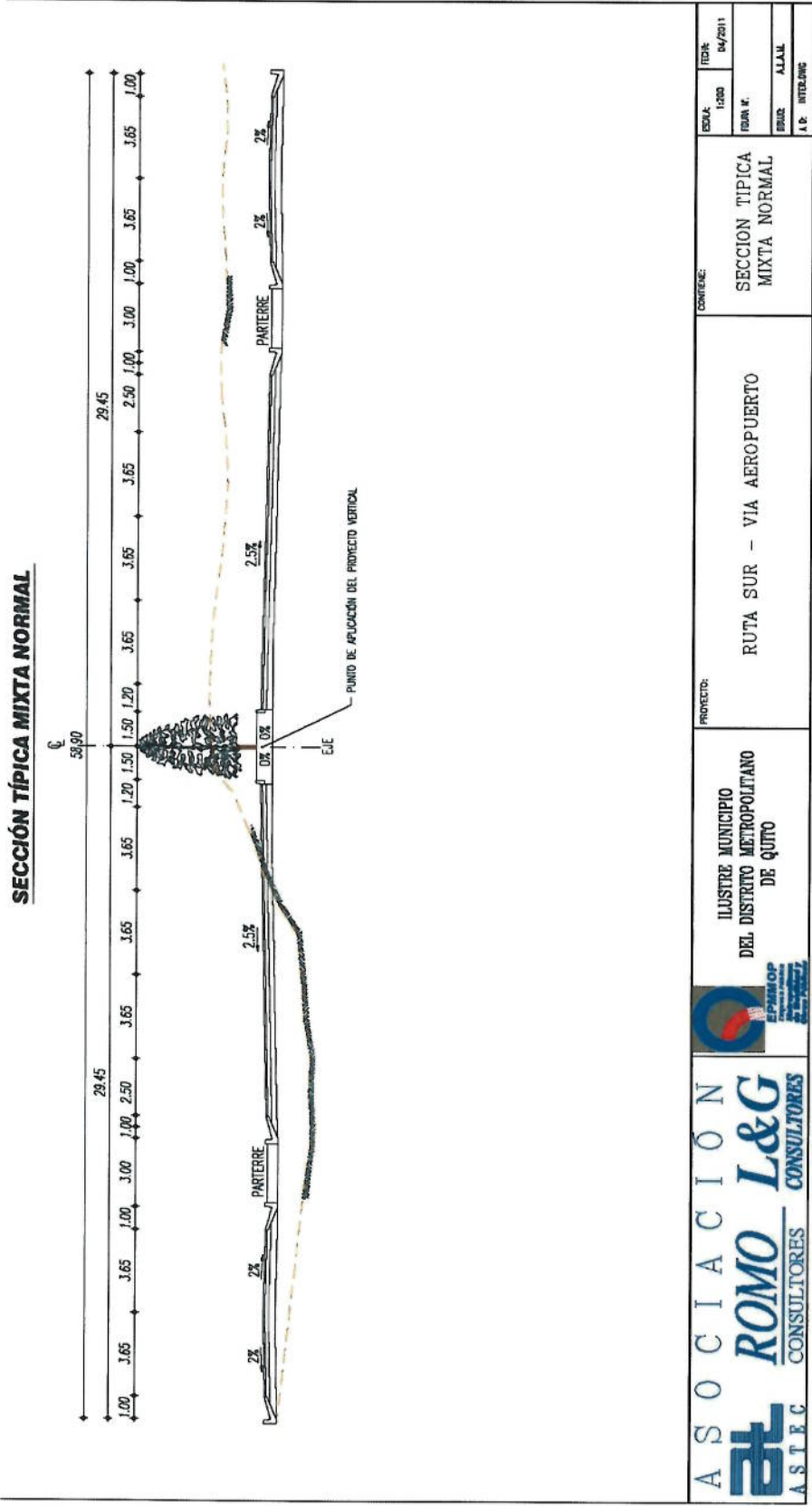
### 6.7.3 Solución para canalización de las vías laterales

A lo largo de la ruta, se han diseñado vías laterales secundarias que están a diferente nivel, las mismas que se conectan entre sí por medio de pasos superiores y a la vez se canalizan a la vía principal por medio de una reducción de los parterres laterales con una longitud adecuada de transición. Se ha previsto la abertura del parterre lateral entre cada tramo de pasos superiores, para que puedan tener acceso, por tanto se da solución con el diseño de un carril de espera que implica la disminución del parterre central de 3.00 m a 0.50 m. en el tramo requerido.

En el Gráfico 6.5 se presenta esquemáticamente esta canalización.

# ASOCIACIÓN ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

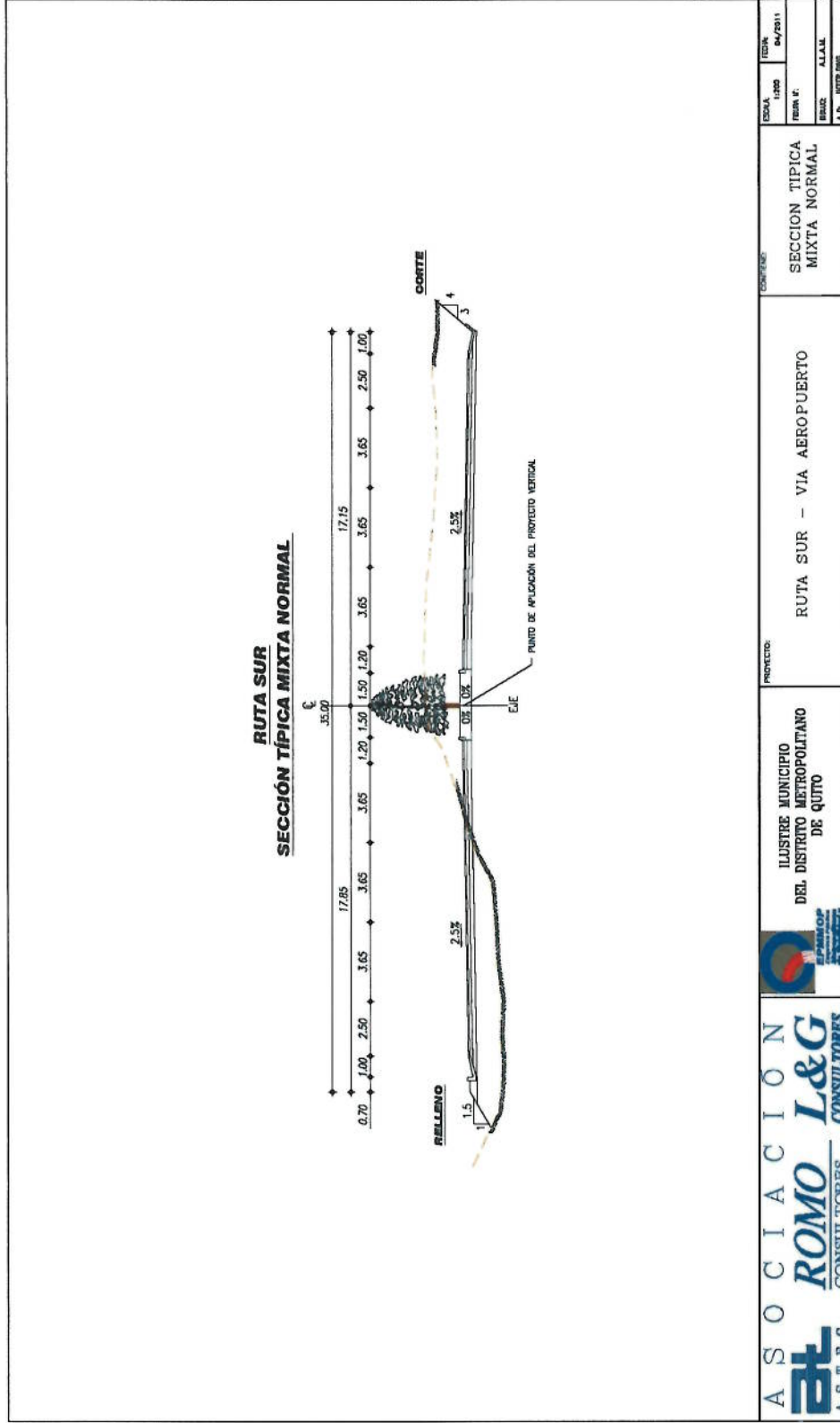
**Gráfico 6.1**  
**SECCIÓN TÍPICA VÍA PRINCIPAL Y VÍAS PARALELAS**






**ASOCIACIÓN  
ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

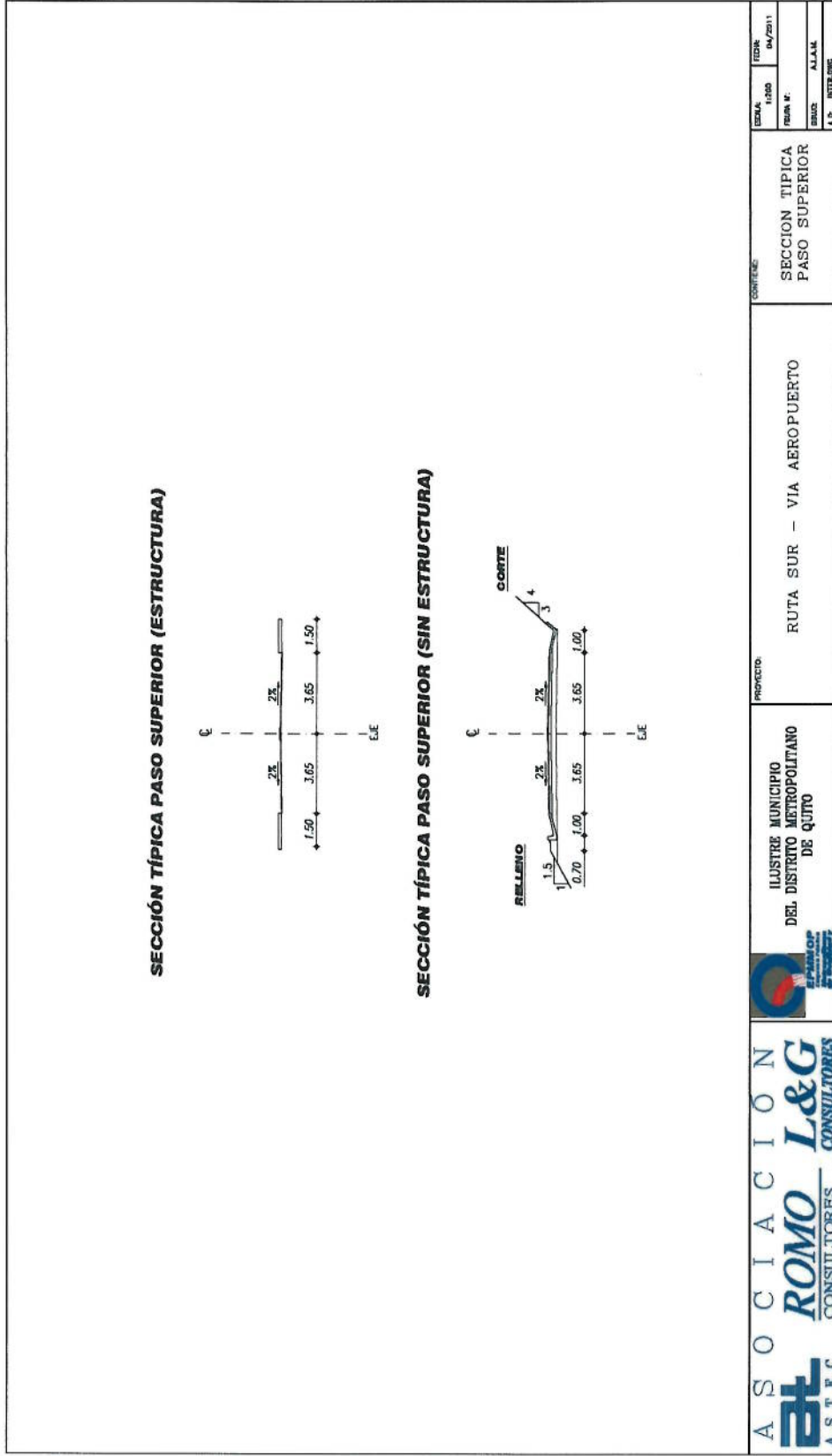
Gráfico 6.2  
**SECCIÓN TÍPICA VÍA PRINCIPAL**



<b>ASOCIACIÓN</b> <b>ROMO L&amp;G</b> CONSULTORES	 ILUSTRE MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	PROYECTO: RUTA SUR - VIA ABERPUERTO	CONTENIDO: SECCION TIPICA MIXTA NORMAL	ESCALA: 1:200	FECHA: 04/2011
				DISEÑO: A.L.A.M.	A.D.: HEBERLIFE

# ASOCIACIÓN ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

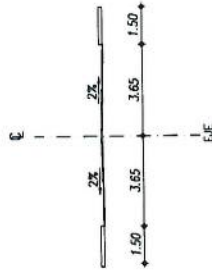
Gráfico 6.3  
SECCIÓN TÍPICA PASOS SUPERIORES



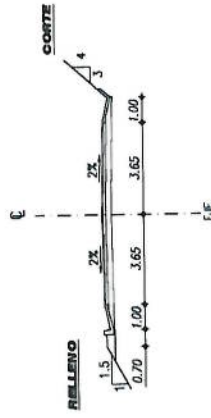
**ASOCIACIÓN  
ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**


**Gráfico 6.4  
SECCIÓN TÍPICA PASOS INFERIORES**

**SECCIÓN TÍPICA PASO INFERIOR (ESTRUCTURA)**



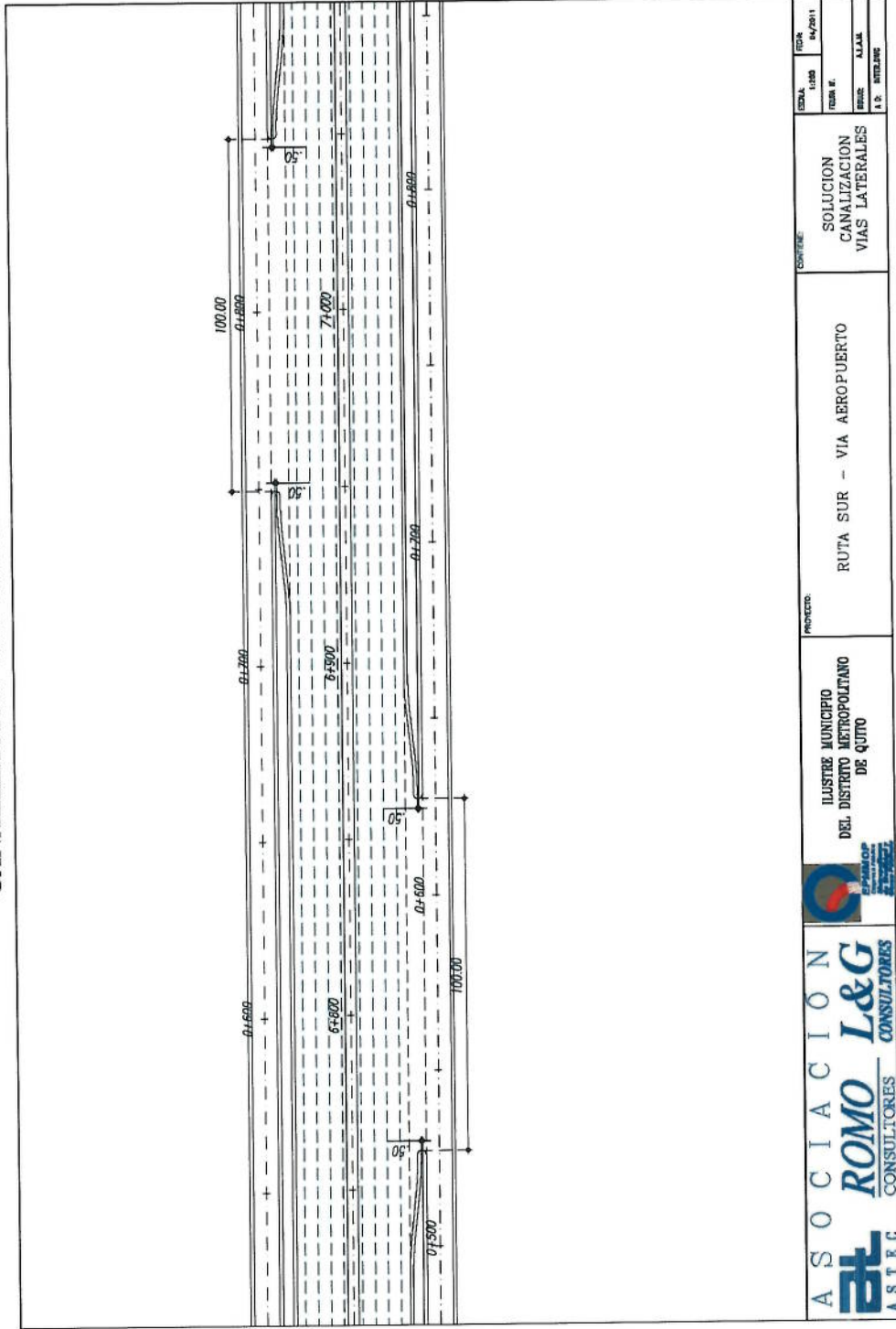
**SECCIÓN TÍPICA PASO INFERIOR (SIN ESTRUCTURA)**




	ILLUSTRE MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	PROYECTO: RUTA SUR - VIA AEROPUERTO	CONTENIDO: SECCION TIPICA PASO INFERIOR
ASOCIACION <b>ROMO L&amp;G</b> CONSULTORES	ILLUSTRE MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	PROYECTO: RUTA SUR - VIA AEROPUERTO	CONTENIDO: SECCION TIPICA PASO INFERIOR
A.S.T.E.C.	F. ROMO CONSULTORES	LEÓN & GODOY CONSULTORES	ESCALA: 1:200 FECHA: 04/2011 DISEÑO: A.L.A.M. VERIFICADO: M.T.E.

**ASOCIACIÓN  
ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

**Gráfico 6.5  
CANALIZACIÓN VÍAS LATERALES**



	ILUSTRE MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	PROYECTO: RUTA SUR - VIA AEROPUERTO	CONTENIDO: SOLUCION CANALIZACION VIAS LATERALES
A S O C I A C I O N <b>ROMO L&amp;G</b> CONSULTORES CONSULTORES		ESCALA: 1:100 FECHA: 04/2011	A P: ING. J. G.



# ASOCIACIÓN

## ASTECC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 6.8 ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL

El alineamiento horizontal del diseño preliminar adoptado por la EPMMOP tuvo que ajustarse a las condiciones actuales, procurando, respetar en lo posible, principalmente las construcciones y las urbanizaciones existentes. Tratándose de una autovía en el diseño geométrico horizontal se han utilizado curvas con espirales cuando el radio de curvatura sea menor a 500 m

Cabe mencionar que, durante el proceso de diseño definitivo de la mencionada Ruta Sur, se dio especial atención a la solución de los cruces de quebradas importantes, considerando la profundidad y amplitud de sus cauces.

El alineamiento vertical también se encuentra enmarcado dentro de las normas. Sobre el perfil longitudinal del terreno, dibujado en escala 1:1.000 y con los perfiles transversales, se realizó el reajuste del proyecto vertical.

Para poder canalizar el tráfico cuando se esta vía se intercepta con otras se ha previsto intercambiadores, localizadas: al inicio en la Av. Simón Bolívar (Intercambiador Auquitas), en el km 1+450 y en la intersección con la Vía a Lumbisí.

En vista de que existen varias urbanizaciones, lotizaciones y centros poblados, se ha previsto pasos superiores e inferiores, a fin de no romper la interconexión de estos centros poblados.

En el Cuadro 6.10 se presenta un resumen de las curvas horizontales y en el Cuadro 6.11 un resumen de las curvas verticales.

### 6.9 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS PLANIALTIMÉTRICAS DE DISEÑO

Para poder continuar con los objetos del estudio, hemos procedido a utilizar la restitución aerofotogramétrica en escala 1:1.000 con curvas de nivel cada 1 metro, ejecutado por el IGM con fotografías aéreas a escala 1:5.000 del año 2010, con coordenadas que corresponden al Plano de Quito WGS 84. Esta restitución abarca el corredor de la ruta en un ancho aproximado de 200 m. Con esta información disponible, hemos procedido a realizar los nuevos diseños de la ruta.

Durante el proceso de diseño se procuró armonizar las normas y secciones típicas adoptadas con las características topográficas prevaletientes. En el diseño geométrico de esta ruta se han definido los alineamientos horizontales, los alineamientos verticales y se ha obtenido una sección transversal adecuada.

Este tramo km 0+000 - km 5+500, se inicia en el Intercambiador denominado Auquitas, proyectado sobre la Av. 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, cruza la vía Cumbayá-Lumbisí, la Urbanización la Primavera y finaliza en la margen izquierda del río San Pedro. Esta importante Ruta también cruza la Vía Perimetral de Quito.

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

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

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

Subtramo	Tipo de terreno	Pendientes transversales máximas
0+000 – 2+800	Montañoso	25 – 75 %
2+800 – 5+500	Ondulado	5 - 25 %

En el Cuadro 6.9 se indica los sitios que requieren de estructuras para dar continuidad a los caminos que van a ser cortados.

**Cuadro 6.9**  
**SITIOS QUE REQUIEREN DE ESTRUCTURAS**  
**(PUENTES, PASOS SUPERIORES E INFERIORES)**

Abcisas	Paso Superior	Paso Inferior	Puente (m)	Observación
0+233.891	x			Inters. Ruta Sur-Av. Simón Bolívar
0+318.211		x		Inters. Av. Simón Bolívar-Rampa 2
0+370.93	x			Cruce Ferrocarril
1+452.658	x			Cruce Ferrocarril
2+790.14		x		Cruce Ruta Sur-Vía Perimetral
3+010.39	x			Cruce Ferrocarril
3+531.369		x		Cruce Ruta Sur- Vía a Lumbisí
3+642.774		x		Cruce Ruta Sur- Vía a Lumbisí
4+259.118	x			Cruce Ruta Sur-La Primavera
4+671.33	x			Cruce Ruta Sur-La Primavera

En el Cuadro 6.12 se muestra un resumen de las características geométricas de esta ruta.

**Cuadro 6.10**  
**RESUMEN DE CURVAS HORIZONTALES**

Punto/ PI	Angulo de deflexión	Radio (m)	Longitud espiral (m)	Lc	Lt	Te
1	163°18'09.56''	65	50	160.261	115.000	473.116
2	6°57'35.27''	1500	-	180.207	182.207	91.216
3	142°26'41.29''	100	75	173.613	323.613	338.309
4	45°48'54.99''	350	120	159.870	399.870	208.566
5	29°41'23.78''	700	75	287.731	437.731	223.121
6	23°02'49.42''	700	75	206.573	356.573	180.281
7	11°09'20.12''	1500	-	292.053	292.053	146.489
8	27°48'34.71''	700	75	264.759	414.759	210.874
9	32°26'29.64''	500	100	183.106	383.106	195.686

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

**Cuadro 6.11**  
**RESUMEN DE CURVAS VERTICALES**

No. PI	Abscisas PIV	Longitud CVL (m)	Pendientes (%)	Cotas (m)
1	0+000	-		2638.315
2	0+875	200	-4.70	2597.190
3	1+755	200	-8.80	2519.750
4	2+055	200	-4.70	2505.650
5	2+705	200	-7.00	2460.150
6	3+005	150	-4.56	24469.455
7	3+350	200	-7.90	2419.200
8	4+105	320	-5.00	2381.450
9	4+500	220	-0.50	2379.475
10	5+465	190	-7.72	2305.000
11	5+560	-	0.00	2305.000

**Cuadro 6.12**  
**RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE DISEÑO**  
**ruta SUR TRAMO: Km 0+000 - Km 5+560**

Velocidad de diseño (kph)	Pendiente	Longitud (metros)	Porcentaje (%)	
110	0.00 – 3.00	490.00	8.81	
100	3.01 – 4.00	-		
90	4.01 – 5.00	2,230.00	40.11	
80	5.01 – 6.00	-		
70	6.01 – 7.00	650.00	11.69	
60	7.01 – 8.80	2,190.00	39.39	
<b>TOTAL</b>		<b>5,560.00</b>	<b>100.00</b>	
Desnivel total tramo (metros)			333.32	
Total pendientes y contrapendientes (metros)			332.32	
Elevación media (m s.n.m)			2,471.66	
Pendiente media (%)			5.95	
Pendiente absoluta (%)			5.95	
Longitud de bajadas (m)			5,560.00	
Longitud de subidas (m)			-	
Diferencia de nivel de bajadas (m)			332.32	
Diferencia de nivel de subidas (m)			-	
Velocidad de diseño (km/h)	Radios en Curvas horizontales	Número 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	2,066.43	71.13
100	350 – 439	1	399.87	13.76
90	275 – 349			
80	210 – 274			
70	160 – 209			
60	115 – 159			
50	80 – 114	2	438.61	15.10
<b>Número Total</b>		<b>9</b>	<b>2,904.91</b>	<b>100.00</b>
Curvatura total (grados)			482.67	
Grado de curvatura (grados/km)			86.81	

## **7. DISEÑO DE INTERCAMBIADORES, INTERSECCIONES Y PASOS PEATONALES**

### **7.1 CONSIDERACIONES GENERALES**

Para el diseño de los intercambiadores se analizó 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 pertinentes, así como, llegar a conclusiones y recomendaciones adecuadas.

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 adecuada del tipo de intercambiador o intersección, que 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 efecto del derecho de vía, será afectada por un intercambiador o una intersección, cuyo alto costo fue un limitante que influyó en la adopción del tipo de intercambiador requerido.

#### **7.1.1 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 tráfico; 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 procuró utilizar conexiones directas, especialmente cuando los volúmenes de tráfico son elevados. Los giros a la derecha, dada su naturaleza, permiten con más facilidad la conexión directa con las rampas hacia las vías secundarias, existiendo poca posibilidad de que se produzca confusión alguna en el conductor usuario de la vía.

#### **7.1.2 Topografía**

En general, las características del terreno sobre el cual se desarrolla la Ruta sur corresponden a una topografía ondulada-montañosa que ofrece cierto problema para el diseño de las rampas; en todo caso en estos diseños se ha procurado encuadrar los parámetros del proyecto dentro de las condiciones topográficas del lugar, aprovechando los desniveles en la mejor forma posible.

#### **7.1.3 Seguridad**

Entre las características de una correcta operación que debe tener un intercambiador para su correcta operación, está la de funcionar con un mínimo de conflictos en la circulación entre los vehículos que giran y los que continúan en los flujos principales de tráfico. Esto se ha conseguido mediante el diseño específico de carriles de cambio de velocidad, que eliminan en el conductor el



# ASOCIACIÓN

## ASTECC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

empleo de maniobras peligrosas en su intento por salir o por incorporarse a un nuevo flujo de tráfico.

### 7.2 NORMAS DE DISEÑO

Para realizar los diseños definitivos de los intercambiadores e intersecciones, en general, se ha seguido 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 como los Españoles que recomiendan Normas para diseño de vías suburbanas. Estas normas facilitaron la adopción de los valores de diseño que presentan las características que se indican a continuación:

#### 7.2.1 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 la Ruta Sur y vías que esta interseca. La velocidad de diseño varía entre 30 y 70 kilómetros por hora.

El alineamiento horizontal se realizó siguiendo las características existentes de las rutas 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 vía 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 la nueva corriente de tráfico.

En el Cuadro 7.1 y 7.2 se presentan los valores recomendables de velocidad y de radios de curvatura con relación a la velocidad de diseño de la vía principal. La velocidad de diseño utilizada varía entre 30 y 70 kilómetros por hora.

**Cuadro 7.1**  
**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

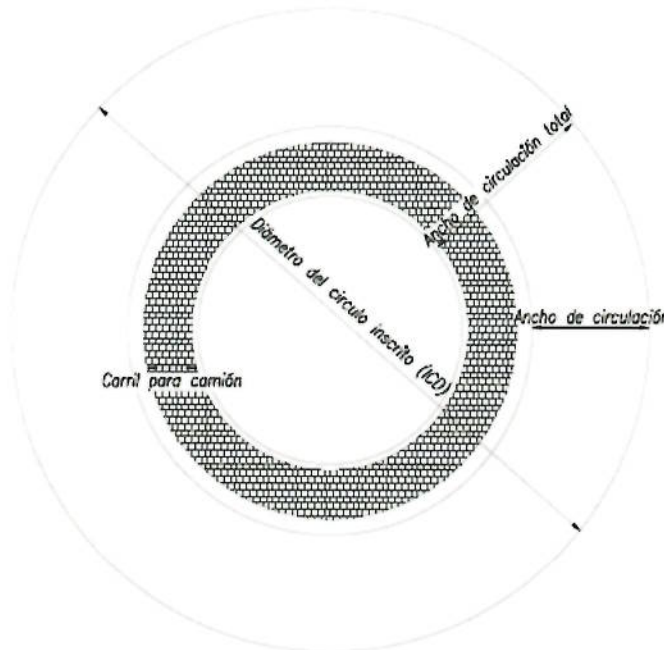
**Cuadro 7.2**  
**RADIOS MÍNIMOS PARA CURVAS EN RAMALES O LAZOS**

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

Para el caso de los Intercambiadores del km 1+453 y Lumbisi, se ha considerado como solución adecuada la denominada Glorieta (rotonda), y se ha incorporado las normas que se indican en el cuadro 7.3, normas que relacionan el diámetro circunscrito (ICD) con el tipo de vehículo, obteniéndose el ancho de carril para cada tipo de vehículo.

**Cuadro 7.3**  
**LONGITUD MINIMA DE LOS CARRILES DE CIRCULACIÓN EN ROTONDAS**  
**Ancho de la calzada de la Rotonda**



ICD	VEHICULO DE DISEÑO						
	P	SU	BUS	A-BUS	WB-40	WB-50	WB-67*
115	12	16	18	19	21	25	41
125	11	15	17	18	20	24	36
150	11	15	16	17	18	21	29
175	11	14	16	16	17	20	26
200	11	14	15	16	17	19	23

**Ancho Mínimo (pies)**

**Nota:** Añadir 4 pies al ancho en las principales rutas de camiones para el vehículo WB-67  
 Las dimensiones del cuadro están en pies.



# ASOCIACIÓN

## ASTECS - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 7.2.2 Alineamiento Vertical

Para el alineamiento vertical se procuró mantener el diseño 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 corresponde a los ejes de cada rampa, siendo además el eje de giro para el desarrollo de los peraltes.

Para determinar las longitudes de las curvas verticales se utilizan 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-7.4 se indican los diversos valores de K para las diferentes velocidades de diseño para curvas verticales Convexas y Cóncavas.

**Cuadro C-7.4**  
**CURVAS VERTICALES CONVEXAS Y CÓNCAVAS MÍNIMAS**

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

### 7.2.3 Peraltes

En función de la velocidad de diseño y en función de la velocidad de los radios de curvatura adoptados se ha determinado el peralte en porcentaje, con cierto grado de variación, asumiendo los valores que se registran en el Cuadro 7.5. La longitud de desarrollo fue establecida de acuerdo a las pendientes longitudinales utilizadas para la sobre elevación del borde exterior de la rampa.

**Cuadro 7.5**  
**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		

Radios (m)	Velocidad de diseño (km/h)					
	25	30	40	50	60	70
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.

#### 7.2.4 Secciones Transversales

A continuación se describen los parámetros de las secciones típicas utilizadas.

##### 7.2.4.1 Rotonda de 2 carriles intercambiador km 1+453

Con relación al dimensionamiento cabe indicar que en la rotonda, debido al vehículo seleccionado para el diseño, que es un A-BUS, y de acuerdo al diámetro adoptado para la rotonda (30.00 m), este vehículo requiere un carril con un ancho de 5,80 m que se ubicará como carril derecho; en cambio, se asume que el carril izquierdo va a ser utilizado por vehículos livianos (SU), condición que requiere de un ancho de 4.90 m.

##### Ancho de las Calzadas y Pendiente Transversal

En resumen se ha adoptado:

- Una calzada de 10.70 metros de ancho.
  - Un carril derecho de 5.80 metros de ancho.
  - Un carril izquierdo de 4.90 metros de ancho.
- La pendiente transversal adoptada es de 2%, con pendiente única hacia la parte externa de la calzada.
- En los tramos en curva, el giro de la sección, hasta alcanzar el peralte exigido por el diseño, se ha establecido de acuerdo al ancho de la calzada; el punto de giro para el peralte corresponde al eje.

##### Elementos junto a la calzada

- Junto al borde exterior e interior de la calzada se han diseñado aceras de 1.00 m de ancho. Las aceras serán construidos con hormigón de  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

##### 7.2.4.2 Rotonda de 2 carriles intercambiador Lumbisi

El dimensionamiento de la rotonda corresponde al vehículo seleccionado para su diseño, que es un WB-50 (Camión), y de acuerdo al diámetro adoptado para la rotonda (85 - 100 m), con estos supuestos el vehículo requiere un carril de un ancho de 5,80 m que se ubicará como carril derecho; se asume que el carril izquierdo va a ser utilizado por vehículos livianos y buses (Bus), y requiere de un ancho de 4.60 m, el espaldón interno será de 1.20 m ubicado junto a la plaza central. El espaldón externo será de 2.50 m., con el objeto de dar continuidad de concepto y función normado para la autovía, y mantener el ancho del espaldón adoptado para esta, y estará marcado por la señalización horizontal.



Ancho de las Calzadas y Pendiente Transversal

En resumen para el diseño se ha considerado las siguientes dimensiones para los componentes del intercambiador.

- Una calzada de 10.40 metros de ancho.
  - Un carril derecho de 5.80 metros de ancho.
  - Un carril izquierdo de 4.60 metros de ancho.
  - Un espaldón interno de 1.20 metros de ancho.
  - Un espaldón externo de 2.50 metros de ancho.
- La pendiente transversal adoptada es de 2%, con gradiente única hacia la parte externa de la calzada.
- En los tramos en curva, el giro de la sección, hasta alcanzar el peralte exigido por el diseño, se ha establecido de acuerdo al ancho de la calzada; el punto de giro para el peralte corresponde al eje.

Elementos junto a la calzada

- Junto al borde exterior e interior de la calzada se han diseñado aceras de 1.50 m de ancho. Las aceras serán construidas con hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

7.2.4.3 Rampas

De acuerdo al volumen de tráfico señalado en el estudio de tráfico, se establecieron las secciones transversales de las rampas, existiendo variaciones en lo que hace relación con el anchos y número de carriles.

En el Cuadro 7.6 se presenta el dimensionamiento utilizado para las rampas en sección normal.

**Cuadro C-7.6**  
**ANCHO DE CALZADA EN RAMPAS NUEVAS PARA ALINEACIONES**  
**EN TANGENTE**

Rampas	Ancho Pavimento (m)	Ancho Espaldón (m)	
		Izq.	Der.
1 carril-1 sentido	4.30	0.50	2.50
2 carriles-1 sentido	7.30	0.50-1.20	2.50

*Nota:* Dependiendo de la ubicación del intercambiador se ha incluido en algunos casos el diseño de aceras peatonales con un ancho de 1.50 metros.

Se ha adoptado el ancho de pavimento de 4.30 metros con espaldón de 2.50 metros para rampas que llevan tráfico en un solo sentido lo cual, permite la posibilidad de rebasar a un vehículo estacionado y garantiza una operación continua sobre 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.

# ASOCIACIÓN

## ASTECC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

En los Gráficos 7.1 y 7.2 se muestra las secciones típicas de las rampas utilizadas para el diseño de los intercambiadores.

### 7.2.5 Terminales de Ramales o Lazos

Se ha definido como terminales de ramales o lazos, aquella porción adicional de vía que se desarrolla hacia un lado de la misma vía, tanto a la entrada como a la salida de los ramales, que enlazan con la vía principal, también constituyen los carriles de cambio de velocidad.

Existen dos tipos de carriles de cambio de velocidad, el paralelo y el esviado; se ha utilizado el segundo. Este tipo consiste en una salida hacia el ramal o lazo, o una entrada desde estos hacia la calzada de la vía principal, mediante una variación en la alineación del borde externo de la calzada, utilizando una deflexión bastante pequeña.

Este tipo de esviaje utilizado a la entrada y a la 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 esviajamiento 50:1 (distancia longitudinal para cada unidad de desplazamiento transversal). Cuando se trate de un desarrollo en una zona urbana se ha considerado esviajamientos mínimos de 30:1

## 7.3 INTERCAMBIADORES DISEÑADOS

### 7.3.1 Intercambiador Auquitas

#### 7.3.1.1 Tipo de Intercambiador

El intercambiador enlaza los tráficos de tres ramales, en una intersección de tipo "Trompeta", pues, el proyecto Prolongación Ruta Sur, cruza por debajo de la Av. Simón Bolívar en el sentido oriente occidente y viceversa.

Este intercambiador está ubicado en la intersección de la Av. Simón Bolívar con el proyecto Ruta Sur km 0+233, (San Juan Alto). El sitio escogido para el desarrollo de este intercambiador está caracterizado por una topografía montañosa.

Se aprovechó el sitio para que el proyecto Ruta Sur pase Bajo la Av. Simón Bolívar, condición que sirvió para el desarrollo de dos rampas, una de las cuales hace un lazo antes de empatare con la Av. Simón Bolívar, mientras que para los giros derechos se diseñaron rampas diagonales, completando de esta forma un intercambiador tipo "Trompeta". También se diseñó una rampa de giro izquierdo que permite la canalización del tráfico que viene del sur por la Av. Simón Bolívar hacia la Ruta Sur, esto debido a que no fue posible la conexión mediante un giro derecho con una rampa diagonal por cuanto existen muchas construcciones y el desnivel es grande.

En síntesis, este intercambiador se compone de cuatro rampas que ocupan un área mínima y que para su cruce requiere de dos estructuras.

En el diseño geométrico del intercambiador se puso énfasis en proveer al tráfico de cómodos empates en las entradas y salidas de las rampas. El cruce de las dos vías se realiza en el medio de una tangente, debiendo la rampa tipo lazo empatar en esta tangente.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

Para evitar posibles conflictos en el sector, se diseñó un carril de aceleración y otro de deceleración del tipo esviado lo suficientemente largo como para que el tráfico que sale tanto del lazo a 40 km/h como el que sale de las rampas diagonales a 60 km/h entre a la vía principal con una velocidad de aproximadamente 80 km/h

Topográficamente, el sector presenta ciertas dificultades. Sin embargo el tipo de intercambiador seleccionado es el que mejor se adapta a la topografía existente y cumple con los requerimientos de tráfico.

En su diseño se ha considerado que la Av. Simón Bolívar conservará el mismo trazado que actualmente tiene y que su rasante mantendrá las mismas características, de tal forma que para garantizar la fluidez del tráfico vehicular sobre esta avenida; y en consecuencia el diseño de la Ruta Sur se ha efectuado canalizando los ramales que cruzan la av. Simón Bolívar por debajo de esta, mediante lazos deprimidos tanto de norte a sur como de sur a norte.

### 7.3.1.2 Características del Intercambiador

Las características técnicas de diseño en el alineamiento horizontal de los elementos del intercambiador están, por lo general, supeditadas a las de las avenidas principales que enlazan. La velocidad de diseño utilizada es de 40 y 60 km/h, las cuales se han fijado con base o factores como: tipo de ramal o lazo, volumen de tráfico y topografía. Se ha diseñado una rampa del tipo lazo y ramales de conexión directa; dada su naturaleza fue posible la utilización de alineamientos horizontales más cómodos para el conductor.

El alineamiento vertical se mantuvo dentro de las normas recomendables con una pendiente máxima del 4.7% para el ramal principal (Ruta Sur), para las rampas se ha utilizado pendientes longitudinales máximas del 10.30%, necesaria para unir 2 puntos obligados, si bien las normas aceptan en casos excepcionales hasta el 12%. En las rampas de aceleración y deceleración se ha tenido especial cuidado de relacionar sus longitudes con las pendientes adoptadas, a fin de obtener un balance entre estos dos elementos.

Las curvas verticales utilizadas tienen longitudes siempre mayores a las requeridas, criterio suficiente para obtener seguridad, comodidad y buena apariencia.

Se procuró obtener una adecuada visibilidad de los ramales de entrada y salida de las vías principales y las rampas, mediante perfiles longitudinales que permitan al conductor una amplia visión, reduciendo así cualquier indecisión y disminuyendo por tanto, los riesgos de accidente.

El diseño de los perfiles de los ramales se efectuó en función del borde interno del pavimento, para permitir un mejor enlace entre ramales con las vías principales.

Los peraltes fueron determinados en función del radio de curvatura y la respectiva velocidad de diseño, con las limitaciones regulares para intercambiadores. La longitud para su desarrollo fue establecida adoptando cómodas pendientes longitudinales para la sobre elevación del borde exterior de la vía.

En lo posible se ha tratado de uniformar la configuración de los carriles para cambio de velocidad, en forma tal que los usuarios que circularán por ella se familiaricen con dichas entradas y salidas de las calzadas principales de la autopista y desde los ramales, evitando que la utilización de accesos de diferente tipo puedan originar dificultad de comprensión de los consiguientes obstáculos para incorporarse a los flujos de tráfico.

### **7.3.2 Intercambiador km 1+453**

El tipo de intercambiador escogido es el denominado "Diamante", el mismo que enlaza el tráfico de 4 ramales, los cuales se canalizan por medio de curvas horizontales de radios variables, y se puede realizar todos los giros mediante dos rotondas ubicadas sobre la plataforma del ferrocarril y también permiten la conexión a las vías secundarias laterales proyectadas. En total este intercambiador está integrado por 6 rampas que ocupan un área reducida. Para el cruce se requiere de una estructura.

El diseño vertical de los ramales se efectuó en función del eje de cada calzada del pavimento, para permitir un mejor enlace entre ramales con las vías principales.

#### 7.3.2.1 Tipo de Intercambiador

Este Intercambiador está ubicado en la intersección del proyecto Ruta Sur km 1+453 con la línea de Ferrocarril que actualmente se lo usa como vía para la circulación vehicular de los diferentes barrios, enlaza los tráficos de cuatro ramales, en una intersección del tipo "Cruz +", pues la Ruta Sur, se desarrolla en el sentido norte-sur y viceversa, mientras que la abandonada plataforma de la línea férrea se desarrolla en el sentido este-oeste y viceversa. El sitio escogido para el desarrollo de este intercambiador está caracterizado por una topografía montañosa

En el diseño se ha considerado que la plataforma de la línea férrea se desarrolle tal como está actualmente y que su rasante se conserve en las mismas condiciones planialtimétricas, en consecuencia para evitar conflictos de cruce de la Ruta Sur, se ha diseñado considerando un cruce a desnivel, desarrollando a este por debajo del cruce con el ferrocarril.

Los ramales que llegan a esta intersección van a tener volúmenes moderados de tráfico circunstancia que permite que el giro izquierdo que se debía realizar en la Ruta Sur se materialice mediante conexiones derechas sin ningún problema y se evita la abertura del parterre central, por lo tanto se prevé que deban existir todos los giros.

#### 7.3.2.2 Características del Intercambiador

Las características de diseño en lo que hace relación con el alineamiento horizontal de los elementos del intercambiador están supeditadas a las de las vías principales que convergen al mismo. La velocidad de diseño utilizada es de 40 y 60 km/h, las cuales se han establecido con base a factores tales como: tipo de ramal o lazo, volumen de tráfico y topografía.

El trazado vertical se mantuvo dentro de las normas recomendables con una pendiente máxima del 4.7% para el ramal principal (Ruta Sur), para las rampas se ha utilizado pendientes longitudinales máximas del 14% que ha sido necesario emplearlas para unir 2 puntos obligados (vías secundarias laterales). En las rampas de aceleración y deceleración se ha tenido especial cuidado de relacionar sus longitudes con las pendientes adoptadas, a fin de obtener un balance entre estos dos elementos.

Las curvas verticales utilizadas tienen longitudes siempre mayores a las requeridas por las normas, criterio suficiente para obtener seguridad, comodidad y buena apariencia.

Se procuró obtener una adecuada visibilidad en los ramales de entrada y salida desde o hacia las vías principales y las rampas, mediante perfiles longitudinales que permitan al conductor una



amplia visibilidad, reduciendo así cualquier indecisión por parte del conductor y por tanto, disminuyendo los riesgos de accidente.

El diseño de los perfiles de los ramales se efectuó en función del borde interno del pavimento, para permitir un mejor enlace entre ramales con las vías principales.

Los peraltes fueron determinados en función del radio de curvatura y la respectiva velocidad de diseño, con las limitaciones regulares para intercambiadores. La longitud para su desarrollo fue establecida adoptando pendientes longitudinales cómodas para la sobre elevación del borde exterior de la vía.

En lo posible se ha tratado de uniformar la configuración de los carriles para cambio de velocidad, en forma tal que los conductores se familiaricen con dichas entradas y salidas desde y hacia las vías principales, así como, de los ramales, evitando que la utilización de diferentes tipos de acceso, puedan originar dificultades de comprensión y los consiguientes obstáculos para la circulación de los flujos de tráfico.

### **7.3.3 Intercambiador Lumbisí**

#### **7.3.3.1 Tipo de Intercambiador**

El tipo de intercambiador escogido es el denominado "Glorieta de dos niveles", el mismo que enlaza el tráfico de 4 ramales, los cuales se canalizan en la misma por medio de curvas horizontales de radios variables, pueden realizar todos los giros mediante una rotonda ubicada sobre la vía Cumbayá-Lumbisí y también permiten la conexión a las vías secundarias laterales proyectadas. En total este intercambiador se compone de cinco rampas que ocupan un área reducida y que para su cruce requiere de dos estructuras de hormigón.

El diseño vertical de los ramales se ha efectuado en función del eje de cada calzada, para permitir un mejor enlace entre ramales con las vías principales.

Este Intercambiador está ubicado en la intersección del proyecto Ruta Sur km 3+590 con la vía Cumbayá-Lumbisí, enlaza los tráficos de cuatro ramales, en una intersección del tipo "Cruz" (+), pues la Ruta Sur, se desarrolla en el sentido este-oeste y viceversa, mientras que la vía Cumbayá-Lumbisí se desarrolla en el sentido norte-sur y viceversa. El sitio escogido para el desarrollo de este intercambiador está caracterizado por una topografía ondulada.

En el diseño se ha considerado que la vía Cumbayá-Lumbisí se desarrolle a nivel, tal como está localizada actualmente introduciendo una rotonda, de tal forma que para agilizar la fluidez del tráfico vehicular en el proyecto Ruta Sur esta debe Cruzarlo a desnivel mediante una estructura que permita que esta se desarrolle por encima de la ronda y vía Cumbayá-Lumbisí.

Los ramales que llegan a esta intersección van a tener volúmenes de tráfico altos, por lo tanto se ha previsto dotarla de todos los elementos y enlaces que permitan todos los giros que deban existir todos los giros.

#### **7.3.3.2 Características del Intercambiador**

Las características de diseño en el alineamiento horizontal de los elementos del intercambiador están, por lo general, supeditadas a las de las avenidas principales. La velocidad de diseño utilizada es de 40 y 60 km/h, las cuales se han fijado en base de factores como: tipo de ramal o lazo, volumen de tráfico y topografía. Se ha diseñado una rampa del tipo rotonda y ramales de

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

conexión directa; dada su naturaleza fue posible la utilización de alineamientos horizontales más cómodos para el conductor.

El alineamiento vertical se mantuvo dentro de las normas recomendadas con una pendiente máxima del 5% para el ramal principal (Ruta Sur), para las rampas se ha utilizado pendientes longitudinales máximas del 10.75%, necesaria para unir 2 puntos obligados. En las rampas de aceleración y deceleración se ha tenido especial cuidado de relacionar sus longitudes con las pendientes adoptadas, a fin de obtener un balance entre estos dos elementos.

Las curvas verticales utilizadas tienen longitudes siempre mayores a las requeridas, criterio suficiente para obtener seguridad, comodidad y buena apariencia.

Se procuró obtener una adecuada visibilidad de los ramales de entrada y salida de las vías principales y las rampas, mediante perfiles longitudinales que permitan al conductor una amplia visión, reduciendo así cualquier indecisión, y por tanto disminuyendo los riesgos de accidente.

El diseño de los perfiles de los ramales se efectuó en función del borde interno del pavimento, para permitir un mejor enlace entre ramales con las vías principales.

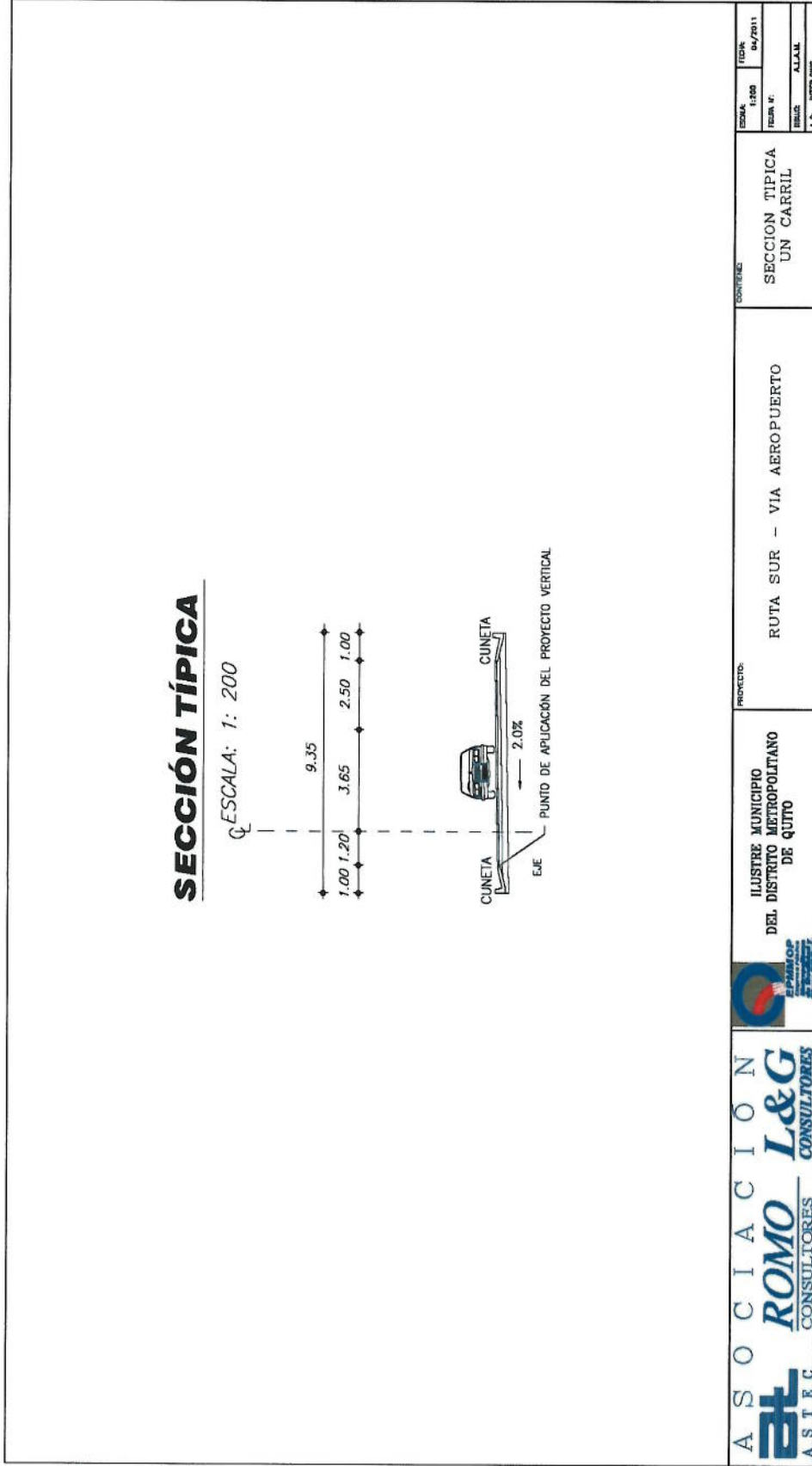
Los peraltes fueron determinados en función del radio de curvatura y la respectiva velocidad de diseño, con las limitaciones regulares para intercambiadores. La longitud para su desarrollo fue establecida adoptando cómodas pendientes longitudinales para la sobreelevación del borde exterior de la vía.

En lo posible se ha tratado de uniformar la configuración de los carriles para cambio de velocidad, en forma tal que, los conductores se familiaricen con dichas entradas y salidas desde y hacia las vías principales y los ramales, evitando que la utilización de diferentes tipos de accesos puedan originar dificultad de comprensión y los consiguientes obstáculos para el flujo de tráfico.

En los Gráficos 7.3 al 7.5 se muestra los intercambiadores diseñados.

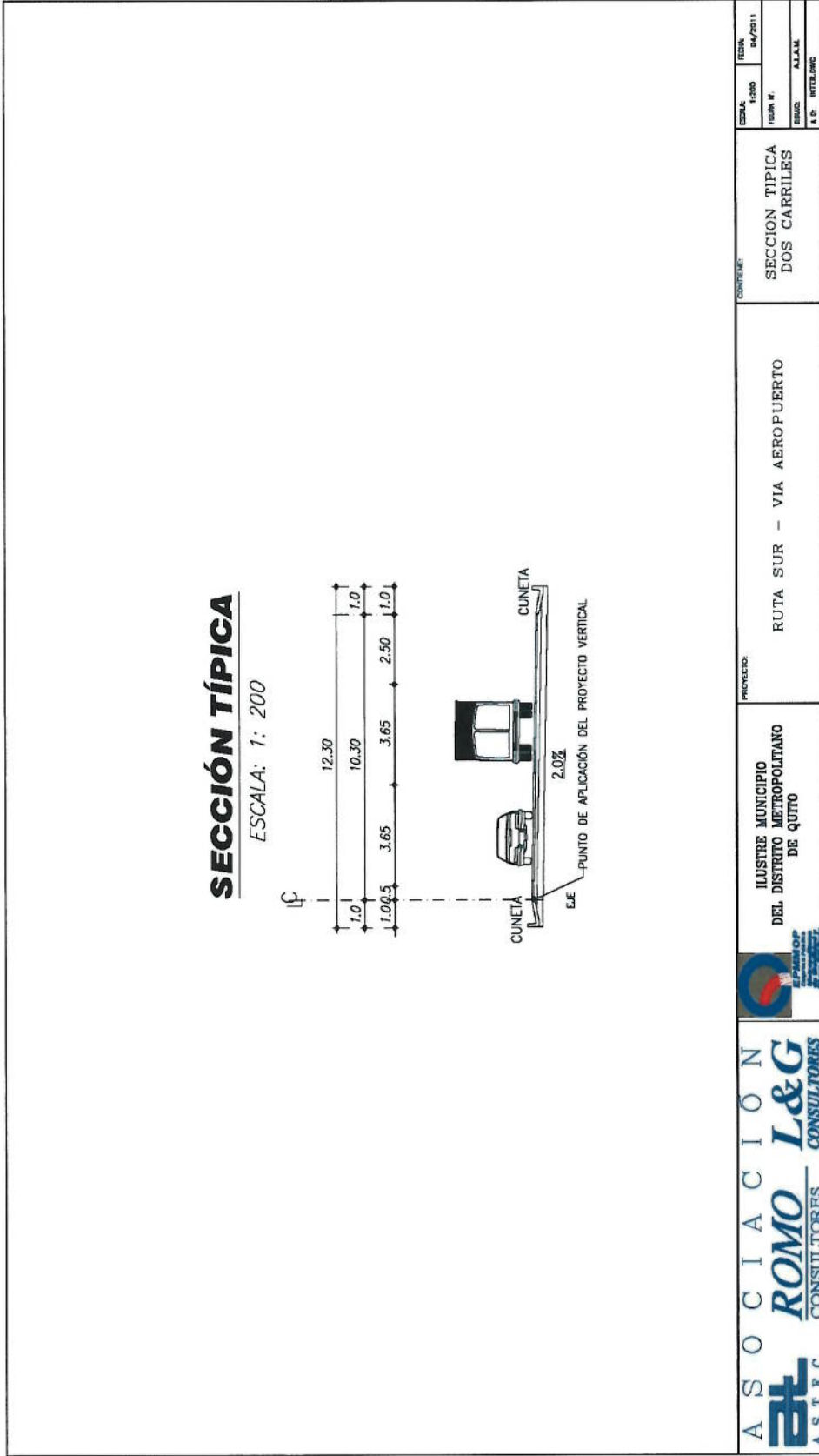
**ASOCIACIÓN  
ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

**Gráfico 7.1  
SECCIÓN TÍPICA RAMPA 1 CARRIL**



**ASOCIACIÓN  
ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

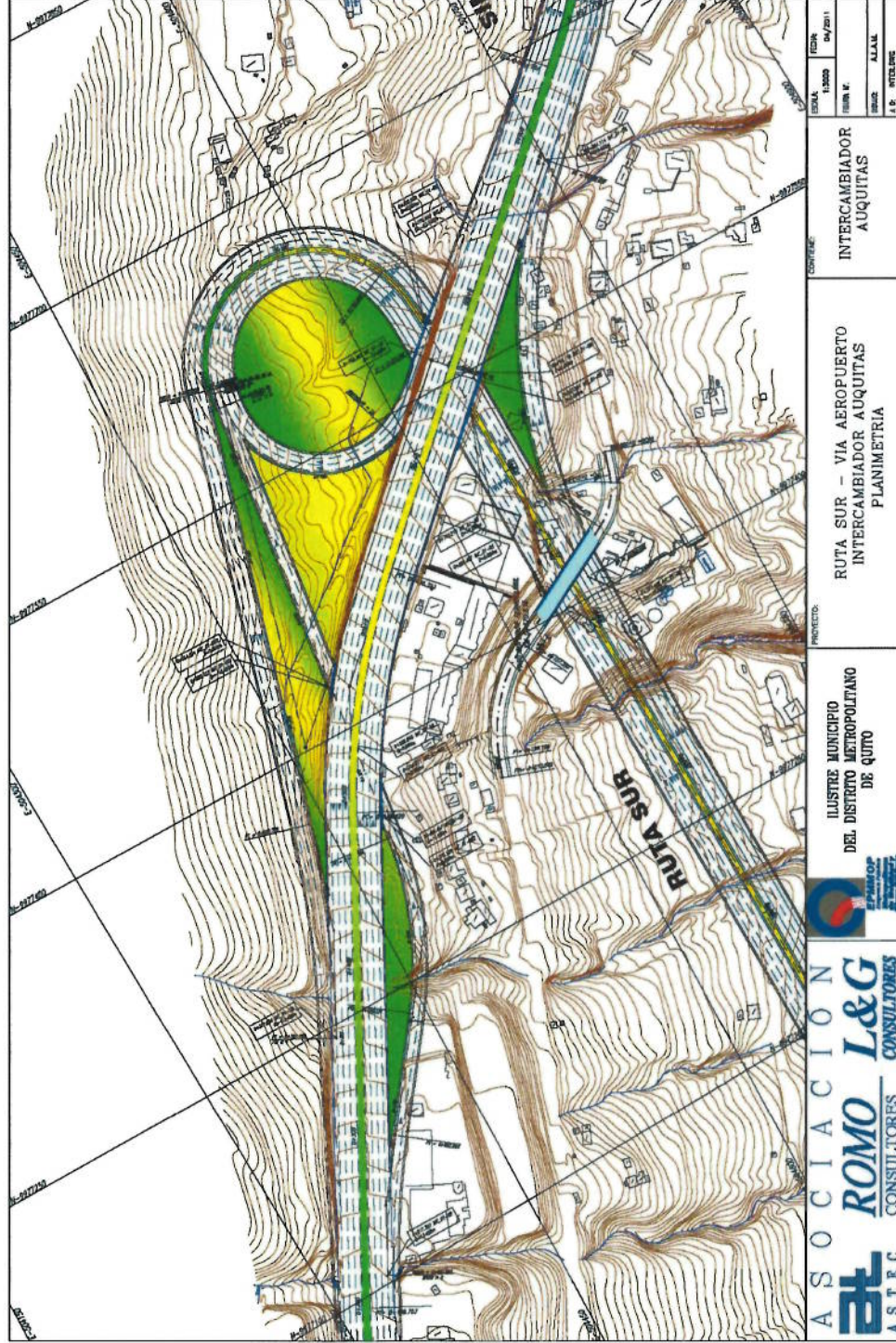
Gráfico 7.2  
**SECCIÓN TÍPICA RAMPA 2 CARRILES**





**ASOCIACIÓN  
ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

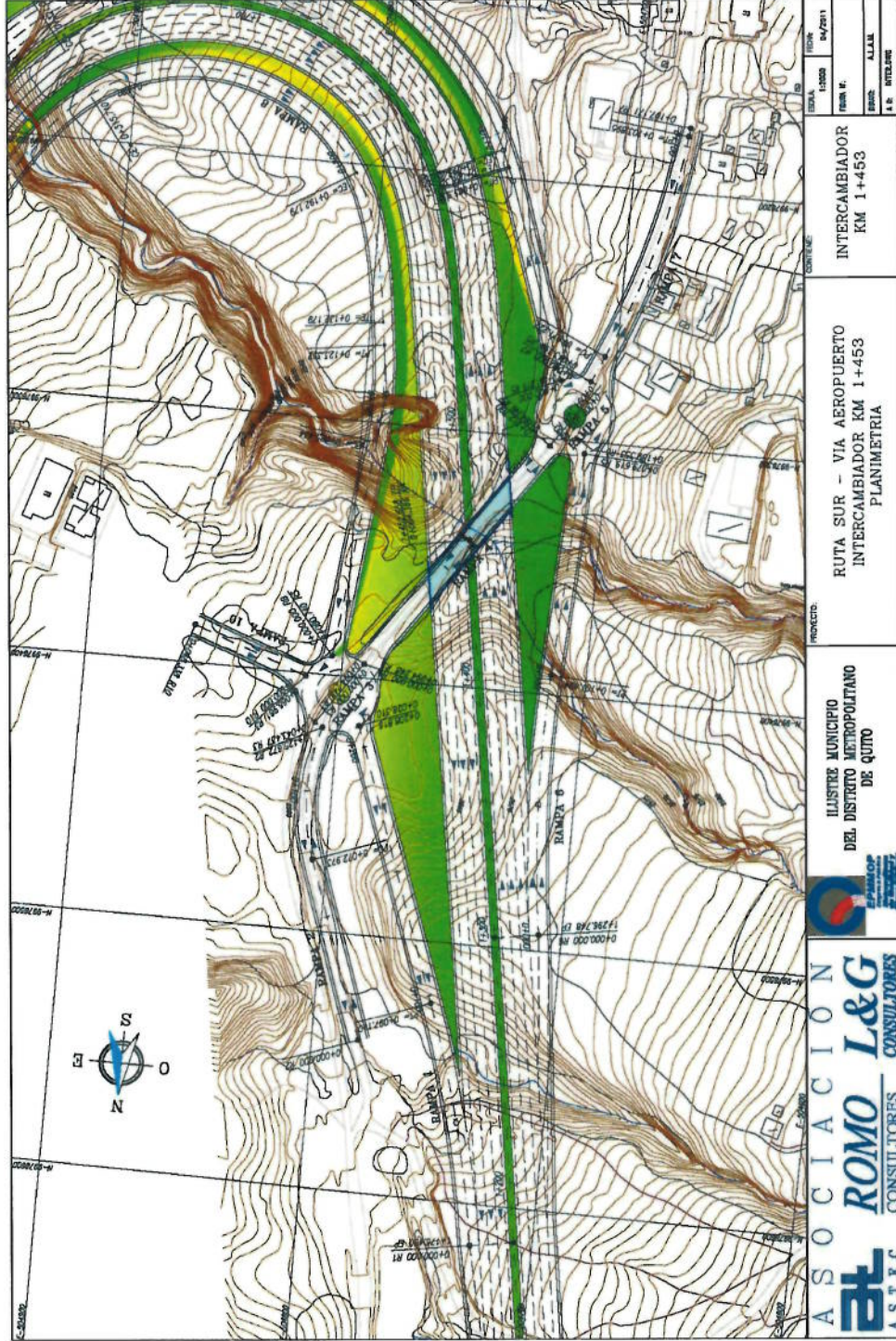
Gráfico 7.3  
INTERCAMBIADOR AUQUITAS





**ASOCIACIÓN  
ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

Gráfico 7.4  
INTERCAMBIADOR KM 1+453

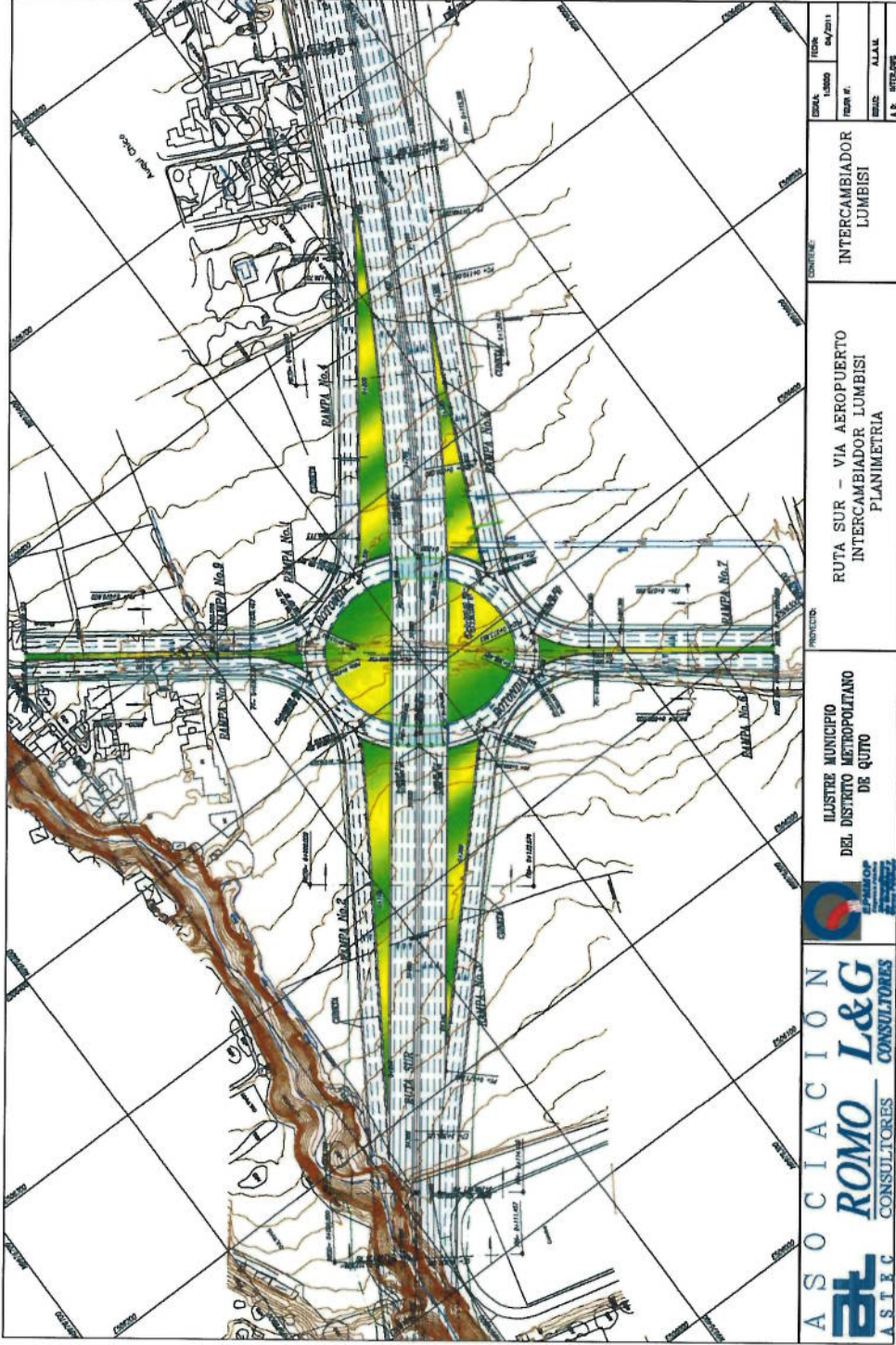


 <b>ASOCIACIÓN ASTEC</b> CONSULTORES	 <b>ROMO L&amp;G</b> CONSULTORES	 ILLUSTRE MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	PROYECTO: <b>RUTA SUR - VIA AEROPUERTO          INTERCAMBIADOR KM 1+453          PLANIMETRIA</b>
CONTRATE: <b>INTERCAMBIADOR          KM 1+453</b>		FECHA: 14/05/2011	
ESCALA: 1:10000		FORM. N.º: AL.111	
DISEÑADO: L. R.		DIBUJADO: L. R.	



**ASOCIACIÓN  
ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

Gráfico 7.5  
INTERCAMBIADOR LUMBISI



## 7.4 PASOS PEATONALES

### 7.4.1 Criterios generales

#### 7.4.1.1 Trazado geométrico

El proyecto vial primera Etapa desarrolla entre el intercambiador Auquitas en la abscisa 0+000 y el km 5+560 antes del puente sobre el Río San Pedro, La vía tiene un ancho de 35m, con un parterre central, tres carriles por lado y sus respectivos espaldones, cunetas y anchos para protecciones.

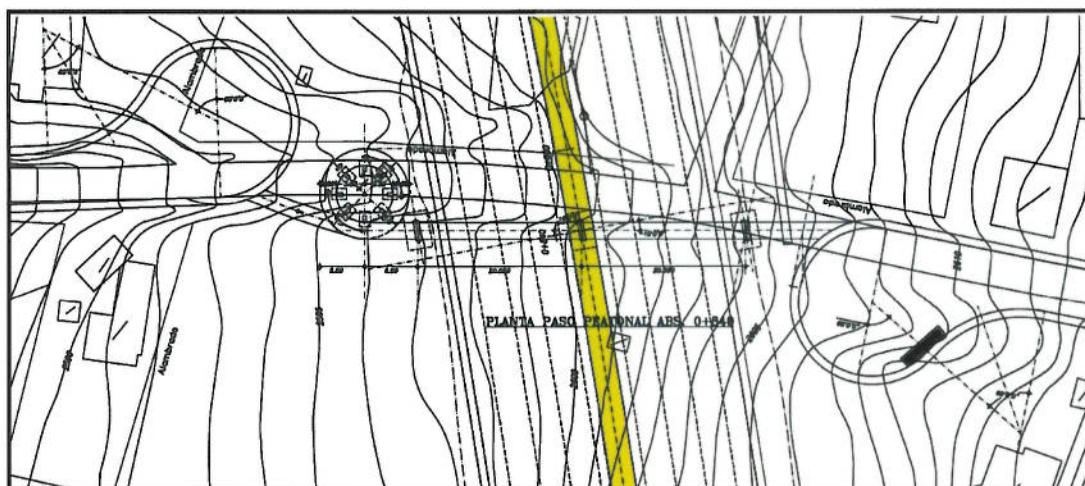
El proyecto atraviesa una zona densamente poblada razón por la cual se generan interrupciones en algunas vías transversales, tanto vehiculares como férreas, que existen en la zona. Para dar continuidad a estas vías en los cruces con la Ruta Sur, se han diseñado puentes identificados como: pasos superiores y pasos inferiores. Se denomina paso superior cuando la vía secundaria pasa por encima del trazado de la Ruta Sur, y paso inferior cuando pasa por debajo. Esta identificación de las estructuras se utiliza a lo largo de todo el proyecto, excepto en el intercambiador Auquitas abscisa 0+000 donde la Av. Simón Bolívar pasa sobre Ruta Sur y en la intersección con el proyecto de la Vía perimetral de Quito en la abscisa 2+790, donde Ruta Sur pasa sobre la Vía Perimetral.

En la abscisa 0+840 se proyecta un puente peatonal para el cruce de la vía principal y dar continuidad a la vía transversal con las mismas condiciones geométricas verticales y horizontales actuales. Se considera un gálibo vertical mínimo de 5.50 metros para el diseño vial, de acuerdo a las normas MOP y AASHTO

### 7.4.2 Estructura diseñada

En el primer tramo vial materia de este informe se tiene un solo puente peatonal ubicado en km 0+840 ver gráfico

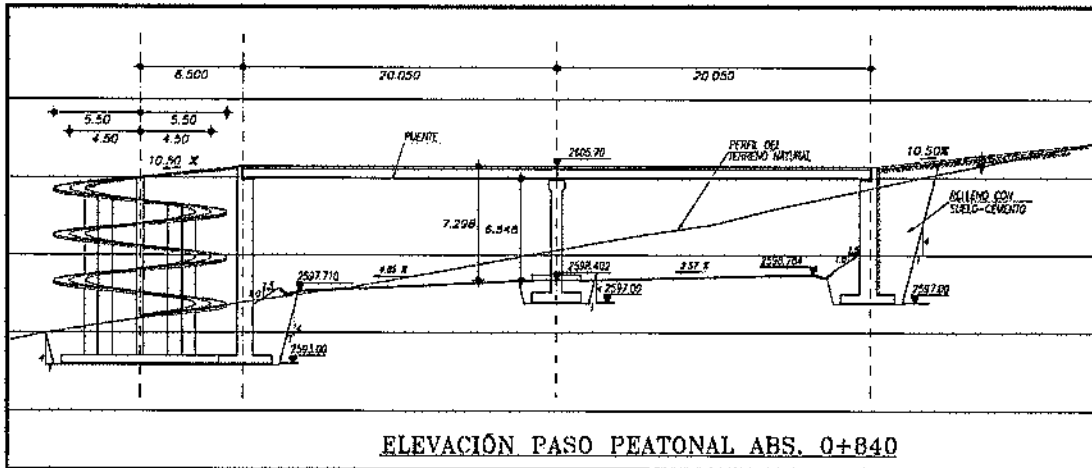
#### 7.4.3 Puente peatonal km 0+840





# ASOCIACIÓN

## ASTEAC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES



### 7.4.3.1 Características geométricas

Utilizando la topografía y trazado vial existentes se definió las intersecciones a solucionar, datos geométricos, detalles arquitectónicos y demás características.

Para la superestructura del puente peatonal se han considerado vigas isostáticas en hormigón postensado y un tablero de hormigón armado, conceptuados de acuerdo a las características viales, las mismas que están apoyadas en dos estribos laterales y una pila intermedia.

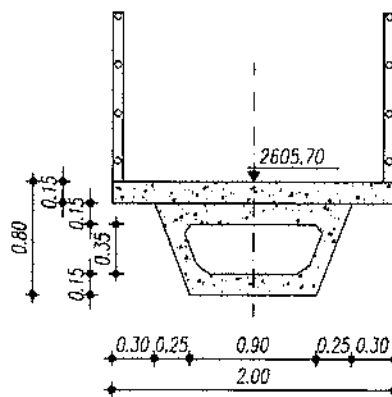
### 7.4.3.2 Dimensionamiento

La estructura del puente peatonal se ha proyectado con dos vanos isostático de 20.00 metros de longitud cada uno, apoyados en dos estribos laterales y una pila intermedia. Por razones técnicas, económicas y de estéticas está conformada por una sola viga cajón en hormigón postensado que soporta el tablero de hormigón

### 7.4.3.3 Estructuración

El puente peatonal está constituido como ya se mencionó para una longitud total de 40.00 m. El proyecto horizontal está en tangente y el proyecto vertical no tiene pendiente

### 7.4.3.4 Superestructura



**SECCION TIPICA**

# ASOCIACIÓN

## ASTECC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

La superestructura está compuesta por un tablero de hormigón armado de 0.15 m de espesor, con refuerzo perpendicular al tráfico, apoyado sobre una viga cajón de hormigón postensado; la viga es de sección trapezoidal de 0.90m de base inferior, 1.40 m de base superior y 0.65 m de altura

El tablero tiene una sección transversal total normal de 2.00 m, con sus respectivas protecciones o pasamanos de 1.20 metros de alto

### 7.4.3.5 Subestructura

La subestructura está constituido por dos estribos: el estribo izquierdo es abierto y el derecho cerrado y una pila central.

El estribo izquierdo y la pila central son pórticos conformados por dos columnas rectangulares con una sola cimentación para las dos columnas y se complementan con las respectivas vigas de cabezal. Las cimentaciones son corridas para los estribos y pilas, con las cotas de implantación y capacidad portante de conformidad con los estudios de socavación y recomendaciones de suelos.

La rampa izquierda es circular de 2.00 metros de ancho con 4.50 metros de radio al eje apoyado sobre ocho columnas rectangulares dispuestas en forma circular con referencia al radio interior de la rampa y la rampa derecha es lineal con la pendiente apropiada para empatar con el retorno de la vía existente.

Las excavaciones necesarias para las cimentaciones se realizarán con talud 1h-4v sin necesidad de entibado salvo que se encuentren arenas sueltas. Los rellenos tras los estribos y la conformación de la rampa derecha se realizarán con talud semejante al de excavación, el material será: suelo cemento en la proporción de 4 sacos de cemento portland por un metro cúbico de suelo del lugar.

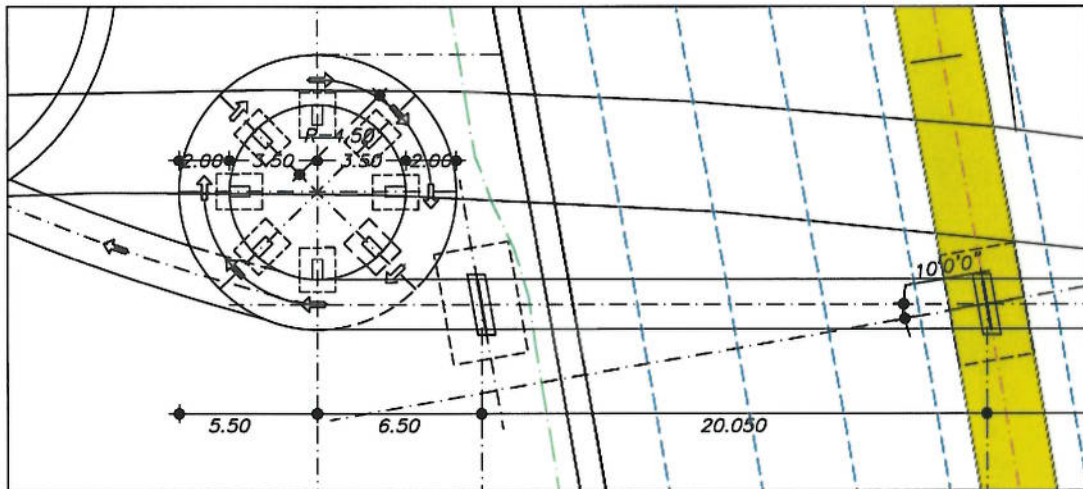
La capacidad portante admisible neta recomendada del suelo de cimentación es de 30.00 ton/m<sup>2</sup>. Para peso propio y sobre carga.

### 7.4.4 Diseño estructural de pasos peatonal

El diseño del puente peatonal del proyecto vial Ruta Sur al nuevo aeropuerto de Quito se realizó en hormigón armado para la subestructura y el tablero con materiales de resistencia característica:  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup> para el hormigón y  $f_y= 4200$ kg/cm<sup>2</sup> para el acero y la viga de la superestructura es tipo cajón en hormigón postensado con hormigón de resistencia característica  $f'c=420$  kgs/cm<sup>2</sup>, acero de presfuerzo según ASTM 416 de  $f_{pu}=18980$  kg/cm<sup>2</sup>.

La infraestructura del puente peatonal está formada por un sistema de pórticos de hormigón armado con columnas y vigas de sección constante y alturas variables. Los pórticos soportan la viga postensada y/ o una losa una losa superior correspondiente a la rampa de acceso respectiva.

**RAMPA DE ACCESO AL PUENTE PEATONAL**



La rampa de acceso al puente peatonal ABS 0+840 tiene una geometría circular cuyo diámetro exterior es de 11.00 m la estructura es de hormigón armado, está conformada por una losa maciza que es soportada por vigas peraltadas en volado que nacen de las columnas que tienen una forma rectangular.

Para arriostrar las columnas se tiene una viga que sigue la forma de la rampa, la estructura está cimentada en plintos rectangulares que se hallan unidos por medio de una cadena.

#### 7.4.4.1 Procedimiento de cálculo y diseño

El análisis estructural de los elementos descritos se lo ha realizado utilizando el programa computacional ETABS V9.0, y la hoja electrónica Excel.

#### 7.4.4.2 Criterios de cálculo, diseño y cálculo

Las características físicas del hormigón estructural son las siguientes:

- Peso volumétrico  $W = 2.40 \text{ t/m}^3$
- Resistencia a la compresión a los 28 días  $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la tracción: 5% del esfuerzo de compresión
- Módulo de elasticidad  $E = 210\,000 \text{ kg/cm}^2$
- Relación de Poison  $u = 0.30$
- Acero de refuerzo  $f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$

#### 7.4.4.3 Codigos utilizados

Los códigos utilizados para el análisis estructural, en lo que refiere a especificaciones de porcentajes mínimos de refuerzo, revestimientos, colocación y formas de las varillas son las siguientes:

1. Código Ecuatoriano de la construcción.
2. ACI
3. AASHTO

#### 7.4.4.4 Resultados y cargas consideradas

Las cargas a ser consideradas son las siguientes:

- |               |                        |
|---------------|------------------------|
| 1. SOBRECARGA | 450 kg/cm <sup>2</sup> |
| 2. PASAMANOS  | 31.07 kg               |

Adicionalmente se considera el peso propio de losa, vigas y columnas.

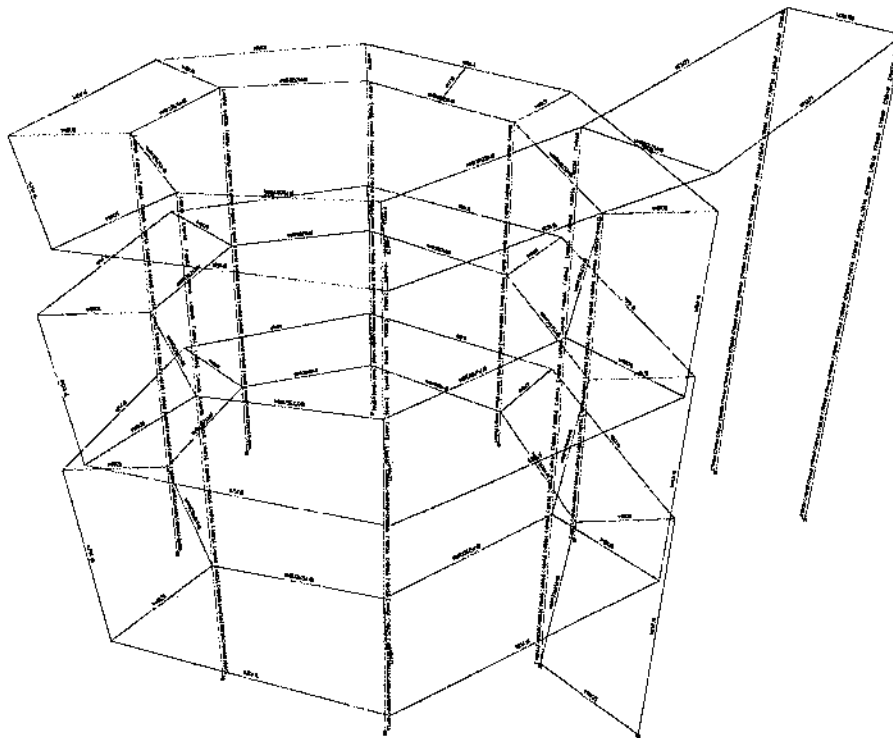
Como resultados del análisis estructural de las estructuras analizadas, se tienen las consiguientes salidas de datos:

Momentos flexionantes y corte para la estructura analizada. También se tienen las reacciones o esfuerzos de trabajo en los apoyos que nos servirán para el análisis de la cimentación.

#### 7.4.4.5 Armadura básica de las estructuras

Con base en los resultados, determinándose los valores más críticos en cuanto a momentos, corte y esfuerzos portantes del suelo, se han establecido los refuerzos básicos que deben tener los diversos elementos estructurales de hormigón. En los planos correspondientes se pueden observar los detalles de armadura básica de los elementos estructurales y su geometría definida.

#### 7.4.5 **Anexos y cálculos**



**Figura 1.-** Esquema de la rampa de acceso.



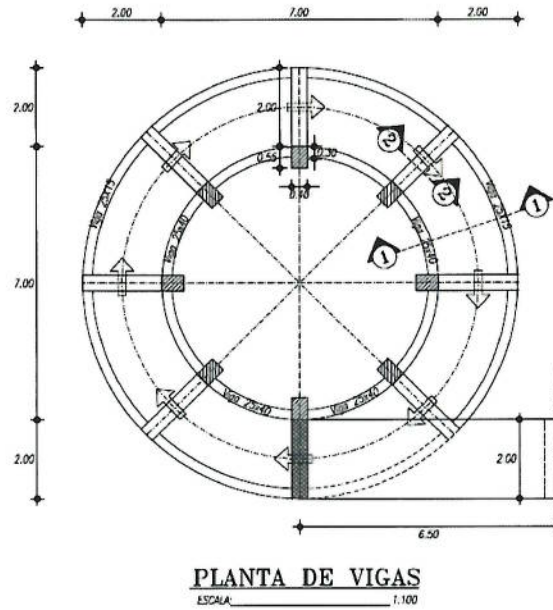


Figura 2.- Vigas y columnas losa e= 15 cm.

**7.4.6 Cálculo de la estructura**

**Combinaciones utilizadas:**

- Combinacion 1: 1.25cm + 1.75(cv+i)
- Combinacion 2: 1.25cm + 1.35(cv+i)
- Combinacion 3: 1.25cm
- Combinacion 4: 1.50cm
- Combinacion 5: 1.25cm + 1.35(cv+i)
- Combinacion 6: 1.25cm + 0.65(cv+i) + eq

Como resultado se tiene lo siguiente:

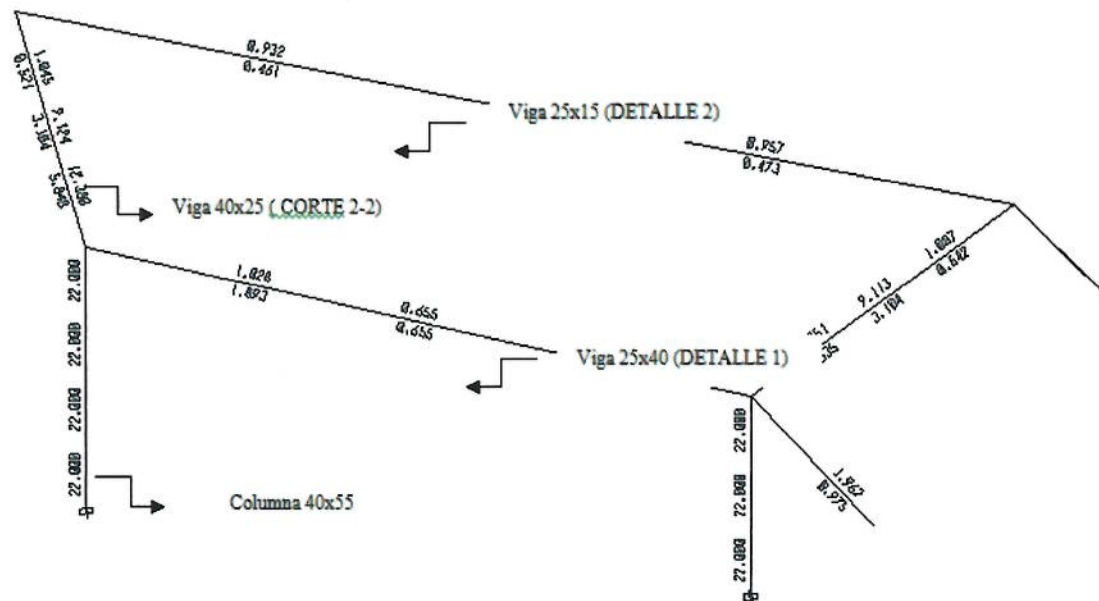
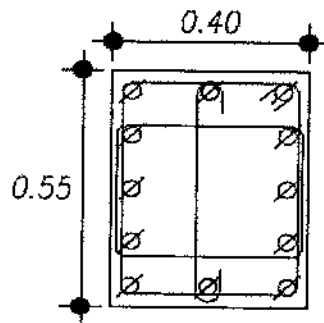


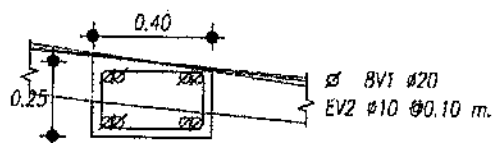
Figura No. 3.- Área de acero de refuerzo columna y vigas

**COLUMNA**

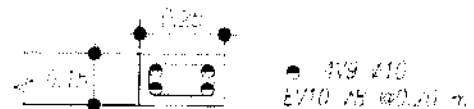


∅ 12C1 ∅16  
 (1 Juego)C10-C11∅10 @0.15cm

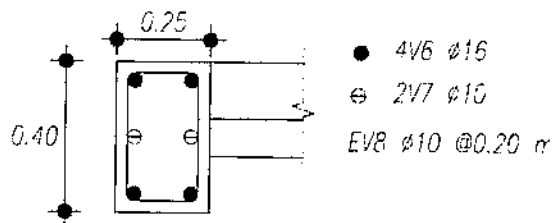
**VIGAS EN LOSA e= 15 cm**



**CORTE 2-2**  
 ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:25



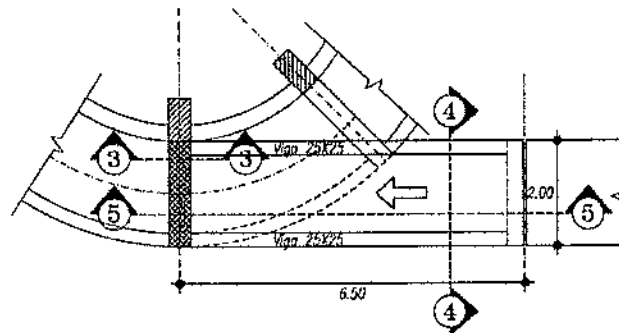
**DETALLE 2**  
 ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:25



**DETALLE 1**  
 ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:25



VIGAS EN LOSA  $e=25\text{ cm}$



**PLANTA DE VIGAS**  
**RAMPA DE ACCESO**  
 ESCALA: 1:100

Figura 5.- Vigas en losa  $e=25\text{ cm}$ .

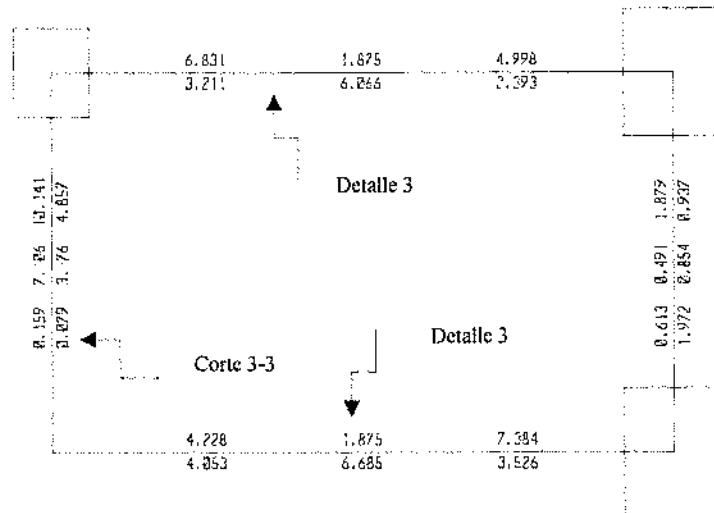
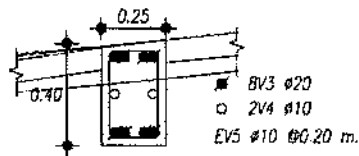
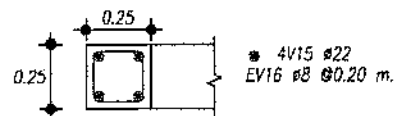


Figura 6.- Area de acero de refuerzo en vigas de losa  $e=25\text{ cm}$ .



**CORTE 3-3**  
 ESCALA: 1:25



**DETALLE 3**  
 ESCALA: 1:25



LOSA e= 25 cm

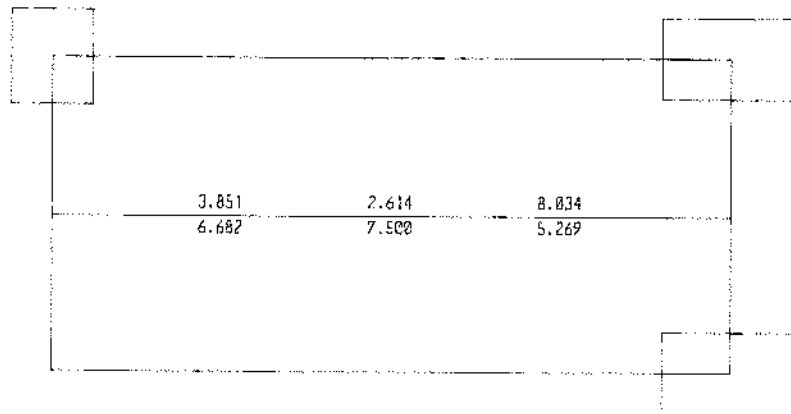
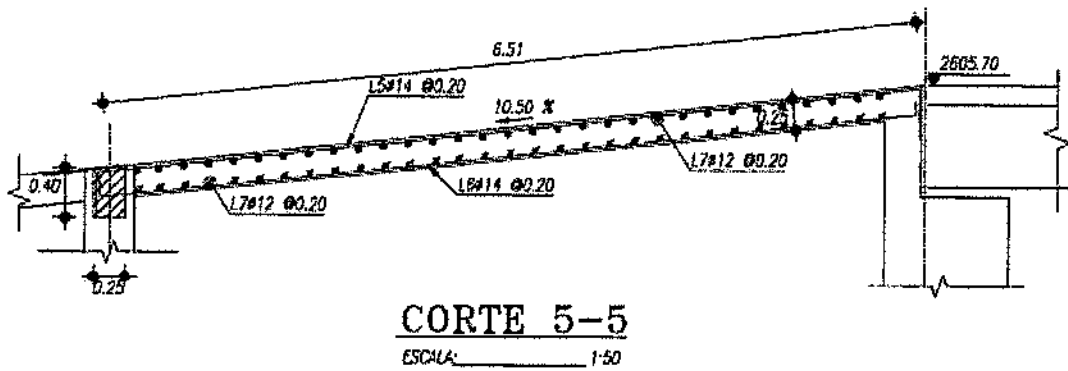
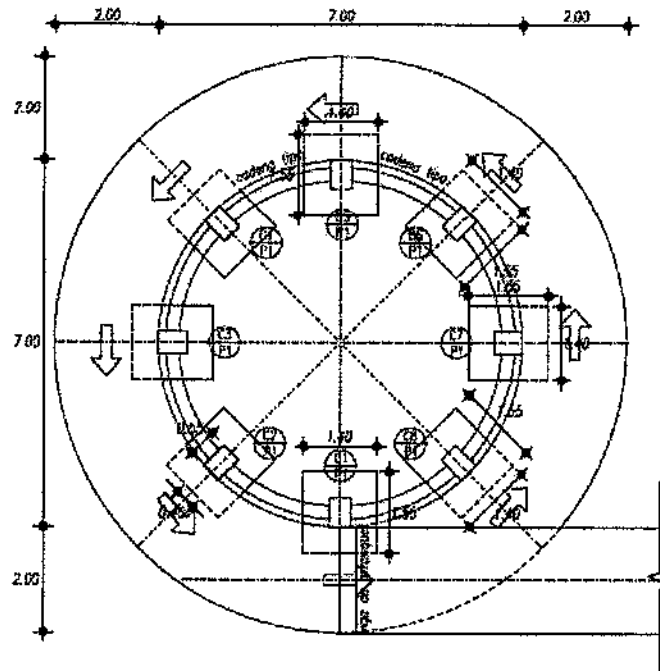


Figura 7.- Area de acero de refuerzo en losa e= 25 cm.



CIMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA



**PLANTA DE CIMENTACIÓN**

ESCALA: 1:100

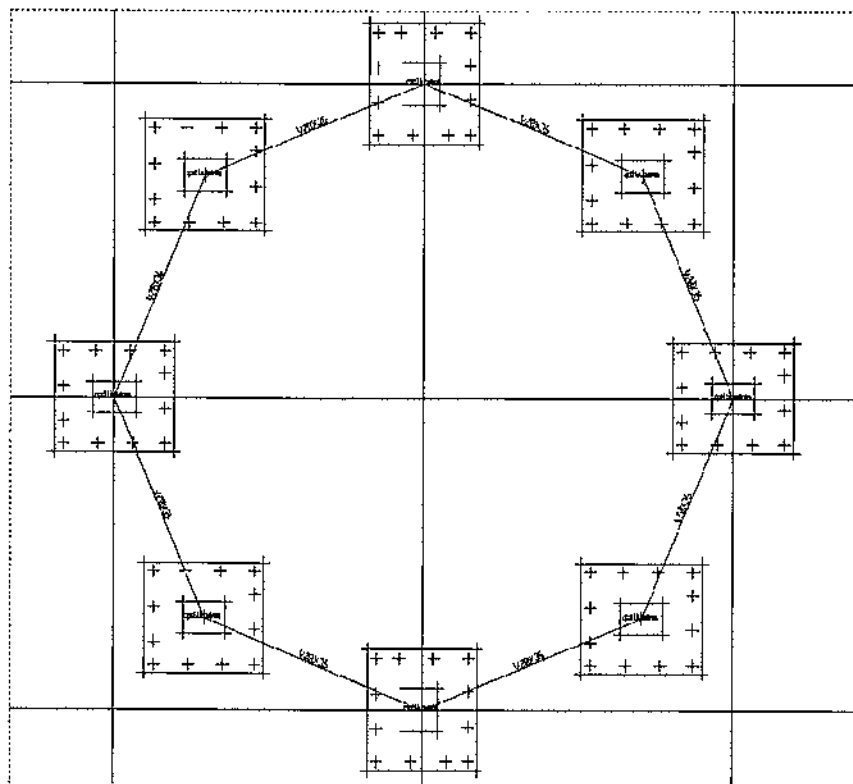


Figura 8.- Modelo de cimentacion en safe

### CALCULO DE ZAPATAS AISLADAS

**CIMENTACION AISLADA  
PLINTOS DE HORMIGON ARMADO**

Pv = 30.00 Ton  
 Mx = 0.000 Ton-m  
 My = 0.000 Ton-m  
 b = 0.40 m  
 h = 0.55 m  
 qa = 3.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Hf = 1.50 m  
 fc = 350 Kg/cm<sup>2</sup>  
 fy = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>

$$Mr = (Mx^2 + My^2)^{1/2} \quad e = Mr / Pv$$

Mr = 0.000 Ton-m      e = 0.00000 m  
 e = 0.000 cm

Condición:      A = 1.50 \* B

Area de cimentación = A\*B

A\*B = P / qa

Bcal = 0.82 m

Basum = 1.55 m

Acal = 2.33 m

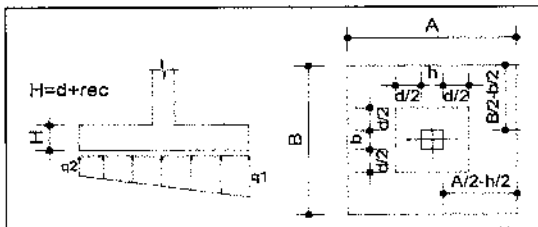
Aasum = 1.40 m

$$q_{1,2} = \frac{P}{A \cdot B} \left[ 1 \pm \frac{6 \cdot e}{A} \right]$$

q1 = 13.825 Ton/m<sup>2</sup> < 30.00 Ton/m<sup>2</sup>  
 q2 = 13.825 Ton/m<sup>2</sup> < 30.00 Ton/m<sup>2</sup>

SI CUMPLE

CHEQUEO A PUNZONAMIENTO:



$$Vu = (A \cdot B - (h+d)(b+d)) \cdot (q1+q2) / 2 \cdot \text{Factor}$$

Vu = Vu / (Ø \* b \* d)      Factor = 1.760

dasu = 25.00 cm

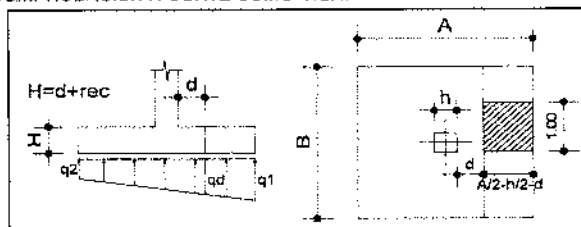
Vu = 40.147 T

rec = 5.00 cm

H = d + rec

H = 30.00 cm

COMPROBACION A CORTE COMO VIGA:



$$qd = \frac{q1 \cdot q2}{A} \cdot \left[ \frac{A}{2} + \frac{h}{2} + d \right] + q2$$

qd = 13.82 Ton/m<sup>2</sup>

$$Vu = \left[ \frac{A}{2} - \frac{h}{2} - d \right] \cdot 1.0 \cdot \frac{q1+qd}{2} \cdot \text{Factor}$$

Vu = 4.26 Ton

vu = Vu / (Ø \* b \* d)

b = 1.00 m

vu = 20.04 Ton/m<sup>2</sup>

vc = 0.53 \* (fc)<sup>1/2</sup>

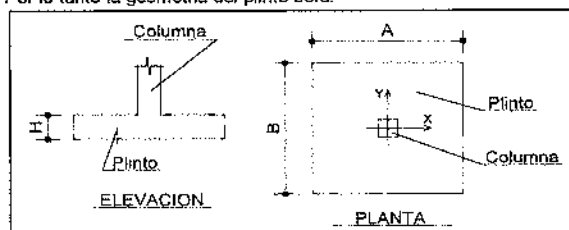
vc = 9.92 Kg/cm<sup>2</sup>

vc = 99.15 Ton/m<sup>2</sup>

vu      Vs      ve  
 20.04 < 99.15

SI CUMPLE

Por lo tanto la geometría del plinto será:



A = 1.40 m  
 B = 1.55 m  
 H = 0.30 m

# ASOCIACIÓN

ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

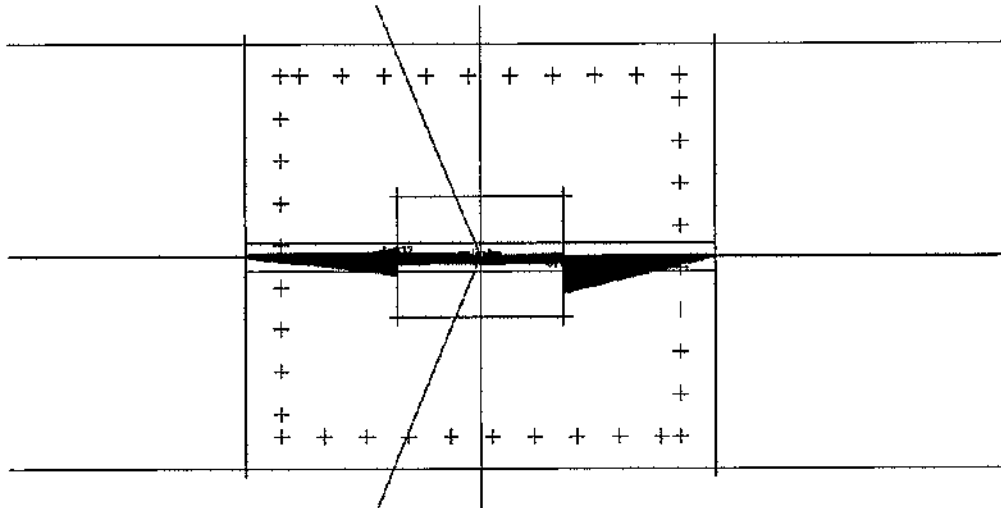


Figura 9.- Area de acero de refuerzo en x-x

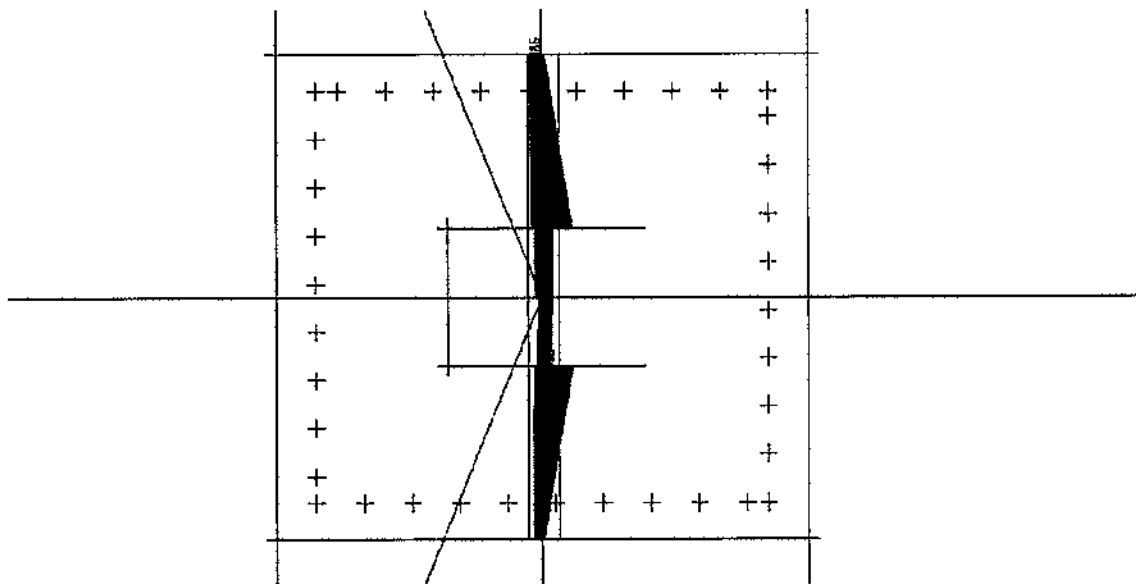


Figura 10.- Area de acero de refuerzo en y-y

UBICACIÓN	TIPO	N°	DIMENSIONES			ARMADURA (X-X)	ARMADURA (Y-Y)
			a	b	h		
-	P1	8	1.4	1.55	0.30	1#14 @0.20 21	1#14 @0.20 22



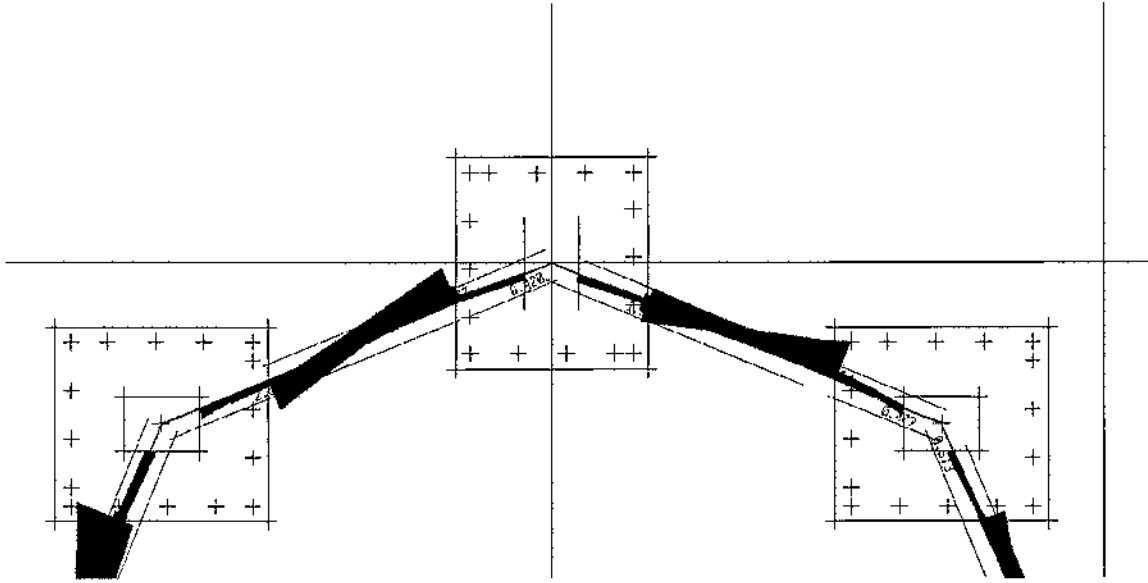
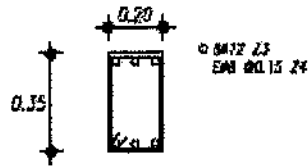


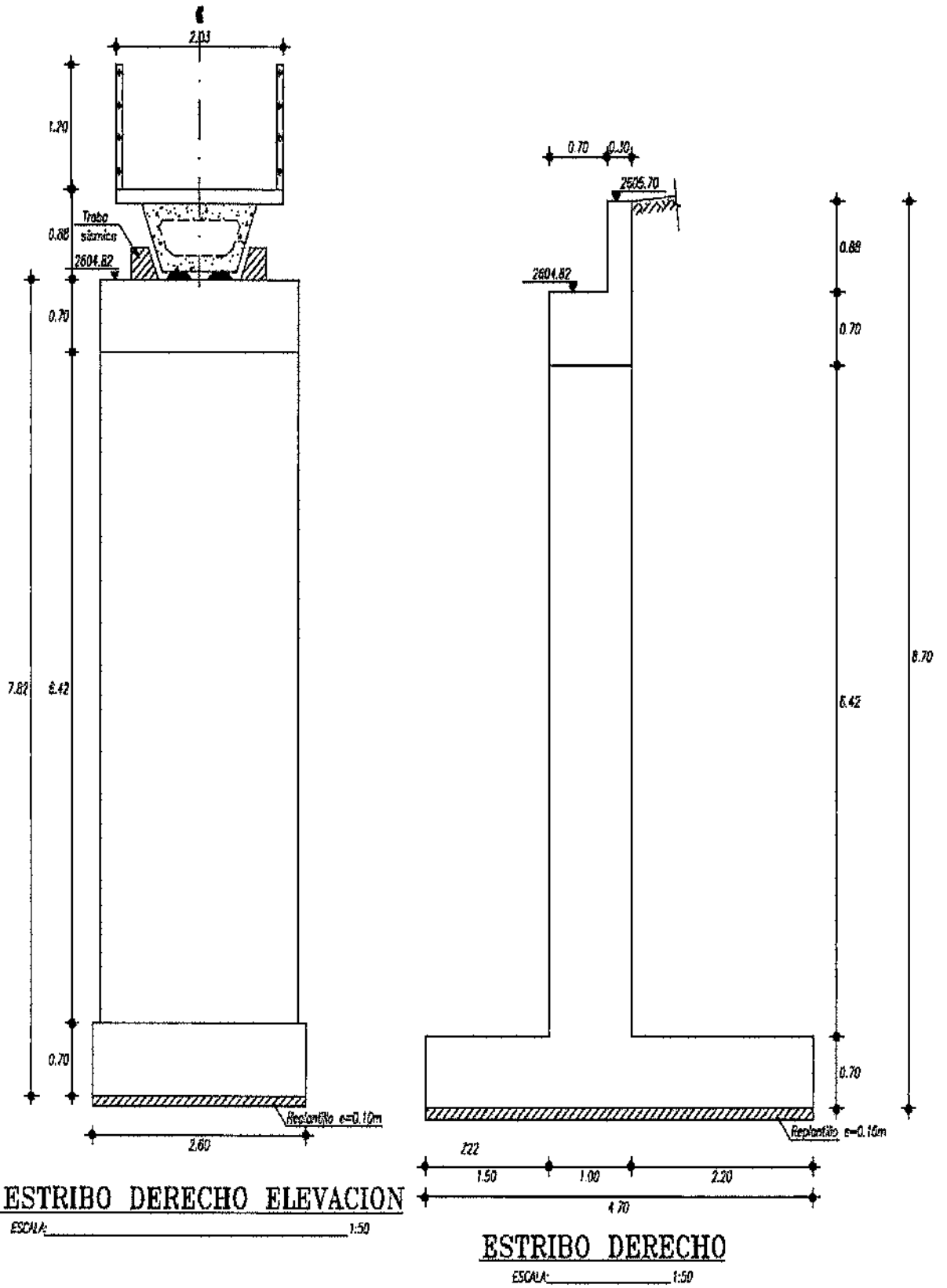
Figura 11.- Area de acero de refuerzo en cadena de amarre



**SECCIÓN TÍPICA DE  
CADENA DE AMARRE TIPO 1**

ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:25

**ESTRIBO DERECHO**



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### Estribo Cerrado Derecho

PROYECTO: PASOS PEATONALES RUTA SUR "RUTA VIVA"

TRAMO: 0+840

DISEÑO DEL ESTRIBO CERRADO DERECHO

Ref: HASSON Reinforced Concrete Structure

H = 8.700 m altura promedio

DAIOS :

$\phi =$	30°	angulo de friccion interna del suelo
W =	1.80 t/m <sup>3</sup>	peso especifico del suelo
u1 =	0.40	coeficiente de friccion entre el hormigon y el suelo
u2 =	0.58	coeficiente de friccion entre capas del suelo
f'c =	350 Kg/cm <sup>2</sup>	resistencia a la compresion del hormigon
fy =	4200 Kg/cm <sup>2</sup>	limite de fluencia del refuerzo
h <sub>s</sub> =	6.450 m	altura del relleno
h' =	2.60 m	altura de penetracion en el suelo
H =	8.700 m	altura total del muro
W <sub>s</sub> =	0.000 t/m <sup>2</sup>	sobrecarga en el relleno
h <sub>s</sub> W <sub>s</sub> /W =	0.00 m	altura equivalente de relleno por sobrecarga
q <sub>ad</sub> =	30.00 t/m <sup>2</sup>	presion admisible del suelo
h1 =	0.00 m	
h2 =	0.00 m	
h3 =	0.850 m	
h4 =	0.70 m	
h5 =	0.00 m	
h9 =	1.00 m	
h10 =	2.60 m	
EM =	0.00 t	
ED =	28.66 t	
EL =	0.45 t	
CARGAS DE RAMPA		
EM =	0.00	
FV =	0.00	
L =	0.00	
COEF. SISMICO =	0.22	
Ancho Riente =	2.40 t	
GRUPO I	U=1.3 (D+1.67L+1.3E)	
GRUPO III	U=1.3 (D+1.3E+1F)	
GRUPO VII	U=1.3 (D+1.3E+EQ)	
ER. FRUITA(1-SI, 0-N)	0.00	

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 1.- COEFICIENTE DE EMPUJE

$$k_a = 0.3333$$

### 2.- DIMENSIONES APROXIMADAS DEL ESTIRIBO

* Espesor del talon=	0.70 m	0.08H
* Espesor adoptado del talon (h7) =	0.70 m	
* Espesor de la punta =	0.70 m	0.08H
* Espesor adoptado de la punta (h7') =	0.70 m	
* Altura de la pantalla =	8.00 m	
* Longitud de la zapata =	4.61 m	0.4H-0.67H
* Longitud adoptada de la zapata (L) =	4.70 m	
* Longitud de la punta =	1.48 m	0.17H-0.125H
* Longitud adoptada de la punta (x6) =	1.50 m	
* Longitud adoptada del talon (x4) =	2.20 m	
* Espesor maximo de la pantalla =	0.70 m	0.08H-0.1H
* Espesor max. adoptado de la pantalla (x5) =	1.00 m	
* Pendiente de la pantalla =	0.00 cm/m	2.1cm/m
* Espesor minimo de la pantalla =	1.00 m	
* Espesor min. adoptado de la pantalla (x3) =	1.00 m	
* Espesor adoptado de la pantalla superior (x1)=	0.30 m	
* Espesor adoptado viga cabezal (x2)=	0.70 m	
* Distancia muro ala (x8)=	0.00 m	

### 3.- FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA EL VOLCAMIENTO

$p_1=K_a.W.hs=$	0.00 t/m <sup>2</sup>	0.00 t/m <sup>2</sup>
$p_2=K_a.W.H=$	12.53 t/m <sup>2</sup>	12.53 t/m <sup>2</sup>
$Pa_1=p_1.H=$	0.00 t	0.00 t
$y_1=$	4.35 m	4.35 m
$Pa_2=1/2.p_2.H=$	54.50 t	54.49 t
$y_2=$	2.90 m	2.90 m

Momento de volcamiento : Mv

$Mv=Pa_1(y_1)+Pa_2(y_2)=$	158.04 t-m	GRUPO I
	158.04 t-m	GRUPO III
	243.84 t-m	GRUPO VII



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

Momento estabilizante (Me) :

Fuerza	Valor (t)	Brazo (m)	Momento (t-m)
V1	1.47	2.35	3.45
V2	4.03	2.00	8.06
V3	0.00	2.00	0.00
V4	0.00	2.00	0.00
V5	37.15	2.00	74.30
V6	0.00	2.50	0.00
V7	4.03	2.00	8.06
V9	6.05	0.75	4.54
V8	8.87	3.60	31.93
E1	76.03	3.60	273.72
E2	11.66	0.75	8.75
V10	0.00	2.50	0.00
PM	0.00	2.50	0.00
PD	28.66	1.85	53.03
PL	0.45	1.85	0.83
FR	0.00	0.00	0.00
PM	0.00	2.50	0.00
PV	0.00	2.50	0.00
EQ1	7.52	7.15	53.74
EQ2	8.17	3.93	32.08
EQ3	0.00	2.85	0.00
<b>SOLO ESTRIBO</b>	<b>R</b>		<b>Me</b>
	149.30		412.82
<b>TOTAL GRUPO I</b>	178.41		466.67
<b>TOTAL GRUPO III</b>	178.41		466.67
<b>TOTAL GRUPO VII</b>	193.65		551.66

b (m)	h (m)	W (t)	Observaciones
0.30	0.850	1.47	pant. (superior)
1.00	0.70	4.03	vig. cabezal
1.00	0.00	0.00	viga Triangular
1.00	0.00	0.00	viga rectangular
1.00	6.45	37.15	pantalla (rect.)
0.00	6.45	0.00	pantalla (triang.)
1.00	0.70	4.03	pant. (rect. inf.)
1.50	0.70	6.05	punta
2.20	0.70	8.87	talon
2.20	8.00	76.03	relleno (talón)
1.50	1.80	11.66	relleno (pié)
0.00	0.00	0.00	diente
0.00	0.00	0.00	Muro Ala
		28.66	Reacción PD
		0.45	Reacción PL
		0.00	Fuerza Long. Frenado (FLF)
<b>Pu</b>	<b>Mu</b>	<b>Fmu (P)</b>	<b>fmu (M)</b>
266.53	717.56	1.4939	1.5376
266.14	716.84	1.4917	1.5361
285.95	827.32	1.4766	1.4997

Factor de seguridad contra el volcamiento :

FSv=Me/Mv=	2.61	vs	2.0	OK	SOLO ESTRIBO
	2.95	vs	2.0	OK	GRUPO I
	2.95	vs	2.0	OK	GRUPO III
	2.26	vs	2.0	OK	GRUPO VII

#### 4.- CALCULO DE LA PRESTON SOBRE EL SUELO

Localizacion de la resultante "R" de las fuerzas verticales:

	GRUPO I	GRUPO III	GRUPO VII
$x = (Me - Mv) / R =$ m	1.73	1.73	1.59
Excentricidad:			
$e = L/2 - x =$ m	0.62	0.62	0.76
$L/6 =$ m	0.78	0.78	0.78
$e < L/6$	GRUPO I	GRUPO III	GRUPO VII
$q1 = R/A(1 + 6e/L) = t/m^2$	28 30.0 inc.	28.34 37.50 OK	33.83 39.00 OK
$q2 = R/A(1 - 6e/L) = t/m^2$	3.30 30.00 OK	3.30 37.50 OK	0.50 39.00 OK
$e > L/6$			
$q1 = 2R/3B(L/2 - e) = t/m^2$	0.00 OK	0.00 OK	0.00 OK
$q2 = t/m^2$	0.00 OK	0.00 OK	0.00 OK
$l = 3(L/2 - e) =$ m	0.00	0.00	0.00

# ASOCIACIÓN ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

## 5.- FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA EL DESLIZAMIENTO

Fuerzas que provocan el deslizamiento :

$F=P_{d1}+P_{d2}=$	54.50 t	GRUPO I
$F=P_{d1}+P_{d2}+H_{1F}=$	54.50 t	GRUPO III
$F=P_{d1}+P_{d2}+H_{1F}+H_{2Q1}+H_{2Q2}+H_{2Q3}=$	70.19 t	GRUPO VII

Fuerzas resistentes :

$F_{r1}+U_{1R}=$	71.36 t	GRUPO I
	71.36 t	GRUPO III
	111.80 t	GRUPO VII

Factor de seguridad contra el deslizamiento :

$F_{sd}=F_r/F=$	1.31	vs	1.5	inc.	GRUPO I
	1.31	vs	1.5	inc.	GRUPO III
	1.59	vs	1.5	OK	GRUPO VII

## DISEÑO DE DIENTE CONTRA EL DESLIZAMIENTO

Asumir las dimensiones del diente :

$x_7=$	0.00 m	ancho del diente
$h_8=$	0.00 m	altura del diente
$h_m=$	1.80 m	altura relleno sobre la punta
$h=$	2.50 m	altura del relleno + espesor punta
$K_p=1/K_a=$	3.00	

		GRUPO I	GRUPO III	GRUPO VII
$H_p=1/2 \cdot K_p \cdot W \cdot (h_3+h)$	t	40.50	40.50	40.50
$q_1=$	$t/n_2$	28.34	28.34	33.83
$q_2=$	$t/n_2$	3.30	3.30	0.50
$L_3=L_2+h-0.15=$	m	2.50	2.50	2.50 longitud del extremo de la punta al diente
$q_3=(L_1+L_3) \cdot (q_1+q_2)$	$t/n_2$	15.02	15.02	16.10
$R_1=(q_1+q_3)/2 \cdot L_3$	t	54.19	54.19	62.42
$R_2=R-R_1=$	t	124.22	124.22	131.23
$F_{u1}=R_1+u_2 \cdot R_2=$	t	93.39	93.39	100.73

Fuerza total resistente:

$F_u=F_{u1}+F_{u2}=$	t	133.89	133.89	141.23
----------------------	---	--------	--------	--------

Factor de seguridad contra el deslizamiento :

$F_{sd}=F_u/F=$	2.46	2.46	2.01
	vs	vs	vs
	1.50	1.50	1.50
	OK	OK	OK

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

### 6.- DISEÑO DE LA PANTALLA

r= 5.00 cm recubrimiento  
d=t-r= 95.00 cm peralte efectivo de la pantalla

Momento Flector a partir del tope del muro :

$$ME = p_1 y^2 / 2 + p_2 y^3 / 6H$$

	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
y	8.00	7.00	6.00	5.00	4.00	3.00	2.00	1.00	0.00
ME	122.88	82.32	51.84	30.00	15.36	6.48	1.92	0.24	0.00
MD	-2.27	-2.27	-2.27	-2.27	-2.27	-2.27	-2.27	-2.27	-2.27
ML	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07
MFLF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEQ	74.84	66.32	57.81	49.29	40.77	33.26	25.74	18.23	10.71
M (GRUPO I)	204.57	136.02	84.51	47.60	22.86	7.85	0.15	-2.69	-3.10
M (GRUPO III)	204.63	136.08	84.57	47.66	22.92	7.91	0.21	-2.63	-3.04
M (GRUPO VII)	302.01	222.39	159.81	111.83	76.01	51.24	33.76	21.15	10.97
Mu (Max)	302.01	222.39	159.81	111.83	76.01	51.24	33.76	21.15	10.97

Fuerza Cortante a partir del tope del muro:

$$VE = p_1 y + p_2 y^2 / 2H$$

	7.05	6.05	5.05	4.05	3.05	2.05	1.05	0.05	0.00
y	7.05	6.05	5.05	4.05	3.05	2.05	1.05	0.05	0.00
VE	35.79	26.35	18.36	11.81	6.70	3.03	0.79	0.00	0.00
VD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VFLF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VEQ	15.69	15.69	15.69	15.69	15.69	15.69	15.69	15.69	15.69
V (GRUPO I)	60.48	44.54	31.03	19.96	11.32	5.11	1.34	0.00	0.00
V (GRUPO III)	60.48	44.54	31.03	19.96	11.32	5.11	1.34	0.00	0.00
V (GRUPO VII)	80.87	64.93	51.43	40.35	31.72	25.51	21.74	20.40	20.40
Vu (Max)	80.87	64.93	51.43	40.35	31.72	25.51	21.74	20.40	20.40

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

### DISEÑO A FLEXION (pantalla)

#### DAIOS:

$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$   
 $f_y = 4200 \text{ ''}$   
 $r = 5.0 \text{ cm}$   
 $p_{max} = 0.75 p_b = 2.68 \text{ (\%)}$   
 $p_s = 1.50 \text{ (\%)}$   
 $b = 100.0 \text{ cm}$

Y	M <sub>1</sub> (t-m)	h (cm)	d (cm)	p (%)	As (cm <sup>2</sup> )	14/f <sub>y</sub> As(min) (cm <sup>2</sup> )	As1 (tem) vert. (cm <sup>2</sup> )	As2 (tem) horr. (cm <sup>2</sup> )	As3 (tem) horr. (cm <sup>2</sup> )	As(dis.) (cm <sup>2</sup> )	As(adpt.) (cm <sup>2</sup> )	As(adpt) (varillas)	COMER.
8.00	125.84	100.0	95.0	0.38	36.01	31.67	15.00	16.67	8.33	36.01	40.27	(1F20+1F25)@.20	OK
7.00	92.66	100.0	95.0	0.28	26.32	31.67	15.00	16.67	8.33	31.67	40.27	(1F20+1F25)@.20	OK
6.00	66.59	100.0	95.0	0.20	18.81	31.67	15.00	16.67	8.33	25.07	40.27	(1F20+1F25)@.20	OK
5.00	46.59	100.0	95.0	0.14	13.10	31.67	15.00	16.67	8.33	17.47	40.27	(1F20+1F25)@.20	OK
4.00	31.67	100.0	95.0	0.09	8.88	31.67	15.00	16.67	8.33	15.00	15.73	(1F20)@.20	OK
3.00	21.35	100.0	95.0	0.06	5.97	31.67	15.00	16.67	8.33	15.00	15.73	(1F20)@.20	OK
2.00	14.07	100.0	95.0	0.04	3.93	31.67	15.00	16.67	8.33	15.00	15.73	(1F20)@.20	OK
1.00	8.81	100.0	95.0	0.03	2.46	31.67	15.00	16.67	8.33	15.00	15.73	(1F20)@.20	OK

- \* As1=refuerzo vertical minimo por temperatura (p=0.15 %)
- \* As2=refuerzo horizontal minimo en la cara expuesta (p=2/3\*0.25%)
- \* As3=refuerzo horizontal minimo en la cara interior (p=1/3\*0.25%)
- \* As(dis.)=As,14/f<sub>y</sub>,4/3 As,o As1

### DISEÑO POR CORIANTE (pantalla)

Y	V <sub>1</sub> (ton)	b <sub>w</sub> (cm)	d <sub>n</sub> (cm)	h (cm)	d(adpt) (cm)	φ <sub>Vc</sub> (ton)	COMER.
7.05	33.70	100.0	39.98	100.0	95.00	80.07	OK
6.05	27.06	100.0	32.10	100.0	95.00	80.07	OK
5.05	21.43	100.0	25.42	100.0	95.00	80.07	OK
4.05	16.81	100.0	19.95	100.0	95.00	80.07	OK
3.05	13.21	100.0	15.68	100.0	95.00	80.07	OK
2.05	10.63	100.0	12.61	100.0	95.00	80.07	OK
1.05	9.06	100.0	10.75	100.0	95.00	80.07	OK
0.05	8.50	100.0	10.08	100.0	95.00	80.07	OK
0.00	8.50	100.0	10.08	100.0	95.00	80.07	OK



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

### 7.- DISEÑO DEL TALON

CORTANTE : (en la cara de la pantalla)

CARGAS VERT.: PESO DE RELLENO + PESO DE CIMENTACION

$V = h1.L1.W + 2.4(e1.L1) + hs.L1.W =$	35.38 t	7.25
$Vu = 1.4[h1.L1.W + 2.4(e1.L1)] + 1.7(hs.L1.W) =$	49.53 t	
$h =$	70.0 cm	39.38
$r =$	5.0 cm	

CARGAS DE REACCION PORTANTE DEL SUELO EN LA LONGITUD DEL TALON

		GRUPO I	GRUPO II:GRUPO VII	
$q1 =$	t/m <sup>2</sup>	28.34	28.34	33.83
$q2 =$	t/m <sup>2</sup>	3.30	3.30	0.50
$L =$	m	4.70	4.70	4.70
$L1 =$	m	2.20	2.20	2.20
$\Delta q = (q2 - q1)/L$	t/m	5.33	5.33	7.09
$Vq2 = q2 * L1$	t/m	7.25	7.25	1.10 POR ml DE MURO
$q1' = \Delta q * L1$		11.72	25.04	33.33
$V\Delta q = q1' * L1/2$	t/m	12.89	27.55	36.67 POR ml DE MURO
$\Sigma V = Vq2 + V\Delta q$	t	20.14	34.80	37.77
$\Sigma Vu = 1.4 \Sigma V$	t	30.09	51.91	55.77
$Vut = Vu - \Sigma w =$	TON	19.43	2.38	6.24

Vut (ton)	bw (cm)	dn (cm)	h (cm)	d(adopt) (cm)	$\phi Vc$ (ton)	COMPR.
19.43	100.0	23.06	70.0	65.00	54.78	OK

MOMENTO : (en la cara de la pantalla)

		GRUPO I	GRUPO II:GRUPO VII	
$M = Vq2 * L1/2 + V\Delta q * L1$	t-m	21.48	10.74	10.81
$Mu = fm * M =$	t-m	33.03	16.49	16.21

Mu (t-m)	b (cm)	h (cm)	d (cm)	p (%)	As (cm <sup>2</sup> )	14/fy As(min) (cm <sup>2</sup> )	(p=0.15%) As(min) (cm <sup>2</sup> )	As(dis) (cm <sup>2</sup> )	As(adopt) (cm <sup>2</sup> )	As(adopt) (varillas)	COMPR.
33.03	100.0	70.0	65.00	0.21	13.65	21.67	10.50	18.20	19.01	<u>(1f22)@0.20</u>	OK

### 8.- DISEÑO DE LA PUNTA

CORTANTE : (a una distancia "d" desde la cara de la pantalla)

		GRUPO I	GRUPO III	GRUPO VII	
$q1 =$	t/m <sup>2</sup>	28.34	28.34	33.83	
$q2 =$	t/m <sup>2</sup>	3.30	3.30	0.50	
$q3 =$	t/m <sup>2</sup>	23.81	23.81	27.81	presion a una dist. "d" desde la cara de la pantalla
$h =$	cm	70.0			
$r =$	cm	5.0			
$V = (q1 + q3) / 2 * (L2 - d) - 2.4 * e2 * t$		20.73	20.73	24.77	
$Vu = fm * V =$	t	30.97	30.93	36.57	

Vu (ton)	bw (cm)	dn (cm)	h (cm)	d(adopt) (cm)	$\phi Vc$ (ton)	COMPR.
36.57	100.0	43.40	70.0	65.00	54.78	OK

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

GRUPO I    GRUPO III    GRUPO VII

MOMENTO : (en la cara de la pantalla)

$q_1 =$  t/m<sup>2</sup>                      20.35    20.35    23.20                      presión del suelo en la cara de la pantalla

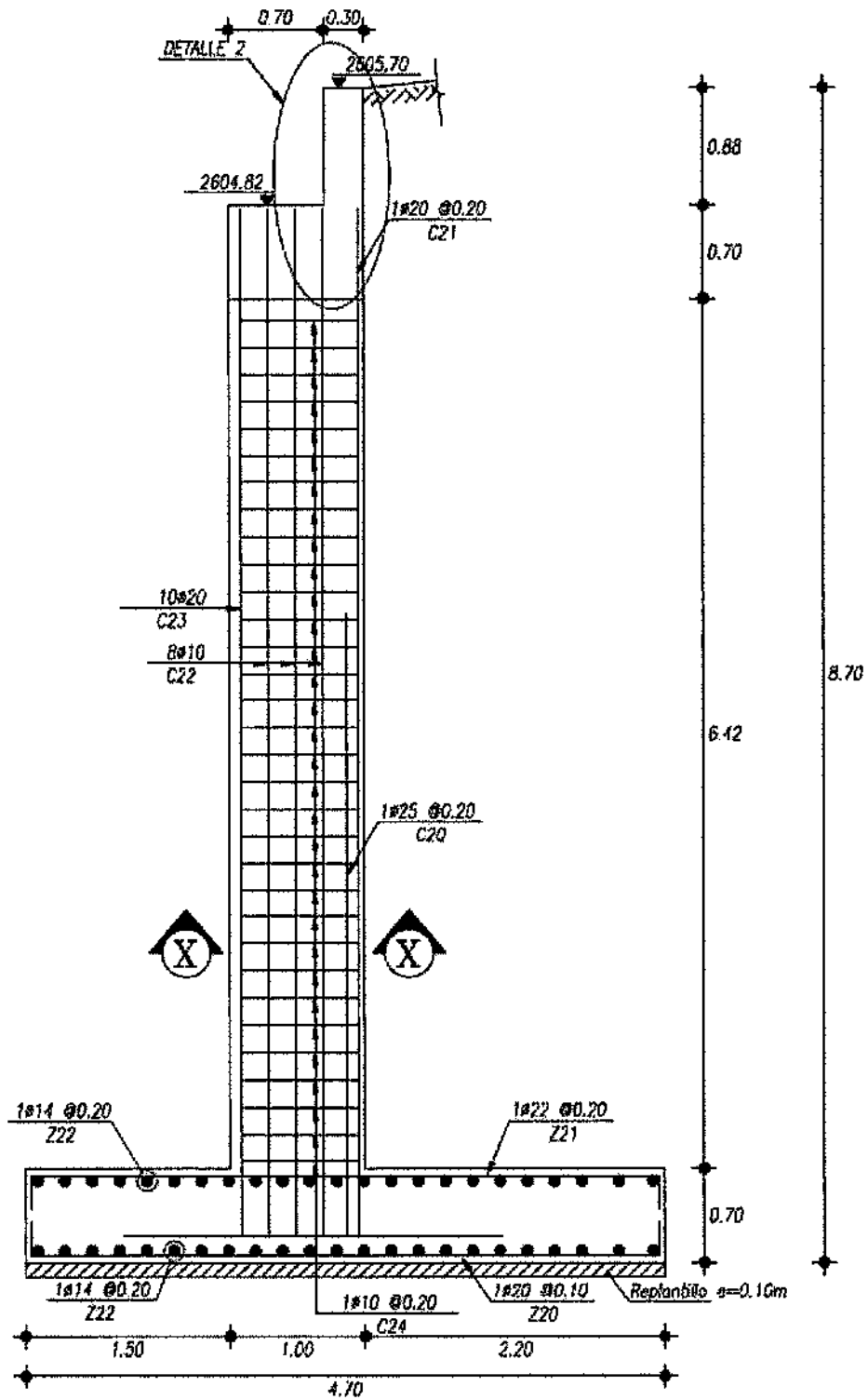
$M = (L_2)^2 / 6 * (2q_1 + q_2) - e_2 * 2.4 * L_2^2 / 2 =$  t-m                      26.99    26.99    32.18

$M_u = f_m * M_u =$  t-m                      41.50    41.46    48.27

$M_u$ (t-m)	b (cm)	h (cm)	d (cm)	p (%)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	$14/f_y$ $A_s$ (min) (cm <sup>2</sup> )	(p=0.15%) $A_s$ (min) $A_s$ (dis) (cm <sup>2</sup> )            (cm <sup>2</sup> )		$A_s$ (adopt) (cm <sup>2</sup> )	$A_s$ (adopt) (varillas)	COMER.
48.27	100.0	70.0	65.0	0.31	20.08	21.67	10.50	21.67	25.45	<u>1f20@0.10</u>	OK

Refuerzo por contracción y temperatura en el sentido longitudinal de la zapata :

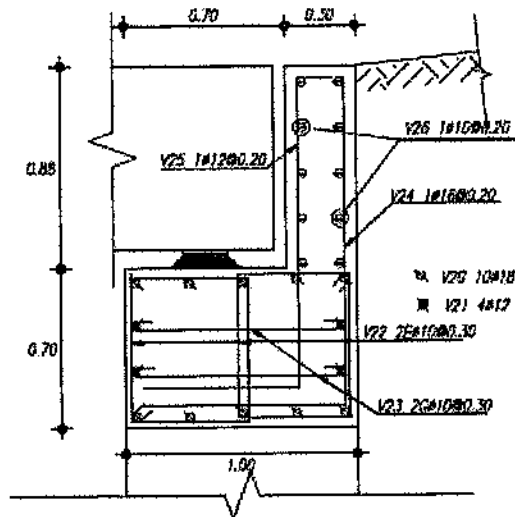
$A_s$  (temp) =                      6.5 cm<sup>2</sup>/m                      USAR = 1f14@0.20                      6.50    7.70    1f14@0.20                      OK



# ASOCIACIÓN

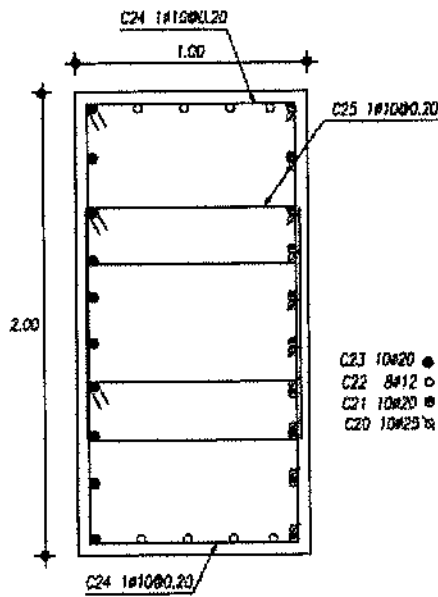
ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---



**DETALLE 2**

ESCALA: 1:25

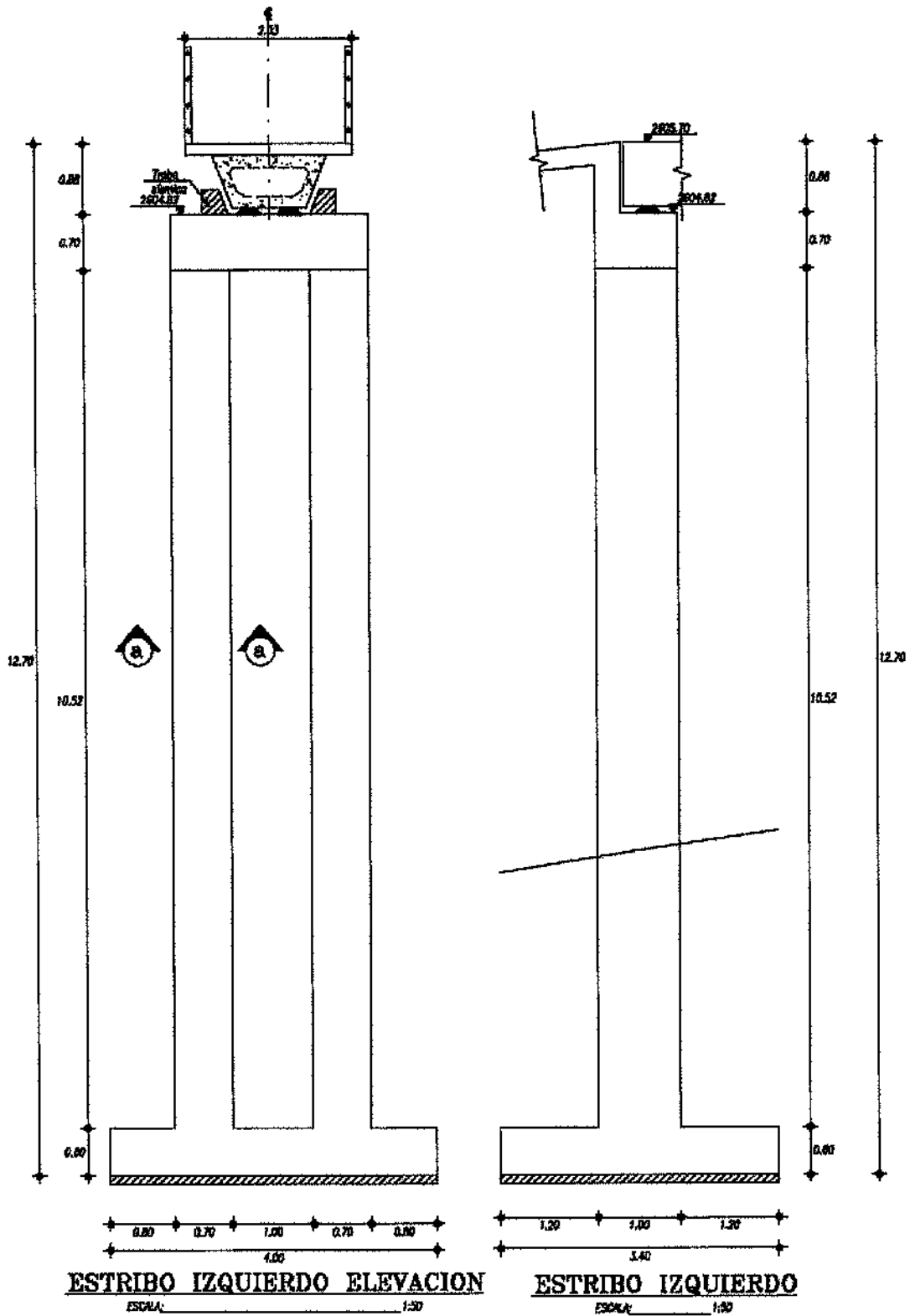


**CORTE X-X**

ESCALA: 1:25



ESTRIBO IZQUIERDO



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### ESTRIBO IZQUIERDO

PROYECTO : Ruta Sur  
 ESTRUCTURA: Paso Peatonal 0+840  
 ASUNTO : Estribo Abierto

#### DATOS GENERALES DE ENTRADA

Grupo I :  $U= 1.3 (D+1.67L+1.3E)$   
 Grupo III :  $U= 1.3 (D+L+1.3E+LF)$   
 Grupo VII :  $U= 1.3 (D+1.3E+EQ)$   
 (Hormigón)  $f'c (Kg/cm^2) = 350.00$   
 (A. Refuerzo)  $fy (Kg/cm^2) = 4200.00$   
  
 $\sigma_c$  admis.  $(Kg/cm^2) = 3.00$   
 Prof. cimentacion  $(m) = 1.50$   
 $\gamma$  suelo  $(T/m^3) = 1.80$   
 $u$  suelo = 0.40  
 $ka = 0.33$  Coeficiente de empuje activo

#### GEOMETRIA

	base	1/3 hcol	2/3 hcol
h1 (m) =	0.00	0.00	0.00
h2 (m) =	0.70	0.70	0.70
h3 (m) =	10.65	7.10	3.55
h4 (m) =	0.60	0.60	0.60
h5 (m) =	0	0	0
x1 (m) =	0.00	0.00	0.00
x2 (m) =	1.20	1.20	1.20
x3 (m) =	1.00	1.00	1.00
x4 (m) =	1.20	1.20	1.20
Centroides Columna =	0.50	0.50	0.50

#### DISEÑO LONGITUDINAL DE LA COLUMNA

	base	1/3 hcol	2/3 hcol
Viga cabezal V1 (TN) =	1.68	1.68	1.68
Soportes Antisis V1 (TN) =	0.00	0.00	0.00
Columna V2 (TN) =	17.89	11.93	5.96
PD (TN) =	16.33	16.33	16.33
Total carga sin columna (D1)	18.01	18.01	18.01
Total carga columna (D2) =	17.89	11.93	5.96
PL (TN) =	0.45	0.45	0.45
Carga Sismica (EQ)			
EQ1 (TN) ( 25% D1 ) ---->	4.50	4.50	4.50
EQ2 (TN) ( 25% D2 ) ---->	4.47	2.98	1.49
FLF (TN) =	0.00	0.00	0.00

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

Momentos respecto al centroide de la base de la columna

MEQ1 (T-M) =	51.10	35.12	19.14
MEQ2 (T-M) =	23.82	10.59	2.65
MD (T-M) =	-8.17	-8.17	-8.17
ML (T-M) =	-0.23	-0.23	-0.23
MLF (T-M) =	0.00	0.00	0.00

	base	1/3 hcol	2/3 hcol
Grupo I :Pu	47.65	39.90	32.14
Mu	-11.10	-11.10	-11.10
Pu/Ag (Ksi)	0.0968	0.0811	0.0653
$\delta$ Mu/Ag.h (Ksi)	-0.0237	-0.0237	-0.0237
$\rho$ cálculo	0.0100	0.0100	0.0100
$\rho$ adoptado	0.0100	0.0100	0.0100
As (cm2)	70.00	70.00	70.00
armado			
Grupo III :Pu	47.26	39.50	31.75
Mu	-10.91	-10.91	-10.91
Pu/Ag (Ksi)	0.0960	0.0803	0.0645
$\delta$ Mu/Ag.h (Ksi)	-0.0233	-0.0233	-0.0233
$\rho$ cálculo	0.0100	0.0100	0.0100
$\rho$ adoptado	0.0100	0.0100	0.0100
As (cm2)	70.00	70.00	70.00
armado			
Grupo VII :Pu	58.34	48.65	38.96
Mu	86.78	48.80	17.70
Pu/Ag (Ksi)	0.1185	0.0988	0.0792
$\delta$ Mu/Ag.h (Ksi)	0.1845	0.1038	0.0376
$\rho$ cálculo	0.0100	0.0100	0.0100
$\rho$ adoptado	0.0100	0.0100	0.0100
As (cm2)	70.00	70.00	70.00

CHEQUEO DEL ESFUERZO DEL SUELO

ELEMENTO	P. VERT. (TN)	P. HORIZ. (TN)	BRAZO (M)	MOMENTO (T-M)
Viga cabezal V1 (TN) =	3.36		0.00	0.00
Soportes Antisis V1 (TN) =	0.00		0.00	0.00
Columna V2 (TN) =	35.78		0.00	0.00
Cimentacion (V3) =	19.58		0.00	0.00
EDi (TN) =	32.66		-0.50	-16.33
PDd (TN) =	0.00		0	0.00
PLi (TN) =	0.90		-0.50	-0.45
PLd (TN) =	0.00		0	0.00
EQ1 =		9.01	11.35	102.21
EQ2 =		8.95	5.33	47.64
FLF (TN) =		0.00	11.95	0.00
RESUMEN	P. VERT. (TN)	P. HORIZ. (TN)		MOMENTO (T-M)
C. MUERTA (D) (TN) =	91.39			-16.33
C. VIVA (L) (TN) =	0.90			-0.45
SISMO (EQ) (TN) =		17.95		149.84
F.LONG.FREN. (LF) (TN) =		0.00		0.00

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

GRUPOS DE CARGA	sin factorar			factorado		
	I	III	VII	I	III	VII
FV (TN)	92.29	92.29	91.39	120.76	120.76	118.80
FH (TN)	0.00	0.00	17.95	0.00	0.00	23.34
Mcal centro columna (T-M)	-16.78	-16.78	133.51	-22.21	-22.21	173.57
Mvln centro columna (T-M)	6.46	6.46	133.51	8.42	8.40	173.57
excentricidad e (m)	0.07	0.07	1.46			
pmax (T/m2)	7.62	7.62	-13.82			
pmin (T/m2)	5.95	5.95	0.00			
Presion suelo (T/m2)	32.70	40.20	41.70			
pmax (T/ml)	30.50	30.50	-55.27			
pmin (T/ml)	23.79	23.79	0.00			

### DISEÑO DE LA CIMENTACION

GRUPO/FACTOR MAYORACION	I	III	VII
fu (Pu)	1.31	1.31	1.3
fu (Mu)	1.30	1.30	1.30

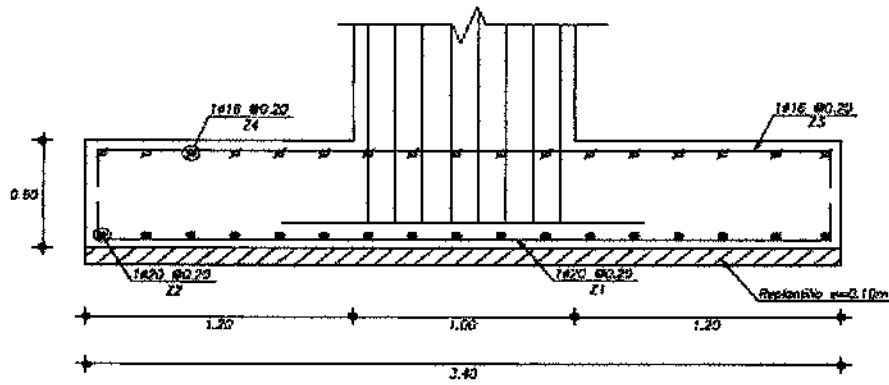
### DISEÑO AL CORTE

H (cm) =	60		
d (cm) =	55		
b (m) =	4		
vc (kg/cm2) =	9.92	8.43	
ELEMENTO	I	III	VII
PIE			
Vu (TN)	14.96	37.04	43.83
vu (Kg/cm2)	0.80	1.98	2.34
TALON			
Vu (TN)	30.23	30.23	-99.77
vu (Kg/cm2)	1.62	1.62	5.34

### DISEÑO A FLEXION

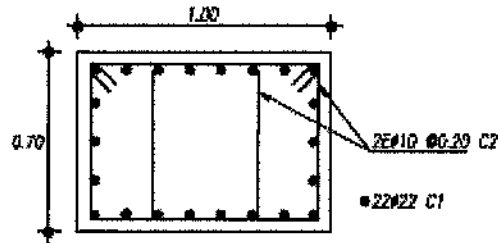
H (cm) =	60.00		
d (cm) =	55.00		
b (m) =	4		
ELEMENTO	I	III	VII
PIE			
Mu (T-M)	22.48	22.41	-28.27
ρ cálculo	0.0005	0.0005	-0.0006
ρ adoptado	0.0033	0.0033	0.0033
As (cm2)	73.33	73.33	73.33
TALON			
Mu (T-M)	17.68	17.62	49.06
ρ cálculo	0.0004	0.0004	0.0011
ρ adoptado	0.0033	0.0033	0.0033
As (cm2)	73.33	73.33	73.33





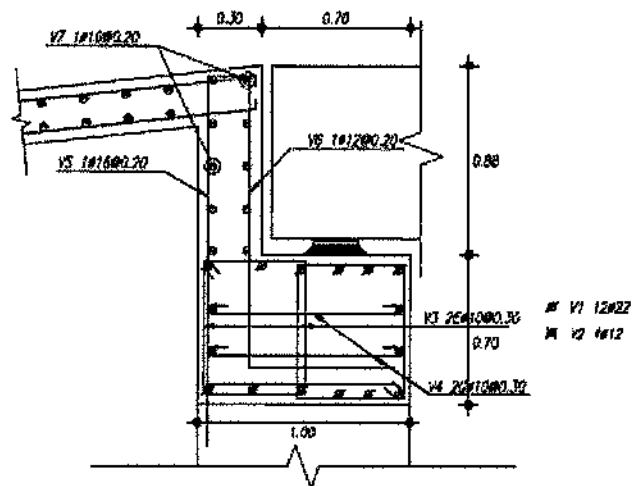
**Cimentación Estribo Izquierdo**

ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:25



**Corte a-a**

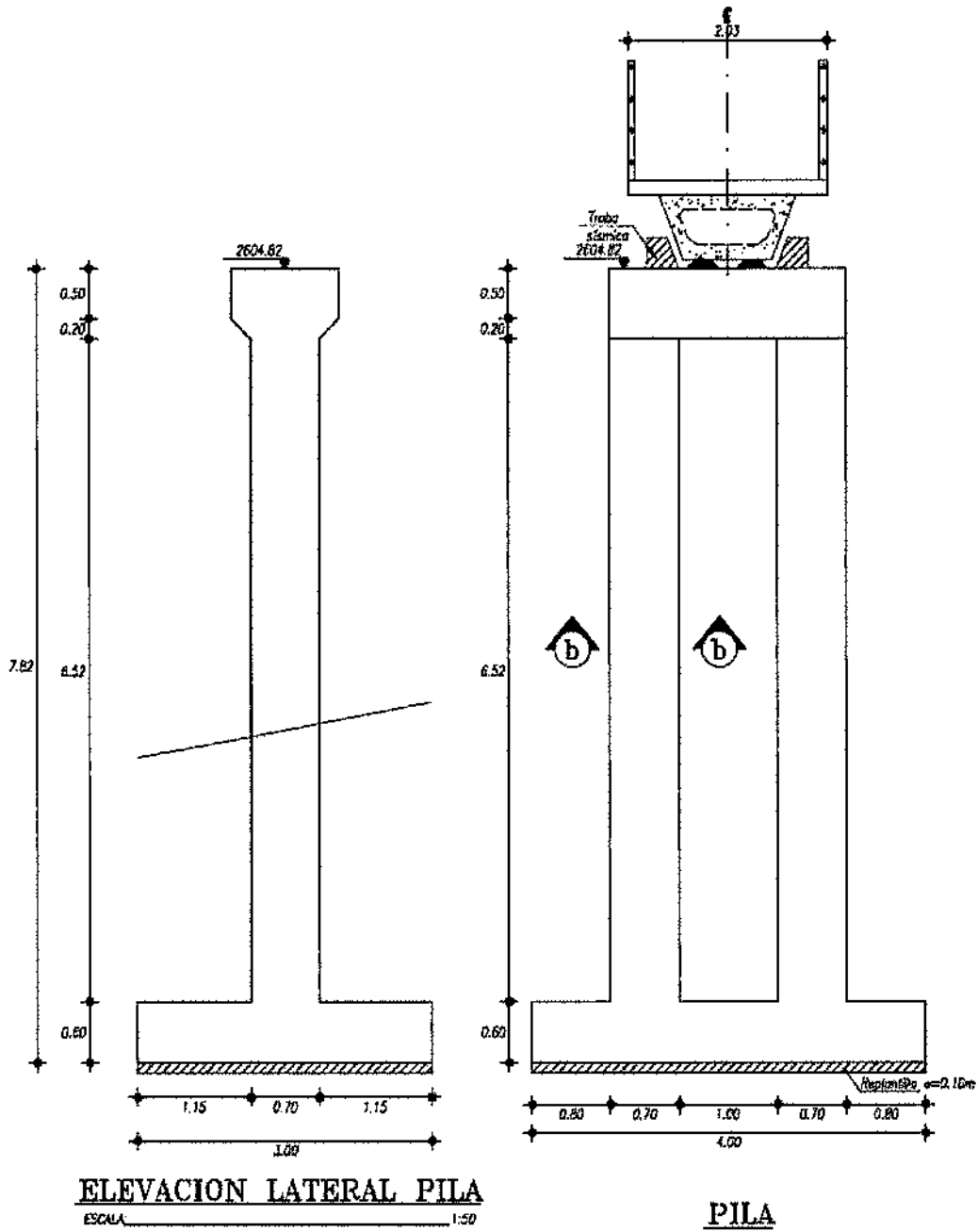
ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:25



**DETALLE 1**

ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:25

**PILA CENTRAL**





# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

Momentos respecto al centroide de la base de la columna

MEQ1 (T-M) =	52.82	36.70	20.57
MEQ2 (T-M) =	6.25	2.78	0.69
MD (T-M) =	-10.03	-10.03	-10.03
ML (T-M) =	-0.08	-0.08	-0.08
MLF (T-M) =	0.00	0.00	0.00

	base	1/3 hco1	2/3 hco1
Grupo I :Pu	49.03	45.71	42.39
Mu	-13.21	-13.21	-13.21
Pu/Ag (Ksi)	0.1423	0.1327	0.1230
Mu/Ag.h (Ksi)	-0.0575	-0.0575	-0.0575
ρ cálculo	0.0100	0.0100	0.0100
ρ adoptado	0.0100	0.0100	0.0100
As (cm2)	49.00	49.00	49.00
armado			
Grupo III :Pu	48.84	45.51	42.19
Mu	-13.14	-13.14	-13.14
Pu/Ag (Ksi)	0.1418	0.1321	0.1225
Mu/Ag.h (Ksi)	-0.0574	-0.0574	-0.0574
ρ cálculo	0.0100	0.0100	0.0100
ρ adoptado	0.0100	0.0100	0.0100
As (cm2)	49.00	49.00	49.00
armado			
Grupo VII :Pu	60.68	56.53	52.37
Mu	63.74	38.27	14.61
Pu/Ag (Ksi)	0.1761	0.1641	0.1520
Mu/Ag.h (Ksi)	0.2766	0.1661	0.0634
ρ cálculo	0.0100	0.0100	0.0100
ρ adoptado	0.0100	0.0100	0.0100
As (cm2)	49.00	49.00	49.00
armado			

### CHEQUEO DEL ESFUERZO DEL SUELO

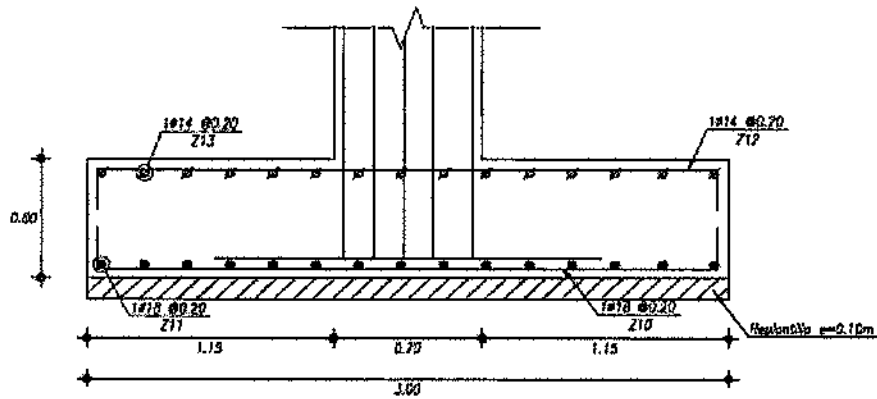
ELEMENTO	P. VERT. (TN)	P. HORIZ. (TN)	BRAZO (M)	MOMENTO (T-M)
Viga cabezal V1 (TN) =	2.02		0.00	0.00
Soportes Antisis V1 (TN) =	0.00		0.00	0.00
Columna V2 (TN) =	15.34		0.00	0.00
Cimentacion (V3) =	17.28		0.00	0.00
PDi (TN) =	57.33		-0.35	-20.07
PDd (TN) =	0.00		0	0.00
PLi (TN) =	0.45		-0.35	-0.16
PLd (TN) =	0.00		0	0.00
EQ1 =		14.84	7.12	105.64
EQ2 =		3.83	3.26	12.50
FLF (TN) =		0.00	7.72	0.00
RESUMEN	P. VERT. (TN)	P. HORIZ. (TN)		MOMENTO (T-M)
C. MUERTA (D) (TN) =	91.96			-20.07
C. VIVA (L) (TN) =	0.45			-0.16
SISMO (EQ) (TN) =		18.67		118.13
F.LONG.FREN. (LF) (TN) =		0.00		0.00



# ASOCIACIÓN

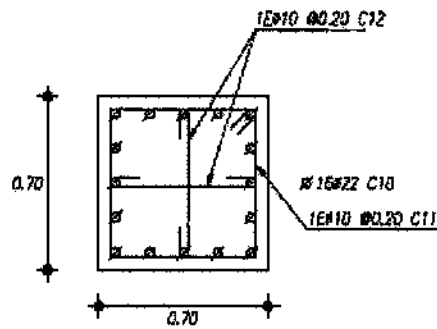
## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

GRUPO DE CARGA	sin factorar			factorado		
	I	III	VII	I	III	VII
FV (IN)	92.41	92.41	91.96	120.53	120.53	119.55
FH (IN)	0.00	0.00	18.67	0.00	0.00	24.27
Max centro columna (TM)	-20.22	-20.22	98.07	-26.43	-26.43	127.49
Min centro columna (TM)	6.47	6.47	98.07	8.42	8.41	127.49
excentricidad e (m)	0.07	0.07	1.07			
pmax (T/m <sup>2</sup> )	8.78	8.78	-36.84			
pmin (T/m <sup>2</sup> )	6.62	6.62	0.00			
Presion suelo (T/m <sup>2</sup> )	34.50	42.00	43.50			
pmax (T/ml)	35.12	35.12	-147.36			
pmin (T/ml)	26.49	26.49	0.00			
DISEÑO DE LA CIMENTACION						
GRUPO/FACTOR MAYORACION						
		I		III		VII
	fu (Pu)		1.30		1.30	1.3
	fu (Mu)		1.30		1.30	1.30
DISEÑO AL CORTE						
	H (cm) =		60			
	d (cm) =		55			
	b (m) =		4			
	vc (kg/cm <sup>2</sup> ) =		9.92	8.43		
ELEMENTO						
	PIE		I	III		VII
	Vu (TN)		17.72	41.58		4.87
	vu (Kg/cm <sup>2</sup> )		0.95	2.22		0.26
TALON						
	Vu (TN)		33.60	33.60		-18.17
	vu (Kg/cm <sup>2</sup> )		1.80	1.80		0.97
DISEÑO A FLEXION						
	H (cm) =		60			
	d (cm) =		55			
	b (m) =		4			
ELEMENTO						
	PIE		I	III		VII
	Mu (T-M)		24.32	24.29		-94.30
	p cálculo		0.0005	0.0005		-0.0020
	p adoptado		0.0033	0.0033		0.0033
	As (cm <sup>2</sup> )		73.33	73.33		73.33
TALON						
	Mu (T-M)		18.80	18.77		-0.88
	p cálculo		0.0004	0.0004		0.0000
	p adoptado		0.0033	0.0033		0.0033
	As (cm <sup>2</sup> )		73.33	73.33		73.33



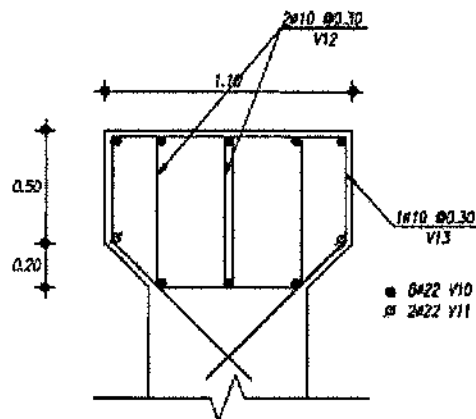
**Cimentación Pila**

ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:25



**Corte b-b**

ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:25



**Viga**

ESCALA: \_\_\_\_\_ 1:25

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

### MEMORIA DE CÁLCULO PUENTES PEATONALES RUTA SUR

#### INTRODUCCIÓN

El presente documento presenta los conceptos de cálculo utilizados para el diseño de los puentes peatonales que se encuentran en la Ruta Sur de acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito. Dichos pasos peatonales han mantenido el mismo concepto estructural de los puentes viales, es decir, su material base es el hormigón pos-tensado.

#### METODOLOGÍA DE CÁLCULO

El cálculo de puentes en hormigón pos-tensado obedece a su metodología constructiva. Para este particular diseño se ha utilizado una viga cajón que será fabricada a pie de obra y posteriormente hizada hasta su posición final sobre las pilas de apoyo. Una vez en su sitio se fundirá una loseta de dos metros de ancho que proporcionará el espacio de cruce a los peatones. Para esta fundición la viga cajón estará sin encofrado inferior, es decir, deberá soportar su propio peso más el peso del hormigón de la loseta. Una vez que la loseta alcance su resistencia especificada, la estructura se convertirá en una viga compuesta que deberá soportar la sobrecarga muerta y la carga viva ó peatonal.

#### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Para el diseño de las vigas cajón se ha considerado las siguientes propiedades de los materiales:

Resistencia hormigón post-tensado (28 días):  $f_{cp} := 480 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Resistencia hormigón post-tensado (transferencia):  $f_{cpi} := 350 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Resistencia hormigón loseta:  $f_{cl} := 350 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Diámetro nominal cable postensado (7 hilos):  $\phi_{cp} := 0.60 \cdot \text{in}$

Área cable postensado (7 hilos):  $A_{cp} := 140 \cdot \text{mm}^2$

Resistencia última cable postensado (grado 270 k, baja relajación):  $f_{pu} := 18980 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Módulo de elasticidad acero postensado:  $E_{ap} := 1960000 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Esfuerzo de fluencia acero postensado:  $f_{py} := 17230 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Esfuerzo de tensión en el gato:  $f_{pj} := 0.75 \cdot f_{pu}$

Área total acero postensado:  $A_{ps} := \text{num}_{\text{cables}} \cdot A_{cp}$

#### PROPIEDADES GEOMÉTRICAS SECCIÓN SIMPLE Y COMPUESTA

*Sección simple*

$A_c$  = área sección bruta (cm<sup>2</sup>)

$S_b$  = módulo seccional inferior (cm<sup>3</sup>)

$S_t$  = módulo seccional superior (cm<sup>3</sup>)

$I$  = momento de inercia (cm<sup>4</sup>)

*Sección compuesta*

$A_c$  = área sección bruta (cm<sup>2</sup>)

$S_{bt}$  = módulo seccional inferior (cm<sup>3</sup>)

$S_{tt}$  = módulo seccional superior (fibra superior de la viga)

$I$  = momento de inercia (cm<sup>4</sup>)

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

$y_b$  = eje baricéntrico inferior

$y_{bt}$  = eje baricéntrico inferior

$y_t$  = eje baricéntrico superior

$y_{tt}$  = eje baricéntrico superior

$W_t$  = peso sección (ton/cm)

$W_t$  = peso sección (ton/cm)

### ESFUERZOS ACERO DE PREFUERZO

*Esfuerzo en el gato*

$$f_{pj} := 0.75 \cdot f_{pu}$$

*Esfuerzo inicial*

$$f_{pi} := 0.675 \cdot f_{pu}$$

*Esfuerzo efectivo (después de pérdidas totales)*

$$f_{pe} := 0.60 \cdot f_{pu}$$

### CHEQUEO ESFUERZOS ADMISIBLES

Para ser consistentes con el eje neutro de la sección compuesta final, las ecuaciones de esfuerzo de incluir esta consideración en su excentricidad

*Postensado inicial*

$$f_t \geq -\frac{P_i}{A_c} + \frac{P_i \cdot [e - (y_{bt} - y_b)]}{S_t} - \frac{M_{sw}}{S_t}$$

$$e_1 \leq \frac{f_t \cdot S_t}{P_i} + \frac{S_t}{A_c} + \frac{M_{sw}}{P_i} + (y_{bt} - y_b)$$

Esf. tensión admisible @ apoyo

$$f_t := 1.60 \cdot \sqrt{f_{ci}}$$

Esf. tensión admisible viga restante

$$f_t := 0.80 \cdot \sqrt{f_{ci}}$$

$$f_c \leq -\frac{P_i}{A_c} - \frac{P_i \cdot [e - (y_{bt} - y_b)]}{S_b} + \frac{M_{sw}}{S_b}$$

$$e_2 \leq \frac{-f_c \cdot S_b}{P_i} - \frac{S_b}{A_c} + \frac{M_{sw}}{P_i} + (y_{bt} - y_b)$$

Esf. compresión admisible @ apoyo

$$f_c := -0.70 \cdot f_{ci}$$

Esf. compresión admisible viga restante

$$f_c := -0.60 \cdot f_{ci}$$

*Postensado final*

Una vez que se ha fundido la loseta superior, se tienen las siguientes ecuaciones de esfuerzo:

Caso 1

Peso propio de la viga + peso propio de la loseta + peso propio pasamanos

$$f_c \leq -\frac{P_e}{A_c} + \frac{P_e \cdot [e - (y_{bt} - y_b)]}{S_t} - \frac{M_{sw} + M_{DT}}{S_t} - \frac{M_D}{S_{tt}}$$



# ASOCIACIÓN

## ASTECC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

$$\rho_p := \frac{A_{ps}}{b \cdot d_p} = 1.464 \times 10^{-3}$$

$$\gamma_p := 0.28$$

$$\beta_1 := 0.65 \quad \frac{f_{py}}{f_{pu}} = 0.908$$

$$f_{ps} := f_{pu} \left[ 1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left( \rho_p \cdot \frac{f_{pu}}{f_{ci}} \right) \right] = 1.833 \times 10^4 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

esfuerzo en acero de postensado

$$a := \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{0.85 \cdot f_{ci} \cdot b} = 5.176 \text{ cm}$$

$$h := 85 \text{ cm} \quad \text{altura sección compuesta}$$

$$d_p := h - C_G$$

$$\phi M_u := 0.90 \cdot A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot \left( d_p - \frac{a}{2} \right) = 2.073 \times 10^7 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

### CÁLCULO MOMENTO DE AGRIETAMIENTO

La ecuación del momento de agrietamiento también será modificada de acuerdo a la siguiente expresión

$$f_r = 2 \cdot \sqrt{f_c} \quad f_r := 40.98 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$y_{br} := 50.683 \text{ cm} \quad y_b := 35.968 \text{ cm} \quad e := 43.063 \text{ cm}$$

$$M_{cr} := S_{br} \left[ f_r + \frac{P_e}{A_c} + \frac{P_e \left[ e - (y_{br} - y_b) \right]}{S_b} \right] = 1.581 \times 10^7 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$\phi M_u \geq 1.2 M_{cr} \quad \text{OK, de lo contrario diseñar refuerzo de acero normal}$$

### CARGAS ÚLTIMAS AASHTO LRFD SECCIÓN MEDIA

$M_{DC}$  : momento por peso propio (viga, loseta y pasamanos)

$M_L$  : momento por peso carga peatonal (90 psf)

$$M_{DC} := 9137500 \cdot \text{kgf} \cdot \text{cm}$$

$$M_L := 4394000 \cdot \text{kgf} \cdot \text{cm}$$

$$M_u := 1.25 \cdot M_{DC} + 1.75 \cdot M_L = 1.911 \times 10^7 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$\phi M_u \geq M_u \quad \text{OK}$$

# ASOCIACIÓN

## ASTECC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

$$e_3 \geq \frac{f_c \cdot S_t}{P_e} + \frac{S_t}{A_c} + \frac{M_{sw} + M_{DT}}{P_e} + \frac{S_t}{S_{tt} \cdot P_e} M_D + (y_{bt} - y_b)$$

Esfuerzo de compresión admisible  $f_c := -0.45 \cdot f_c$

En la ecuación anterior,  $S_{tt}$  es el módulo seccional superior de la sección compuesta medida en la fibra superior de la viga simple

### Caso 2

Carga de servicio total

$$f_c \leq -\frac{P_e}{A_c} + \frac{P_e [e - (y_{bt} - y_b)]}{S_t} - \frac{M_{sw} + M_{DT}}{S_t} - \frac{M_D + M_L}{S_{tt}}$$

$$e_3 \geq \frac{f_c \cdot S_t}{P_e} + \frac{S_t}{A_c} + \frac{M_{sw} + M_{DT}}{P_e} + \frac{S_t}{S_{tt} \cdot P_e} (M_D + M_L) + (y_{bt} - y_b)$$

Esfuerzo de compresión admisible  $f_c := -0.6 \cdot f_c$

$$f_t \geq -\frac{P_e}{A_c} - \frac{P_e [e - (y_{bt} - y_b)]}{S_b} + \frac{M_{sw} + M_{DT}}{S_b} + \frac{M_D + M_L}{S_{bt}}$$

$$e_4 \geq \frac{f_t \cdot S_b}{P_e} - \frac{S_b}{A_c} + \frac{M_{sw} + M_{DT}}{P_e} + \frac{S_b}{S_{bt} \cdot P_e} (M_D + M_L) + (y_{bt} - y_b)$$

Esfuerzo de tensión admisible para sección T  $f_t < 3.18 \cdot \sqrt{f_c}$

Una vez que se grafica el paso del cable se puede determinar con facilidad si la geometría del cable medio se encuentra dentro de las excentricidades límites.

### CÁLCULO $\phi M_n$

$$f_{pu} = 1.898 \times 10^4 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad A_{ps} := 140 \cdot \text{mm}^2 \cdot 12 = 16.8 \text{ cm}^2 \quad C_G := 7.62 \cdot \text{cm} \quad f_{py} := 17230 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$S_b := 63448.36 \cdot \text{cm}^3 \quad S_{bt} := 93312.81 \cdot \text{cm}^3 \quad d := 65 \cdot \text{cm} \quad A_c := 4447.99 \cdot \text{cm}^2$$

$$S_t := 78606.73 \cdot \text{cm}^3 \quad S_{tt} := 330332.70 \cdot \text{cm}^3 \quad b := 200 \cdot \text{cm}$$

$$P_i := 0.675 \cdot f_{pu} \cdot A_{ps} = 2.152 \times 10^5 \cdot \text{kgf}$$

$$P_e := 0.6 \cdot f_{pu} \cdot A_{ps} = 1.913 \times 10^5 \cdot \text{kgf}$$

$$f_{cl} := 350 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{resistencia loseta}$$

$$f_{ps} := f_{pu} \left[ 1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left[ \rho_p \cdot \frac{f_{pu}}{f_{cl}} + \frac{d}{d_p} (w - w') \right] \right]$$

$d_p := d - C_G$  distancia desde la fibra superior de la viga simple hasta el centroide del cable medio

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

Propiedad	Simple	Compuesta
A (cm <sup>2</sup> )	4447,99	-
I (cm <sup>4</sup> )	2282110,6	4729373,3
y <sub>b</sub> (cm)	35,968	50,683
y <sub>t</sub> (cm)	29,032	29,317
S <sub>b</sub> (cm)	63448,36	93312,81
S <sub>t</sub> (cm)	78606,73	330332,70
W <sub>t</sub> (kg/cm)	10,675	17,875

l/(y<sub>t</sub>-15cm)

No. de cables	Aps (cm <sup>2</sup> )
12	16,800
fpi (kg/cm <sup>2</sup> )	fpe (kg/cm <sup>2</sup> )
12811,5	11388
fc (kg/cm <sup>2</sup> )	fci (kg/cm <sup>2</sup> )
420	350
P <sub>i</sub> (kg)	P <sub>e</sub> (kg)
215233,2	191318,4

Carga muerta (kg/cm)	0,4
Carga viva (kg/cm)	8,788
Carga loseta (kg/cm)	7,20

### Postensado inicial

f <sub>t</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	29,933	fibra sup. @ apoyo
f <sub>i</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	14,967	fibra superior
f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	-245,000	fibra inf. @ apoyo
f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	-210,000	fibra inferior

Longitud (m)	20
exce. (cm)	14,715

y<sub>b</sub>(compuesta) - y<sub>b</sub>(simple)

Sección (m)	M <sub>sw</sub> (kg-cm)	e1 (cm)	e2 (cm)	min (e1,e2)
0	0	43,320	72,674	43,320
0,3	315446,25	44,785	74,139	44,785
0,6	621285	46,206	65,243	46,206
1	1014125	42,565	67,068	42,565
1,5	1481156,25	44,735	69,238	44,735
2	1921500	46,781	71,284	46,781
2,5	2335156,25	48,703	73,206	48,703
3	2722125	50,501	75,003	50,501
3,5	3082406,25	52,175	76,677	52,175
4	3416000	53,725	78,227	53,725
4,5	3722906,25	55,151	79,653	55,151
5	4003125	56,452	80,955	56,452
5,5	4256656,25	57,630	82,133	57,630
6	4483500	58,684	83,187	58,684
6,5	4683656,25	59,614	84,117	59,614
7	4857125	60,420	84,923	60,420
7,5	5003906,25	61,102	85,605	61,102
8	5124000	61,660	86,163	61,660

**ASOCIACIÓN**  
**ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

---

8,5	5217406,25	62,094	86,597	62,094
9	5284125	62,404	86,907	62,404
9,5	5324156,25	62,590	87,093	62,590
10	5337500	62,652	87,155	62,652
10,5	5324156,25	62,590	87,093	62,590
11	5284125	62,404	86,907	62,404
11,5	5217406,25	62,094	86,597	62,094
12	5124000	61,660	86,163	61,660
12,5	5003906,25	61,102	85,605	61,102
13	4857125	60,420	84,923	60,420
13,5	4683656,25	59,614	84,117	59,614
14	4483500	58,684	83,187	58,684
14,5	4256656,25	57,630	82,133	57,630
15	4003125	56,452	80,955	56,452
15,5	3722906,25	55,151	79,653	55,151
16	3416000	53,725	78,227	53,725
16,5	3082406,25	52,175	76,677	52,175
17	2722125	50,501	75,003	50,501
17,5	2335156,25	48,703	73,206	48,703
18	1921500	46,781	71,284	46,781
18,5	1481156,25	44,735	69,238	44,735
19	1014125	42,565	67,068	42,565
19,4	621285	46,206	75,560	46,206
19,7	315446,25	44,785	74,139	44,785
20	0	43,320	72,674	43,320



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

Postensado final

$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	-189	fibra superior SW + D + T	SW= peso propio	L= peso carga peatonal
$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	-252	fibra superior SW + D + T + L	D= peso pasamanos	
$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	65,171	fibra inferior SW + D + T + L	T= peso loseta	

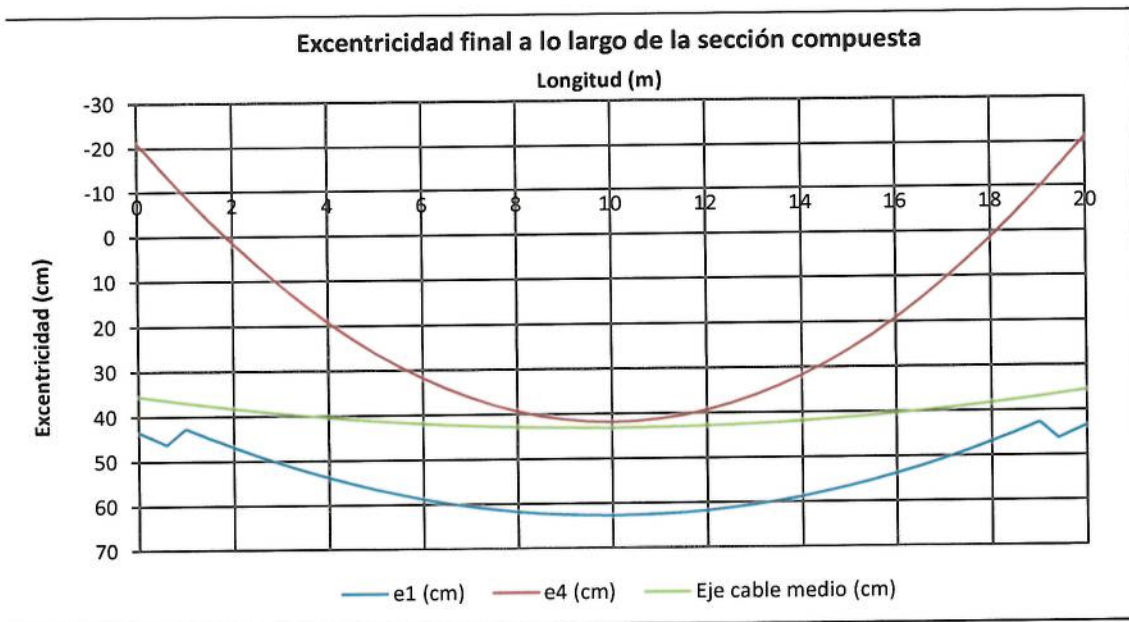
Sección (m)	$M_{sw}$ (kg-cm)	$M_D$ (kg-cm)	$M_{top}$ (kg-cm)	$M_L$ (kg-cm)	e3 (cm)	e3 (cm)	e4 (cm)	(max e3,e4)	Eje cable medio (cm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-45,267	-71,151	-21,163	-21,163	35,443
0,50	520406,25	19500,00	351000,00	428415,00	-40,688	-66,040	-15,016	-15,016	36,18595
1,00	1014125,00	38000,00	684000,00	834860,00	-36,344	-61,190	-9,184	-9,184	36,8908
1,50	1481156,25	55500,00	999000,00	1219335,00	-32,234	-56,602	-3,668	-3,668	37,55755
2,00	1921500,00	72000,00	1296000,00	1581840,00	-28,360	-52,277	1,533	1,533	38,1862
2,50	2335156,25	87500,00	1575000,00	1922375,00	-24,720	-48,214	6,419	6,419	38,77675
3,00	2722125,00	102000,00	1836000,00	2240940,00	-21,315	-44,413	10,989	10,989	39,3292
3,50	3082406,25	115500,00	2079000,00	2537535,00	-18,145	-40,874	15,245	15,245	39,84355
4,00	3416000,00	128000,00	2304000,00	2812160,00	-15,210	-37,597	19,185	19,185	40,3198
4,50	3722906,25	139500,00	2511000,00	3064815,00	-12,509	-34,582	22,810	22,810	40,75795
5,00	4003125,00	150000,00	2700000,00	3295500,00	-10,044	-31,829	26,119	26,119	41,158
5,50	4256656,25	159500,00	2871000,00	3504215,00	-7,813	-29,339	29,114	29,114	41,51995
6,00	4483500,00	168000,00	3024000,00	3690960,00	-5,817	-27,111	31,793	31,793	41,8438
6,50	4683656,25	175500,00	3159000,00	3855735,00	-4,056	-25,145	34,157	34,157	42,12955
7,00	4857125,00	182000,00	3276000,00	3998540,00	-2,529	-23,441	36,206	36,206	42,3772
7,50	5003906,25	187500,00	3375000,00	4119375,00	-1,238	-21,999	37,940	37,940	42,58675
8,00	5124000,00	192000,00	3456000,00	4218240,00	-0,181	-20,819	39,358	39,358	42,7582
8,50	5217406,25	195500,00	3519000,00	4295135,00	0,641	-19,902	40,462	40,462	42,89155
9,00	5284125,00	198000,00	3564000,00	4350060,00	1,228	-19,246	41,250	41,250	42,9868
9,50	5324156,25	199500,00	3591000,00	4383015,00	1,580	-18,853	41,722	41,722	43,04395
10,00	5337500,00	200000,00	3600000,00	4394000,00	1,697	-18,722	41,880	41,880	43,063
10,50	5324156,25	199500,00	3591000,00	4383015,00	1,580	-18,853	41,722	41,722	43,04395
11,00	5284125,00	198000,00	3564000,00	4350060,00	1,228	-19,246	41,250	41,250	42,9868
11,50	5217406,25	195500,00	3519000,00	4295135,00	0,641	-19,902	40,462	40,462	42,89155
12,00	5124000,00	192000,00	3456000,00	4218240,00	-0,181	-20,819	39,358	39,358	42,7582
12,50	5003906,25	187500,00	3375000,00	4119375,00	-1,238	-21,999	37,940	37,940	42,58675
13,00	4857125,00	182000,00	3276000,00	3998540,00	-2,529	-23,441	36,206	36,206	42,3772
13,50	4683656,25	175500,00	3159000,00	3855735,00	-4,056	-25,145	34,157	34,157	42,12955
14,00	4483500,00	168000,00	3024000,00	3690960,00	-5,817	-27,111	31,793	31,793	41,8438
14,50	4256656,25	159500,00	2871000,00	3504215,00	-7,813	-29,339	29,114	29,114	41,51995

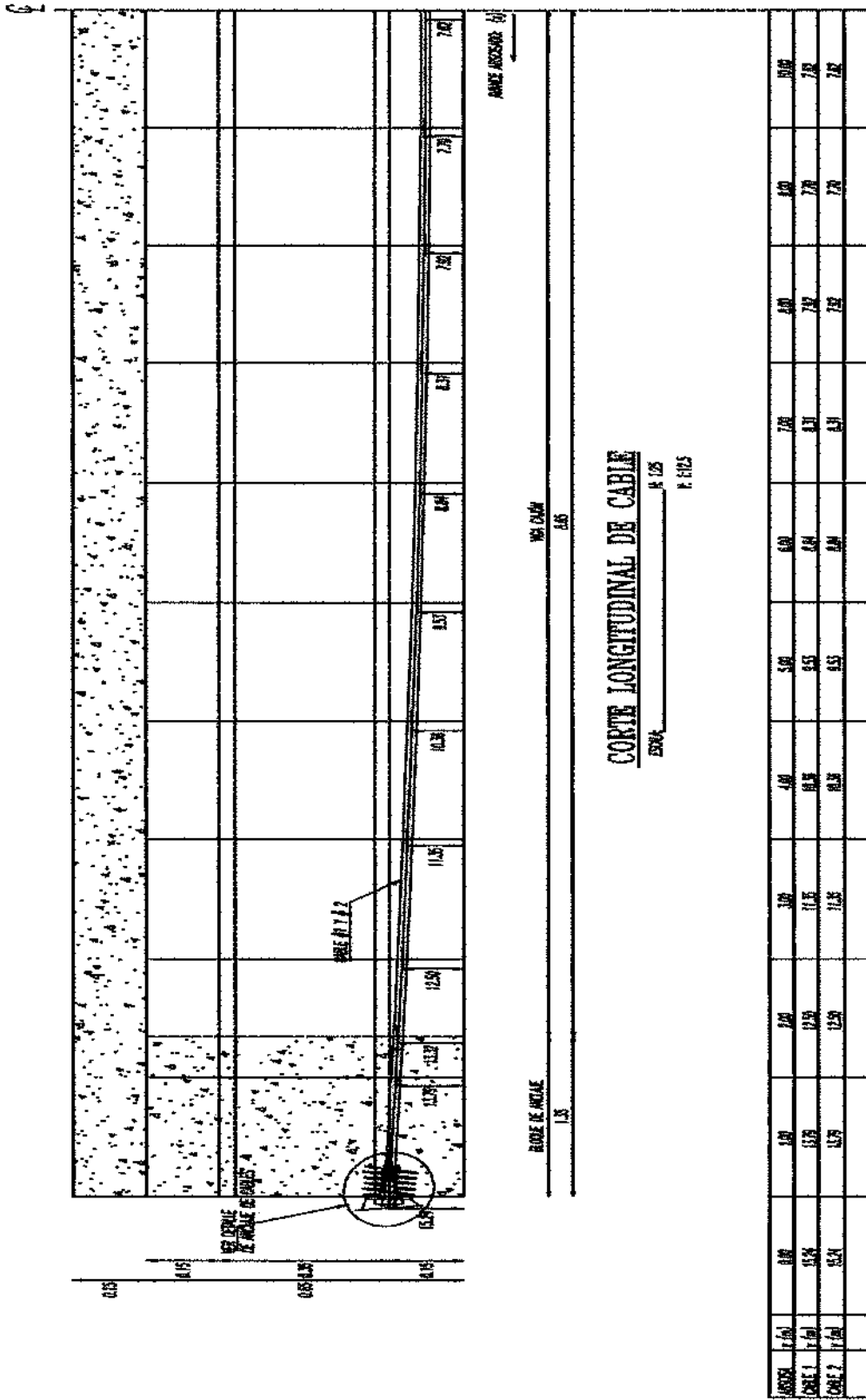
# ASOCIACIÓN

## ASTEAC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

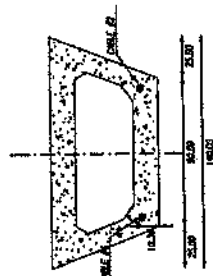
15,00	4003125,00	150000,00	2700000,00	3295500,00	-10,044	-31,829	26,119	26,119	41,158
15,50	3722906,25	139500,00	2511000,00	3064815,00	-12,509	-34,582	22,810	22,810	40,75795
16,00	3416000,00	128000,00	2304000,00	2812160,00	-15,210	-37,597	19,185	19,185	40,3198
16,50	3082406,25	115500,00	2079000,00	2537535,00	-18,145	-40,874	15,245	15,245	39,84355
17,00	2722125,00	102000,00	1836000,00	2240940,00	-21,315	-44,413	10,989	10,989	39,3292
17,50	2335156,25	87500,00	1575000,00	1922375,00	-24,720	-48,214	6,419	6,419	38,77675
18,00	1921500,00	72000,00	1296000,00	1581840,00	-28,360	-52,277	1,533	1,533	38,1862
18,50	1481156,25	55500,00	999000,00	1219335,00	-32,234	-56,602	-3,668	-3,668	37,55755
19,00	1014125,00	38000,00	684000,00	834860,00	-36,344	-61,190	-9,184	-9,184	36,8908
19,50	520406,25	19500,00	351000,00	428415,00	-40,688	-66,040	-15,016	-15,016	36,18595
20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-45,267	-71,151	-21,163	-21,163	35,443

CG (cm)	15,24	Eje cable medio @ apoyo
CG (cm)	7,62	Eje cable medio @ L/2 medido desde el fondo de la sección

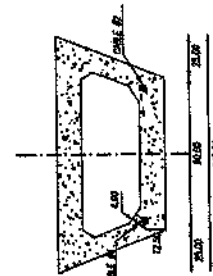




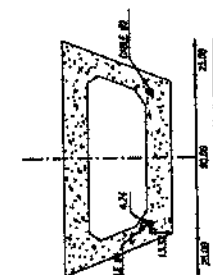
**CUADRO DE COORDENADAS**



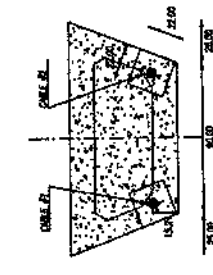
**SECCIÓN CENTRAL**  
 ESCALA: 1/20  
 AREA: 820 m<sup>2</sup>  
 NOTA: Dimensiones en cm.



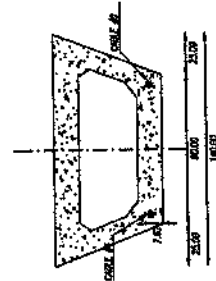
**SECCIÓN CENTRAL**  
 ESCALA: 1/20  
 AREA: 820 m<sup>2</sup>  
 NOTA: Dimensiones en cm.



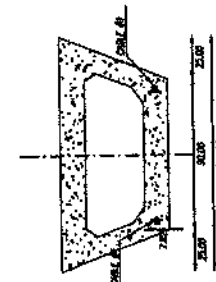
**SECCIÓN EXTREMA**  
 ESCALA: 1/20  
 AREA: 820 m<sup>2</sup>  
 NOTA: Dimensiones en cm.



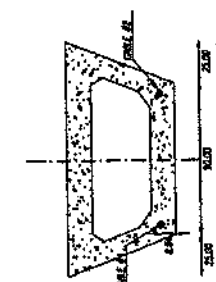
**SECCIÓN EXTREMA**  
 ESCALA: 1/20  
 AREA: 820 m<sup>2</sup>  
 NOTA: Dimensiones en cm.



**SECCIÓN CENTRAL**  
 ESCALA: 1/20



**SECCIÓN CENTRAL**  
 ESCALA: 1/20



**SECCIÓN CENTRAL**  
 ESCALA: 1/20



## **8. DISEÑO HIDRÁULICO DE OBRAS DE ARTE MENOR**

### **8.1 CONSIDERACIONES BÁSICAS**

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 rápidamente y que los flujos que llegan de manera lateral no ingresen hacia los firmes de la estructura.

Se diferencian los flujos difusos y concentrados, los difusos escurren de manera laminar hacia y por la vía, y los concentrados los que por medio de alcantarillas son evacuados de manera controlada.

### **8.2 CRITERIOS DE DISEÑO**

- Evitar las descargas directas a Los Ríos o quebradas sin obras de protección en el cauce
- Generar la suficiente disipación de energía en las obras proyectadas de descarga que eviten descargas erosivas.
- Es preferible utilizar descargas con rápidas escalonadas que rápidas lisas, debido a la gran cantidad de sedimento de arrastre.
- Para el control del escurrimiento y la erosión se utiliza cunetas de coronación con sus correspondientes obras de disipación de energía y descarga hacia puntos controlados.
- 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 la erosión debido a flujos concentrados de sedimentos en las obras, por lo que se sugiere no sobrepasar de velocidades de diseño en colectores y alcantarillas de 6.0 m/s. Para velocidades superiores se debería realizar obras especiales de control.
- En cuanto a materiales de construcción, se ha optado por la proyección de los colectores en tubería plástica de alcantarillado, esto, debido principalmente a las ventajas de costo de instalación y su capacidad de resistir velocidades de flujo permanentes incluso mayores a 6 m/s. Las velocidades altas del flujo recolectado en los colectores centrales son consecuencia de las altas pendientes de la vía proyectada. Para controlar estas velocidades se lo hace mediante la proyección de tuberías plásticas para diámetros pequeños (menores a 800 mm) y mediante rugosidad artificial (gradas en la solera) para colectores en hormigón.

### **8.3 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 estructurales de drenaje:

- Colectores;
- Cunetas laterales;
- Cunetas de coronación;
- Cunetas de contacto en rellenos;
- Rápidas;
- Cuencos disipadores;
- Alcantarillas,
- Sumideros.

### 8.3.1 Colectores Interceptores

Como criterios generales se ha colocado colectores interceptores en tramos donde se cumple:

- Tendencia a un desarrollo urbano de las zonas aledañas,
- Fuerte pendiente que obligue al flujo superar velocidades máximas permisibles,
- Tramos con cortes proyectados importantes y en las cunetas son exigidas a sus máximas capacidades,
- Falta de un cuerpo hídrico adecuado para su descarga;
- Mejorar las condiciones de equilibrio de las quebradas por la que atraviesa la vía.
- Se proyectan los colectores por un lado en tuberías plásticas; por su facilidad de colocación y su economía con diámetros hasta 1.0 m y con velocidades máximas de 6.0 m/s, y por otro, 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 del flujo y mejorando su vida útil, se complementa con la disminución del efecto abrasivo de los sedimentos arrastrados.
- Se ha considerado profundidades mínimas de 1.20 m sobre la clave del conducto, para permitir el ingreso de tuberías del drenaje trasversal (sumideros).
- El período de retorno utilizado para colectores es de 100 años.
- Las curvas intensidad duración frecuencia corresponden a la estación Quito-Aeropuerto.
- El tiempo de concentración mínimo para colectores se ha tomado igual a 10 minutos para área impermeables.

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 denominado ANEXO 8-1: CÁLCULOS HIDRÁULICOS.

### 8.3.2 Cunetas Laterales

Las cunetas laterales paralelas a la vía deben acompañar a todo lo largo de los trazados de la vía debido a:

Las cunetas permiten la concentración de los flujos de aguas lluvias en alineaciones laterales a la calzada.

La función de la cuneta por tanto permite seguridad en la vía durante los aguaceros.

Las estructuras de captación de los flujos de las cunetas como sumideros; de rejilla, laterales etc. necesitan la proyección de las cunetas, caso contrario su eficiencia disminuye drásticamente.

Sus dimensiones se recomiendan realizarlas no menores de 20 cm de profundidad y en sección triangular que tome en cuenta la seguridad vehicular.

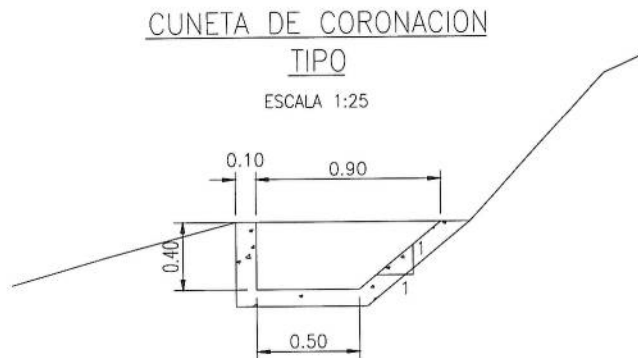
### 8.3.3 Cunetas de Coronación y relleno

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 de coronación tipo utilizada es:

**Figura 8-1a**  
**CORTE DE CUNETA DE CORONACIÓN**



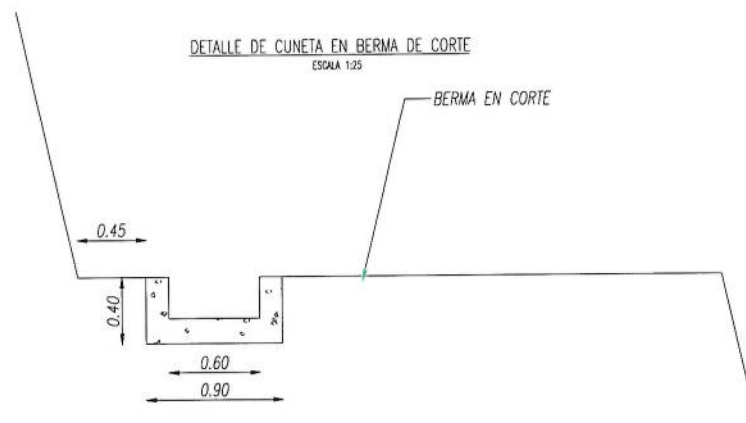
Se proyecta cunetas de coronación y relleno según se indica en el Cuadro 8-1.

**Cuadro 8-1**  
**LONGITUD DE CUNETAS PROYECTADAS**

Abscisa		Longitud (m)
Inicio	Fin	
Int. Auquitas	0+050	440
0+050	0+150	100
2+100	2+160	60
2+390	2+600	210

Por otro lado se ha proyectado una cuneta ubicada en la berma de los taludes de corte, ligeramente separada del pie del talud, esto con el objetivo de minimizar obstrucciones por material suelto proveniente de los taludes de corte, el detalle de esta cuneta se indica en la Figura 8-1b:

**Figura 8-1b**  
**CUNETA EN BERMA DE CORTE**



### 8.3.4 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 Chanson, 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 calado 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.

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 se elimina el cuenco disipador y se coloca un salto en sky.

### 8.3.5 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.

Para el dimensionamiento de las alcantarillas, se parte de los caudales proporcionados del cálculo de los caudales de crecida en el estudio hidrológico. El caudal de diseño de alcantarillas es de 100 años.



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

Debido a las altas pendientes de los cauces de los cuerpos hídricos atravesados por 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.

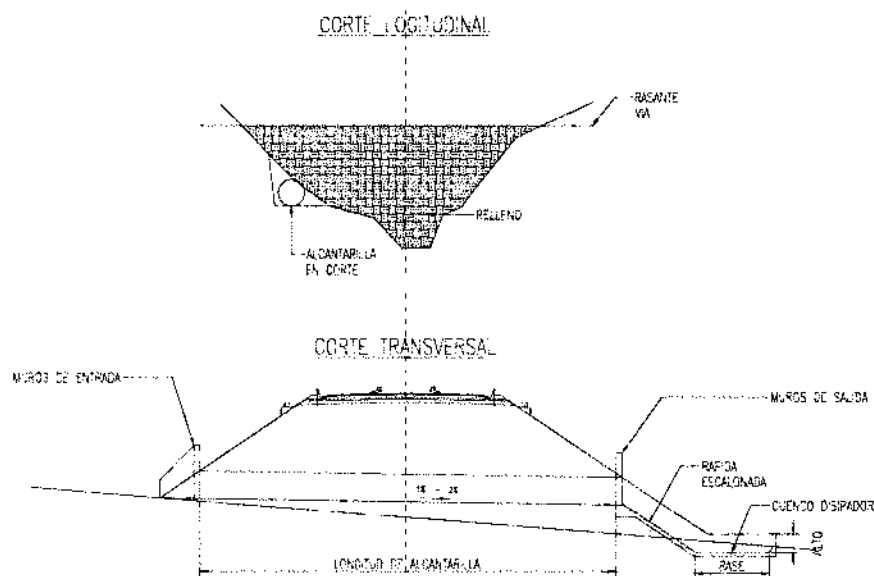
Se utiliza dos criterios de diseño:

El primero:

Si el caudal de diseño con la pendiente del cauce tiene velocidades superiores a las permitidas, se diseñan alcantarillas de cruce con pendientes bajas y ubicadas lateralmente al cauce en corte (pendientes menores al 1%). Esto implica que las zonas destinadas a los rellenos se ubican sobre las alcantarillas. Por tanto el alto del relleno no afecta de manera importante al refuerzo de las tuberías. (Ver Figura 8-2).

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.

**Figura 8-2**  
**ALCANTARILLA DE BAJA PENDIENTE CON CONTROL AL PIE**



El segundo:

Las pendientes de los cuerpos hídricos de importancia (Caudales de crecida altos), las pendientes son relativamente pequeñas, menores al 3.5%, por lo que, la alcantarilla puede proyectarse al fondo del cauce sin infringir límites de velocidades permitidas.

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.

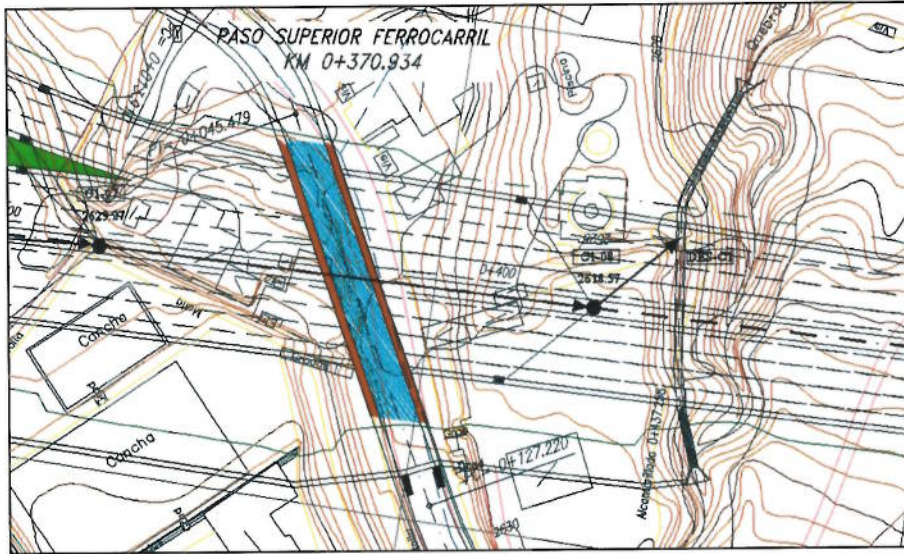
Debido al bajo o nulo nivel freático observado, no se incluye drenes en los rellenos, sin embargo no se debería descartar esta posibilidad durante la construcción en el caso de observarlos durante los desmontes.

**8.4 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES DE DRENAJE**

**8.4.1 Colectores Vía Ruta Sur (0+000 a 5+500 km)**

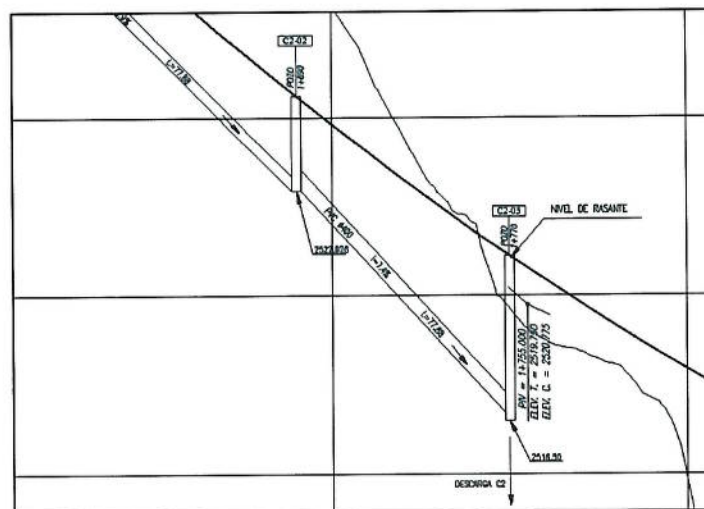
Desde sus inicios, dispone de un **colector interceptor N° 1** desde la 0+000 hasta la 0+420, diseñado en tubería PVC con diámetros desde 0.3 y 0.4 m, (desde pozo C1-01 a C1-08). Su descarga se lo realiza a través del alcantarillado ubicado en la abscisa 0+437.258 (ver Figura 8-3).

**Figura 8-3**  
**VISTA EN PLANTA – DESCARGA COLECTOR C1**



El **colector N° 2** con una longitud total de 840 m, inicia en la abscisa 1+610 y termina en la 1+770, conduce las aguas pluviales que escurren por la calzada y los taludes laterales. Esta diseñado en todo su tramo con tubería PVC de diámetro de 300 mm y 400 mm (pozos C2-01 a C2-03). Ver figura 8-4.

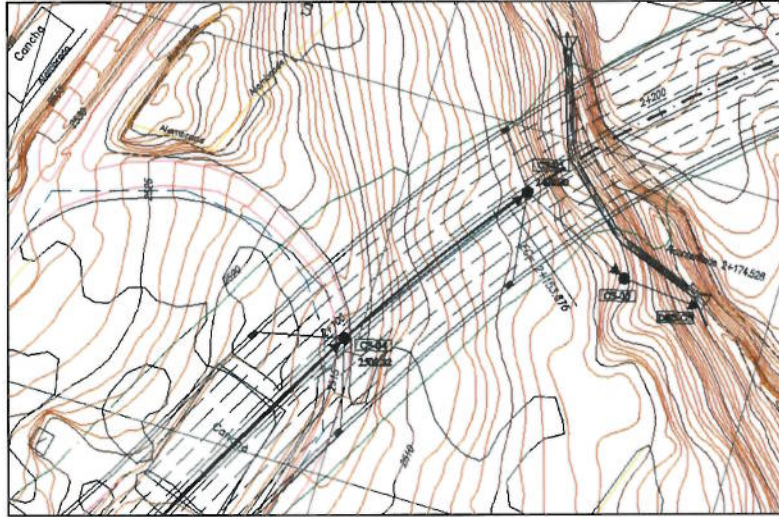
**Figura 8-4**  
**PERFIL DE DESCARGA COLECTOR C2**





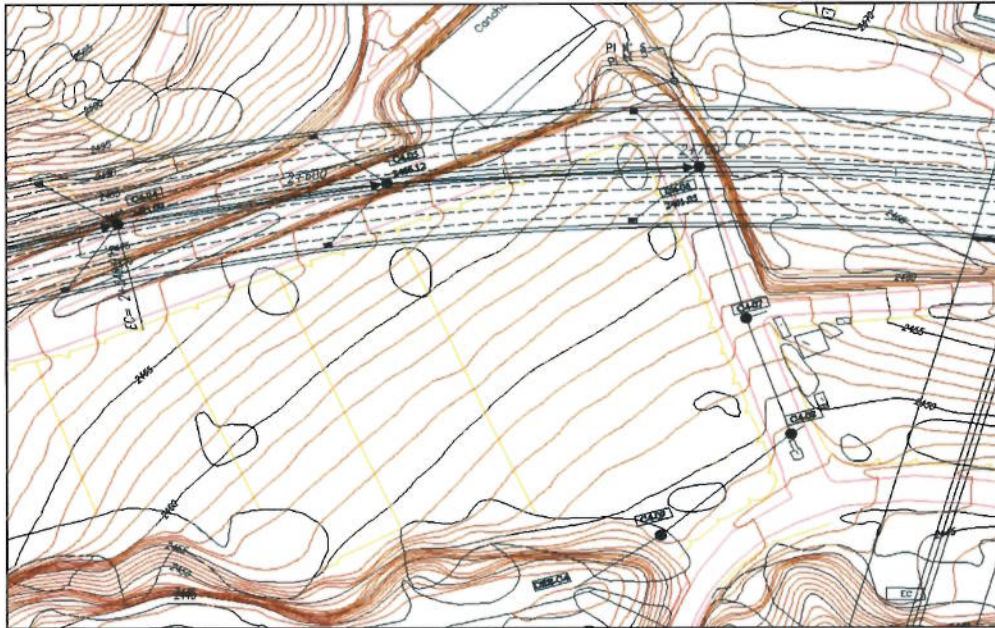
El **colector N° 3** inicia su recorrido en la abscisa 1+860 y termina en la abscisa 1+860, está diseñado en su totalidad con tubería PVC con diámetro de 300 mm (pozos C3-01 a C3-05) realizando la descarga sobre los muros de ala del alcantarillado ubicado 2+174.528 (ver Figura 8-5).

**Figura 8-5**  
**PLANTA DESCARGA COLECTOR C3**



El **colector N° 4** inicia su recorrido en la abscisa 2+310 y termina en la abscisa 2+700, esta diseñado en su totalidad en tubería PVC con diámetros entre 300 y 400 mm (pozos C4-01 a C4-06). Ver figura 8-6.

**Figura 8-6**  
**PLANTA DESCARGA COLECTOR C4**



Desde a abscisa 4+220 tiene inicio un nuevo colector interceptor; **Colector N° 5**, que se proyecta hasta la abscisa 5+580. En su tramo inicial; desde el pozo C5-01 a C5-10, se ha diseñado un colector en tubería PVC de diámetros entre 300 y 400 mm. y desde el pozo C5-10 al pozo C5-20

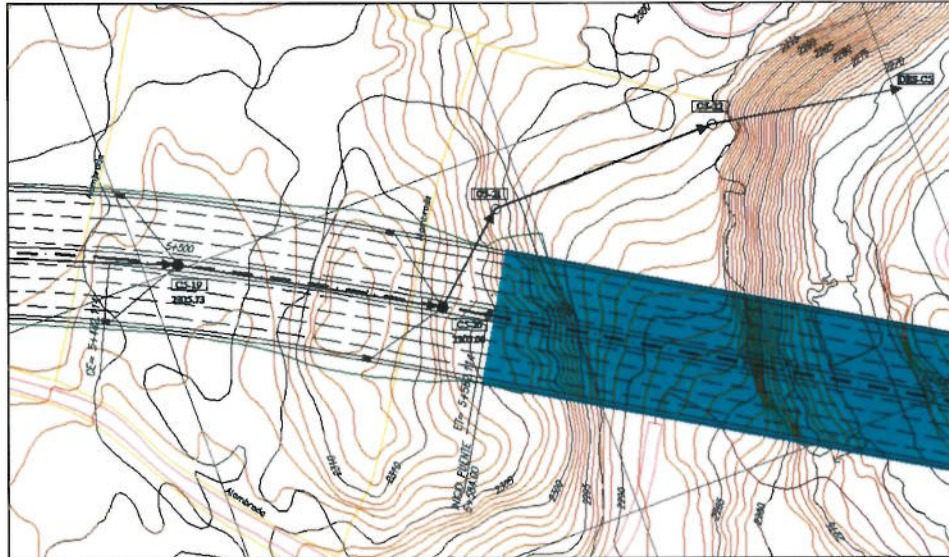


# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

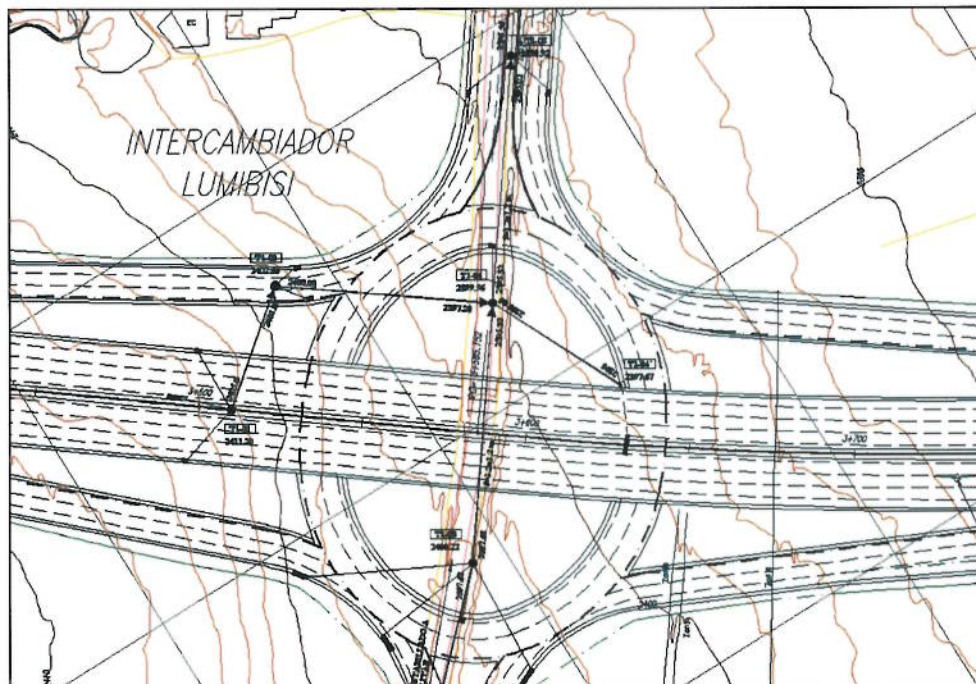
se diseña un colector en hormigón armado de 0.7x0.7 m y 0.8x0.8 m de sección cuadrada. Ver Figura 8-7.

**Figura 8-7**  
**DESCARGA COLECTOR N° 5**



El colector transversal T1 pasa en el punto de abscisa 3+600 pasando por el redondel Lumbisi realizando la descarga sobre la quebrada Auqui Huasi teniendo tubería de 400, en este tramo existe un alcantarillado importante que pasa por la misma dirección del colector diseñado por lo que se resuelve unirlo al diseño nuevo teniendo secciones de hormigón armado de 1.2x1.2 m. Ver Figura 8-8.

**Figura 8-8**  
**DESCARGA COLECTOR N° 5**





### 8.5 ALCANTARILLAS

Para el cálculo de las alcantarillas se utilizó:

Método lluvia escurrimiento: Método racional

La ecuación de intensidad de lluvia de la estación Quito-Aeropuerto:

$$I = \frac{55.666 * T^{0.09}}{t^{1.66}} [\ln(t + 3)]^{4.165} [\ln T]^{0.1}$$

Siendo

T: el periodo de retorno (años)

T: tiempo de concentración (min)

Período de retorno: 100 años

Coefficiente de Manning: Según se indica en la tabla respectiva (Tabla 8-1).

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

**ASOCIACIÓN  
ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

Tabla 8-1  
**CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE ALCANTARILLAS**

DATOS		CONDUCCION														
N°	Abscisa Proyecto	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Pend. S (%)	Coefficiente de Manning	Material	Diámetro o Base (m)	Alto (m)	Y/D	Y (m)	TETA	Area Mojada m <sup>2</sup>	Perimetro mojado. m	Radio Hidra (m)	V diseño (m/s)	Circular (●) Rectangular (■)	Froude
1	0+437.268	3.5	3.0	0.030	Hormigon	1.20	1.30	0.75	0.98		1.17	3.16	0.37	2.99	■	0.96
2	0+581.884	4.2	0.5	0.015	Hormigon	1.50	1.50	0.88	1.03		1.54	3.55	0.43	2.70	■	0.85
3	0+684.459	0.9	1.4	0.023	M	1.20		0.42	0.50	2.8	0.45	1.69	0.27	2.12	●	0.96
4	0+768.186	3.8	4.2	0.015	Hormigon	1.20	1.20	0.45	0.54		0.64	2.27	0.28	5.89	■	2.57
5	0+933.788	5.0	3.5	0.015	Hormigon	1.50	1.50	0.38	0.57		0.85	2.63	0.32	5.86	■	2.49
6	1+127.839	5.4	1.5	0.015	Hormigon	1.50	1.50	0.55	0.82		1.23	3.14	0.39	4.41	■	1.56
7	1+253.257	0.9	0.7	0.023	M	1.20		0.49	0.59	3.1	0.55	1.86	0.30	1.60	●	0.67
8	Union de cauces	3.2	1.3	0.015	Hormigon	1.20	1.20	0.61	0.74		0.89	2.68	0.33	3.57	■	1.33
9	1+502.857	10.5	0.5	0.015	Hormigon	2.00	2.10	0.74	1.55		3.09	5.09	0.61	3.38	■	0.87
10	2+174.528	2.2	1.7	0.016	Hormigon	1.20	1.20	0.44	0.53		0.63	2.25	0.28	3.47	■	1.53
11	2+268.560	13.6	2.2	0.016	Hormigon	1.50	2.00	0.77	1.53		2.30	4.57	0.50	5.89	■	1.52
12	3+175.033	13.6	1.2	0.015	Hormigon	2.00	2.10	0.64	1.35		2.70	4.70	0.57	5.05	■	1.39
13*	4+078.762*	19.6	0.6	0.015	Hormigon	2.20	2.60	0.80	2.08		4.57	6.35	0.72	4.28	■	0.95

Note (\*) Alcantarillado doble

**ALCANTARILLADOS EXISTENTES EN AV. SIMON BOLIVAR**

1	Av. Simon Bolivar 1	3.5	5.7	0.023	M	1.20		0.60	0.71	3.5	0.70	2.12	0.33	4.96	●	1.88
2	Av. Simon Bolivar 2	3.0	2.7	0.015	Hormigon	1.20	1.20	0.44	0.53		0.64	2.26	0.28	4.71	■	2.07
3	Av. Simon Bolivar 3	3.0	1.8	0.023	Hormigon	1.20	1.20	0.72	0.86		1.03	2.92	0.35	2.90	■	1.00

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

### 8.6 ANEXO 8.1: CÁLCULOS HIDRÁULICOS

#### Cuadros de cálculos hidráulicos 0+000 hasta 5+500

##### COLECTOR LONGITUDINAL N°1

Coefficiente de Escorrentía = 0.60

Periodo de retorno = 100 años

Coefficiente de rugosidad ( = 0.01 Plástico

0.013 Hormigón simple

0.015 Hormigón armado

$$f = \frac{55.6667^{0.04}}{r^{0.04}} [\ln(r + 3)]^{0.04} [\ln Z]^{0.04}$$

Cálculo realizado con 10 cm de hormigón de alta grado

Ecuación De Aumento

DESCRIPCIÓN DEL TRAMO	ÁREA										CAUDAL PLOUVAL			CAUDAL DISEÑO (R1)	B o D					TIEMPO DE FLUJO	Y/D	Y	TETA	v/v	v	COTAS				PROFUNDIDAD		TIPO DE TUBERÍA	
	POZO			Parcial A (ha)	Acum. A (ha)	A'C	Tc	I	I	Qp (R1)	R1	B	D		n	J	PROYECTO VIAL		COLECTOR SOLERA							ARRIBA (m)	ABAJO (m)	SALTO (m)	Desnivel (m)				
	DE	A	L														ARRIBA	ABAJO	ARRIBA											ABAJO			
C1-01	C1-02	39.37	0.20	0.20	0.1	10.00	100	302	36	36.6	0.30					0.010	2.48	0.24	0.28	0.08	2.23	0.7	2.1	2638.315	2638.435	2638.515	2634.848	2.600	1.669	0.00	0.97	PVC	
C1-02	C1-03	39.37	0.20	0.39	0.2	10.24	108	299	71	70.6	0.30					0.010	4.60	0.17	0.34	0.16	2.49	0.8	3.2	2638.435	2634.585	2634.648	2632.735	1.669	1.820	0.00	1.81	PVC	
C1-03	C1-04	39.37	0.20	0.59	0.4	10.41	127	297	105	105.1	0.30					0.010	4.80	0.17	0.42	0.13	2.82	0.9	3.6	2634.585	2632.875	2632.735	2630.845	1.820	1.820	0.00	1.69	PVC	
C1-04	C1-05	39.37	0.20	0.79	0.5	10.68	168	295	139	139.2	0.30					0.010	4.80	0.17	0.60	0.18	3.14	1.0	3.9	2632.875	2630.765	2630.845	2628.955	1.820	1.840	0.10	1.69	PVC	
C1-05	C1-06	79.42	0.40	1.18	0.7	10.74	165	293	208	209.1	0.40					0.010	4.80	0.28	0.40	0.16	2.74	0.9	4.3	2630.765	2627.035	2628.955	2625.043	1.940	1.992	0.00	3.81	PVC	
C1-06	C1-07	80.00	0.40	1.58	1.0	11.02	194	290	275	275.3	0.40					0.010	4.70	0.29	0.48	0.19	3.08	1.0	4.8	2627.035	2623.275	2625.043	2621.283	1.992	1.992	0.00	3.78	PVC	
C1-07	C1-08	100.00	0.50	2.09	1.3	11.31	193	287	358	358.3	0.40					0.010	4.70	0.36	0.68	0.22	3.38	1.0	4.9	2623.275	2618.575	2621.283	2618.583	1.992	1.992	0.00	4.70	PVC	
Descarga	C1-08	D05-C1	21.25	0.11	2.19	1.3	11.87	192	293	372	359.3	0.40					0.010	12.18	0.05	0.42	0.17	2.82	0.9	8.9	2618.575	2614.000	2618.583	2614.000	1.992	0.000	0.00	2.68	PVC

##### COLECTOR LONGITUDINAL N°2

Coefficiente de Escorrentía = 0.60

Periodo de retorno = 100 años

Coefficiente de rugosidad ( = 0.01 Plástico

0.013 Hormigón simple

0.015 Hormigón armado

$$f = \frac{55.6667^{0.04}}{r^{0.04}} [\ln(r + 3)]^{0.04} [\ln Z]^{0.04}$$

Cálculo realizado con 10 cm de hormigón de alta grado

Ecuación De Aumento

DESCRIPCIÓN DEL TRAMO	ÁREA										CAUDAL PLOUVAL			CAUDAL DISEÑO (R1)	B o D					TIEMPO DE FLUJO	Y/D	Y	TETA	v/v	v	COTAS				PROFUNDIDAD		TIPO DE TUBERÍA	
	POZO			Parcial A (ha)	Acum. A (ha)	A'C	Tc	I	I	Qp (R1)	R1	B	D		n	J	PROYECTO VIAL		COLECTOR SOLERA							ARRIBA (m)	ABAJO (m)	SALTO (m)	Desnivel (m)				
	DE	A	L														ARRIBA	ABAJO	ARRIBA											ABAJO			
C2-01	C2-02	77.84	0.30	0.39	0.2	10.00	100	302	70	70.4	0.30					0.010	10.00	0.25	0.28	0.08	2.23	0.7	4.2	2632.510	2628.800	2630.710	2622.928	1.820	2.674	0.00	7.78	PVC	
C2-02	C2-03	77.84	0.30	0.78	0.5	10.23	108	299	140	139.6	0.30					0.010	8.60	0.26	0.43	0.13	2.80	0.9	4.7	2628.800	2621.118	2622.928	2618.698	2.674	4.423	0.20	8.23	PVC	
Descarga	C2-03	D05-C2	39.50	0.00	0.78	0.5	10.49	108	298	138	139.6	0.40					0.010	16.95	0.07	0.23	0.09	2.00	0.7	5.9	2621.118	2629.800	2618.698	2629.800	4.623	9.920	0.00	6.70	PVC

##### COLECTOR LONGITUDINAL N°3

Coefficiente de Escorrentía = 0.60

Periodo de retorno = 100 años

Coefficiente de rugosidad ( = 0.01 Plástico

0.013 Hormigón simple

0.015 Hormigón armado

$$f = \frac{55.6667^{0.04}}{r^{0.04}} [\ln(r + 3)]^{0.04} [\ln Z]^{0.04}$$

Cálculo realizado con 10 cm de hormigón de alta grado

Ecuación De Aumento

DESCRIPCIÓN DEL TRAMO	ÁREA										CAUDAL PLOUVAL			CAUDAL DISEÑO (R1)	B o D					TIEMPO DE FLUJO	Y/D	Y	TETA	v/v	v	COTAS				PROFUNDIDAD		TIPO DE TUBERÍA	
	POZO			Parcial A (ha)	Acum. A (ha)	A'C	Tc	I	I	Qp (R1)	R1	B	D		n	J	PROYECTO VIAL		COLECTOR SOLERA							ARRIBA (m)	ABAJO (m)	SALTO (m)	Desnivel (m)				
	DE	A	L														ARRIBA	ABAJO	ARRIBA											ABAJO			
C3-01	C3-02	60.00	0.40	0.40	0.2	10.00	100	302	72	72.4	0.30					0.010	4.70	0.35	0.34	0.10	2.49	0.8	3.2	2514.815	2511.055	2513.015	2509.255	1.800	1.800		3.78	PVC	
C3-02	C3-03	60.00	0.40	0.60	0.3	10.35	107	298	143	142.8	0.30					0.010	5.10	0.33	0.50	0.15	3.14	1.0	4.0	2511.055	2507.051	2509.255	2505.175	1.800	1.878		4.68	PVC	
C3-03	C3-04	60.00	0.40	1.20	0.7	10.68	106	294	211	211.3	0.30					0.010	5.80	0.31	0.81	0.18	3.09	1.1	4.7	2507.051	2502.323	2505.175	2500.455	1.878	1.888		4.72	PVC	
C3-04	C3-05	60.00	0.30	1.50	0.9	10.99	104	290	291	291.0	0.30					0.010	6.70	0.22	0.67	0.20	3.84	1.1	5.1	2502.323	2498.300	2500.455	2496.435	1.888	1.865		4.62	PVC	
Descarga	C3-05	C3-06	33.32	0.17	1.67	1.0	10.99	104	290	290	291.0	0.30					0.010	9.20	0.10	0.40	0.18	3.84	1.1	5.8	2498.300	2495.495	2496.435	2493.369	1.865	2.128		3.67	PVC
Descarga	C3-06	D05-C3	20.17	0.10	1.77	1.1	10.99	104	290	308	291.0	0.60	0.60	0.42	0.64	0.05	0.27	0.18	0.18	0.18	0.7	4.3			2495.495	2480.128	2493.369	2480.128	2.128	0.000		13.24	HA



# ASOCIACIÓN ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

## COLECTOR LONGITUDINAL N°4

Coefficiente de Escorrentía = 0.60

Periodo de retorno = 100 años

Coefficiente de rugosidad ( = 0.01 Plástico

0.013 Hormigón simple

0.015 Hormigón armado

$$f = \frac{55.6667^{1.49}}{R^{1.49}} [\ln(r+3)]^{1.49} [\ln f]^{1.49}$$

Cálculo realizado con 10 cm de hormigón de alto de grada

Ecuación De Arquimedes

DESCRIPCIÓN DEL TRAMO	POZO		AREA		CAUDAL PLUVIAL				CAUDAL	DISEÑO		B o D aceptado m	n	J %	TIEMPO DE FLUJO	Y	TETA	v (m/s)	COTAS				PROFUNDIDAD		SALTO (m)	Desnivel (m)	TIPO DE TUBERIA			
	CALLE	DE	A	L m	Parcial A (m²)	Asum. A (m²)	A' C	T <sub>h</sub> mm	l mm/hr	l l/m²	Op (l/s)								DISEÑO (l/s)	PROYECTO VAL. AGUAS		COLECTOR SOLERA AGUAS		ARRIBA (m)				ABAJO (m)		
																				ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO							
C4-1	C4-2	80.00	0.40	0.40	0.2	10.60	109	302	72	72.4	0.30	0.010	7.00	0.28	0.31	0.09	2.38	0.8	3.7	2487.800	2482.200	2485.600	2489.300	1.800	1.800	0.00	5.82	PVC		
C4-2	C4-3	80.00	0.40	0.80	0.5	10.28	107	298	143	143.1	0.30	0.010	7.00	0.28	0.45	0.14	2.64	1.0	4.5	2482.200	2478.800	2489.300	2474.700	1.800	1.800	0.00	5.80	PVC		
C4-3	C4-4	80.00	0.40	1.20	0.7	10.67	106	295	212	212.3	0.30	0.010	7.00	0.28	0.58	0.17	3.46	1.1	5.0	2478.800	2471.000	2474.700	2469.100	1.800	1.800	0.10	5.80	PVC		
C4-4	C4-5	70.00	0.35	1.55	0.9	10.85	105	292	271	271.2	0.40	0.010	8.25	0.19	0.40	0.16	2.74	0.9	8.8	2471.000	2468.115	2489.000	2463.200	2.000	2.885	0.70	5.74	PVC		
C4-5	C4-6	80.00	0.40	1.95	1.2	11.64	104	290	339	338.7	0.40	0.010	8.00	0.22	0.40	0.18	2.98	1.0	9.9	2468.115	2461.852	2469.600	2468.100	3.855	4.892	0.30	6.40	PVC		
Descarga	C4-6	C4-7	45.23	0.00	1.95	1.2	11.28	103	287	336	338.7	0.70	0.70	0.037	12.20	0.21	0.37	0.20	2.62	0.7	2.7	2461.852	2462.447	2455.800	2450.345	5.192	2.104	0.00	5.82	HA
Descarga	C4-7	C4-8	35.25	0.00	1.95	1.2	11.47	103	285	333	338.7	0.70	0.70	0.038	9.80	0.18	0.38	0.27	2.60	0.7	2.5	2462.447	2449.000	2450.345	2448.808	2.104	2.112	0.00	3.45	HA
Descarga	C4-8	C4-9	44.33	0.00	1.95	1.2	11.64	102	283	331	338.7	0.70	0.70	0.010	0.40	0.31	0.48	0.32	2.98	0.8	1.8	2449.000	2449.000	2448.808	2448.711	2.112	2.269	0.00	5.18	PVC
Descarga	C4-9	DES-C4	15.17	0.00	1.95	1.2	11.85	101	280	327	338.7	0.70	0.70	0.040	34.12	0.04	0.28	0.18	2.14	0.6	4.5	2449.000	2458.500	2448.711	2458.900	2.269	0.000	0.00	8.21	HA

## COLECTOR LONGITUDINAL N°5

Coefficiente de Escorrentía = 0.60

Periodo de retorno = 100 años

Coefficiente de rugosidad ( = 0.01 Plástico

0.013 Hormigón simple

0.015 Hormigón armado

$$f = \frac{55.6667^{1.49}}{R^{1.49}} [\ln(r+3)]^{1.49} [\ln f]^{1.49}$$

Cálculo realizado con 10 cm de hormigón de alto de grada

Ecuación De Arquimedes

DESCRIPCIÓN DEL TRAMO	POZO		AREA		CAUDAL PLUVIAL				CAUDAL	DISEÑO		B o D aceptado m	n	J %	TIEMPO DE FLUJO	Y	TETA	v (m/s)	COTAS				PROFUNDIDAD		SALTO (m)	Desnivel (m)	TIPO DE TUBERIA			
	CALLE	DE	A	L m	Parcial A (m²)	Asum. A (m²)	A' C	T <sub>h</sub> mm	l mm/hr	l l/m²	Op (l/s)								DISEÑO (l/s)	PROYECTO VAL. AGUAS		COLECTOR SOLERA AGUAS		ARRIBA (m)				ABAJO (m)		
																				ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO							
C5-1	C5-2	80.00	0.40	0.40	0.2	10.00	109	302	72	72.4	0.30	0.010	0.70	0.80	0.60	0.18	3.54	1.1	1.6	2381.021	2380.475	2379.221	2378.861	1.800	1.814	0.10	6.56	PVC		
C5-2	C5-3	80.00	0.40	0.80	0.5	10.90	108	291	149	139.7	0.40	0.010	0.50	0.88	0.63	0.25	3.67	1.1	1.7	2380.475	2380.075	2378.691	2378.181	1.914	1.914	0.00	6.40	PVC		
C5-3	C5-4	80.00	0.40	1.20	0.7	11.77	101	282	203	202.8	0.40	0.010	1.80	0.49	0.55	0.22	3.34	1.0	2.8	2380.075	2378.869	2378.181	2376.881	1.914	1.985	0.00	1.28	PVC		
C5-4	C5-5	80.00	0.40	1.60	1.0	12.29	100	277	268	265.7	0.40	0.010	4.10	0.31	0.40	0.20	3.10	1.0	4.3	2378.869	2376.567	2378.181	2375.801	1.988	1.981	0.00	3.28	PVC		
C5-5	C5-6	80.00	0.40	2.00	1.2	12.87	99	274	329	328.6	0.40	0.010	6.70	0.24	0.48	0.19	3.05	1.0	5.8	2376.567	2370.214	2373.601	2368.241	1.981	1.973	0.10	8.38	PVC		
C5-6	C5-7	80.00	0.40	2.40	1.4	12.81	88	272	391	391.1	0.40	0.010	7.60	0.22	0.61	0.20	3.18	1.0	6.0	2370.214	2364.040	2368.141	2362.061	2.673	1.979	0.60	6.68	PVC		
C5-7	C5-8	80.00	0.40	2.80	1.7	13.03	97	270	453	452.9	0.40	0.010	6.90	0.24	0.57	0.23	3.42	1.1	6.0	2364.040	2367.866	2361.691	2358.041	2.479	1.825	0.30	3.62	PVC		
C5-8	C5-9	80.00	0.40	3.20	1.9	13.27	86	268	515	513.5	0.70	0.70	0.015	7.80	0.19	0.32	0.22	2.41	0.7	4.9	2367.866	2361.897	2356.741	2349.601	2.125	2.181	0.00	6.24	HA	
C5-9	C5-10	80.00	0.40	3.60	2.2	13.45	85	265	574	574.0	0.70	0.70	0.015	7.70	0.19	0.34	0.24	2.49	0.7	5.0	2361.897	2345.917	2349.601	2343.341	2.181	2.178	0.00	6.10	HA	
C5-10	C5-11	80.00	0.40	4.00	2.4	13.84	85	264	634	633.0	0.70	0.70	0.015	7.70	0.19	0.36	0.26	2.67	0.7	5.1	2349.601	2339.343	2343.341	2337.181	2.178	2.162	0.00	6.18	HA	
C5-11	C5-12	80.00	0.40	4.40	2.6	13.83	94	263	693	692.9	0.70	0.70	0.015	7.70	0.19	0.38	0.27	2.65	0.7	5.2	2339.343	2333.189	2337.181	2331.021	2.162	2.148	0.00	6.18	HA	
C5-12	C5-13	80.00	0.40	4.80	2.9	14.02	94	261	751	751.3	0.70	0.70	0.016	7.70	0.19	0.40	0.28	2.74	0.8	5.4	2337.181	2328.958	2331.021	2324.861	2.148	2.134	0.00	6.18	HA	
C5-13	C5-14	80.00	0.40	5.20	3.1	14.22	93	260	809	809.0	0.70	0.70	0.016	7.70	0.19	0.41	0.29	2.78	0.8	5.4	2328.958	2320.821	2324.861	2318.701	2.134	2.120	0.00	6.16	HA	
C5-14	C5-15	80.00	0.40	5.60	3.4	14.41	93	258	868	868.0	0.70	0.70	0.016	7.70	0.19	0.43	0.30	2.88	0.8	5.5	2320.821	2314.647	2318.701	2312.541	2.120	2.108	0.00	6.18	HA	
C5-15	C5-16	80.00	0.40	6.00	3.6	14.60	92	256	922	922.4	0.70	0.70	0.016	7.10	0.20	0.45	0.31	2.94	0.8	5.4	2314.647	2308.885	2312.541	2308.861	2.108	2.124	0.00	5.68	HA	
C5-16	C5-17	80.00	0.40	6.40	3.8	14.79	92	255	978	977.6	0.70	0.70	0.016	4.10	0.26	0.55	0.39	3.34	0.8	4.4	2308.885	2305.733	2308.861	2303.581	2.124	2.162	0.00	3.28	HA	
C5-17	C5-18	80.00	0.40	6.80	4.1	15.05	91	253	1031	1030.7	0.80	0.80	0.015	0.90	0.51	0.77	0.62	4.28	0.8	2.8	2305.733	2305.000	2303.581	2302.881	2.162	2.139	0.00	0.72	HA	
Descarga	C5-18	C5-19	27.30	0.14	6.94	4.2	15.05	91	253	1051	1030.7	0.80	0.80	0.033	18.00	0.09	0.48	0.38	3.08	0.8	4.3	2302.881	2301.180	2302.881	2297.832	2.139	3.258	0.00	4.63	HA
Descarga	C5-19	C5-20	60.78	0.30	7.24	4.3	15.05	91	253	1097	1030.7	0.80	0.80	0.016	7.00	0.14	0.40	0.32	2.74	0.8	8.8	2301.180	2298.180	2297.832	2293.677	3.229	2.513	0.00	4.28	HA
Descarga	C5-20	DES-C5	80.00	0.40	7.84	4.6	15.05	91	253	1158	1030.7	0.80	0.80	0.016	0.90	0.51	0.77	0.62	4.28	0.8	2.8	2297.832	2305.000	2293.677	2292.947	2.513	12.843	0.00	0.72	HA



# ASOCIACIÓN ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

## COLECTOR TRANSVERSAL N°1

Coefficiente de Escorrentía = 0.60

Periodo de retorno = 100 años

Coefficiente de rugosidad ( = 0.01 Plástico

0.013 Hormigón simple

0.015 Hormigón armado

$$f = \frac{55.6667^R}{R^m} [\ln(t + 3)]^{1.4} [\ln T]^{1.1}$$

Cálculo realizado con 10 cm de hormigón de alto de grava

Ecuación De Manning

ABS	DESCRIPCIÓN DEL TRAMO		POZO		AREA		CAUSAL PLUVIAL				CAUDAL		COTAS											TIPO DE TUBERIA									
													PROYECTO VAL		COLECTOR SOLERA		PROFUNDIDAD		SALTO	Desnivel Dada													
	CALLE	DE	A	L	Parcial A (m)	Acum A (m)	A'C	Tc	I	I	Qp (l/s)	DESERD (l/s)	B o D adaptado	abto	n	J	TIEMPO DE FLUJO	Y/D			Y	TETA	wV		v	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	(m)	(m)
3600		T1-01	T1-02	39.90	1.25	1.25	0.8	16.00	109	302	220	226.2	0.40				0.010	10.00	0.10	0.34	0.14	2.49	0.8	5.7	2411.200	2402.600	2408.000	2401.010	6.300	1.600	1.01	3.98	PVC
3600.00		T1-02	T1-04	69.33	0.80	1.85	1.1	16.10	108	301	330	333.4	0.40				0.010	4.10	0.25	0.38	0.22	3.38	1.0	4.8	2403.600	2399.600	2400.000	2397.260	2.680	2.670		2.72	PVC
3600		T1-03	T1-03	89.43	1.60	10.00	6.0	10.00	109	302	600	600.0	1.20	1.20			0.015	6.00	0.20	0.19	0.23	1.80	0.8	4.5	2405.600	2400.220	2402.000	2397.670	2.400	2.541		4.62	HA
3600		T1-03	T1-04	78.78	1.60	11.00	6.6	10.00	109	302	1691	1690.6	1.20	1.20			0.015	3.00	0.21	0.40	0.48	2.74	0.8	4.8	2400.220	2390.600	2397.670	2395.318	2.541	4.244		2.30	HA
3600		T1-04	T1-04	48.47	0.23	0.23	0.1	10.00	109	302	42	42.0	0.40				0.010	0.20	0.88	0.38	0.14	2.87	0.8	1.0	2397.670	2390.600	2398.000	2395.661	1.670	3.689		0.14	PVC
3600.00		T1-04	T1-06	75.16	0.38	13.48	8.1	20.31	79	219	1766	1766.2	1.20	1.20			0.015	6.40	0.66	0.69	0.63	3.02	0.8	2.1	2399.600	2388.824	2395.318	2395.018	4.244	3.909		0.30	HA
3600.00		T1-05	T1-06	99.88	0.60	13.88	8.4	10.00	109	302	2626	2626.8	1.20	1.20			0.015	1.00	0.46	0.64	0.77	3.71	0.8	3.2	2399.624	2396.400	2396.015	2394.016	3.809	2.474		1.00	HA
3600.00	Descarga	T1-06	T1-07	49.33	0.25	14.20	8.6	15.46	107	208	2623	2623.1	1.20	1.20			0.015	2.80	0.14	0.48	0.68	3.06	0.8	4.7	2399.490	2385.278	2394.016	2392.762	2.474	2.498		1.23	HA

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

### 8.7 ANEXO 8.2: VOLÚMENES DE OBRAS

CALCULO DE VOLÚMENES DE OBRA DE COLECTORES																		
Abscisado	Calle	Pozo		Longitud (m)	B o D adoptado (m)	alto (m)	n	cortes		Salto (m)	Material	Espesor hormigon (m)	volumen fc=200 Rapida (m³)	volumen fc=200 Seccion (m³)	volumen Hormigon fc=160 (m³)	replantillo fc=160 (m³)	Excavación (m³)	Relleno (m³)
		de	a					Arriba (m)	Abajo (m)									
<b>COLECTOR LONGITUDINAL C5</b>																		
5-000 A 5-000	Descarga	C5-22	DES-C5	21.25	0.80	0.80	0.038	2.51	0.00		HA	0.20	17.0		17.00	1.28	33.31	1.44
	Descarga	C5-21	C5-22	60.779	0.80	0.80	0.015	3.23	2.51		HA	0.20		48.6	48.62	3.65	213.02	121.85
	Descarga	C5-20	C5-21	27.386	0.80	0.80	0.033	2.14	3.23		HA	0.20	21.9		21.91	1.64	89.84	48.76
	5600	C5-19	C5-20	80	0.80	0.80	0.015	2.15	2.14		HA	0.20		64.0	64.00	4.80	210.77	90.77
	5420	C5-18	C5-19	80	0.70	0.70	0.015	2.12	2.15		HA	0.20		57.6	57.60	4.40	192.54	91.34
	5340	C5-17	C5-18	80	0.70	0.70	0.015	2.11	2.12		HA	0.20		57.6	57.60	4.40	190.52	89.32
	5260	C5-16	C5-17	80	0.70	0.70	0.015	2.12	2.11		HA	0.20		57.6	57.60	4.40	190.34	89.14
	5180	C5-15	C5-16	80	0.70	0.70	0.015	2.13	2.12		HA	0.20		57.6	57.60	4.40	191.58	90.38
	5100	C5-14	C5-15	80	0.70	0.70	0.015	2.15	2.13		HA	0.20		57.6	57.60	4.40	192.81	91.61
	5020	C5-13	C5-14	80	0.70	0.70	0.015	2.15	2.15		HA	0.20		57.6	57.60	4.40	194.04	92.84
	4-000 A 5-000	4940	C5-12	C5-13	80	0.70	0.70	0.015	2.18	2.16		HA	0.20		57.6	57.60	4.40	195.27
4860		C5-11	C5-12	80	0.70	0.70	0.015	2.19	2.18		HA	0.20		57.6	57.60	4.40	195.55	95.35
4780		C5-10	C5-11	80	0.70	0.70	0.015	2.12	2.19		HA	0.20		57.6	57.60	4.40	194.30	93.10
4700		C5-09	C5-10	80	0.40		0.010	2.53	1.82	0.30	PVC						160.34	150.29
4620		C5-08	C5-09	30	0.40		0.010	2.06	2.03	0.50	PVC						56.61	52.84
4620		C5-07	C5-08	50.00	0.40		0.010	2.07	2.06		PVC						95.33	89.05
4540		C5-06	C5-07	80	0.40		0.010	1.98	1.97	0.10	PVC						145.94	135.89
4460		C5-05	C5-06	80	0.40		0.010	1.99	1.98		PVC						146.48	136.43
4380		C5-04	C5-05	80	0.40		0.010	1.91	1.99		PVC						144.07	134.02
4300		C5-03	C5-04	80	0.40		0.010	1.91	1.91		PVC						141.41	131.35
4300		C5-02	C5-03	40.00	0.30		0.010	1.84	1.81	0.10	PVC						60.02	57.19
4220		C5-01	C5-02	40	0.30		0.010	1.80	1.84		PVC						59.79	56.96
<b>COLECTOR TRANSVERSAL T1</b>																		
3-000 A 4-000		Descarga	T1-06	T1-07	49.327	1.20	1.20	0.015	2.47	2.50		HA	0.20		55.2	55.25	3.95	200.07
	3500	T1-05	T1-06	99.95	1.20	1.20	0.015	3.91	2.47		HA	0.20		111.9	111.94	8.00	518.41	254.54
	3500	T1-04	T1-05	75.16	1.20	1.20	0.015	4.24	3.91		HA	0.20		84.2	84.18	6.01	495.25	297.83
	3500	T1-04'	T1-04	46.47	0.40		0.010	1.67	3.70		PVC						114.37	108.53
	3500	T1-03	T1-04	78.76	1.20	1.20	0.015	2.54	4.24		HA	0.20		88.2	88.21	6.30	433.85	225.93
	3500	T1-00	T1-03	98.43	1.20	1.20	0.015	2.40	2.54		HA	0.20		110.2	110.24	7.87	396.99	137.13
	3500	T1-02	T1-04	66.325	0.40		0.010	2.66	2.67		PVC						162.05	153.72
	3500	T1-01	T1-02	39.902	0.40		0.010	6.20	1.65	1.01	PVC						142.75	137.74
	<b>COLECTOR LONGITUDINAL C4</b>																	
	2-000 A 3-000	Descarga	C4-09	DES-C4	15.17	0.70	0.70	0.040	2.29			HA	0.20	10.9		10.92	0.83	19.94
Descarga		C4-08	C4-09	44.328	0.70	0.70	0.010	2.11	2.29		PVC	0.20		31.9	31.92	2.44	109.75	53.67
Descarga		C4-07	C4-08	35.251	0.70	0.70	0.035	2.10	2.11		HA	0.20	25.4		25.38	1.94	83.69	39.10
Descarga		C4-06	C4-07	45.225	0.70	0.70	0.037	5.19	2.10		HA	0.20	32.6		32.56	2.49	183.90	126.77
2630		C4-05	C4-06	80	0.40		0.010	3.55	4.69	0.30	PVC						307.69	297.64
2550		C4-04	C4-05	70	0.40		0.010	2.00	2.85	0.70	PVC						156.08	147.29
2470		C4-03	C4-04	80	0.30		0.010	1.90	1.90	0.10	PVC						124.80	119.15
23290		C4-02	C4-03	80	0.30		0.010	1.90	1.90		PVC						124.80	119.15
2310		C4-01	C4-02	80	0.30		0.010	1.90	1.90		PVC						124.80	119.15
<b>COLECTOR LONGITUDINAL C3</b>																		
Descarga	C3-06	DES-C3	20.173	0.60	0.60	0.042	2.13				HA	0.20	12.9		12.91	1.01	22.45	1.27
Descarga	C3-05	C3-06	33.324	0.30		0.010	1.87	2.13			PVC						54.53	52.17
2100	C3-04	C3-05	60	0.30		0.010	1.87	1.87			PVC						91.99	87.75
2020	C3-03	C3-04	80	0.30		0.010	1.88	1.87			PVC						123.01	117.35



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

### CALCULO DE VOLUMENES DE OBRA DE COLECTORES

Abscisado	Calle	Pozo		Longitud (m)	B o D adoptado (m)	alto (m)	n	cortes		Salto (m)	Material	Espesor hormigon (m)	volumen fc=200 Rapida (m³)	volumen fc=200 Seccion (m³)	volumen Hormigon (m³)	replantillo fc=100 (m³)	Excavación (m³)	Relleno (m³)	
		de	a					Arriba (m)	Abajo (m)										
1+000 A 2+000	1940	C3-02	C3-03	60	0.30		0.010	1.60	1.88		PVC						120.83	115.18	
	1860	C3-01	C3-02	80	0.30		0.010	1.80	1.80		PVC						118.40	112.75	
	COLECTOR LONGITUDINAL C2																		
	Descarga		C2-03	DES-C2	39.59	0.40		0.010	4.62			PVC						83.96	78.99
	1690		C2-02	C2-03	77.66	0.30		0.010	2.67	4.42	0.20	PVC						224.21	218.71
1610		C2-01	C2-02	77.84	0.30		0.010	1.80	2.67		PVC						142.42	136.91	
COLECTOR LONGITUDINAL C1																			
0+000 A 1+000	Descarga		C1-08	DES-C1	21.248	0.40	0.010	1.99			PVC						20.00	17.33	
	320		C1-07	C1-08	100	0.40	0.010	1.99	1.99		PVC						183.75	171.19	
	240		C1-06	C1-07	90	0.40	0.010	1.99	1.99		PVC						147.00	136.95	
	160		C1-05	C1-06	79.42	0.40	0.010	1.94	1.99		PVC						144.07	134.09	
	120		C1-04	C1-05	39.37	0.30	0.010	1.83	1.84	0.10	PVC						59.36	56.58	
	80		C1-03	C1-04	39.37	0.30	0.010	1.82	1.83		PVC						59.05	56.27	
	40		C1-02	C1-03	39.37	0.30	0.010	1.89	1.82		PVC						59.98	57.20	
	0+000		C1-01	C1-02	39.37	0.30	0.010	2.80	1.89		PVC						75.42	72.63	

### DRENAJE DE OBRAS DE ARTE MENOR VOLUMENES DE OBRA COLECTORES

Abscisa		Tuberia de	Tuberia de	Tuberia de	Tuberia de	Tuberia de	Tuberia de	Tuberia de	Tuberia de	Tuberia de	Sumideros			
		250 mm (m)	300 mm (m)	400 mm (m)	500 mm (m)	600 mm (m)	700 mm (m)	800 mm (m)	900 mm (m)	1000 mm (m)	Tipo ST1-1 (u)	Tipo ST1-2 (u)	Tipo ST2-1 (u)	Tipo ST2-2 (u)
0+000	1+000	192	157.48	259.42							12		5	5
1+000	2+000	561	237.84	77.88							22		10	2
2+000	3+000	477	240.00	70.00	125.23						18		2	
3+000	4+000			329.89		224.44					11	1		6
4+000	5+000	500	40.00	320.00	270.00	80.00					20			2
5+000	5+550	384				480.00		80.00			18			
<b>TOTAL</b>		2114	675.32	1057.167	395.225	784.437	0	80	0	0	101	1	17	15

Abscisa		Pozos hasta	Pozos entre	Pozos entre	Pozos entre	Hormigón	Hormigón	Hormigón	Acero de	Excavación (m3)	Relleno (m3)
		2.5 m (u)	2.5 y 4.0 m (u)	4.0 y 6.5 m (u)	6.5 y 9.0 m (u)	fc=200 Rapida (m3)	fc=200 Seccion (m3)	fc=180 Replantillo (m3)	refuerzo fy=4200(kg)		
0+000	1+000	8				0.00	0.00	0.00	0	749	702
1+000	2+000	10	2		1	0.00	0.00	0.00	0	606	584
2+000	3+000	11	3	2	1	70.85	31.92	7.87	5904	1508	1280
3+000	4+000	3	4			0.00	449.82	32.13	2410	2465	1365
4+000	5+000	10				0.00	172.80	13.20	990	1596	1227
5+000	5+550	8	2			38.91	458.22	37.76	5751	1699	807
<b>TOTAL</b>		50	11	2	2	110	1113	91	15055	8622	5986

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

### DRENAJE DE OBRAS DE ARTE MENOR VOLUMENES DE OBRA ALCANTARILLAS

Abscisa		Tubería de 1.2 m (m)	Tubería de 1.3 m (m)	Tubería de 1.4 m (m)	Tubería de 1.5 m (m)	Tubería de 1.8 m (m)	Tubería de 2.0 m (m)	Tubería de 2.2 m (m)	Hormigón f <sub>c</sub> =280 Rápidas (m <sup>3</sup> )	Hormigón f <sub>c</sub> =280 M. ala-conducc (m <sup>3</sup> )	Hormigón f <sub>c</sub> =180 Replantiño (m <sup>3</sup> )	excavación (m <sup>3</sup> )	Releño (m <sup>3</sup> )	Acero de Refuerzo fy=4200(kg)
0+000	1+000	44.04							437	139	40	2288	203	43208
1+000	2+000	111.31							781	1471	142	10916	1074	168911
2+000	3+000								104	261	23	1661	167	27371
3+000	4+000									665	38	3421	349	45411
4+000	5+000									383	25	2165	226	28760
TOTAL		155	0	0	0	0	0	0	1322	2859	267	20451	2020	313600

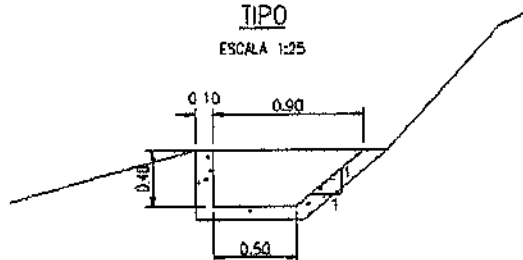
### DRENAJE DE OBRAS DE ARTE MENOR VOLUMENES DE OBRA ALTERNATIVA ZAMBIZA CUNETAS DE CORONACION

Abscisa		Longitud (m)	Hormigón f <sub>c</sub> =180 (m <sup>3</sup> )	Excavación (m <sup>3</sup> )
Inicio	Fin			
0+000	1+000	763.1	129.7	671.5
1+000	2+000	0	0	0
2+000	3+000	71.45	12	63
3+000	4+000	0	0	0
4+000	5+000	0	0	0
5+000	5+500	0	0	0
TOTAL(m)		835	142	734

#### CUNETETA DE CORONACION

TIPO

ESCALA 1:25





# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

PROYECTO VIAL RUTA SUR 0+000 HASTA 5+500		
VOLUMENES DE OBRA		
DRENAJE DE OBRAS DE ARTE MENOR		
	Unidad	Cantidad
Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	29,807.50
Relleno para estructuras	m <sup>3</sup>	8,005.08
Hormigón estructural de cemento Portland f'c=280 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	5,403.85
Hormigón estructural de cemento Portland f'c=180 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2,425.07
Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm <sup>2</sup>	kg	328,654.42
Tubería de acero corrugado d = 1200 mm	m	155.35
Tubería de acero corrugado d = 1300 mm	m	-
Tubería de acero corrugado d = 1800 mm	m	-
Tubería de alcantarillado plástica de 300 mm	m	675.32
Tubería de alcantarillado plástica de 400 mm	m	1,057.19
Tubería de alcantarillado plástica de 500 mm	m	395.23
Tubería de alcantarillado plástica de 600 mm	m	784.44
Tubería de alcantarillado plástica de 700 mm	m	-
Tubería de alcantarillado plástica de 800 mm	m	80.00
Tubería de alcantarillado plástica de 900 mm	m	-
Sumidero tipo ST1-1	U	101.00
Sumidero tipo ST1-2	U	1.00
Sumidero tipo ST2-1	U	17.00
Sumidero tipo ST2-2	U	15.00
Transporte e instalación de tubería plástica para sumideros $\phi=250$ mm	m	2,114.00
Construcción de pozos de revisión(altura menor o igual a 2.5 m) incluye cercos metálicos y tapa	U	50.00
Construcción de pozos de revisión(altura entre 2.5 a 4.0 m) incluye cercos metálicos y tapa	U	11.00
Construcción de pozos de revisión(altura entre 4.0 a 6.5 m) incluye cercos metálicos y tapa	U	2.00
Construcción de pozos de revisión(altura entre 6.5 a 9.0 m) incluye cercos metálicos y tapa	U	2.00

### Volúmenes de obra de tubería de agua potable de red existente (valores estimados de acuerdo a información proporcionada por EPMAPS)

RESUMEN																				
abscisa	Nº cruce	Longitud (m)									Total (m)	Codos (u)							Total (m)	T (u)
		$\phi$ 50	$\phi$ 75	$\phi$ 100	$\phi$ 150	$\phi$ 200	$\phi$ 250	$\phi$ 300	$\phi$ 450	$\phi$ 50		$\phi$ 75	$\phi$ 100	$\phi$ 150	$\phi$ 200	$\phi$ 250	$\phi$ 300	$\phi$ 450		
		2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	18"											
0+000	1+000	3		122	100						222		4	2					6	0
1+000	2+000	5		347		100			90		537		6		1			1	8	2
2+000	3+000	3	115	60					100		275	2	2					2	6	3
3+000	4+000	1			100						100			2					2	0
4+000	5+000	3		80		200					280		2		4				6	3
5+000	5+500	3			300						300			6					6	2

## **9. DISEÑO DE PAVIMENTO**

La Asociación de Firmas Consultoras ASTEC – Ing. Fernando Romo y León y Godoy fue seleccionada por la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas EPMMOP-Q para que realice los estudios definitivos de la vía de acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito, siguiendo el corredor denominado “Ruta Sur”.

### **9.1 INTRODUCCIÓN**

El presente Informe se refiere a los estudios y diseños realizados para el Pavimento y Materiales de Construcción y es parcial, pues solamente incluye el tramo comprendido entre el inicio del proyecto y la Urbanización “La Primavera”, aproximadamente en el Kilómetro 5+500, a fin de que se pueda contratar las obras de ese tramo, como es la intención de la Alcaldía metropolitana. Se incluye un breve resumen de las diferentes actividades realizadas para la evaluación de los parámetros característicos de los suelos de los tramos considerados, la determinación de las cargas de tránsito y demás insumos necesarios para establecer los espesores del pavimento. El período de diseño adoptado es de 17 años, tiempo en el cual se dispone de la extrapolación del tráfico, habiéndose diseñado la construcción del pavimento por etapas.

### **9.2 CARTOGRAFÍA EXISTENTE**

La zona en estudio dispone de cartas topográficas editadas por el Instituto Geográfico Militar a diferentes escalas. Tales documentos han sido restituidos a base de fotografías aéreas de diferentes fechas. La Consultora realizó el replanteo del proyecto, para utilización en los Estudios Preliminares y definitivos de la Ruta Sur-Vía Aeropuerto en escala 1:1000, se contrató la restitución de una faja localizada en el corredor de esta ruta que cubre una superficie de 435 ha

### **9.3 CLIMA Y LLUVIAS**

El proyecto se desarrolla íntegramente en una zona cuyo clima corresponde a la clasificación Ecuatorial Mesotérmico Semihúmedo. Los principales parámetros climáticos son:

- Pluviosidad Anual: entre 800 y 1.200 mm
- Temperatura Media: 13 grados centígrados

Por encontrarse en una zona agrícolamente desarrollada, no existen especies nativas y la morfología original, incluyendo los cauces de drenaje ha sido profundamente modificada por las construcciones realizadas en el sector.

### **9.4 METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO**

#### **9.4.1 Metodología Empleada**

El diseño del pavimento sigue los procedimientos y la metodología recomendados por la AASHTO en su Guía de Diseño de Pavimentos, edición 1993. Para este trabajo se consideran alternativas de pavimento flexible, considerando una duración de 17 años, en dos etapas; la primera para 10 años y la segunda para extender la vida útil al período señalado.

Como insumos básicos se tienen los datos de tráfico proporcionados para este proyecto, la investigación de la subrasante y los datos específicos sobre la geometría de la vía a analizar.

#### 9.4.2 Consideraciones previas

Como paso previo al diseño, se procedió a realizar las siguientes tareas:

- Definición de Secciones Homogéneas para diseño. Con este objeto se consideran las variables: tipo de suelo, tráfico y grado de compactación de la subrasante.
- Determinación de los parámetros resistentes de la Subrasante, en base a las mediciones de los ensayos CBR, en sitio y en probetas compactadas en laboratorio. Las correlaciones empleadas se indican más adelante.
- Definición de las demás variables necesarias, incluyendo la conversión a ejes equivalentes del el tráfico que utilizará la vía durante el periodo de diseño.

#### 9.4.3 DATOS DE TRÁFICO

##### 9.4.3.1 Información básica

Los estudios de tráfico realizados para el proyecto proporcionan los siguientes datos, para el Tramo “Intercambiador Auquitas – Ilumbisi”, que corresponde a este diseño:

Vehículo	TPDA (2013)
Liviano	48 255
Buses	566
Pesados	1 885

Se han realizado conteos clasificados realizados en diferentes sitios de la red vial existente en las inmediaciones del proyecto, específicamente en: Redondel La Lira, San Juan, La Morita, La Primavera, Cervecería, Tanda (intersección), Conquistadores, Puente Guápulo y El Nacional.

Considerando que varias de estas estaciones tienen restricción de paso de vehículos pesados (Puente Guápulo, por ejemplo), se procedió a un análisis crítico de los resultados, lo que permite clasificar el TPDA de la siguiente manera:

Vehículo	%
Liviano	90.0
Taxi	2.0
Buses	3.0
Camión 2 ejes liv.	2.5
Camión 2 ejes med.	1.8
Camión 3 ejes	0.2
Remolque 4 ejes	0.0
Remolque 5 y más ejes	0.5

Se considera además lo siguiente:

- Los Taxis son todos vehículos livianos, además se subdivide la categoría en vehículos livianos propiamente dichos (automóviles) y camionetas cuyo peso es de 4.9 toneladas (con carga).
- Todos los buses serán de 2 ejes. La hipótesis es a favor de la seguridad pues el eje posterior simple es más perjudicial al pavimento.
- Los camiones se subdividieron en livianos (2 ejes), medianos (2 ejes) y pesados (3 ejes, simple y tándem).



# ASOCIACIÓN

## ASTECC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

- Los semirremolques y remolques se agrupan en una sola categoría (6R), pues esta configuración es más desfavorable al pavimento.

Con los datos de crecimiento vehicular proporcionados en los estudios de tráfico se repartió el TPDA para todo el período del análisis. Llegando al siguiente resultado:

Año	Autos	Camioneta	Bus	2 ej liv	2 eje med	3 ejes	remol
2013	31,366	16,889	566	943	679	75	189
2014	32,832	17,679	582	974	701	78	189
2015	39,642	21,345	1,097	1,004	723	80	189
2016	41,528	22,361	1,118	1,035	745	83	189
2017	43,414	23,377	1,139	1,066	767	85	189
2018	45,301	24,393	1,159	1,097	789	88	189
2019	47,187	25,409	1,180	1,128	812	90	189
2020	49,048	26,410	1,195	1,172	843	94	189
2021	51,306	27,626	1,208	1,221	879	98	189
2022	53,564	28,842	1,221	1,271	915	102	189
2023	55,822	30,058	1,234	1,320	950	106	189
2024	58,080	31,274	1,247	1,370	986	110	189
2025	60,692	32,680	1,261	1,417	1,020	113	189
2026	63,438	34,159	1,264	1,465	1,055	117	189
2027	66,183	35,637	1,266	1,513	1,090	121	189
2028	68,929	37,116	1,269	1,561	1,124	125	189
2029	71,675	38,594	1,271	1,610	1,159	129	189
2030	74,851	40,304	1,273	1,649	1,187	132	189

### 9.4.3.2 Cargas Equivalentes

Los datos antes obtenidos fueron transformados a Ejes Equivalentes de 18 000 libras (ESAL's) en base al TPDA clasificado que se menciona en el numeral anterior

Con los datos así obtenidos y los pesos legales en cada eje se calculó el factor camión para la totalidad de los vehículos (livianos, buses y pesados). Se asume que por el carril de diseño pasan el 60% de los camiones de 2 ejes livianos; el 80% de los buses y de los camiones de 2 ejes medianos, y la totalidad de camiones de 3 ejes y remolques, pues esta distribución se observa en la mayoría de las vías de múltiples carriles de la ciudad.

El cálculo se hizo para la hipótesis de vida útil ya mencionada, es decir para 10 y 17 años con una intervención mayor para pavimento flexible.

Los datos finales obtenidos son:

- Cargas de Tráfico para 10 años: 10'581.903
- Cargas de Tráfico para 17 años: 20'271.025

## 9.5 INVESTIGACIÓN DE LA SUBRASANTE

### 9.5.1 Investigación del subsuelo

La investigación del subsuelo se apoya en la uniformidad de las unidades geológicas que existen a lo largo del corredor de acuerdo a los mapas geológicos del proyecto, que definen depósitos uniformes de cangahua en espesores considerables y niveles freáticos muy profundos. De esta manera, se excavaron pozos a cielo abierto de 1.50 a 2.00 metros de profundidad, sobre el eje de



# ASOCIACIÓN

## ASTECC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

la vía proyectada, seleccionando sitios de corte o relleno mínimos. Las excavaciones permitieron conocer el tipo de material de la subrasante y su muestreo. En todos los pozos excavados se tomaron muestras para clasificación, compactación y CBR de los materiales de la subrasante.

La exploración subterránea así realizada se indica en la tabla siguiente y los datos correspondientes se presentan tabulados en los cuadros de los anexos:

Pozo No.	Abscisa	Prof.	Pozo No.	Abscisa	Prof.
PCA 1	0+000	1.50	PCA 10	3+920	1.20
PCA 2	0+560	1.50	PCA 9	4+110	1.50
PCA 3	0+940	2.00	PCA 11		
PCA 4	1+240	1.50	PCA 12		
PCA 5	1+740	1.50	PCA 13		
PCA 6	2+380	1.50	PCA 14		
PCA 7	2+980	2.00	PCA 15	5+910	1.50
PCA 8	3+500				

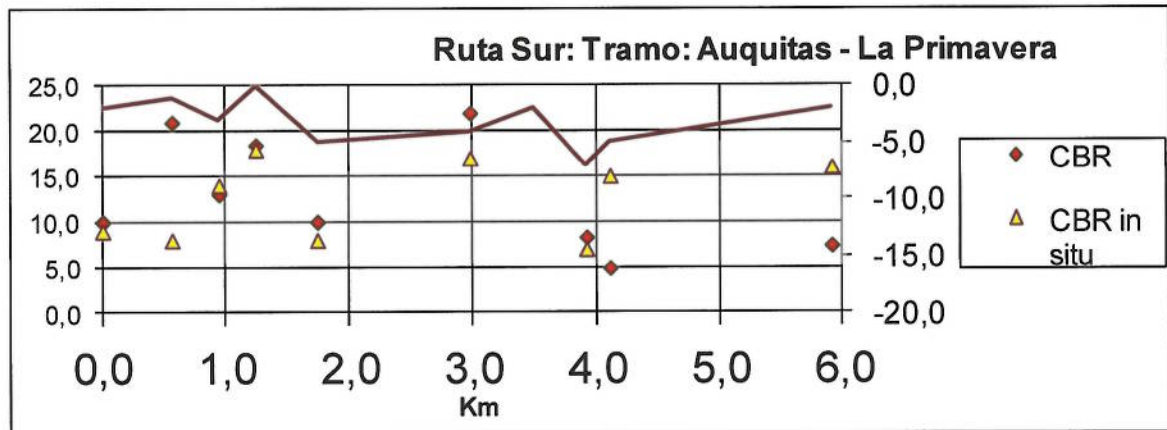
### 9.5.1.1 Resultados de la investigación del subsuelo:

De acuerdo a los resultados de la investigación realizada, se puede concluir que las características de los materiales son:

1. Los suelos que forman la subrasante son relativamente homogéneos y están formados por materiales finogranulares, La mayor parte de los suelos no presentan plasticidad, siendo su clasificación SM o ML, con pocas ocurrencias de finos arcillosos poco plásticos, del tipo CL.
2. En casi todos los casos los materiales se presentan con humedades ligeramente superiores a la óptima de compactación, por lo que será muy difícil alcanzar en el campo densidades aproximadas a la máxima del ensayo de proctor. Por esta razón se adoptan para el diseño los valores correspondientes al 90 o 95% de la densidad, corregidos con los datos del ensayo de soporte in situ (ensayo DPC).
3. Los valores de soporte son relativamente altos en los primeros tramos, pudiendo encontrar valores bajos al final del tramo, de manera irregular, por lo que no se pueden separar en subtramos por esta razón. Un tratamiento estadístico permitió establecer el CBR de diseño para el tramo como 10 (para el 40% percentil).
4. Como ya se mencionó la plasticidad es baja (Índice Plástico menor a 7, excepto en 1 punto). No se detectó nivel freático en el tramo...
5. Los suelos no tienen características expansivas.

### 9.5.2 **Resistencia de la Subrasante**

El gráfico siguiente indica la variación de los ensayos de CBR que se tiene a lo largo del corredor. Como se puede ver, no se presentan tendencias de variaciones notables del valor CBR a lo largo del tramo, por lo que, desde el punto de vista de soporte, no habrán tramos diferentes en esta vía.



Para obtener el Módulo Resciliante de la subrasante se empleó la ecuación que correlaciona dicho valor con el ensayo CBR, para una ocurrencia del 25% (el 25% de los valores de soporte son menores al valor adoptado). Los valores obtenidos son:

$$CBR = 10, MR = 9\ 250\ psi$$

## 9.6 DISEÑO DE PAVIMENTOS – VÍA PRINCIPAL

### 9.6.1 Parámetros de Diseño

A continuación se detallan los parámetros de diseño utilizados en el cálculo para la alternativa de Pavimento Flexible, obtenidos a partir de los estudios ejecutados y bajo las consideraciones antes expuestas:

#### 9.6.1.1 Tramos de Diseño

No existe posibilidad de que se genere tráfico diferente a lo largo de la vía y los suelos analizados en este tramo son consistentemente uniformes, por lo que se diferencian subtramos de diseño.

#### 9.6.1.2 Módulo Resciliante de la Subrasante

En el numeral 4.2 de este Informe, se indicaron los valores del Módulo Resciliante de la subrasante a emplearse en el diseño del pavimento flexible. Estos valores están condicionados a la corrección y reemplazo de la subrasante, en aquellos sitios en donde se detecte material inadecuado.

#### 9.6.1.3 Coeficientes de Capa

Las diferentes posibilidades de construir el pavimento para lograr el número estructural requerido por las condiciones del sitio y tráfico implican el uso de materiales granulares o asfálticos. Los coeficientes de capa utilizados se obtuvieron de acuerdo a los parámetros característicos conforme se establece en los nomogramas sugeridos por la AASHTO. Para ello se siguieron las pautas que se indican a continuación:

- Los materiales granulares se caracterizan por su valor CBR. Se exigirá que el material empleado en la construcción tenga un valor de soporte igual o superior al especificado, a fin de lograr el aporte estructural calculado.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

- Para las eventuales capas asfálticas futuras se adopta un valor Marshall entre 1 800 y 2 200 libras, valores normales y fáciles de obtener.

Los correspondientes valores empleados en el diseño del pavimento se presentan en la siguiente tabla. Por cuanto los suelos de la subrasante son generalmente granulares y de buen drenaje, solamente para las capas inferiores del pavimento se toma un valor de 0.80 para el coeficiente de drenaje  $m_i$ .

### COEFICIENTES DE CAPA

Material	Parámetro	$a_i$ (1/cm)	$M_i$	$a_i m_i$ (1/cm)
Capa de Mejoramiento	CBR = 20	0.0359	0.80	0.0287
Sub-base granular	CBR = 40	0.0442	1.00	0.0442
Base Asfáltica	Marshall = 1 800 lb	0.1588	1.00	0.1588
Carpeta Asfáltica	Marshall = 2 200 lb	0.1794	1.00	0.1794

#### 9.6.1.4 Otras Variables

Las demás variables empleadas son las siguientes:

- Credibilidad = La credibilidad será del 90% para el diseño a 10 años. Cuando se planifica una rehabilitación para extender su vida útil a 20 años, la credibilidad para la segunda etapa será de 95% (raíz cuadrada del 90%).
- Desviación Estándar = 0.49, valor recomendado por la AASHTO cuando no existe certeza de la variación del tráfico usuario y compatible con las consideraciones estadísticas realizadas para seleccionar los parámetros de diseño.
- Índice de Servicio Inicial = 4.2
- Índice de Servicio Final = 2.5

#### 9.6.2 Procedimiento de cálculo

Para el diseño de espesores del pavimento se siguió el procedimiento recomendado por la AASHTO en la Guía de Diseño de Pavimentos (1993). Se usa la metodología convencional, es decir se calcula el número estructural necesario para soportar la carga de tráfico esperada, y se establecen las diferentes capas de materiales que se propone emplear para alcanzar este número estructural.

Los Anexos presentan los resultados obtenidos al correr la hoja de cálculo que contiene el método de diseño de la AAHSTO para definir el Número Estructural. Para este proceso se parten de los datos previamente descritos. Se hace notar que el programa de cálculo emplea unidades inglesas, (las que se indican en el formulario correspondiente) salvo para la determinación de espesores de capa, en donde solamente se emplean centímetros. El número estructural requerido se tradujo a espesores de pavimento empleando la ecuación:

$$SN_{ef} = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 + a_4 m_4 D_4$$

Correspondiendo los subíndices a las capas de: carpeta asfáltica, material de base, sub-base y capa de Mejoramiento respectivamente. Con los espesores obtenidos se recomienda la alternativa de construcción más adecuada.



### 9.6.3 Análisis de Resultados

Del análisis de las memorias de cálculo, que se presentan al final del capítulo, por facilidad de lectura, se tienen los siguientes espesores de capa (en cm), para cada uno de los tramos analizados:

0+000 a 12+000	Tramo: Auquitas - Ilumbisi
Mejoramiento	0.0
Sub-base Gran.	25.0
Base Asfáltica	15.0
Carpeta Asfáltica	7.5
Total 10 años	47.5
<i>Carpeta Adic.</i>	<i>(1.5") 3.8</i>
<i>Total 17 años</i>	<i>51.3</i>

De cuya observación se desprende lo siguiente:

1. La alternativa de diseñar para 10 y 17 años permite una adecuada distribución de las capas. El tiempo de 10 años es suficiente para alcanzar el equilibrio de la vía y la consolidación del tráfico, lo que facilitará adoptar las medidas adecuadas para prolongar la vida útil del pavimento.
2. Se privilegia el empleo de capas asfálticas por el alto número de vehículos usuarios. La duración de la primera etapa se adopta considerando este hecho, que vuelven muy conflictivo el recapeo de la vía en periodos cortos.
3. La construcción por etapas es conveniente, no solamente porque optimiza el egreso, sino porque evita gastos inútiles si no se cumplen las hipótesis de crecimiento vehicular adoptadas.
4. Todos los trabajos, materiales y demás detalles del pavimento cumplirán lo señalado en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, MOP-001-F edición 2002

## 9.7 DISEÑO DE PAVIMENTOS – VÍAS SECUNDARIAS LATERALES

### 9.7.1 Parámetros de Diseño

Las vías secundarias laterales de servicio que corren paralelas a la vía principal y permite el ingreso y salida del tráfico local y lo canaliza hasta los diferentes distribuidores de tráfico y pasos previstos en el diseño lleva solamente una fracción del tráfico. Esta será la única diferencia significativa manteniendo los mismos parámetros de diseño descritos en el Capítulo anterior.

En buena parte del trazado, la vía de servicio se ubica a una cota más alta por razones de optimización de diseño y para impedir físicamente el ingreso desde ésta a la vía principal y por lo mismo los valores del módulo Resciliante pudieran ser inferiores a los determinados en la investigación subterránea. Para asegurar una adecuada capacidad de soporte se recomienda retirar una capa de 30 cm de la subrasante y recolocararlo compactándolo al 95% de la densidad máxima de laboratorio, como se detalla más adelante. Esto corrige y reemplaza el material inadecuado de la subrasante.

#### 9.7.1.1 Tráfico Adoptado

El tráfico adoptado para el diseño del pavimento en la Vía de Servicio se calcula asumiendo que por esta circulan:



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

- El 25% de los vehículos livianos (autos y camionetas) y de los camiones de 2 ejes livianos.
- El 40% de los buses, pues éstos dan servicio a las zonas locales y barrios.
- El 10% de los camiones pesados de 2 y 3 ejes, pues la mayor parte de la carga local se moviliza usando camiones livianos.
- Ningún remolque ocupa la vía de servicio pues este tráfico es eventual y casi siempre con vehículo a media carga o vacío.

Con estas hipótesis la carga de tráfico será de 2'169.817 y 4'092.622 ejes equivalentes (ESAL's) para 10 y 17 años, respectivamente.

### 9.7.2 Procedimiento de cálculo

Para el diseño de espesores del pavimento se siguió el procedimiento recomendado por la AASHTO en la Guía de Diseño de Pavimentos (1993). Se usa la metodología convencional, es decir se calcula el número estructural necesario para soportar la carga de tráfico esperada, y se establecen las diferentes capas de materiales que se propone emplear para alcanzar este número estructural.

Los Anexos presentan los resultados obtenidos al correr la hoja de cálculo que contiene el método de diseño de la AAHSTO para definir el Número Estructural. Para este proceso se parten de los datos previamente descritos. Se hace notar que el programa de cálculo emplea unidades inglesas, (las que se indican en el formulario correspondiente) salvo para la determinación de espesores de capa, en donde solamente se emplean centímetros. El número estructural requerido se tradujo a espesores de pavimento empleando la ecuación:

$$SN_{ef} = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 + a_4 m_4 D_4$$

Correspondiendo los subíndices a las capas de: carpeta asfáltica, material de base, sub-base y capa de Mejoramiento respectivamente. Con los espesores obtenidos se recomienda la alternativa de construcción más adecuada.

### 9.7.3 Análisis de Resultados

Del análisis de las memorias de cálculo, que se presentan al final del capítulo, por facilidad de lectura, se tienen los siguientes espesores de capa (en cm), para cada uno de los tramos analizados:

0+000 a 12+000	Vía de Servicio Tramo: Auquitas – km 5+500
Mejoramiento	0.0
Sub-base Gran.	25.0
Base Asfáltica	10.0
Carpeta Asfáltica	5.0
Total 10 años	40.0
Carpeta Adic.	(1.5") 3.8
Total 17 años	43.8

Que es el espesor recomendado para la vía de servicio de este tramo.

## **9.8 RECOMENDACIONES PARA UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN**

Se ha solicitado incluir en el Diseño del Pavimento para la Ruta Sur las recomendaciones para un programa de mantenimiento y conservación del mismo, lo que se desarrolla a continuación.

### **9.8.1 Entidad responsable**

El Municipio Metropolitano deberá decidir quién será el responsable del mantenimiento y conservación de la Ruta Sur. Parecería en principio que la entidad encargada de operar y dar el servicio al Nuevo Aeropuerto de Quito NAQ sea quien tome a su cargo esta responsabilidad, bien sea mediante un departamento específico a crearse, bien sea por delegación a una concesionaria, que sería la encargada del cobro del peaje que se establezca y como obligación subsidiaria asuma el mantenimiento y reparación de la vía; sin embargo el hecho de que la mayoría de los usuarios de la nueva vía serán moradores de las zonas residenciales de los valles de Cumbayá, Tumbaco, Puenbo y Pifo pudiera inclinar la decisión de que sea la Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas la que tome a su cargo esta obligación.

Es criterio del consultor que se adopte la primera alternativa, pues consideramos que la EMMOP-Q tiene demasiadas obligaciones que atender y no podrá realizar este trabajo de manera eficiente y oportuna.

### **9.8.2 Controles y observaciones periódicos**

El responsable del mantenimiento del pavimento deberá realizar los siguientes controles periódicos:

- Anualmente y de preferencia en la misma época del año en la cual se realizaron los estudios de tráfico de este proyecto se realizará un conteo del tráfico usuario en los diferentes tramos de la vía.
- A partir del 4to año de vida se deberá hacer una evaluación del estado del pavimento.

Si se instalan en la vía estaciones de peaje, no será necesario realizar conteos adicionales a los que proporcionan los reportes de recaudación de tales estaciones, con la ventaja adicional que la información del tráfico está clasificada por la tarifa diferenciada de los distintos tipos de vehículo. En todo caso se exigirá que el responsable realice auditorías independientes y aleatorias para verificar la consistencia de la información y garantizar la veracidad de la recaudación declarada. En caso contrario los conteos de tráfico deben hacerse durante 7 días seguidos usando equipos contadores usuales y al menos 1 día completo se debe realizar un conteo manual clasificado.

Es conveniente que además se hagan mediciones de pesaje para definir si se cumplen las hipótesis del diseño, estas mediciones pueden hacerse con equipo en marcha, usando sensores especiales y obviamente solo se pesarán los vehículos de carga.

Para establecer el estado del pavimento y la conveniencia de las acciones de remediación, a partir del cuarto año de vida se debe hacer una evaluación de la superficie del pavimento. Para esto se recomienda utilizar la metodología PAVER, pues existe experiencia y capacitación sobre ella, ya que el MTOP la adoptó como un estándar hace algunos años. La calificación del pavimento establece las acciones preventivas y correctivas que se deben adoptar para la conservación y reparación del pavimento y alertan la proximidad de la ejecución de los pavimentos. Las condiciones especiales de esta obra como ser su posición geográfica en la mitad del mundo y a

# ASOCIACIÓN

## ASTECS - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

una altura de 2 600 – 2 800 msnm hacen que la acción de la radiación solar sea mucho más intensa que a nivel del mar, por lo que no son totalmente aplicables los modelos predictivos desarrollados por el Banco Mundial. Súmese a esto el hecho de que la provisión de asfalto está monopolizada por el estado y que la mezcla de crudos livianos y pesados que se procesa en la Refinería Estatal no garantiza una uniformidad adecuada del producto terminado y se tendrá como conclusión que la observación directa del comportamiento es necesaria y razonable, habida cuenta que el costo de esta labor es muy pequeño.

### 9.8.3 Mantenimiento general preventivo

En general, una vía nueva no requiere de mantenimiento, salvo que condiciones extraordinarias modifiquen las hipótesis básicas del diseño, sin embargo, se recomienda programar las siguientes actividades desde el inicio de la operación de la vía:

- Inspección de vegetación en cunetas y espaldones de la vía: Desbroce y limpieza anual.
- Inspección del estado de alcantarillas, cunetas y desagües: como mínimo 1 vez al año, antes de la época invernal y luego de ocurridas precipitaciones extraordinarias. Se ordenará la limpieza inmediata de todo cauce obstruido o taponado.
- Inspección del estado de taludes: Por lo menos una vez al año. Se debe verificar el estado de las cunetas de coronación y bajantes de agua. Se comprobará que las aguas lluvias no corran por sobre el talud del corte o relleno y se dispondrán las medidas correctivas necesarias para evitar flujos de agua, que son potencialmente nocivos por la erosión que se origina.
- Observación de terraplenes y accesos a pasos e intercambiadores, a fin de detectar asentamientos de los rellenos y deformaciones que afectarán al pavimento, a fin de tomar medidas preventivas oportunamente. Es usual dejar asentar un terraplén hasta que alcance su equilibrio natural, pero esto agrieta el pavimento y las filtraciones que se originan afectan la capacidad de soporte haciendo que las reparaciones sean mucho más extensas y costosas que lo que habría costado una intervención oportuna.

### 9.8.4 Mantenimiento general correctivo

De conformidad con los resultados de la inspección del pavimento se deberá proceder a las diferentes actividades de conservación y mantenimiento de la vía, para lo cual se deberán programar las siguientes actividades:

- **Bacheo:** Se recomienda considerar en el presupuesto un rubro de bacheo de aproximadamente el 0.01% del área pavimentada para el tercer año de operación el que se incrementa al 0.05% para el décimo año de operación. Como se ha previsto un recapeo general de la vía en el año 10, este bacheo debe repetirse asumiendo un área del 0.01% en el año 13, que avanza hasta el 0.05% para el año 20, que corresponde al fin de la vida útil del diseño presentado.
- **Sellado de grietas:** De la misma manera se recomienda considerar un sellado de grietas del 0.01% de la vía, a partir del año 3 y para los consiguientes años impares (es decir años 5, 7, 9, etc.). No se considera incrementos.
- **Sello de rejuvenecimiento:** Se deben colocar sellos de rejuvenecimiento en toda la vía, en los años 5 y 15.

## ASOCIACIÓN

### ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

- **Recapeo:** Como está previsto en el diseño deberá colocarse una capa adicional de carpeta alrededor del año 10 (esta fecha es menor para el segundo tramo, si se ejecuta esta operación al mismo tiempo, pues la fecha de entrada de operación es diferente)
- **Limpieza de Taludes:** Se debe considerar un rubro para mantenimiento de taludes y reparación de zonas deslizadas para lo cual se recomienda cuantificar un movimiento de tierras de 2 500 m<sup>3</sup> por año.



## 10. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAS DE ARTE MAYOR

### 10.1 ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO.

El proyecto vial Ruta Sur de acceso al nuevo aeropuerto de Quito ha sido dividido en dos etapas. Este informe corresponde a la primera etapa de los estudios e incluye las estructuras ubicadas en el proyecto vial Ruta Sur en el sector comprendido entre la Avenida Simón Bolívar, abscisa 0+000 y el sector de la primavera, abscisa 4+671.330. El proyecto en el tramo mencionado, contempla la construcción de 10 estructuras: 6 pasos superiores y 4 pasos inferiores.

Los pasos superiores varían en altura desde 8m hasta 16m, con ángulos de esviajamiento que varían desde 4.80 grados hasta 45.70 grados y longitudes desde 48m hasta 56m. El material utilizado en el diseño de los pasos superiores es: hormigón armado ( $f'c=350$  Kilg/cm<sup>2</sup>) para la cimentación, estribos, pilas, tableros y muros. Y hormigón postensado ( $f'c=420$  Kilg/cm<sup>2</sup>) en el diseño de las vigas que soportan los tableros de los puentes.

Los pasos inferiores varían en altura desde un galibo mínimo de 5.50m hasta una altura máxima de 9.06m, con longitudes que varían desde 43.60m hasta 101.40m dependiendo del ángulo y la curvatura con el cual estos pasos inferiores cruzan con el proyecto Ruta Sur. El material utilizado en el diseño de los pasos inferiores es: hormigón armado ( $f'c=350$  Kilg/cm<sup>2</sup>) para la cimentación, estribos, pilas, pórticos, tableros y muros. El tipo de cimentación utilizada, tanto en el diseño de los pasos superiores como inferiores, es una cimentación directa mediante la utilización de zapatas, vigas corridas y losas de cimentación.

### 10.2 EL PROYECTO VIAL

#### 10.2.1 El Trazado Geométrico

El proyecto vial se desarrolla entre el intercambiador Auquitas en la abscisa 0+000 y el sector de la primavera, abscisa 4+671.330. La vía tiene un ancho de 35m, con un parter central, tres carriles por lado y sus respectivos espaldones, cunetas y anchos para protecciones.

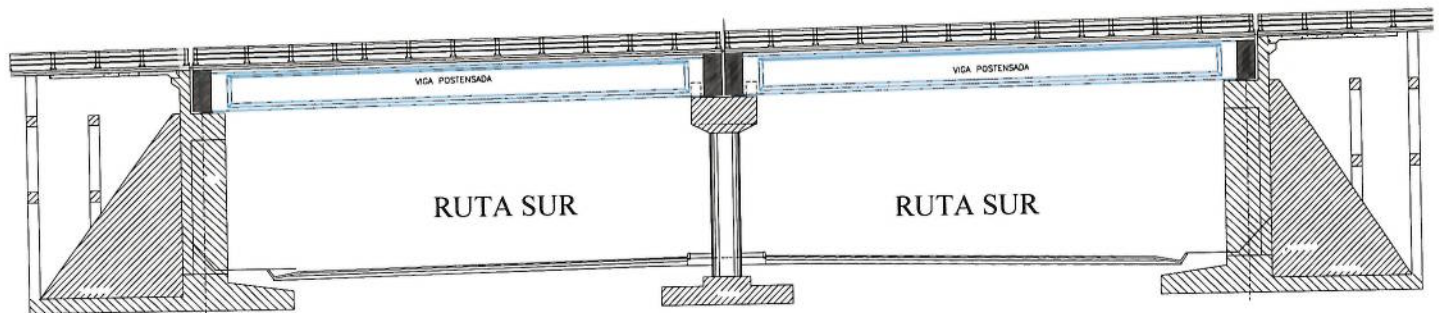
El proyecto atraviesa una zona densamente poblada razón por la cual se generan interrupciones en algunas vías transversales, tanto vehiculares como férreas, que existen en la zona. Para dar continuidad a estas vías en los cruces con la Ruta Sur, se han diseñado dos tipos de puentes identificados como: pasos superiores y pasos inferiores. Se denomina paso superior cuando la vía secundaria pasa por encima del trazado de la Ruta Sur, y paso inferior cuando pasa por debajo. Esta identificación de las estructuras se utiliza a lo largo de todo el proyecto, excepto en el intercambiador Auquitas abscisa 0+000 donde la Av. Simón Bolívar pasa sobre Ruta Sur y en la intersección con el proyecto de la Vía perimetral de Quito en la abscisa 2+790, donde Ruta Sur pasa sobre la Vía Perimetral. El galibo mínimo de las estructuras considerado en el diseño vial es de 5.50m de acuerdo a las normas MOP y AASHTO

#### 10.2.2 Estructuras Diseñadas

En el tramo vial materia de este informe se encuentran las siguientes estructuras:

##### 10.2.2.1 Pasos superiores

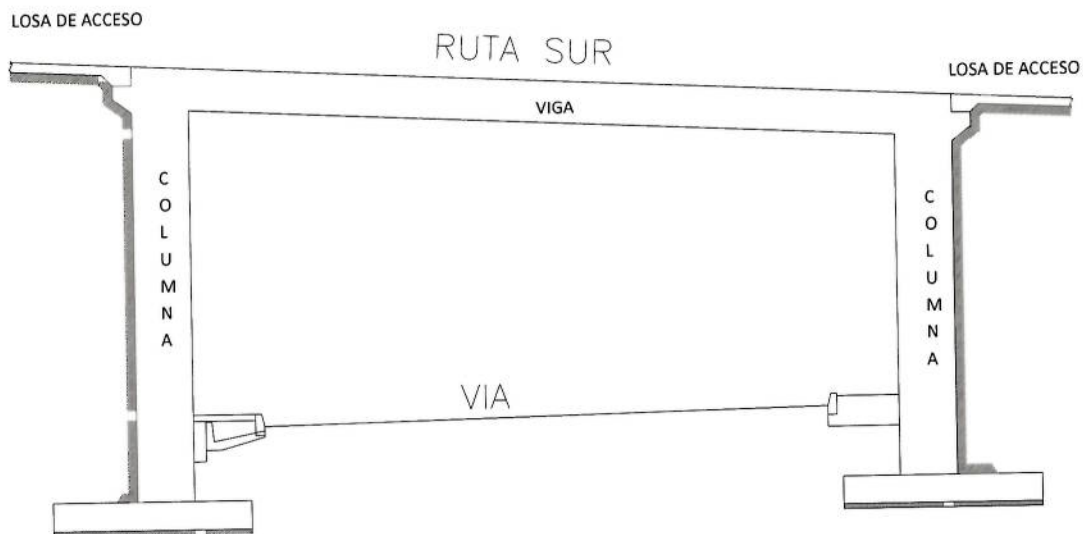
	Estructura	N.-	Abscisa	Referencia
1	Paso Superior	PS 1	0+233	Intercambiador Auquitas
2	Paso Superior	PS 2	0+376	Paso Superior del Ferrocarril
3	Paso Superior	PS 3	1+453	Paso Superior del Ferrocarril
4	Paso Superior	PS 4	2+790	Vía Perimetral
5	Paso Superior	PS 5	4+259	La Primavera 1
6	Paso Superior	PS6	4+671	La Primavera 2



**PASO SUPERIOR TIPO**

**10.2.2.2 Pasos inferiores**

	<b>Estructura</b>	<b>N.-</b>	<b>Abscisa</b>	<b>Referencia</b>
1	Paso Inferior	PI 1	0+000	Intercambiador Auquitas
2	Paso Inferior	PI 2	3+007	Paso Inferior del Ferrocarril.
3	Paso Inferior	PI 3	3+600	Intercambiador Lumbisí
4	Paso Inferior	PI 4	3+600	Intercambiador Lumbisí



**PASO INFERIOR TIPO**

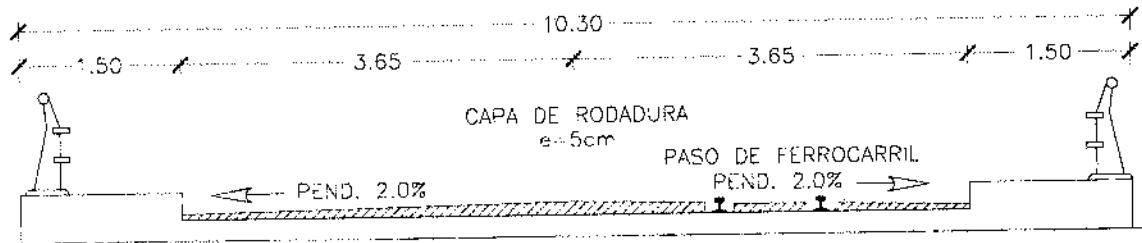
**10.2.3 Sección transversal de los puentes**

**10.2.3.1 Pasos superiores.**

Los pasos superiores tanto vehiculares como férreos tienen una sección transversal de 10.30m, la cual está conformada por dos carriles de 3.65m y dos veredas de 1.50m. Los pasos superiores donde Ruta Sur se intercepta con la Av. Simón Bolívar y con la Perimetral de Quito, poseen anchos variables de alrededor de 35m.

**TABLERO TIPO I**

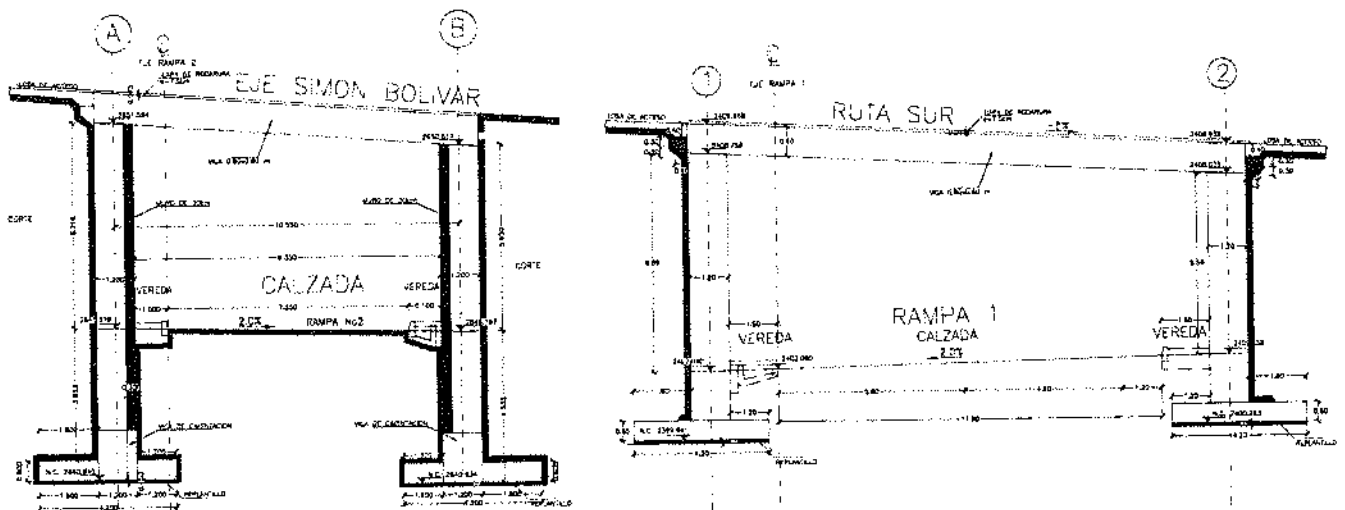
10.30m  
e=20cm



**SECCIÓN PASOS SUPERIORES**

**10.2.3.2 Pasos inferiores**

Los pasos inferiores poseen diferentes secciones transversales, dependiendo de su ubicación y uso, dentro de los intercambiadores por lo general son estructuras en un sentido, mientras que en las intersecciones de la Ruta Sur con las vías secundarias la sección transversal tiene dos carriles.



**SECCIONES PASOS INFERIORES**

**10.2.4 Estudios geotécnicos**

El diseño estructural de las cimentaciones de los pasos superiores e inferiores se ha realizado en base a los estudios de suelos correspondientes realizados por GEOSUELOS.. Un resumen con las características estratigráficas de los lugares donde van a ser implantadas las diferentes estructuras se ha incorporado en los respectivos planos estructurales.

**10.3 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS PUENTES**

**10.3.1 Alcance de los estudios estructurales**

En una etapa previa a finales del año 2009, la Asociación ASTEC-FERNANDO ROMO CONSULTORES-LEÓN&GODOY presentó a la EMOPQ un informe con el estudio de alternativas estructurales para todos los puentes del proyecto Ruta Sur.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

Con fecha 18 de Febrero del 2011 se firmó entre la EPMMOP y la Asociación, un Acta de Trabajo en la que se definen algunos parámetros técnicos sobre los cuales los consultores deben realizar los estudios definitivos del proyecto. Entre estos parámetros, en lo relacionado con el análisis y diseño estructural de los puentes se determina que los puentes con luces pequeñas, entre 20 y 40 metros, deben ser diseñados utilizando vigas pos-tensadas y los puentes grandes como el San Pedro y el Chiche deberán ser diseñados utilizando procesos constructivos en volados sucesivos.

Los estudios estructurales realizados contemplan las siguientes etapas:

- 1) Clasificación de las diferentes estructuras del proyecto de acuerdo a sus características geométricas, las mismas que vienen definidas por el proyecto vial. Los parámetros geométricos que varían en cada paso superior e inferior son los siguientes: luces libres de las vigas, ancho del tablero, gálibos o alturas libres, esviajamientos del tablero, pendientes longitudinales y transversales en el sector del puente, tanto de la Ruta Sur como de la vía con la cual se produce la intersección.
- 2) Determinación de las formas estructurales más convenientes para la construcción de tableros, estribos, pilas, muros y cimentaciones, tomando en consideración las cargas permanentes y ocasionales que actúan sobre ellas, la capacidad de portante de los suelos de cimentación y todas las particulares condiciones geométricas y estructurales de cada uno de los puentes.
- 3) Análisis y diseño de cada uno de los elementos estructurales que forman parte de cada uno de los pasos superiores y pasos inferiores determinados en el proyecto vial, utilizando las normas AASHTO LRFD y las establecidas por el MOP
- 4) Elaboración de los documentos técnicos de cada estructura: planos, especificaciones técnicas, memorias del análisis y diseño estructural, volúmenes de obra y presupuestos estimados.

### **10.3.2 Estructuración de los puentes, geometría estructural**

Utilizando la topografía y trazado vial existentes se definió las intersecciones a solucionar, datos geométricos, detalles arquitectónicos y demás características.

La solución conceptual a la intersección, según las luces a vencer, han sido definidas de la siguiente manera

- Estructura tipo alcantarilla (Luz 0m-10m)
- Puente con vigas de hormigón armado (Luz 10m-15m)
- Puente con vigas de hormigón pos-tensado (Luz 20m-40m)
- Puente con vigas de hormigón pos-tensado con apoyo intermedio (Luz >40m)

### **10.3.3 Pasos Superiores**

#### **10.3.3.1 El tablero o superestructura del puente**

Los pasos superiores están conformados por tableros de hormigón armado, sobre vigas de hormigón pos-tensadas, las cuales descansan sobre apoyos de neopreno.

Las vigas se encuentran espaciadas cada 2.40 m y la losa es de 20 cm de espesor.

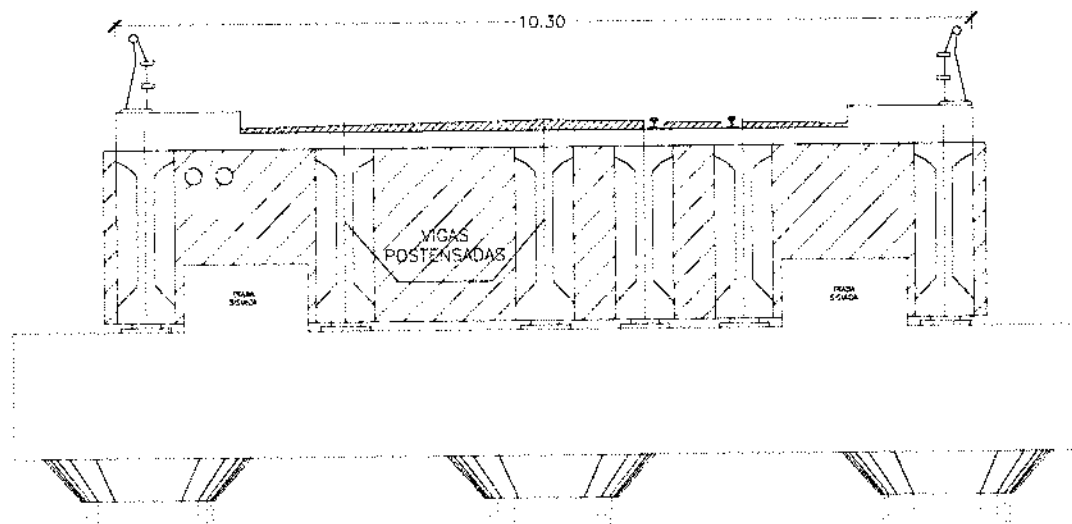
Las vigas pos-tensadas han sido diseñadas como simplemente apoyadas, y serán dotadas de diafragmas extremos e intermedios.

Los diafragmas intermedios se ubicaran en la mitad de la luz para vigas menores a 22 m y para vigas mayores a 22 m se colocaran 2 diafragmas intermedios, aproximadamente en los tercios de la luz.



Los diafragmas externos tendrán un ancho variable de 0.50m a 0.70m según el esviajamiento y llegaran hasta la losa.

Todas las estructuras de apoyo poseerán trabas sísmicas o bloques de control de movimientos sísmicos, que limitarán el desplazamiento de la estructura a valores aproximados de 5 cm. Igualmente se han diseñado placas de neoprenos verticales para amortiguar el impacto horizontal producido por un sismo. En todos los tableros se ha considerado su correspondiente esviajamiento y curvatura, tanto en su geometría como en su diseño.



### SECCIÓN TRANSVERSAL PASOS SUPERIORES

#### 10.3.3.2 Vigas postensadas sobre las que se apoya el tablero.

##### 1: *Viga longitud de 28 m. Carga de ferrocarril. Tipo A*

Se han diseñado vigas postensadas de 28 m de longitud, la sección adoptada es un variación de la viga tipo AASHTO VI, de 2.05 m de altura, espaciadas 1.2 m.

Las vigas han sido diseñadas para resistir cargas de un convoy Cooper E-35, de acuerdo a instrucciones de la Empresa de Ferrocarriles del Estado.

Para el diseño se utiliza hormigón de  $f'c=420 \text{ Kg/cm}^2$  con un  $f'ci$  de  $350 \text{ Kg/cm}^2$  (esfuerzo inicial a la transferencia del pretensado).

El diseño contempla la utilización de 33 torones de 0.6in repartidos en dos ductos de 12 torones y uno de 9 torones, con una fuerza de tensado de 681 toneladas.

El cable medio resultante de estas vigas tiene una trayectoria parabólica, la misma que garantiza el respeto de los esfuerzos permisibles definidos por AASHTO. Ver detalles en memoria técnica

##### 2.- *Viga longitud de 28 m. Carga vehicular normal. Tipo B*

Se han diseñado vigas postensadas de 28 m de longitud, la sección adoptada es un variación de la viga tipo AASHTO VI, de 2.05 m de altura, espaciadas 2.40 m.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

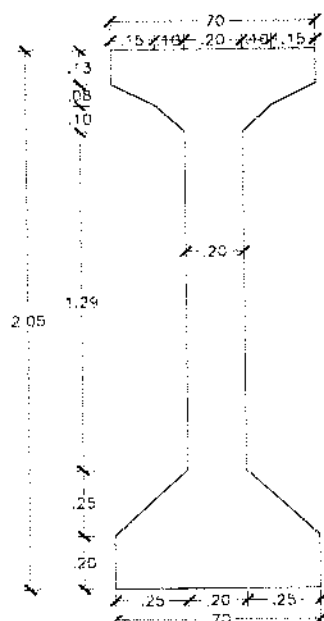
Se conserva la sección de la viga tipo A, ya que ambas conforman un mismo tablero y aunque estructuralmente se podría reducir la altura de la viga, geométrica y constructivamente complicarían la construcción del cabezal.

Las vigas han sido diseñadas para resistir carga vehicular.

Para el diseño se utilizara hormigón de 420 Kg/cm<sup>2</sup> con un  $f'_{ci}$  de 350 Kg/cm<sup>2</sup>.

El diseño contempla la utilización de 27 torones de 0.6in repartidos en tres ductos de 9 torones, con una fuerza de tensado de 558 Ton.

El cable medio resultante de estas vigas tiene una trayectoria parabólica, la misma que garantiza el respeto de los esfuerzos permisibles definidos por AASHTO.  
Ver detalles en memoria técnica



SECCIÓN VIGA LONG 28m TIPO A y B

### 3.- Viga longitud de 28 m. Carga vehicular normal. Tipo C

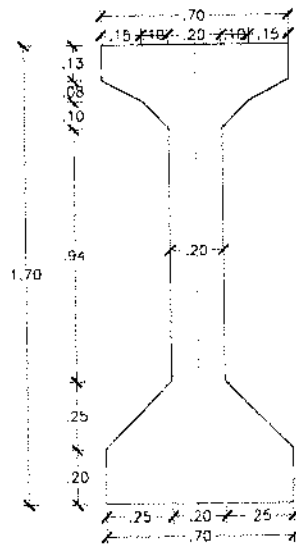
Se han diseñado vigas postensadas de 28 m de longitud, la sección adoptada es una variación de la viga tipo AASHTO VI, de 1.70 m de altura, espaciadas 2.40 m.

Las vigas han sido diseñadas para resistir carga vehicular normal.

Para el diseño se utilizara hormigón de 420 Kg/cm<sup>2</sup> con un  $f'_{ci}$  de 350 Kg/cm<sup>2</sup>.

El diseño contempla la utilización de 33 torones de 0.6in repartidos en tres ductos de 9 torones, con una fuerza de tensado de 681 Tn.

El cable medio resultante de estas vigas tiene una trayectoria parabólica, la misma que garantiza el respeto de los esfuerzos permisibles definidos por AASHTO. Ver detalles en memoria técnica.



**SECCIÓN VIGA LONG 28 m TIPO C**

*4.- Viga longitud de 24m. Carga vehicular normal. Tipo A*

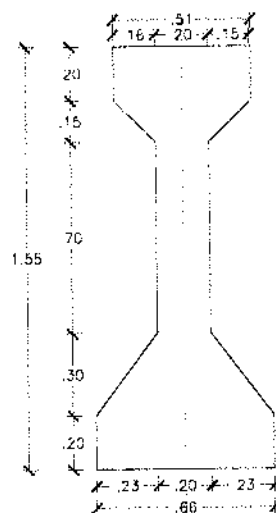
Se han diseñado vigas postensadas de 24m de longitud, la sección adoptada es un variación de la viga tipo AASHTO IV, de 1.55m de altura, espaciadas 2.40m

Las vigas han sido diseñadas para resistir carga vehicular.

Para el diseño se utilizara hormigón de 420Kg/cm<sup>2</sup> con un  $f'_{ci}$  de 350Kg/cm<sup>2</sup>.

El diseño contempla la utilización de 27 torones de 0.6 in repartidos en tres ductos de 9 torones, con una fuerza de tensado de 557 toneladas.

El cable medio resultante de estas vigas tiene una trayectoria parabólica, la misma que garantiza el respeto de los esfuerzos permisibles definidos por AASHTO Ver detalles en memoria técnica.



**SECCIÓN VIGA LONG 24 m TIPO A**

### 10.3.3.3 Estribos

Todos los pasos superiores se encuentran apoyados en dos estribos extremos y una pila central de hormigón armado. Estos dos elementos estructurales del puente han sido diseñados esviados, siguiendo el mismo esviamiento de la vía.

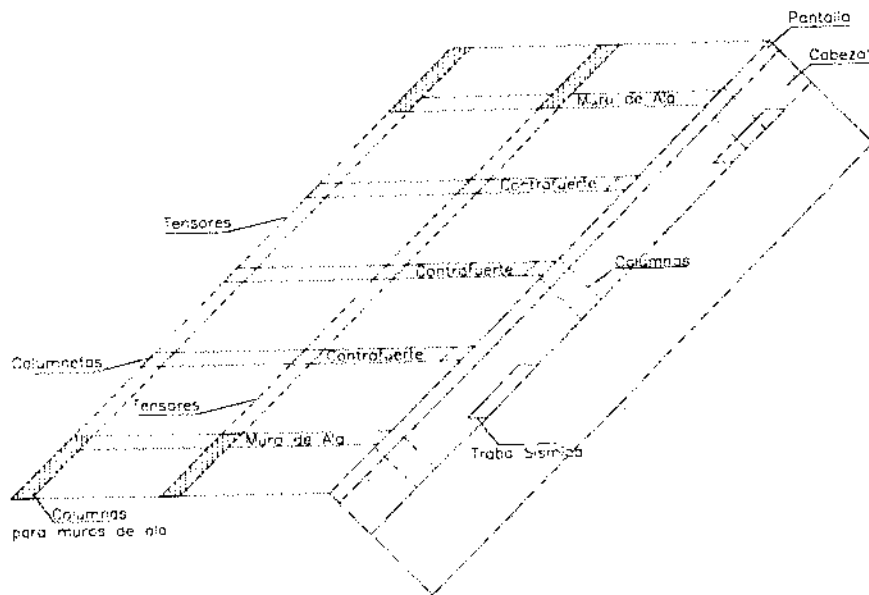
Los estribos son estructuras en cantiléver y están compuestos de los siguientes elementos: zapata o losa de cimentación, viga de cimentación, contrafuertes, pantalla vertical, columnas, cabezal, muros laterales de contención, tensores que integran los dos muros laterales y columnas que sostienen los tensores. La altura de los estribos varía entre 11 m y 16 m. En general se ha tratado de normalizar y estandarizar la geometría y diseño de los diferentes elementos que forman parte de los estribos con el objeto de obtener los mejores resultados técnicos, constructivos y económicos de los diseños realizados.

- a) *Zapata o losa de cimentación:* La zapata o losa de cimentación está estructurada en dos elementos, talón y dedo. El talón está formado por una losa de 80 cm de espesor, la cual descansa sobre los contrafuertes y el muro de ala y trabaja como una viga simplemente apoyada en el sentido longitudinal del estribo, su largo depende de la altura y varía entre 4.5 y 8.5 m. El dedo actúa en el sentido perpendicular del estribo y trabaja como una losa en voladizo de 2.5 m de longitud, de alto variable con 1.5 m en la unión con la viga y 1 m en el extremo.
- b) *Viga de cimentación:* Tiene una sección de 1.70 m x 2.00 m, la misma que recibe las columnas, y está integrada a la zapata o losa de cimentación.
- c) *Columnas, pantalla vertical y viga de apoyo del tablero:* La superestructura descansa sobre una viga de cabezal, que a su vez se asienta sobre tres columnas de apoyo, las cuales tienen una sección de 1.70 x 0.80. Entre las columnas e integrada en su parte inferior con la viga de cimentación de las columnas, se encuentra la pantalla vertical de 0,40 cm de espesor y que en su parte superior se proyecta en un volado de 2 m aproximadamente, desde la viga de cabezal que sirve de apoyo a las vigas del tablero.
- d) *Contrafuertes:* Dada la altura de los estribos fue necesaria la colocación de contrafuertes de espesor 40 cm, los mismos que nacen en la losa de cimentación y se integran con las columnas y la pantalla vertical, los contrafuertes que se incrustan en la pantalla llegan a una columna embebida.
- e) *Muros laterales o muros de ala:* Se han proyectado dos muros laterales de 40 cm de espesor, a manera de muros de ala que naciendo en los extremos de la pantalla vertical del estribo, permiten confinar el relleno colocado detrás del estribo, sobre la losa de cimentación. Estos muros laterales que se encuentran empotrados en la pantalla vertical del estribo por un lado y en la losa de cimentación por otro, salen libremente en volado en las otras dos direcciones. En el caso más crítico este relleno tendrá una masa estabilizadora de tierra sobre la losa de cimentación de 8.5 m de volado por 16 m de altura.
- f) *Tensores y columnas para dar soporte a los dos muros laterales:* Con el objeto de crear un apoyo en los extremos en volado de los muros laterales, que nos permita conseguir un adecuado comportamiento estructural de estos muros en volado, ha sido necesario crear un apoyo en el extremo vertical libre de los muros laterales mediante columnas de 0,40x2,60 aproximadamente y la colocación de dos tensores que unen a los dos muros laterales, en la mitad y en las dos terceras partes de la altura de estas columnas, absorbiendo los efectos de

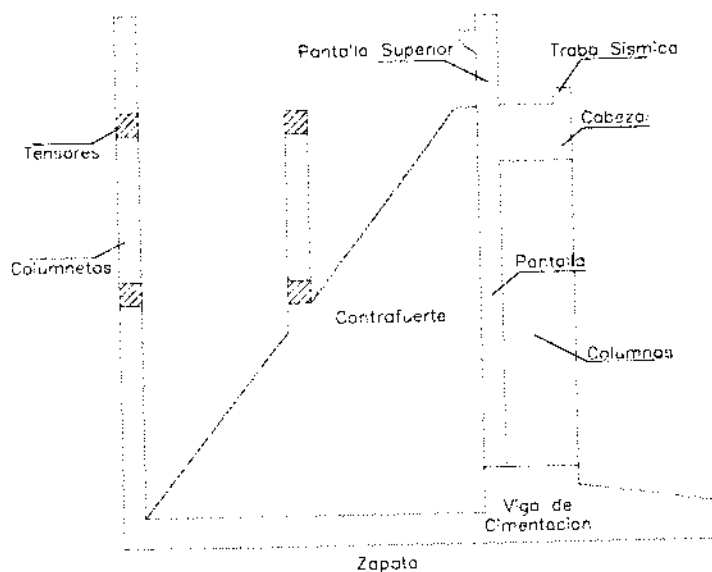


las presiones que sobre los muros laterales genera la presión de la tierra colocada detrás de los estribos, sobre la losa de cimentación. También se han ubicado pequeñas columnas de 0,40x0,40 sobre las cuales se apoyan los sensores. Tanto estas columnas pequeñas como los sensores deberán ser construidos conforme se realiza el relleno que debe ser colocado detrás del estribo sobre la losa de cimentación.

- g) *Trabas sísmicas o bloques de control de movimientos sísmicos:* Sobre la viga de cabezal y localizadas entre las vigas pos-tensadas del tablero se ubican los bloques de control de movimientos sísmico de aproximadamente 1.50x60x0.80, cuya geometría varía de acuerdo con las variaciones del esviajamiento en los puentes. En los puentes de sección transversal 10.30 m, existen 2 trabas sísmicas y en los de anchos mayores existe una traba pasando 2 vigas.



**ESTRIBO IMPLANTACIÓN GENERAL**



**ESTRIBO CORTE VERTICAL**

#### 10.3.3.4 Pila central

La pila central es de hormigón armado y está conformada por una viga de cimentación de donde nacen 3 columnas circulares, para formar un pórtico que remata en una viga cabezal, sobre la que se apoyan las vigas pos-tensadas que conforman el tablero del puente.

##### a.- Columnas

La pila está constituida por tres columnas circulares de diámetro de 1.60 m, separadas a 4.80 m entre ejes de columna cuando no hay esviajamiento. Esta distancia entre columnas varía de acuerdo al ángulo de esviajamiento (alfa) hasta que en la situación más crítica llega a ser de 6.87 m. ( $L/\cos(\alpha)$ )

##### b.- Viga superior o de cabezal

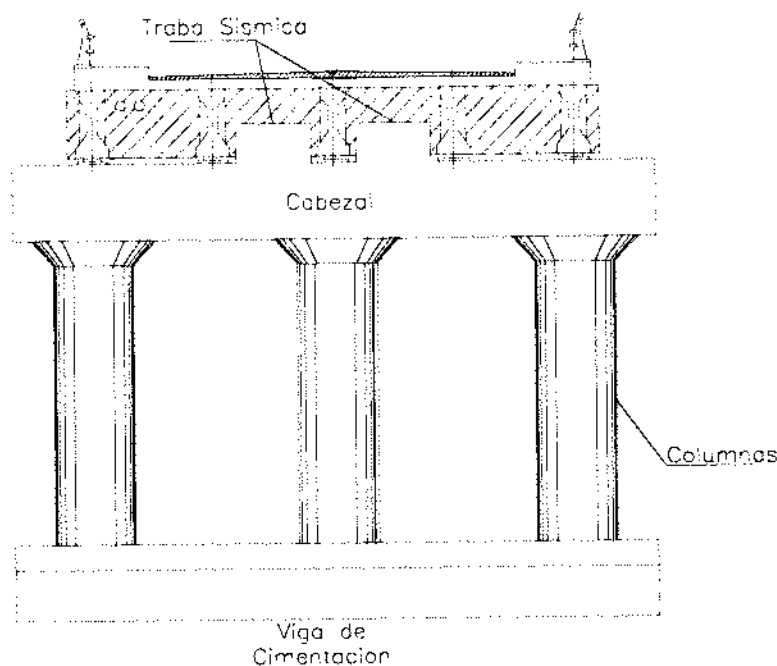
La viga de cabezal está apoyada en las columnas circulares y tienen una sección transversal de 2.50 m de base y 1.50 m de alto, su longitud es de 12.80 m cuando no hay esviajamiento y varía según el ángulo de esviajamiento (alfa) hasta 18.33 m. ( $L/\cos(\alpha)$ )

##### c.- Viga de cimentación

La viga de cimentación está constituida por una viga de 1.50 m de alto y 1.80 m de base. En esta forma abraza completamente a las columnas circulares. A uno y otro lado de la viga de cimentación, en contacto con el suelo, se conforma la zapata del pórtico de 6,50 m de ancho, 1,00 m de alto y 12.80 m de longitud. Esta última dimensión varía según al ángulo de esviajamiento (alfa) hasta una longitud de 18.33 m. ( $L/\cos(\alpha)$ )

##### d.- Trabas sísmicas o bloques de control de movimientos sísmicos.

El cabezal de la pila posee trabas sísmicas de 1.50x60x0.80, las cuales varían según el esviajamiento, en los puentes de sección 10.30, existen 4 trabas sísmicas y en los de anchos mayores existe una traba pasando 2 vigas a cada lado del cabezal.



10.3.3.5 Acabados: capa de rodadura, veredas, ductos para instalaciones de servicios públicos, losas de aproximación y postes de iluminación

Sobre el tablero se colocará una capa de rodadura de 5 cm, y se construirán veredas para circulación peatonal. En los dos accesos al puente se construirán losas de aproximación de 7,00 m de largo y 0,20 m de espesor que descansan sobre el relleno compactado atrás del estribo y sobre una ménsula en el estribo. Es posible que en el futuro se utilice el puente para pasar diferentes tipos de instalaciones eléctricas y agua potable, por lo que se ha dejado las ductos necesarios. También se deja prevista la posibilidad de colocar postes de iluminación dos en los extremos del puente y uno en el centro.

10.3.3.6 Protecciones vehiculares

Las formas y características mecánicas para las protecciones vehiculares fueron tomadas de estándares del estado del Departamento de Transportes de Virginia (Maryland MDT ). Las formas metálicas que se presentan en planos substituyen a las tradicionales barreras New Jersey y su envolvente geométrica satisfacen las dimensiones de las barreras de concreto mencionadas. Las protecciones del MDT satisfacen las exigencias de AASHTO LRFD.

**10.3.4 Pasos Superiores del Proyecto Ruta Sur. Primera Etapa de Estudios**

Los pasos superiores están conformados por un sistema de vigas postensadas simplemente apoyadas y una losa fundida en sitio, los pasos superiores se han estructurado con dos vanos y están apoyados sobre dos estribos externos y una pila central.

Los pasos superiores presentan diferentes características geométricas que son definidas en cada uno de los casos por la variación de los siguientes parámetros: luz libre entre apoyos, ancho del tablero, gálibos, ángulo de esviajamiento, pendiente transversal y longitudinal de las vías que se interceptan. A continuación se describen las características geométricas y estructurales de cada uno de los puentes materia de este estudio.

- Paso Superior Intercambiador Auquitas 0+233 (PS1)
- Paso Superior Del Ferrocarril, Abscisa 0+376. (PS2)
- Paso Superior Del Ferrocarril Abscisa 1+453. (PS3)
- Paso Superior Intersección Vía Perimetral Quito Abscisa 0+111 (PS4)
- Paso Superior La Primavera I Abscisa 4+259. (PS5)
- Paso Superior La Primavera II Abscisa 4+4671. (PS6)

Ver Detalles En Anexos

**10.3.5 Pasos Inferiores**

El diseño de los pasos inferiores del proyecto vial Ruta Sur al nuevo aeropuerto de Quito se realizó en hormigón armado con materiales de resistencia característica:  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  para el hormigón y  $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$  para el acero

Los pasos inferiores están formados por un sistema de pórticos de hormigón armado con columnas y vigas de sección constante y longitud variable. Los pórticos soportan una losa superior de 30 cm de espesor la cual a su vez soporta el tráfico vehicular. Integrados con las columnas de los pórticos a uno y otro lado del paso inferior se encuentran dos muros verticales de 30 cm de espesor los cuales soportan el empuje del suelo.

Los pórticos se arriostran en su parte superior mediante una viga de sección igual al área formada por, la intersección del muro lateral de 30 cm de espesor y la losa superior de 30 cm de altura. El nivel de cimentación de los pasos inferiores es de 2.10 m, medidos desde el eje del proyecto. La zapata tiene un espesor de 60 cm, un dedo de 1.20 m y un talón de 1.80 m, además de una viga de cimentación de 1.5 m de altura por 1.20 m de ancho.

- Paso Inferior Auquitas Abscisa 0+000. (PI1)
- Paso Inferior Del Ferrocarril Abs. 0+376. (PI2)
- Paso Inferior Intercambiador Lumbisí Abs. 3+531. (PI3)
- Paso Inferior Intercambiador Lumbisí Abs. 3+642. (PI4)

Ver detalles en anexos

## 10.4 PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS PUENTES

### 10.4.1 Generalidades

A continuación se describen los parámetros básicos tomados en cuenta para el diseño de las diferentes estructuras.

### 10.4.2 Modelos Matemáticos

El puente definido geoméricamente según los lineamientos anteriores ha sido modelado matemáticamente para determinar los efectos de las cargas permanentes y ocasionales y sus combinaciones correspondientes de acuerdo a los códigos utilizados AASHTO LRFD y MOP. Con la definición de los efectos que actúan en cada elemento estructural (momentos, cortes y cargas axiales) se ha diseñado las secciones transversales y las armaduras que permitan soportar adecuadamente esos efectos.

- a) Análisis estructural con programas específicos adecuado para cada una de las situaciones. Tipo SAP 2000 y RCB.
- b) Análisis y diseño estructural utilizando hojas electrónicas y la aplicación de conceptos fundamentales, desarrolladas en nuestra oficina.

A continuación se resumen los procedimientos de análisis y diseño estructural preparados con el procedimiento indicado.

### 10.4.3 Propiedades de los materiales estructurales utilizados

Las propiedades mecánicas de los materiales con los cuales se ha realizado el diseño de las estructuras de la Ruta Sur son las siguientes:

- |  |  |
|--|--|
| • Acero de refuerzo, de dureza natural                       | $f_y = 4,200 \text{ K/cm}^2 \text{ (420 MPa)}$       |
| • Acero de pos-tensado de baja relajación y alta resistencia | $f_{pu} = 18,900 \text{ K/cm}^2 \text{ (1890 MPa)}$  |
| • Modulo de elasticidad acero de pos-tesado                  | $E = 1'960,000 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (196000 MPa)}$ |
| • Acero Estructural A-36                                     | $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \text{ (240 MPa)}$       |
| • Diámetro y área de torones                                 | Diámetro= 15.2 mm y Área=1.4 cm <sup>2</sup>         |
| • Hormigón de replantillos                                   | $f'_c = 180 \text{ K/cm}^2 \text{ (18 MPa)}$         |
| • Hormigón para estribos, pilas, cabezales, pórticos y muros | $f'_c = 350 \text{ K/cm}^2 \text{ (35 MPa)}$         |
| • Hormigón para vigas pos-tensadas                           | $f'_c = 420 \text{ K/cm}^2 \text{ (42 MPa)}$         |



**10.4.4 Cargas utilizadas en el análisis estructural**

Para el diseño de los puentes del proyecto Vía Sur se adoptaron las siguientes cargas:

**A.- CARGAS MUERTAS**

MATERIALES	PESO ESPECÍFICO
Concreto armado	2.40 T/m <sup>3</sup>
Concreto asfáltico	2.20 T/m <sup>3</sup>
Acero Estructural (Protecciones)	7.85 T/m <sup>3</sup>
Suelo de relleno	1.80 T/m <sup>3</sup>
Agua	1.00 T/m <sup>3</sup>
Presión de suelos según Coulomb.	$P=k*\gamma_a*H$

**B.- CARGAS VIVAS**

B.1 Carga HL – 93 según AASHTO LRFD 2004 y revisiones provisionales 05 y 06, 3.6.1.2, constituido por la combinación de:

- a) Carga de Vía ( Distribuida de vía) = 0.955 T/m/vía
- b) Cargas Puntuales: Iguales al anteriormente denominado camión HS – 20 o Tandem Militar equivalente.

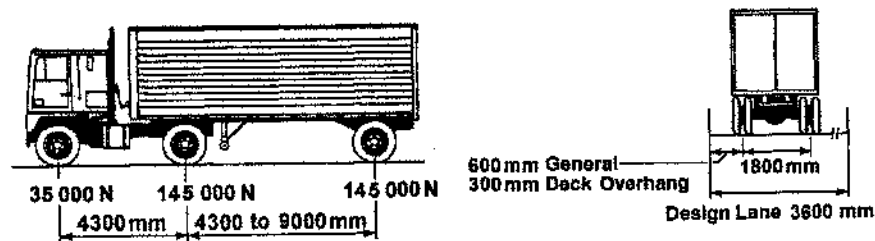
La aplicación de las cargas vivas respetó AASHTO LRFD 3.6.1.3 y la distribución se apegó a AASHTO LRFD 4.6.2.2, Tabla 4.6.2.2b-1. En la figura se muestra un esquema de la carga HL – 93.

**CAMIÓN DE DISEÑO O TÁNDEM**

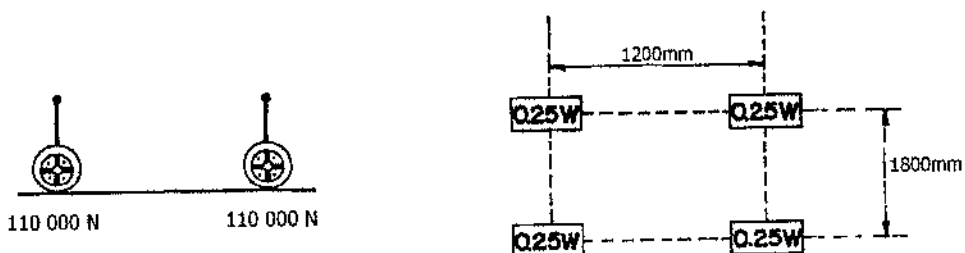
+

Más Carga de vía

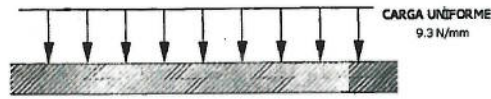
**CAMIÓN DE DISEÑO**



**TÁNDEM**



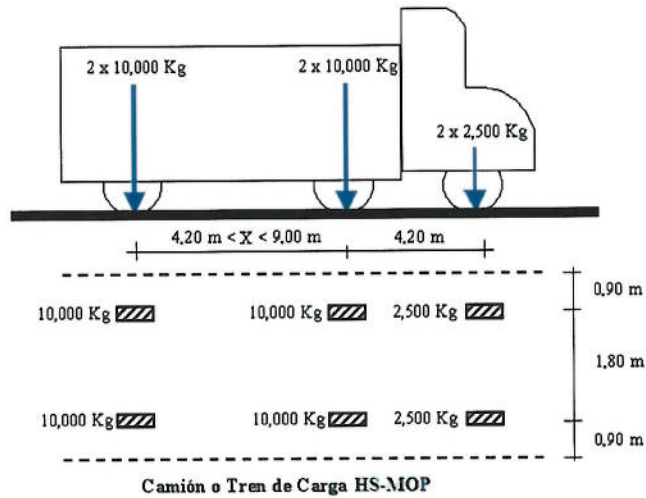
**Carga de vía**



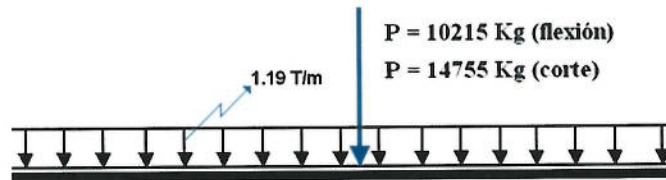
**B.2 Carga vehicular HS-MOPT**

- a) Carga de camión HS -MTOPT
- b) Carga distribuida mas carga puntual.

**CAMIÓN DE DISEÑO**

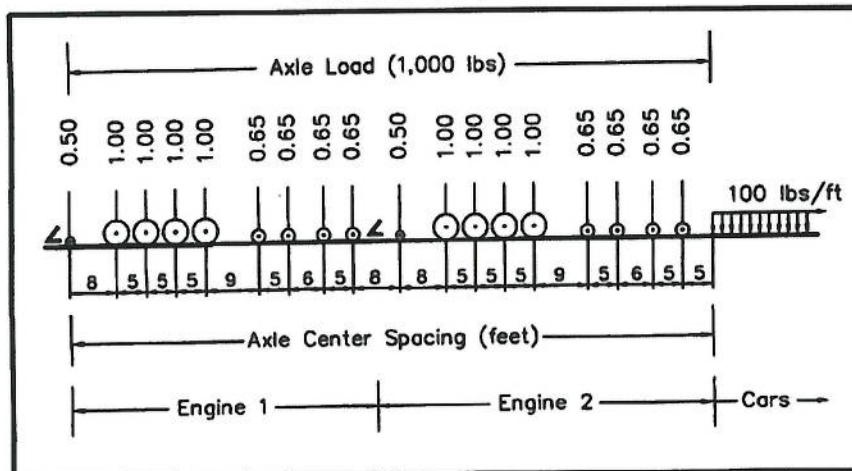


**CARGA DISTRIBUIDA + CARGA PUNTUAL**



**B.3 Carga Ferrocarril AREMA 2001**  
**Carga Cooper E-35**

**CONVOY COOPER E-35**



### C.- CARGAS SÍSMICAS

Según AASHTO LRFD 3.10 resumido en las siguientes consideraciones:

Puente Esencial

Zona Sísmica: 4

A=0.40

Suelo Tipo III

Coefficiente S=1.5

Espectro Elástico determinado según AASHTO LRFD 3.10.6 y con factores de modificación de respuesta R según AASHTO 3.10.7.

Coefficiente de respuesta sísmica elástica:  $C_{sm} = 1.20.A.Z / T_m^{2/3} < 2.50.A$

Excepciones: Puentes sobre perfiles III o IV y en áreas donde el coeficiente "A" es menor que 0.30,  $C_{sm}$  no excederá 2.A.

Para perfiles III y IV y para modos de vibración diferentes al modo fundamental que tenga un período menor que 0.30s,  $C_{sm}$  deberá ser tomado como:  $C_{sm} = A.(0.80+4.T_m)$

Si el período de vibración para cualquier modo excede 4.0s, el valor de  $C_{sm}$  para este modo deberá ser tomado como:  $C_{sm} = 3.A.Z / T_m^{4/3}$

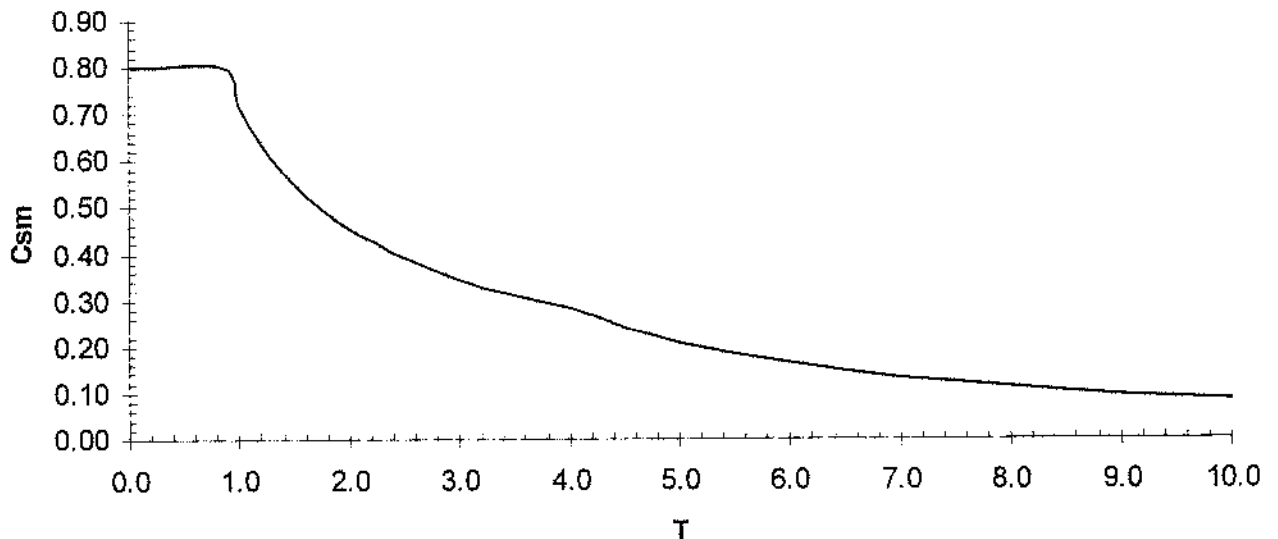
En la figura 3.2 se muestra el espectro de respuesta elástico del sitio.

Para estructuras de contención análisis según Mononobe – Okabe.

**AASHTO 2006**

**S = 1.50**

**A = 0.40**



### D.- VIENTO

Las cargas de viento sobre la estructura y su efecto sobre las cargas vivas fueron determinadas sobre la base de una velocidad de viento de 100 Km/h

### E.-OTRAS CARGAS UTILIZADAS EN AL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Según la combinación de cargas establecida en las especificaciones AASHTO LRFD. .

## 10.5 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LAS VIGAS POSTENSADAS

Los pasos superiores han sido diseñados utilizando secciones compuestas conformadas por vigas pos-tensadas pre-fabricadas simplemente apoyadas y losa fundida en sitio.

La modalidad de análisis y diseño utilizada en las vigas pos-tensadas de los tableros de los puentes del proyecto Ruta Sur es mediante la utilización del paralelogramo de las condiciones fundamentales que nos permite obtener como resultado la fuerza de pretensión óptima, para las condiciones de geométricas y de carga utilizadas en cada una de las vigas.

El diseño de las vigas pos-tensadas es un diseño elástico con valores de esfuerzos permisibles en el hormigón de: compresión  $f_{cad}=0,40f_c$  y de tracción  $f_{td}=0$ . Las secciones transversales de las vigas pos-tensadas también han sido verificadas para su capacidad última.

En los anexos se muestra el proceso de diseño de las vigas postensadas para las diferentes luces utilizadas en los pasos superiores de la Ruta Sur, incluyendo el cálculo de las pérdidas, la comprobación de los esfuerzos permisibles en cada décimo de la luz, la capacidad última de la sección transversal crítica. El análisis y diseño se hace para tres etapas diferentes de construcción de los tableros de los puentes: la etapa previa o sea el momento de la transferencia de las fuerzas de pretensión a la viga de hormigón, la primera etapa o sea durante la construcción de la losa y la segunda etapa o sea la del puente en funcionamiento. También en los anexos se incluyen los tipos de cables y la geometría de cada cable (parábolas de segundo grado) a lo largo de la viga.

### 10.5.1 Factores de distribución

Coefficientes de distribución según AASHTO LRFD 4.6.2.2.

Para sección compuesta: vigas pos-tensadas y losa fundida en sitio.

#### a.- DISTRIBUCIÓN DE MOMENTOS

##### Viga interna

Una vía

$$g = 0.06 + \left(\frac{S}{4300}\right)^{0.40} * \left(\frac{S}{L}\right)^{0.30} * \left(\frac{Kg}{L * Ts^3}\right)^{0.1}$$

Varias vías

$$g = 0.075 + \left(\frac{S}{2900}\right)^{0.60} * \left(\frac{S}{L}\right)^{0.20} * \left(\frac{Kg}{L * Ts^3}\right)^{0.1}$$

##### Viga Externa

Una vía

Se ubica la carga de llanta a 60 cm del filo de la vereda o bordillo

Varias vías

$$g = e * g_{interior}$$

$$e = 0.77 + \frac{de}{2800}$$



**Factor de reducción por esviajamiento**

$$Fr = 1 - c1 * (\tan\theta)^{1.5}$$

$$c1 = 0.25 \left( \frac{Kg}{L * Ts^3} \right)^{0.25} * \left( \frac{S}{L} \right)^{0.5}$$

$\theta$  = ángulo de esviajamiento

Si  $\theta < 30$ ,  $c1=0$

Si  $\theta > 60$ ,  $Q=60$

**b.- DISTRIBUCIÓN DE CORTE**

**Viga interna**

Una vía

$$g = 0.36 + \frac{S}{7600}$$

Varias vías

$$g = 0.20 + \frac{S}{3600} - \left( \frac{S}{10700} \right)^{2.0}$$

**Viga externa**

Una vía

Se ubica la carga de llanta a 60 cm del filo de la vereda o bordillo

Varias vías

$$g = e * g_{interior}$$

$$e = 0.60 + \frac{de}{3000}$$

**Factor de corrección por esviajamiento**

$$FC = 1.0 + 0.20 * \left( \frac{L * Ts^3}{Kg} \right)^{0.3} * \tan\theta$$

$Q$  = ángulo de esviajamiento

$$0 < Q < 60$$

**10.5.2 Esfuerzos en el hormigón (AASHTO 5.9.4.1):**

**A LA TRANSFERENCIA**

Compresión  $0.60 * f'ci$

Tracción  $2 * \sqrt[3]{f'ci}$

FINAL

PARA EL POSTENSADO Y CARGAS PERMANENTE  
 Compresión  $0.45 \cdot f_c$

PARA EL POSTENSADO, CARGAS PERMANENTE Y CARGAS VIVAS  
 Compresión  $0.60 \cdot f_c$   
 Tracción  $0.79 \cdot \sqrt[2]{f'_c}$

### 10.5.3 Cálculo de pérdidas

Las pérdidas se calculan según AASTHO 5.9.5.1

**Pérdidas totales para pos-tensado:**

$$\Delta f_{pT} = \Delta f_{pF} + \Delta f_{pA} + \Delta f_{pES} + \Delta f_{pL}$$

$\Delta f_{pT}$  = Pérdidas totales

$\Delta f_{pF}$  = Pérdidas por fricción

$\Delta f_{pA}$  = Pérdidas por acunamiento de anclajes

$\Delta f_{pES}$  = Pérdidas por acortamiento elástico

$\Delta f_{pLT}$  = Pérdidas a lo largo del tiempo, contracción, creep y relajación del acero

a.- Pérdidas por fricción (F)

$$\Delta f_{pF} = f_{pj} \cdot (1 - e^{-(Kx + \mu\alpha)})$$

b.- Pérdidas por Acortamiento elástico (ES)

$$\Delta f_{pES} = \frac{N - 1}{2N} \cdot \frac{A_{ps} \cdot f_{pbt} \cdot (I_g + e_m^2 \cdot A_g) - e_m \cdot M_g \cdot A_g}{A_{ps} \cdot (I_g + e_m^2 \cdot A_g) + \frac{A_g \cdot I_g \cdot E_{ci}}{E_p}}$$

c.- Pérdidas a lo largo del tiempo (LT)

$$\Delta f_{pLT} = 10.0 \cdot \frac{f_{pi} \cdot A_{ps}}{A_g} \cdot \gamma_h \cdot \gamma_{st} + 83 \cdot \gamma_h \cdot \gamma_{st} + \Delta f_{pr}$$

$$\gamma_h = 1.7 - 0.01H$$

$$\gamma_{st} = \frac{35}{1 + f'_{ci}}$$

### 10.5.4 Estados de carga analizados

- a. **FASE INICIAL DE CARGAS:** Peso propio de la viga + Fuerza de pos tensado (Antes de las pérdidas)
- b. **FASE FINAL DE CARGAS:** Fase inicial (después de las pérdidas) + Cargas que soporta la sección simple (carga muerta: losa y diafragmas + Cargas que soporta la sección compuesta (carga viva y carga muerta sobre impuesta)
- c. **COMBINACIONES DE CARGAS PARA EL DISEÑO Y MULTIPLICADORES DE CARGA**

**Para el estado inicial** se considerara cualquier estado de servicio según AASHTO 5.9.1.1

Carga muerta (Peso propio): 1

**Para el estado final**

Compresión

Service I

Carga muerta (Losa diafragmas, sobreimpuesta): 1

Carga viva: 1

Tracción

Service III

Carga muerta (Losa diafragmas, sobreimpuesta): 1

Carga viva: 0,8

**d.- COMPROBACIÓN DE LA CAPACIDAD ÚLTIMA SEGÚN AASTHO 5.7.3.1**

Se utiliza la combinación de carga Strength I

**Strength I**

Carga muerta: 1,25

Carga sobreimpuesta 1,50

Carga viva: 1,75

**e.- CHEQUEOS ADICIONALES SEGÚN LA NORMA AASTHO LRFD**

Chequeo de acero mínimo según AASTHO 5.7.3.3.2

Chequeo de Cortante según AASTHO 5.8.3.3

Diseño de los conectores de corte AASTHO 5.8.4.1

Diseño de bloques de anclaje (Métodos Nilson y Kachaturian)

Calculo de contra flechas y deflexiones

**10.6 ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO.**

- a) Las vigas de hormigón armado fueron diseñadas para soportar el peso propio y el peso de la losa junto con todas las cargas vigas y las cargas muertas y sobre impuestas que actúen sobre el tablero de acuerdo al procedimiento estándar de diseño de vigas que sigue los siguientes pasos.
- b) Determinación del espesor de la losa adecuado de un pre diseño.
- c) Geometría y modelo matemático
- d) Cargas.
- e) Cálculo de cortantes y momentos
- f) Diseño a flexión, se calcula la cuantía de armado mediante la ecuació:.

$$\rho = 0.85 * \frac{f'c}{Fy} \left[ 1 - \sqrt{\left( 1 - \frac{2 * Mu}{0.85 * \phi * f'c * b * d^2} \right)} \right]$$

- g) Comprobación por cortante se realiza verificando que.

$$Vu_{actuando} \leq Vu_{resistente}$$

- h) Las secciones que soportan los momentos positivos producidos por las cargas vivas, muertas y súper impuestas, además de los momentos negativos son secciones constantes a lo largo de toda su longitud.

### 10.7 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS

Las losas del tablero de los dos tipos de estructuras pasos superiores y pasos inferiores (PS y PI) fueron analizadas con el método de las bandas finitas aceptado por AASHTO LRFD 4.6.2.1.1, y considera las combinaciones de carga establecidos por el código americano.

En los anexos se muestra el procedimiento aplicado para el análisis y diseño de las losas del tablero en los pasos superiores y de los pasos inferiores.

#### a.- Diseño de losa

Para el diseño de la losa, se sigue la norma AASHTO LRFD 4.6.2.2.

#### b.- Método de análisis.

Mediante anchos de faja interior equivalente.

#### c.- Espesor mínimo de losa.

$$e = (S+3000)/30 > 165 \text{ mm}$$
$$e = 165 \text{ mm}$$

#### d.- Anchos de faja equivalente.

Volado. Para momento negativo  $M(-)$

$$d1 = 1140 + 0.833X$$

$X$  = distancia desde el punto de aplicación de la carga de rueda a la cara de la viga exterior.

#### e.- Vano interior de tablero.

Para momento negativo  $M(-)$

$$d2 = 1220 + 0.25S$$

Para momento positivo  $M(+)$

$$d3 = 660 + 0.55S$$

#### f.- Filosofía de diseño.

$$\sum \eta_i \cdot \gamma_i \cdot Q_i < \phi \cdot R_n$$

$\eta_i$  = factor de ductilidad, redundancia e importancia operacional.

$\gamma_i$  = factor de carga

$Q_i$  = efecto de la fuerza

$\phi$  = factor de resistencia

$R_n$  = Resistencia nominal

$\phi \cdot R_n$  = Resistencia factorada

#### g.- Combinación de carga.

Estado límite:

$$\text{Resistencia I: } 1.25DC + 1.50DW + 1.75(LL+IM)$$

DC = Carga muerta

DW = Carga muerta sobre impuesta

LL+IM = Carga viva más impacto



**h.- Método de diseño.** Tradicional.

**i.- Varios**

Refuerzo de distribución: 3840 / S 0.50 < 67% del acero principal positivo.

Refuerzo por retracción y temperatura:

$A_s = 0.75.b.h / [2.(b+h).f_y]$  en mm<sup>2</sup>/mm,  $f_y$  en MPa

$0.233 < A_s < 1.27$  mm<sup>2</sup>/mm

Los apoyos de vigas están constituidos por apoyos de neopreno, los mismos que se han diseñado según la norma AASTHO Cap. 14

En cuanto a las barandas en los planos está definida su geometría y el material del que serán construidas.

## **10.8 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LAS PILAS DE LOS PUENTES**

Estructuralmente las pilas son pórticos de por lo menos dos tramos y los modelos matemáticos con los diferentes estados de carga han sido analizados utilizando el programa SAP 2000.

En primer lugar se realizó una verificación de la esbeltez de las columnas para las diferentes alturas de columnas que tiene el proyecto. Para el diseño a flexo-compresión se utilizaron tablas de interacción. Tanto el armado transversal como el longitudinal han sido calculado según AASHTO LRFD para zona sísmica #4.

### **10.8.1 Diseño de zapatas y Vigas de Cimentación.**

Las vigas de cimentación se diseñaron como una viga rígida, simplemente apoyada sobre las columnas, que resiste una carga equivalente a la presión generada por el suelo, adicionalmente fue diseñada como una viga flexible sobre un lecho de resortes, que modelaban el suelo.

Para el diseño elástico se tomó como base el coeficiente de balasto, que se especifica en los estudios de suelos.

## **10.9 ESTRIBOS**

Los estribos fueron diseñados como estructuras en cantiléver, cumpliendo los requisitos de volcamiento, capacidad portante del suelo y deslizamiento. De manera de resistir tanto las presiones del suelo, las cargas muertas y vivas aplicadas y los eventuales efectos sísmicos.

Por su altura en los estribos fue necesario introducir contrafuertes detrás de la pantalla vertical. En los dos extremos del estribo los contrafuertes se convierten en muros de contención del relleno estabilizador que está colocado sobre la losa de cimentación del estribo.

## **11. DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN**

### **11.1 INTRODUCCIÓN**

El presente informe describe y detalla los diseños ejecutados para el proyecto de señalización horizontal y vertical, las normas empleadas, los conceptos básicos, los criterios para su utilización y ubicación, la forma de las señales, sus colores, los materiales recomendados, sus cantidades y presupuesto estimado.

El proyecto de señalización está coordinado con el diseño geométrico y se desarrolla en una vía de sección variable con tres carriles de circulación y carriles auxiliares por cada sentido, con topografía montañosa, con gradientes longitudinales máximas del 7%, y excelentes características geométricas, con curvas enlazadas por largas tangentes que aseguran un tráfico fluido en distintas condiciones de visibilidad para el rebasamiento y parada, acordes con la velocidad de circulación. Todos los accesos serán con intersecciones a desnivel, y la primera etapa de construcción tiene una longitud 5.50 Km, por lo que el diseño de señalización tiene un nivel alto de complejidad.

Se ha diseñado una cantidad suficiente de elementos y recursos para proveer un adecuado nivel de seguridad a los conductores que utilizarán a futuro la autovía.

Los estudios contemplan un plan integral de señalización y se complementa con los proyectos de señalización de los intersecciones. Como se señala más adelante se ha tratado de ajustar los diseños y especificaciones a las normas que se utilizan localmente para mantener la uniformidad dentro de la red vial nacional y local.

### **11.2 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.
- Informar al conductor de los servicios adicionales que se encuentran a lo largo de la ruta.

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.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

- 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 indicando restricción de velocidad, distancia al peligro o su significado escrito.

La base de los estándares de diseño aplicados a nivel nacional, nacen del Décimo Congreso Panamericano de Carreteras celebrado en la Ciudad de Quito, en 1971, donde se aprobó el proyecto de convenio para adoptar el Manual Interamericano de dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras cuyo origen es el la Federal Highway Administration (USA).

Para el diseño del sistema de señalización se ha tomado los estándares y recomendaciones de último Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN RTE 004 "Señalización Vial" Parte 1: Señalización Vertical y Parte 2 Señalización Horizontal y se complementan con normas internacionales y locales que han sido aplicadas en el terreno por el Ministerio de Obras Públicas, Prefecturas, Municipios y la Dirección Nacional de Tránsito.

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.
- (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, 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 2002
- (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.
- (9) Reglamento técnico ecuatoriano de señalización vial. RTE INEN 4:2003
- (10) Reglamento técnico ecuatoriano " Señalización Vial" parte 1: Señalización Vertical y parte 2: Señalización Horizontal, año 2010

La codificación de las señales horizontales y verticales es la utilizada en el documento del INEN (10), que es el último vigente en el Ecuador.

### 11.3 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

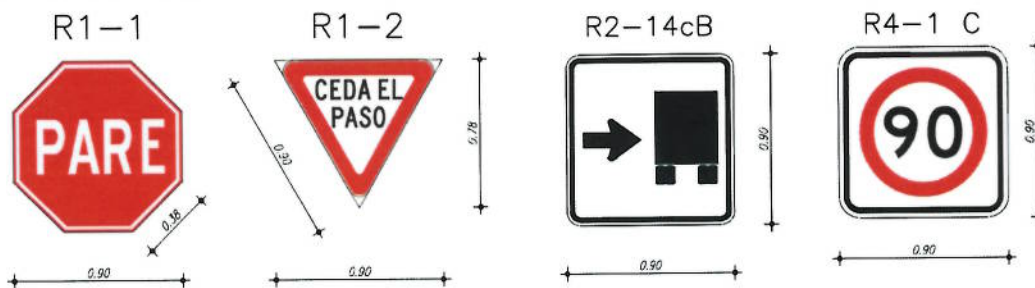
#### 11.3.1 Señales Regulatorias

También conocidas como restrictivas, tienen como objetivo informar a los usuarios de las prohibiciones, obligaciones, restricciones y autorizaciones en el uso de la vía. Su falta de cumplimiento genera una infracción.

Dentro de las señales utilizadas para este proyecto podemos distinguir los siguientes tipos:

- Vía preferencial o Ceda el Paso
- Reglamentación de velocidad
- Regulación de vehículos pesados

En cada caso para su localización se ha tomado en cuenta los criterios y principios de utilización descritos en los manuales.



##### 11.3.1.1 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, las señales tendrán el fondo blanco, la orla negra y el círculo interior deberá ser rojo, los símbolos y la letra en color negro. Las dimensiones de cada una de las señales y sus características de estas están reseñadas en el plano de detalles. La señal R2-14c tendrá símbolo y orla negros, fondo blanco retroreflectivo.

#### 11.3.2 Señales preventivas

Las señales de prevención o preventivas tienen como función en llamar la atención de los conductores de vehículos, debido a la existencia de un potencial peligro que está señalado en la placa. Esta placa exige generalmente al conductor mayor atención y en algunos casos 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
- Aproximación a Intersecciones o salidas de los intercambiadores
- 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 la velocidad de operación, los radios

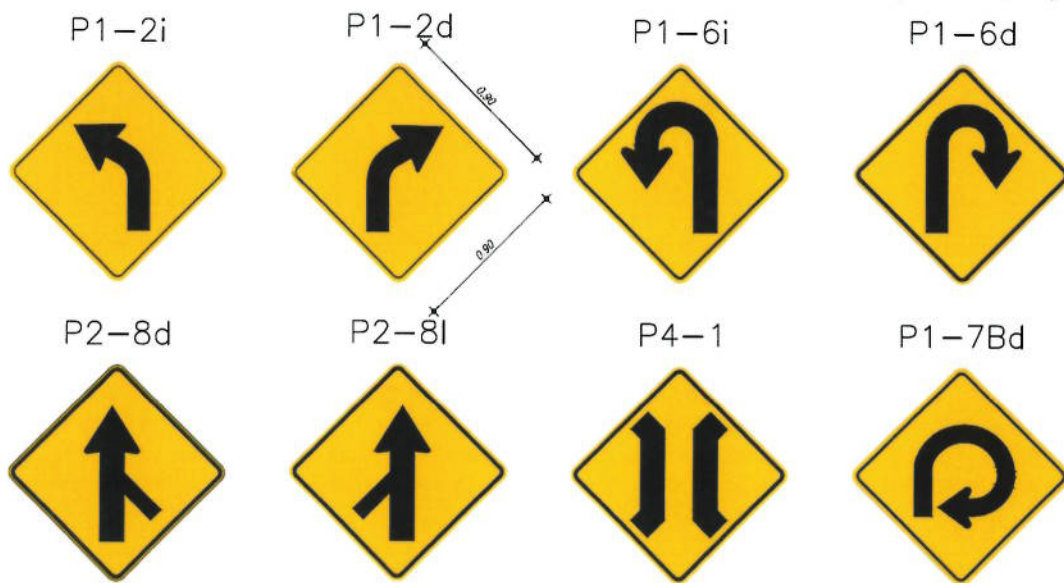


de curvatura, aproximación a intersecciones, etc.) y en otros la decisión de su colocación depende del examen de las condiciones locales o de diseño.

Cabe señalar que uso excesivo de o indiscriminado de señales de preventivas es extremadamente desaconsejado, ya que se genera un alto grado de desobediencia.

La localización de la señal de preventiva tiene como factor determinante la velocidad prevaleciente en la vía y la existencia de condiciones potencialmente peligrosas.

Las señales deben colocarse a no menos de 75 metros ni más de 225 metros del sitio de riesgo. Una guía para la ubicación de señales preventivas lo da el MUTCD, así la distancia de detención o parada sugerida para una velocidad de 90 km/h es de 140 metros, para un condición de alta precaución es de 210 metros y para desacelerar desde los 90 km/h a 10 Km/h se necesitará 160 metros mientras que para desacelerar de 90 km/h a 80 km/h se necesita ubicar la señal a 90 metros del punto de peligro.



#### 11.3.2.1 Colores y dimensiones

Los colores utilizados son el amarillo para el fondo, las leyendas y orlas en color negro. El tamaño de estas señales es será de 90 cm. de lado, recomendado por la norma INEN para una velocidad de 90 a 120 Km/h.

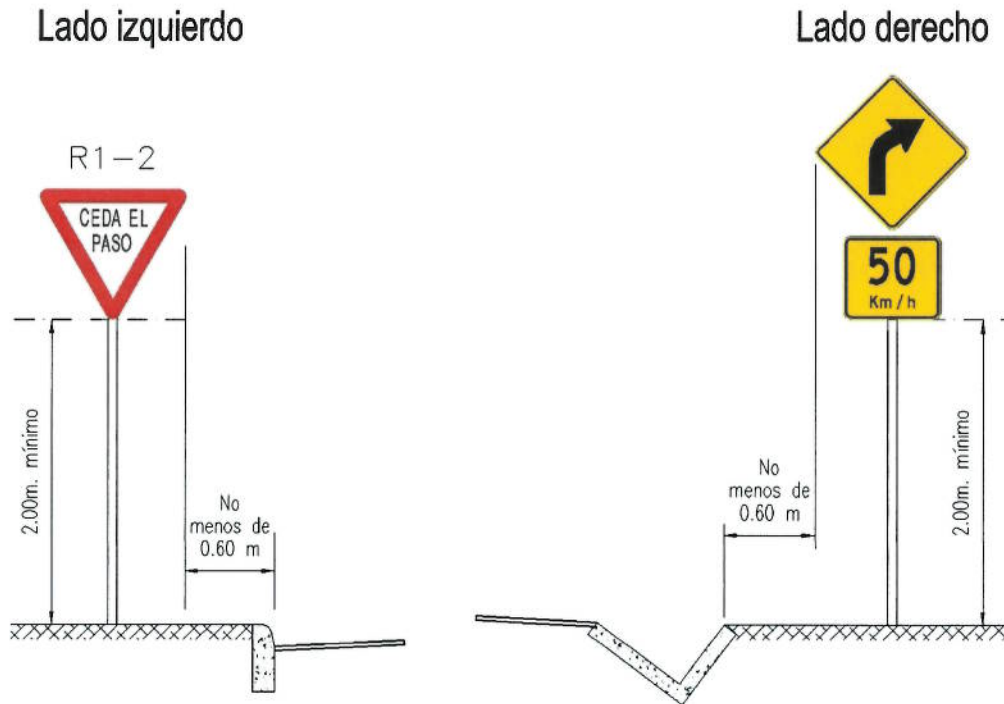
Para reforzar la información de la señal preventiva se colocan placas auxiliares bajo la señal, en este caso se ha utilizado las placas P7-2.

#### 11.3.3 Ubicación de las Señales Reglamentarias y de Prevención

A lo largo de la autovía la señal debe colocarse a una altura no menor a 1.50 m y cuando exista la presencia de peatones deberá estar sobre los 2.0 metros máximo y a una separación de 0.60 m mínimo del borde del espaldón o cuneta. En zonas urbanas 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 como existen señales de ceda el paso, estas también deben colocarse al lado izquierdo.

La señales son usualmente montadas sobre un poste simple, sin embargo aquellas que tienen un ancho mayor a 1.22 m. o una área que exceda de 0.80 metros cuadrados, generalmente deben ser montadas sobre dos postes.

### Altura y localización lateral de las señales



#### 11.3.4 Señales de Información

Este tipo de señales sirven esencialmente para guiar al usuario del sistema vial nacional a través de la ruta y presentan información de cada intersección importante, localización, orientación, distancia a hitos o puntos de interés, también de la existencia de facilidades o servicios para el conductor. En el presente caso, las señales informativas diagramáticas han sido diseñadas y se describen dentro de los planos de la vía. A las señales de información se las ha dividido en los siguientes grupos:

##### 11.3.4.1 Placas de información en la vía

Para una autovía las placas se diseñan con características especiales ya que por el diseño geométrico, los conductores a menudo pueden ser incapaces de evaluar las maniobras necesarias en las salidas de la autovía.

Por las características de las intersecciones a desnivel, son resueltos mediante un sistema secuencial. Para este tipo de intersecciones se han establecido tres fases distintas en el proceso de utilización de las placas indicativas de dirección:

La primera fase se denomina "pre - señalización", la que consiste en preparar al conductor informando que este se acerca a una intersección importante.





# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 11.3.4.2 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 geográfico referencial. En este caso se las ha para señalar el nombre de los dos ríos que cruzan varios puentes.

### 11.3.4.3 Postes de kilometraje

Los postes de kilometraje sirven para indicar la distancia de la vía a partir de un punto de origen determinado. Estos postes deben ser localizados con exactitud ya que sirven para trabajos posteriores de mantenimiento de la vía.

En el proyecto debe realizarse un ajuste en el abscisado ya que el contratista deberá marcar un abscisado continuo desde el inicio al fin del proyecto. Deberán tener las leyendas respectivas y sujetarse a lo dispuesto en el reglamento RTE INEN 4:2010 y a la sección 702 MOJONES E INDICADORES del MOP-F-001 2002.

### 11.3.4.4 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 en la señal. Este tipo de señales son diseñadas específicamente, indicando el tipo de servicio disponible. En este caso se aplican las señales de Autovía. Como es una vía completamente nueva, estos servicios se irán incorporando con el tiempo, por lo que no se ha utilizado este tipo de señal.

### 11.3.4.5 Colores y dimensiones

Los colores utilizados para las placas de dirección, indicación de sentido y localización deberán tener fondo verde y los símbolos y orlas de color blanco.

Las placas de servicios auxiliares tendrán un fondo azul, leyendas negras, fondo y orla blanca. El diseño y dimensiones de las señales informativas se encuentran señaladas en los planos de detalle y en los estándares de INEN.

Para las dimensiones de las leyendas se ha tomado en consideración la categoría de la vía y se ha diseñado cada leyenda en base al INEN RTE 2010 que corresponde al "Standard Highway Signs" (8) y cuyas dimensiones finales pueden verse en los planos de detalle. La fuente utilizada para las leyendas es la "E" y "EM" de 40 cm de altura y se provee en el CD. No deberán utilizarse fuentes como Arial, Times New Roman, etc. En los planos se pueden ver las dimensiones para realizar directamente su fabricación.

### 11.3.4.6 Puentes para señales informativas

En el proyecto se ha considerado la utilización de puentes de señales ya que las señales de información son de grandes dimensiones y deben ser colocadas suspendidas sin problema sobre los pórticos. Los pórticos deben estar protegidos por guardavías a fin de que no representen peligro a los conductores y peatones. Preferentemente deberán tener iluminación directa a las señales para mejorar su visibilidad.

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 2002. Los diseños de cimentación y estructurales deberán ser ajustados conforme a las condiciones



específicas del punto de colocación que se encuentren durante la construcción y la revisión del cálculo estructural correrán a cargo del contratista.

La distancia recomendada para la colocación desde el fin del espaldón es de 1.80 m cuando no esta protegido con un guardavía y cuando exista este elemento a 0.60 m. El gálibo obligatorio será como mínimo de 5.30 metros.

### **11.3.5 Materiales para Señalización Vertical**

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 2002 de la sección 707, en las Especificaciones Técnicas para Materiales y Para la Colocación de Señales en Obras Viales, MOP, 1994 y en el INEN RTE 004 2010.

Los postes serán fijados conforme a estos requerimientos y los materiales para el recubrimiento de la señal donde se presenta el diseño de señalización deberán ser de material retroreflectivo grado de diamante DG<sup>3</sup> con una reflectividad del 60% y se recomienda usar fondo reflectivo y leyenda no reflectiva o viceversa según sea el caso y como lo señala el reglamento del INEN.

Las placas a las que van adheridas estos materiales deberán ser de aluminio o lámina de acero inoxidable de espesor mínimo 2 mm en tamaños grandes, medios y pequeños, ya que estos material da una mayor vida útil a la señal. En las placas de dimensiones mayores los marcos, tornillos y elementos de fijación deben ser galvanizados. En el cimiento de la señal se utilizará hormigón de una resistencia de 180 Kg/cm<sup>2</sup> o lo que se señale conforme a las condiciones encontradas en los puntos de cimentación.

## **11.4 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 se clasifica en:

1. Líneas
2. Mensajes
3. Palabras
4. Flechas
5. Otras simbologías que se dibujan sobre la calzada
6. Otros elementos como marcas de pavimento sobresalidas o bordillos montables.

Todos ellos utilizados para controlar, prevenir, guiar o informar a los usuarios de las vías. Pueden ser utilizadas con las señales verticales o también pueden usarse por sí solas.

### **11.4.1 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.

Los tipos de señales horizontales se encuentran en los siguientes grupos:

11.4.1.1 Líneas de transversales utilizadas

En las que se encuentra las líneas de "pare" donde se tenga entrada o salida de vehículos, líneas de viraje, 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

11.4.1.2 Líneas Longitudinales

**LG-1** Líneas de división de carril o de circulación. Esta línea está diseñada en color blanco y van entrecortadas. El ancho de 0.150 m, con una longitud del segmento de 3 m y 9 m de espaciamiento 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. Puede variarse el espaciamiento siempre y cuando siempre se mantenga la relación.

**LG-2** Líneas de continuidad o guía. De 1 m de segmento y 3 m 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 ceda el paso, pare o semáforo. Es una línea continua antes de la línea de pare, el ancho puede ser igual a la línea de división o incrementarse en 0.30 m. 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 0.15 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 0.15 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 0.150 m de ancho, delimitan los carriles exteriores de la vía antes del espaldón o bordillo.

**LG-5c** Líneas de borde de carril con flujo opuesto. Franjas continuas de 0.150 m de ancho, delimitan los carriles exteriores de la vía antes del espaldón o bordillo en las que existe un flujo vehicular opuesto y cuyo color es amarillo. Esta línea puede cambiar de color a blanco únicamente cuando se ha realizado un trabajo de pintura en el bordillo del parterre central en color amarillo.

**LG-5d** Líneas de barrera para chevrón. Franja continua de 0.15 m de ancho que enmarca a delineadores o chevrones.

**LG-7a** Líneas Cebra de cruce peatonal. Franja continua de 0.40 m y 3.0 metros de ancho de cruce como mínimo.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 11.4.1.3 Delineadores sobre el pavimento (Chevrones)

Demarcadores direccionales, son utilizados en zonas indefinidas como islas a nivel, o rampas de acceso y salida de intercambiadores. Está constituido por las líneas sólidas que rellenan a las "narices triangulares" de las intersecciones o carriles de salida.

CV-3. Grosor de 0.90 m y separación de 1.80 m, a un ángulo de 45 grados de la línea de borde.

#### *Palabras*

Las palabras y símbolos sobre el pavimento son utilizados con el propósito de guiar, prevenir y regular el tráfico. Por ejemplo en caso de localizarse una parada luego cuando entre en operación de la vía se establecerá una dársena con pintura y se utiliza la palabra BUS dentro de ella.

#### *Flechas*

Sirven para ayudar a los conductores a advertir del sentido o la dirección y seleccionar el carril adecuado para realizar maniobras de giro. Los detalles de las flechas que se han codificado como F-1 hasta la F-7 se encuentran especificados en el plano de detalle y deben ser colocadas conforme a la velocidad de circulación.

#### *Otras simbologías*

Corresponde a diseños especiales que no se encuentra en la clasificación anterior y que deben especificarse dentro de los planos de detalle.

### 11.4.2 **Materiales para Señalización Horizontal**

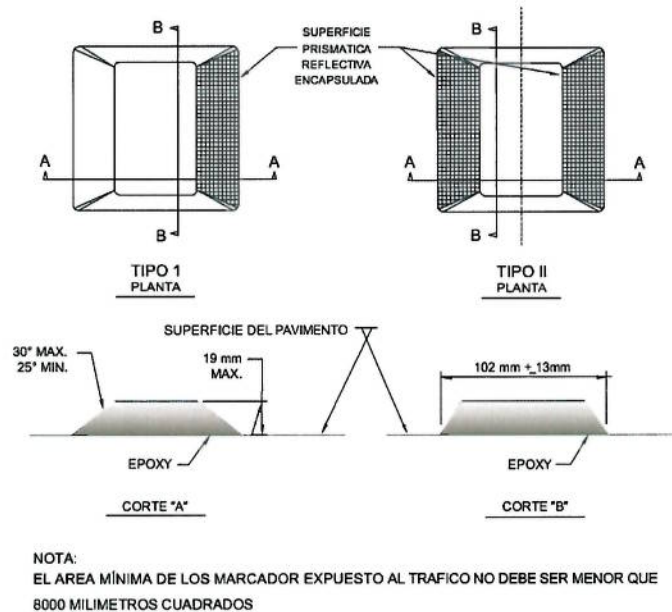
Las especificaciones de la pintura serán las indicadas en la sección 826 del manual MOP-F-001 2002. Se recomienda la utilización de pinturas acrílicas en base de agua debido a su mayor duración con perlas o micro esferas de vidrio para lograr mayor reflectividad, debido la calidad del pavimento nuevo 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. Adicionalmente se deberán colocar micro esferas de sílice para lograr una adecuada reflectividad en la noche.

### 11.5 **MARCAS DE PAVIMENTO SOBRESALIDAS (MPS)**

Las tachas son elementos rectangulares que sobresalen del pavimento cuyo lado mayor o diámetro como mínimo debe tener 102+- 13 mm. Son adheridos sobre el pavimento con pegamento epóxico para delimitar y direccionar los carriles de circulación. Las tachas u ojos de gato como se los conoce, están normados en el punto 5.1.3.2 Dispositivos complementarios, del Reglamento Técnico Ecuatoriano PRTE INEN 004 "Señalización Vial, Parte 2. Señalización Horizontal (Primera Revisión)", donde se puede verificar sus características.

**MARCAS DE PAVIMENTO SOBRESALIDAS - MPS (TACHAS)**



Para su colocación se tomará las especificaciones indicadas en la sección 705-3.05 del MOP-F-001 2002 Marcas de Pavimento Sobresalidas (MPS), donde se señala el procedimiento para su colocación. Una muestra significativa deberá ser sometida a ensayos de corte, compresión simple y una vez aprobadas por la por la fiscalización serán colocadas en la vía, esto para garantizar su durabilidad.

Para el presente caso se utilizarán tachas conforme al color indicado en las franjas horizontales es decir blanco y amarillo. La separación entre ellas es de 12 metros en la mayoría de casos y 6 metros en las líneas de borde de chevrões.

**11.6 DELINEADORES DE PELIGRO**

El “Manual on Uniform Traffic Control Devices”, (MUTCD), define a los delineadores 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-001-F-2002 en la sección 709.

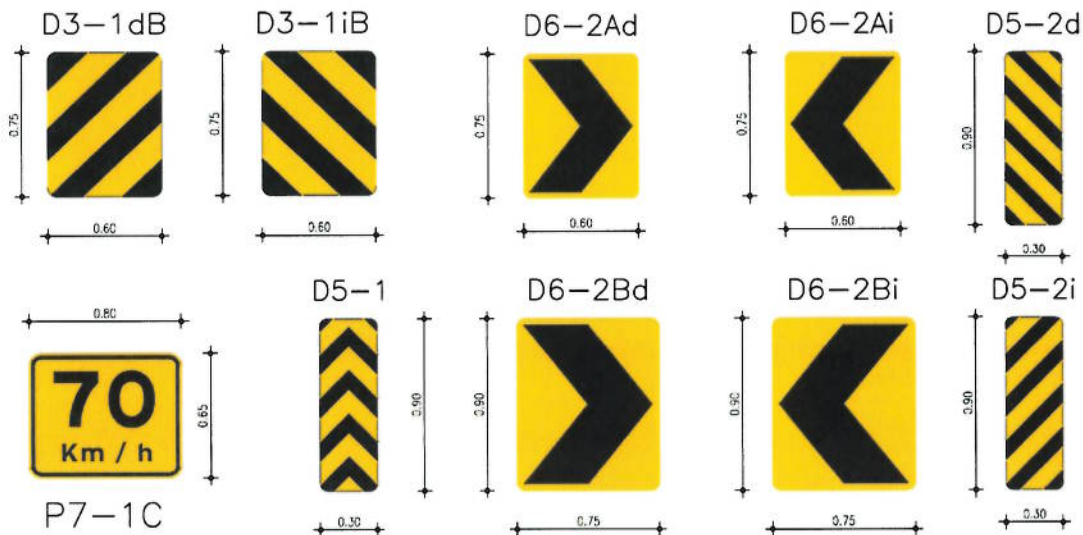


El primer tipo de delineadores corresponde a los postes delineadores de vía que son elementos constituidos por un soporte simple y en el que se ha colocado material reflectivo de alta intensidad. Este tipo de delineadores generalmente son de sección circular o rectangular con una altura es de



1.0 m para evitar que sean cubiertos la vegetación. Si se utiliza un tubo PVC o un perfil galvanizado este debe ser cubierto en su tope para evitar el deterioro del soporte. En el último manual INEN (10) sección 2.15.4 únicamente se señala el color rojo como estándar sin importar la condición de restricción. Se deben utilizarse cuando se presenta condiciones climáticas adversas como lluvia constante o neblina. Las especificaciones constructivas así como la distancia de colocación deberán ser las señaladas en el MOP-F-001 2002 en la sección 709. El uso de estos dispositivos corresponde a una segunda ya cuando la vía entra en operación donde se evalúan los sitios peligrosos o con niebla y refuerzan a las MSP, aunque el MTOPC las ha adoptado como obligatorias.

Un segundo tipo de delineadores de peligro están incluidos las señales verticales a un lado de la carretera que se codifican como DI. No existe especificación especial en el MOP-F-001 2002, sin embargo en la última versión del reglamento técnico de señalización vial del INEN (10) se aclara y se las coloca en el capítulo V en numeral 8 de Señales de información vial y se las trata como señales verticales puesto que tienen una superficie retroreflectiva y necesitan de postes de soporte para su colocación. Estas guían y señalan obstrucciones adyacentes próximas a la vía como entrada a puentes, división física de carriles, redondeles y reducción de carriles. En el año 20140 se ha normado el color del fondo en negro y el símbolo amarillo.



## 11.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto de señalización es integral, por lo que se consideran todas las intersecciones a nivel de la autovía y deben ser complementados si se realizan nuevos puntos de acceso o intercambiadores, manteniéndose los mismos estándares utilizados.

No se ha incluido en el estudio los cruces peatonales principales a desnivel en puntos donde se genera demanda, sin embargo luego de que entre en operación deberá evaluarse la posibilidad de implementar cruces especiales ya que existen zonas pobladas y por el trazado de la vía existirán comunidades que necesitan integrarse. Si es que el Municipio de Quito decide colocar algún sistema de transporte en la vía, se deberá implementar paradas de buses señalizadas en sitios donde se produzca una demanda y en condiciones de seguridad para conductores y peatones y de preferencia deberán estar junto a los cruces peatonales.

También se deberá reforzar la señalización vertical por las nuevas condiciones especiales que se presentarán a futuro en caso de producirse nuevas intersecciones a nivel o salidas peligrosas.

# ASOCIACIÓN

## ASTECC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

Para la conservación y mantenimiento de las señales se recomienda tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Mantenerlas en su posición correcta
- Superficies limpias y legibles
- Reemplazo de señales defectuosas
- Retiro de señales que no cumplan su función o porque ha cesado las condiciones que obligaron a instalarlas.

El plan de señalización horizontal y vertical de la etapa constructiva se recoge en el capítulo de Impactos Ambientales.

## **12. DISEÑO DE ILUMINACIÓN**

### **12.1 TÉRMINOS DE REFERENCIA**

Con el objeto de atender los requerimientos de tráfico vehicular del valle de Tumbaco y facilitar el acceso al aeropuerto, se desarrolla el presente diseño de la red de alumbrado y de los centros de transformación requeridos para la alimentación de esta red.

Cumpliendo con lo dispuesto en la Ordenanza Metropolitana 022 y a los documentos técnicos Nos. 110118 y 1034 de la Empresa Eléctrica Quito, las redes de alumbrado de la vía y de alimentación a los centros de transformación se han proyectado considerando una instalación subterránea.

Los centros de transformación serán tipo PAD MOUNTED, tipo radial modificada, con protección en el lado primario contra sobre tensiones, sobre carga y corto circuito. En el lado secundario se deberán instalar en cada centro de transformación un interruptor termo magnético bipolar de la capacidad indicada en los anexos y los interruptores para protección de los circuitos secundarios señalados en los planos adjuntos y en los anexos.

Los centros de transformación proyectados se conectarán a las redes de media tensión existentes, por medio de extensiones monofásicas aéreas, derivaciones subterráneas monofásicas, según sea el caso.

Dentro de este proyecto se ha considerado únicamente la reubicación de los segmentos de redes existentes que atraviesan la vía planificada.

Se han propuesto derivaciones subterráneas en los casos en los que las redes existentes cruzan la vía proyectada y que continúan para dar servicio a abonados ubicados en el margen opuesto.

Dentro del listado de materiales y del presupuesto solamente se han incluido los materiales requeridos para satisfacer los mencionados cruces.

No se ha incluido el costo de la remodelación total de las redes afectadas por el trazado de la vía.

La remodelación de las redes deberá ser completada por la E.E.Q. en base a sus planes de desarrollo.

Los cálculos lumínicos se han realizado en base a los datos técnicos de tráfico y de las características físicas de la vía proyectada y normas vigentes de la E.E.Q.

#### **12.1.1 Ubicación**

El proyecto cubre la iluminación del tramo comprendido entre la vía Simón Bolívar y el Km 5+500, (borde occidental del puente sobre el río San Pedro).

#### **12.1.2 Alcance**

El presente informe contempla:

- a. Diseño del sistema de iluminación de la vía.
- b. Dimensionamiento y trazado de los circuitos secundarios subterráneos de alimentación a las luminarias.

- c. Ubicación de fuentes luminosas en estructuras, soporte de acuerdo con los parámetros de diseño escogidos.
- d. Canalización para los circuitos de alumbrado.
- e. Selección de los equipos de protección de los circuitos de alumbrado.
- f. Calculo de transformadores.
- g. Lista y especificación de materiales y equipos
- h. Anexos:
  - Cálculos lumínicos.
  - Calculo de caída de tensión de los circuitos secundarios
  - Calculo de transformadores
  - Protección de circuitos de alumbrado
  - Protección de transformadores.

## **12.2 RED DE ALUMBRADO**

La luminancia media y la uniformidad de la distribución del flujo luminoso a lo largo de la calzada se han mantenido dentro de los márgenes dados por las normas de la Empresa Eléctrica Quito y las recomendaciones internacionales; con el objeto de obtener resultados favorables en la percepción de detalles u obstáculos localizados en la vía por parte de los conductores y con ello evitar o reducir en lo posible los accidentes de tránsito.

Se ha considerado también que la orientación visual garantice al usuario de la vía una imagen clara y rápida de la dirección que va tomando la carretera y con ello graduar la velocidad permitida en los diferentes tramos.

La velocidad de la circulación vehicular permitida para este tipo de vía y la densidad de tráfico proyectada por los ingenieros influyen en la luminancia sobre la calzada, pues, de estos factores dependerá la velocidad de reacción del conductor ante la presencia de un obstáculo sobre la carretera.

El color emitido por las fuentes luminosas no es importante para estos casos, puesto que no es indispensable distinguir los colores de los objetos, por esta razón se han escogido luminarias con lámparas de vapor de sodio de alta presión que permitan mayor visibilidad bajo las condiciones climáticas típicas de la zona, mejor rendimiento lumínico y mayor vida útil.

### **12.2.1 Parámetros de diseño**

Los parámetros de diseño se basan en las normas vigentes de la Empresa Eléctrica Quito. (Anexo I-12.1).

### **12.2.2 Cálculos de iluminación**

Los cálculos de iluminación se han dividido en:

- a. Iluminación central: 3 carriles por sentido.
- b. Iluminación lateral: 3 carriles por sentido.
- c. Iluminación lateral: 2 carriles

El detalle del cálculo se adjunta en el Anexo I-12.4.



### **12.3 CIRCUITOS SECUNDARIOS DE ALUMBRADO**

#### **12.3.1 Dimensionamiento**

Los circuitos secundarios de alumbrado serán radiales y bifásicos.

El cálculo de la caída de tensión de los circuitos se indica en el Anexo I-12.3 con un máximo del 3.0 por ciento.

El cálculo corresponde a los tramos de los circuitos que representan los casos más desfavorables.

En el plano de red de alumbrado se identifican los circuitos y en los esquemas de cálculo de caída de tensión se indica el calibre del conductor.

Los conductores deberán tener aislamiento similar al tipo 600 V. TTU.

#### **12.3.2 Instalación**

Los circuitos secundarios de alumbrado se instalarán desde los bornes de los interruptores termomagnéticos de protección de cada circuito, ubicados en los centros de transformación.

Cada circuito bifásico se instalará dentro de tubería de PVC reforzada de 75 mm de diámetro desde el respectivo tablero de distribución hasta el último poste que corresponda al circuito.

Los empalmes de circuitos y derivaciones a las luminarias se deberán realizar dentro de los pozos de revisión proyectados.

Las luminarias se conectarán a los circuitos secundarios con cables No.12 AWG con aislamiento tipo THHN

En los tramos de vía en los que exista un parterre central, los circuitos y la iluminación será centralizada, las estructuras se prevé instalar en el eje longitudinal del parterre.

En los tramos proyectados con iluminación lateral, las estructuras se instalarán a 0.4m del borde interior de la cuneta.

Los circuitos secundarios que se instalen a los lados de la vía o de las rampas, deberán estar separados por lo menos a 0.4 m del extremo externo de la cuneta.

#### **12.3.3 Canalización**

Como se han indicado, cada circuito secundario de iluminación deberá instalarse dentro de tubería de PVC reforzado en los tramos de parterre y en a los lados de la vía a 0.60m del nivel del piso terminado y a 1.0 m en los tramos de cruce de vía.

La tubería se deberá instalar a 0.10 cm desde el nivel del piso del pozo de revisión.

La interconexión entre los postes metálicos en los puentes o pasos elevados deberá realizarse con tubería metálica tipo EMT de diámetro equivalente a la de PVC empleada en los segmentos inmediatamente cercanos.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

Desde los pozos de revisión hasta los postes de la red de alumbrado se instalara tubería de PVC tipo manguera reforzada de 19 mm de diámetro para la instalación de los conductores No. 12 AWG THHN de alimentación de las luminarias.

### 12.3.4 Pozos de revisión

Deberán construirse pozos de revisión frente a cada poste de alumbrado para derivar a las luminarias.

Los pozos de revisión deberán construirse con paredes de mampostería de ladrillo o bloque enlucidas, con piso de suelo natural y tapa de hormigón armado enmarcada con perfiles de hierro ángulo, de 50x50x3 mm, con la identificación normalizada por la E.E.Q.

Los pozos de revisión tendrán las siguientes dimensiones libres:

- En parterre central o ubicación paralela a la cuneta 60x60x70 cm.
- En cruces de vía: 80x80x1.25 m.
- En los puentes o pasos elevados, los postes metálicos deberá disponer de una ventana de dimensiones normalizadas, con tapa sujeta con tornillos que facilite su retiro y permita realizar los empalmes de los conductores.

### 12.3.5 Cruce de calzada

En los puntos en los que se requiera cruzar la calzada se deberá emplear tubería de cemento de 4 vías según SD-4 y SD-8 de la E.E.Q. El borde superior de la tubería deberá colocarse a una profundidad de 1,0 m del nivel de la rasante, según normas E.E.Q.

## 12.4 LUMINARIAS

Se han seleccionado dos tipos de luminarias: La primera de 400 W 220 V para la iluminación de los tramos de tres carriles por sentido, tanto para iluminación centralizada como para iluminación lateral. La segunda será de 250 W 220 V para la iluminación lateral de tramos de las vías secundarias laterales.

La especificación de la luminaria de 400 W es la siguiente:

### Luminaria para Alumbrado Público

Las luminarias serán tipo cerrado para alumbrado de vías con lámpara de vapor de sodio de alta presión 240 V 60 Hz según CIE M3 tipo B, con balasto tipo reactor encapsulado de doble nivel de potencia e ignitor tipo superposición, con un circuito temporizador programable para funcionamiento durante 4 horas a potencia nominal y el resto del tiempo a potencia reducida; con receptáculo para fotocélula e interruptor foto eléctrico para encendido automático de la lámpara, según las regulaciones vigentes de la Dirección de Distribución de la E.E.Q.

- Potencia: 400 W-2P, 220-240 VAC, 60 Hz
- Doble nivel. Completa con base + fotocélula y brazo
- Cuerpo de aleación de aluminio inyectado. Difusor de vidrio POLICURVO
- Reflector de aluminio embutido, abrigantado y anodizado No. 1975
- Fotometría vial de alta eficiencia adecuada para calles y avenidas
- Lámpara OSRAM NAV-T S4Y, ó similar sodio alta presión 400 W
- Lámpara fijada en reglaje -32/104/7,5°, según el diseño luminotécnico

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

- Flujo nominal de la lámpara 55.000 lúmenes, luz amarilla
- Balasto tipo reactor encapsulado DOBLE NIVEL DE POTENCIA, 2 taps,
- 220-240 VAC, TW 130°, Bajas pérdidas, 34.5W @ 240V. Ignitor tipo superposición, 2 Capacitores para factor de potencia superior a 0,92 en ambos niveles. Luminaria pintada en color gris oscuro AKZO 900

**Hermeticidad del bloque óptico y eléctrico: IP66**

*Apto para instalación en zonas de polución, humedad, etc.*

**Resistencia a los impactos: IK08**

Incluye base para fotocélula + fotocélula Fisher Pierce FP9700

Incluye brazo de acero galvanizado con inclinación 10°, 1,0 m de volado con sus accesorios para montaje en poste de hormigón

La especificación de la luminaria de 250 W 220 V es similar a la de 400 W pero de un solo rango de potencia.

Las luminarias se fijaran a las estructuras de soporte de hormigón mediante un brazo de tubo de hierro galvanizado de 32 mm de diámetro y 1.0 m 10° con todos los accesorios necesarios para su sujeción.

Los postes metálicos deberán disponer de los brazos de características similares para la sujeción de las luminarias.

En las láminas adjuntas de la red de alumbrado se detalla la ubicación de las estructuras de soporte y de las luminarias.

### 12.5 ESTRUCTURAS SOPORTE

Para la red de alumbrado se han seleccionado poste de hormigón de 13.5m de altura y 500 Kg de resistencia horizontal, con perforaciones en la parte superior e inferior, así como, una ventana de inspección con tapa y tornillos.

En los puentes y pasos elevados se instalaran postes metálicos de sección poligonal tipo ornamental de 11.5 m de altura con ventana de inspección con tapa y tornillos.

Los brazos para estos casos deberán ser diseñados de manera que garantice la seguridad y operación de las luminarias y que conserven los parámetros lumínicos.

Las estructuras soporte deberán ser construidas y preparadas para resistir los efectos climáticos de la zona y deberán suministrarse con todos los elementos de anclaje necesarios.

La separación entre estructuras será de 40 m, a excepción de los puntos en los que se indica en los planos por las características de diseño de la carretera y de los puentes.

### 12.6 CONTROL

De acuerdo con las especificaciones técnicas dadas por la E.E.Q., cada luminaria deberá tener una fotocélula y un relee fotoeléctrico incorporados para control individual.

Las luminarias tipo proyector seleccionados para los redondeles, se controlaran por medio de una fotocélula con un relee de 3 Kw con una bobina a 120 V; el equipo de control se montara adosado a la pared del paso deprimido.

## **12.7 PROTECCIÓN DE CIRCUITOS DE ALUMBRADO**

Cada circuito secundario bifásico de alumbrado deberá ser protegido por medio de un interruptor termo magnético bipolar de la capacidad adecuada, según se muestra en el Anexo I-12.5.

Los interruptores de protección de los circuitos de alumbrado y de protección secundaria del transformador deberán instalarse en los centros de transformación tipo pad mounted.

### **12.7.1 Tableros de protección**

En cada centro de transformación se instalara un tablero de distribución para protección de los circuitos secundarios de alumbrado y deberá cumplir con las siguientes características básicas:

Elaborado en lamina de tool de 1.6 mm de espesor, con puerta de acceso frontal, con cerradura y llave, cierre hermético climatizado, para montaje a la intemperie. El tool deberá ser tratado con desengrasantes, anticorrosivos y desoxidantes, acabado con pintura epoxica platificada de larga duración de color beige. Las dimensiones de cada tablero deberán permitir fácilmente la instalación de los equipos, materiales y su mantenimiento posterior.

El equipo necesario para cada tablero se describe en el listado de materiales y en el Anexo I-12.5.

Cada tablero deberá suministrarse completamente alambrado, con el material auxiliar que permita una operación confiable y, con todos los accesorios para montaje exterior junto a los centros de transformación.

## **12.8 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN**

### **12.8.1 Capacidad**

La capacidad de los transformadores se ha determinado en función de la carga instalada en los circuitos de iluminación.

Se ha considerado un factor de demanda de 1

Se ha asignado a cada luminaria una carga de 250 W con un factor de potencia de 0.9, lo que origina un valor de 300 VA y una carga de 400 W o 450 VA

El cálculo de la capacidad de los transformadores consta en el anexo I-12.4

### **12.8.2 Ubicación**

Los transformadores se han ubicado de manera que la caída de tensión de los circuitos secundarios de alumbrado no supere el 3,0 por ciento.

### **12.8.3 Instalación**

Todos los transformadores serán monofásicos tipo PAD MOUNTED, aptos para montaje EXTERIOR, tipo radial modificado, con protección contra sobre tensiones por medio de



# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

pararrayos tipo codo, fusible tipo bay o net, interruptor on/off y protección termo magnética bipolar secundaria principal, apto para 3.000 m.s.n.m.; para 22.800/13.200 - 240/120V.

### 12.8.4 Alimentación

Cada centro de transformación será alimentado de la red aérea existente más cercana mediante extensiones de red aérea o por medio de derivaciones subterráneas de media tensión monofasicas, según se indica en la lámina 3 de 3 adjunta.

En el Anexo I-12.5 se indican los equipos de protección para los transformadores.

### 12.9 REDES EXISTENTES

A lo largo de la vía proyectada se encuentran en operación redes de distribución de la E.E.Q de mediana tensión, baja tensión y alumbrado público que en algunos casos atraviesan la calzada o se encuentran dentro del trayecto.

Este proyecto se limita a reubicar las redes que se hallan en medio de la carretera planificada y aquellas que la cruzan.

En el primer caso, se ha planteado el tendido fuera de la zona de influencia de la vía y siguiendo un trazado paralelo al existente.

En los puntos en los que se han encontrado cruces de redes aéreas existentes, se ha procedido a reemplazar por tramos subterráneos, según lo indicado en los planos adjuntos.

La remodelación total de las redes existentes deberá ser complementada por la E.E.Q. en base a las condiciones de operación actual de esas redes, de la presencia de la vía proyectada y de sus planes de expansión.

Dentro del listado de materiales no se consideran a aquellos necesarios para ejecutar la remodelación completa hacia las vías existentes, únicamente se han incluido los materiales y equipos requeridos para los cruces subterráneos que alimentaran a los centros de transformación proyectados para la iluminación de la vía y los que conectarán a tramos de redes existentes que cruzan la calzada.

### 12.10 DERIVACIÓN A TIERRA

En cada centro de transformación se instalará una derivación a tierra por medio de una malla formada por cable de cobre desnudo No. 2 AWG y 4 varillas de copperweld.

Deberá formarse un tejido instalado a 0.70 m de profundidad del nivel del piso terminado, de por lo menos 3.0 m por lado y dos tramos que conecten los puntos medios de los lados principales. Las conexiones entre cable – cable y cable – varilla deberá realizarse con soldadura exotérmica tipo Cadweld.

### 12.11 EQUIPOS Y MATERIALES

Se adjunta en el Anexo I-12.5 en la cual consta la lista de equipos y materiales especificados en el proyecto según lo normalizado por la EEQ.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

### 12.12 ANEXOS

Se adjuntan:

- I-12.1 Parámetros de diseño.
- I-12.2 Cálculos lumínicos.
- I-12.3 Cálculo de capacidad de transformadores.
- I-12.4 Cálculos de caída de tensión de circuitos secundarios.
- I-12.5 Lista de materiales y equipos.
- I-12.6 Planos conteniendo: Red de alumbrado, centros de transformación

### 13. DISEÑO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

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 los estudios geológico y geotécnico.

#### 13.1 PROCEDIMIENTO SEGUIDO

Para el cálculo de volúmenes se utilizó la restitución aerofotogramétrica elaborada por el IGM en escala 1:1.000, y las secciones transversales típicas de la vía; estos valores fueron procesados mediante la utilización de programas computarizados, los que realizan los cálculos de volúmenes y que a su vez permite obtener el listado con la ubicación 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 corte 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 precise la utilización de maquinaria con una potencia al volante mayor a 320 HP equipada con sus respectivo escarificador.
- Excavación en roca: es aquella remoción y desalojo de todo material rocoso de origen ígneo, metamórfico o sedimentario, que aflore en forma estratificada o maciza, para cuya rotura es necesario la utilización de explosivos.

### **13.2 DISEÑO DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS**

Por tratarse de un estudio a nivel definitivo, los datos obtenidos para el cálculo del movimiento de tierras se efectuó considerando secciones transversales cada 10 metros de longitud, los mismos que, para el análisis de la curva de masas fueron agrupados por cada kilómetro. Se ha elaborado un cuadro donde se presenta en forma resumida el resultado del cálculo del volumen de depósito, considerando las secciones transversales en el que consta la abscisa, el corte, el relleno mayorado con un factor de compensación o paso que proviene del factor obtenido con base a la razón de sus respectivas densidades. El factor que se ha utilizado es de 1,20, identificando el sitio del depósito, la distancia media de transporte y el transporte.

Con el resultado de estos análisis, se obtuvieron 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.

La ubicación de las zonas de depósito se han realizado tomando en cuenta el entorno ambiental, localizándose generalmente en las quebradas que no tienen agua permanente; en caso de llevar agua, en el análisis del drenaje se han diseñado obras de desagüe como canales abiertos o colectores.

La construcción de estos rellenos en las zonas de depósito se realizará tomando en cuenta las especificaciones del MOP, o la especificación especial redactada para rellenos con alturas mayores a 10 metros. 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 colocará 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. Para el relleno de los últimos 5 metros para llegar a la subrasante, la compactación corresponderá al 95% de su máxima densidad.

En este estudio si bien se recomienda zonas para el depósito del material excedente, producto de la excavación, se recomienda que durante la construcción tanto el constructor como la fiscalización pueden ubicar otras zonas más convenientes al proyecto, para lo cual deberán ponerse en contacto y consultar con los propietarios de los predios colindantes con la vía, ya que, existen muchas propiedades de gran área que están a cotas más bajas y que probablemente muchos de estos propietarios están interesados que se rellene esos sitios, o pueden aceptar que se le deposite en estos el material proveniente de la capa vegetal.

En el Cuadro 9.1 se presenta un resumen del movimiento de tierras y en el Cuadro 9.2 se presenta el análisis de la curva de masas.



**ASOCIACIÓN**  
**ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES**

**Cuadro 9.1**  
**MOVIMIENTO DE TIERRAS**

ABSCISA	CORTE m <sup>3</sup>	RELLENO X 1.20 m <sup>3</sup>	BOTE m <sup>3</sup>
0+000 - 1+000	411.840,69	6.559,00	405.281,69
1+000 - 2+000	384.848,86	56.051,34	328.797,52
2+000 - 3+000	266.715,24	57.957,15	208.758,09
3+000 - 4+000	20.651,03	480.117,74	(459.466,71)
4+000 - 5+000	336.334,78	45.166,48	291.168,30
5+000 - 5+560	328.350,15	-	328.350,15
Intercambiador Auquitas	285.241,99	1.441,83	283.800,16
Intercambiador km 1+453	75.111,58	43.094,99	32.016,59
Intercambiador Lumbisi	24.720,41	57.042,31	(32.321,90)
<b>TOTAL</b>	<b>2.133.813,93</b>	<b>747.430,84</b>	<b>1.386.383,09</b>

**Cuadro 9.2**  
**DISTRIBUCIÓN DE LA CURVA DE MASAS CON TRANSPORTE**

Abscisa	Volumen de Depósito m <sup>3</sup>	Sitio de Depósito	DMT km	Transporte m <sup>3</sup> -km
0+000 - 0+900	405.281,60	Qda. Auqui Huasi km 3+600	3.15	1.276.637,04
1+000 - 1+310	94.152,80	Qda. Auqui Huasi km 3+600	2.45	230.674,36
1+310 - 1+604	164.419,20	3+300 - 3+757	1.50	246.628,80
1+830 - 2+122	136.678,60	3+189 - 3+300	0.75	102.508,95
2+370 - 2+630	103.939,60	3+091 - 3+189	0.16	16.630,34
4+257 - 5+100	275.114,50	Qda. Auqui Huasi km 3+600	1.28	420.925,18
5+100 - 5+560	328.350,10	5+120 lado derecho	-	-
Intercambiador Auquitas	283.800,16	Qda. Km 1+453	0.77	218.526,12
Intercambiador km 1+453	32.016,59	Qda. Km 1+453	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>1.823.753,15</b>			<b>2.512.530,79</b>

**14. IMPACTOS AMBIENTALES**

Este estudio se envía como volumen anexo a este informe

**15. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

Los trabajos de construcción deberán realizarse de acuerdo a las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP – 001 – F – 2003, aplicables al rubro de trabajo considerado, las cuales están identificadas en cada una de la hojas de cálculo elaboradas para obtener el precio unitario respectivo, además, se han elaborado Especificaciones Especiales para aclarar el proceso de construcción, control de calidad y forma de pago para rubros, que se presentan como anexos a este informe para aquellos rubros que así lo han requerido y que están incorporados en los correspondientes numerales.

**16. CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN**

La curva de lluvias de varios años de la Estación del Aeropuerto de Quito indica que durante los meses de junio a septiembre las precipitaciones son mínimas y uniformes, considerándose como verano, mientras que en los meses de octubre a mayo las lluvias son copiosas.

En consecuencia, se estima que el periodo de construcción de esta etapa requerirá de 24 meses calendario, como se establece en el cronograma de ejecución de los principales rubros de trabajo, que forma parte del presente informe. (Ver Anexo).



**17. DOCUMENTOS PRECONTRACTUALES**

Los documentos precontractuales se presentan en volumen separado.

## **18. RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN**

### **18.1 OBJETO**

El propósito de esta parte del informe, es presentar un análisis y propuesta normativa de la forma en que debe efectuarse la programación de los trabajos necesarios para la construcción de la vía propuesta, con sujeción a los diseños elaborados para cada uno de los elementos que conforman la vía, a las especificaciones que han sido adoptadas con ese propósito, y dentro del plazo establecido para la terminación del proyecto con base al equipo y los rendimientos que se utilizaron para satisfacer los propósitos antes enunciados.

El programa de construcción constituye una guía que, elaborada por el consultor responsable de los estudios y diseño final de la vía propuesta, permite a los oferentes, con base en su propia experiencia y conocimiento de la zona en que se encuentra la vía, formular su oferta de construcción.

### **18.2 PROGRAMACION DE LAS OBRAS**

Para la programación de la ejecución de las obras consideradas para la construcción de la vía propuesta, se han agrupado en 10 rubros de construcción, que son los más representativos para este propósito:

- Operaciones previas
  - Instalación de campamento
  - Localización y equipamiento de procesadora de Áridos
  - Localización y equipamiento de Planta Asfáltica
  - Localización y equipamiento de Planta de Hormigones Especiales, de vigas prefabricadas y dovelas prefabricadas, de ser el caso.
  - Acceso a la traza
  - Retirada de las servidumbres y de los servicios existentes
  - Despeje y desbroce y relocalización del eje de la ruta
- Movimiento de tierras
  - Cortes
  - Excavaciones carga y transporte
  - Rellenos
  - Compactación de capa de mejoramiento de subrasante
- Estructura del pavimento
  - Sub base
  - Base asfáltica
  - Carpeta
- Obras de arte menor
  - Colectores
  - Cunetas laterales y sumidores
  - Alcantarillas de cruce de calzadas
  - Alcantarillas en zonas de relleno
  - Cunetas de coronación y de bermas en espaldones
- Obras de arte mayor
- Obras complementarias
- Señalización y barreras de seguridad vial
- Iluminación
- Control de Impactos Ambientales
- Recomendaciones para la construcción de la vía

### **18.3 OPERACIONES PREVIAS**

#### **18.3.1 Replanteo y acceso a la faja de derecho de vía**

Realizadas las expropiaciones, la primera tarea es efectuar el replanteo del proyecto localizando además las laterales de construcción, laterales que se ubicarán también para los sitios de transición en los cuales la rasante del proyecto pase de zona de corte a la de relleno.

Para iniciar las tareas consideradas propias de la construcción, se deben retirar toda obra instalada en servicio que estén localizadas en la faja del derecho de vía, ya que la destrucción o retiro de algo no planificado constituye riesgos para la obra y causan incomodidad a los usuarios que tengan derecho a estas instalaciones o servicios.

#### **18.3.2 Instalaciones de los contratistas**

El Contratista será responsable por la instalación de sus campamentos, bodegas, sitios de acopio y demás áreas necesarias para la construcción del proyecto, debiendo asumir el costo de ocupación de los terrenos, la construcción y operación de sus instalaciones, el desmantelamiento que se haga necesario y la remediación final de todas las áreas ocupadas. El contratista decidirá a su conveniencia la ubicación de las diferentes instalaciones, bien sean habilitadas para la construcción de todo el proyecto o para determinado frente de obra, debiendo gestionar los permisos de ocupación de los terrenos y realizar los trabajos necesarios para la habitabilidad y operación de los campamentos, oficinas, bodegas, talleres y similares.

El costo de estas actividades se considera incorporado a los diferentes ítems de la construcción y por lo mismo no serán ni medidos ni contabilizados para pago. El contratante no asume ninguna responsabilidad ni compromiso respecto a los campamentos, bodegas, sitios de acopio o instalaciones similares del contratista.

Luego de instalado el Contratista, ejecutará las vías de acceso a los sitios de las obras, empezará la construcción de los ramales que se necesiten de acuerdo a la programación propuesta para la ejecución de las obras, y luego de terminadas las labores de cada frente, procederá de manera inmediata a la remediación de todas las áreas intervenidas, conforme se señala en los documentos precontractuales elaborados para este proyecto.

#### **18.3.3 Despeje y desbroce**

El despeje es la eliminación física de todos los obstáculos que interfieren con la normal actividad del equipo utilizado en la construcción provocando reducción del rendimiento y disminución en el avance de la obra básica, lo que afecta consecuentemente a los rubros de trabajo que deben ejecutarse con posterioridad, a fin de mantener continuidad en el avance de la totalidad de la obra.

El desbroce no solo es el retiro de la cubierta vegetal que contiene vegetación básica o de arbustos, sino también, el retiro de todo el estrato de suelo vegetal hasta una profundidad un poco mayor a la que alcanzan las raíces de las plantas que crecen en la capa vegetal.

El equipo mecánico utilizado en este trabajo generalmente es parte del empleado en la construcción de la obra básica pero en menor número.

En ésta etapa es posible la aparición de zonas contaminadas o de suelo vegetal profundas que deban ser evaluadas para no incorporar en la curva de masas como material apto para utilizar en rellenos.

#### **18.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

La vía estudiada corresponde en su totalidad a una autovía y los trabajos de excavación deben realizarse con el talud de corte adoptado, la sección típica diseñada y tomando en cuenta la clasificación del suelo trabajado de conformidad con lo indicado en las especificaciones vigentes para este proyecto, es decir considerando el tipo de excavación que en de acuerdo con las especificaciones vigentes en el país corresponde a: suelo marginal o roca.

##### **Clasificación y definición del tipo de excavación de acuerdo con las características del material:**

- **Excavación en suelos:** es aquella operación de excavación y desalojo que se realiza en los sectores de cortes, cuyos suelos pueden ser removidos sin recurrir a desarraigadores, escarificadores o explosivos.
- **Excavación en marginal:** corresponde a materiales formados por rocas descompuestas, suelos muy compactados, y todos aquellos que para su excavación no sea necesario el uso de explosivos, pero si precisen la utilización de maquinaria (tractores) con una potencia superior a 320 HP al volante, que requieran como complemento el uso de escarificadores.
- **Excavación en roca:** corresponde a la remoción y desalojo de todo material rocoso de origen ígneo metamórfico o sedimentario, que aflore en forma maciza o estratificada, para cuya rotura y fragmentación sea necesario el uso de explosivos.

##### **18.4.1 Excavación**

En el diseño del movimiento de tierras se especifican los detalles de esta actividad, incluyendo el análisis de la curva de masas y las recomendaciones para la localización de las zonas seleccionadas para depósito de los excedentes de excavación.

##### **18.4.2 Relleno**

La materialización de la obra básica para los tramos en terraplén (relleno), está identificada en el diseño de la autovía propuesta y, deberá ser efectuada aplicando las disposiciones registradas en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes – MOP-001-F 2003, complementadas, de ser el caso, con la Especificación Especial que se ha redactado para aplicarla en rellenos con alturas superiores a 10 metros.

En uno y otro caso, hay obras comunes que deben ser ejecutadas tanto en el fondo de cauce, como en las paredes laterales para asegurar la estabilidad del relleno, también conservar la cota prevista en el proyecto.

Es importante que, en forma previa a la colocación de una capa o tongada de material de relleno, aislar a esta, del contacto directo con el fondo del cauce, mediante la colocación de un estrato de material de filtro, que evite que, por capilaridad, se incremente el porcentaje de contenido de humedad en la zona que constituye la base de relleno.

El relleno debe contemplar un sobre ancho de 2 a 3 m en cada costado de la vía, como parte de la protección de la cuneta y 2 terrazas de aproximadamente 1,20 m de alto como amortiguador para controlar accidentes en que el vehículo salga de la calzada.

Finalmente, por la importancia que tiene el mantenimiento de los rellenos para el adecuado funcionamiento de la vía, se debe considerar la posibilidad de obstrucción del colector construido en suelo firme a lo largo del borde de la quebrada, e instalar aliviaderos que permitan la



evacuación de aguas lluvias, así al fondo de la quebrada para dar

como, la necesi mantenimiento

### 18.4.3 Corte, carga y transporte

Una vez conocidas las características de las operaciones previas necesarias en secuencia de operaciones que deben ser realizadas

- Corte
- Carga y transporte
- Descarga

Para el buen desarrollo de los trabajos es fundamental emplear en cada etapa, considerando que existen operaciones, mientras que otras pueden realizar varias

### 18.5 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

El pavimento está constituido por la estructura local que recibe directamente las solicitudes de tráfico

Para mejorar la capacidad de soporte de la estructura se recomienda seguir las recomendaciones de los estudios de geología y geotecnia

- Capa de sub-base
- Capa de base
- Capa de base asfáltica
- Carpeta de hormigón asfáltico

La estructura descrita con los espesores que se especifican en el "Diseño de Pavimento", será suficiente para soportar los pesos de los vehículos durante los primeros años de vida útil de la vía.

Para todos los componentes de la estructura del pavimento en contacto con la sub-base, se debe considerar el finamiento adecuado en su borde, presionando con el dedo. En la formación de grietas longitudinales que es una característica de los pavimentos flexibles, tan comunes en nuestro medio.

Si por alguna razón la franja anterior pierde la verticalidad, se debe retirar la parte que corresponde al segmento que se está trabajando.

Cada capa que forma la estructura del pavimento, debe ser colocada de tal manera que se garantice la colocación de cada componente de construcción de acuerdo a las especificaciones de construcción de los materiales del proyecto y constan en las especificaciones para cumplir con las exigencias que se establecen en las especificaciones.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

planos de señalización elaborados con este propósito, cuya implantación será efectuada de acuerdo con las especificaciones que han sido adoptadas para este proyecto, las cuales se incluyen en el numeral 11 "Diseño de Señalización y barreras de seguridad vial".

La señalización vertical recomendada está compuesta por:

- Símbolos y leyendas que se quieren transmitir
- La superficie en la que están inscritos. Cuando la señal no es excesivamente grande, se utiliza una **placa** unitaria. En las señales de mayores dimensiones el elemento se lo designa como cartel.

En general, la forma de la placa de una señal indica el objetivo del mensaje transmitido de acuerdo con la siguiente convención:

- Las señales de advertencia de peligro tienen una forma triangular con el vértice hacia arriba y son de color blanco.
- Las señales de reglamentación tiene forma circular y son de color blanco, con el borde rojo se indica una prohibición y con el borde azul una obligación.
- Para las señales informativas se ha empleado unas placas o carteles rectangulares o cuadrados en los que se inscriben leyendas y pictogramas.

La señalización horizontal recomendada está compuesta por:

- Marcas viales pintadas sobre las calzadas
  - Para el presente proyecto estas marcas son de utilización permanente con propiedades de reflexión de luz que se consigue mediante la incorporación de unas microesferas de vidrio.
- Su relieve está constituido por unos resaltes diseñados específicamente para mantener sus propiedades retroreflectantes bajo la lluvia o la humedad.

Las marcas generalmente son de color blanco con propósito de resaltar suficientemente con el pavimento, que suele ser de un color gris oscuro.

De acuerdo con el Manual Interamericano de Dispositivos de Tránsito, el color amarillo se emplea en las marcas longitudinales de separación de sentido de circulación, así como, en las marcas que indican una prohibición de adelantamiento y en las marcas que establecen la prohibición de cruzar.

También se emplean otros colores para fines especiales, como el azul para zonas de estacionamiento.

Dado el carácter de estas señales su forma y presentación es muy variada y sus detalles están incluidos en la Normas y Especificaciones adoptadas para este proyecto, las cuales forman parte del numeral 11 "Señalización y Barreras de Seguridad Vial", y deben ser fabricadas en función de lo señalado en sus especificaciones.

### **18.9.1 Barreras de seguridad**

Se ha utilizado estos dispositivos, localizándolos en los espaldones o, en su caso, en las fajas divisorias de la carretera, con el propósito de evitar que los vehículos que se salgan de la plataforma, choquen contra los obstáculos situados fuera de ella, vuelquen o caigan por los desniveles existentes en los mencionados espaldones.

# ASOCIACIÓN

## ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

Su localización constan en los planos respectivos, sus características, materiales y Especificaciones que se describen en el numeral 11 correspondiente a "Señalización y Barreras de Seguridad Vial.

Para propósito de su implantación, se debe dar fiel cumplimiento a lo establecido en las especificaciones correspondientes, las cuales a más de orden obligatorio, permiten la correcta y segura implantación de las mismas.

### **18.10 ILUMINACIÓN**

El objeto de la iluminación de la vía propuestas, dada su función de autovía suburbana y además de una autovía de propósito múltiple, una de cuyas finalidades es de dar acceso al Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito (NAIQ), es iluminar la plataforma más que a los eventuales obstáculos, de manera que estos se destaquen por contraste (diferencia de luminancia).

Además para la comodidad de los conductores, la luminancia del pavimento debe presentar una cierta uniformidad como se detalla en las correspondientes especificaciones.

Los centros de transformación se conectarán a las redes de media tensión existentes, por medio de extensiones monofásicas aéreas, si el caso lo requiere.

Dentro de este proyecto, se ha considerado únicamente la reubicación de los segmentos de redes existentes que atraviesan la vía planificada y que se encuentran en su área de influencia inmediata.

Se han propuesto derivaciones subterráneas en los casos en los que las redes existentes cruzan la vía proyectada y que continúan para dar servicio a abonados ubicados en la margen opuesta.

Dentro del listado de materiales y del presupuesto, solamente se han incluido los materiales requeridos para satisfacer los mencionados cruces y las modificaciones vecinas a la vía.

Los cálculos lumínicos se han realizado con base a los datos técnicos de tráfico, de las características físicas de la vía proyectada y a las disposiciones dadas por la Empresa Eléctrica Quito, así como, las establecidas en la Normas Internacionales y Nacionales que han sido utilizadas para el diseño de este componente vial.

### **18.11 CONTROL DE IMPACTOS AMBIENTALES**

#### **Generalidades**

En el Plan de Manejo Ambiental elaborado para este proyecto, se detalla las tareas y acciones que, tanto con la comunidad localizada a lo largo de la faja y en las zonas de influencia directa e indirecta, deben ser observadas durante el proceso de construcción, así como también las acciones que se deben realizar durante la etapa de ejecución de los trabajos que demanden la implantación de la ruta propuesta para: evitar, mitigar o subsanar los impactos ambientales que serán producidos por efecto de las labores que se realicen durante este proceso.

Especial atención se debe dar a la prevención y al control de la erosión superficial de las explanaciones y de las fajas divisorias de las calzadas, pues pueden causar muchos problemas durante su construcción y su explotación.

Para estos fines, es casi imprescindible recurrir a la vegetación, pues la capa radicular reduce la velocidad del agua y facilita su absorción por las plantas. Las superficies herbáceas son la forma más común de revegetación de las márgenes de una carretera.

# ASOCIACIÓN

## ASTEAC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY CONSULTORES

---

Este proceso puede necesitar años si se deja enteramente a la naturaleza, pero como se establece en el Plan de Manejo Ambiental se puede acelerar con siembras y plantaciones adecuadas utilizando especies autóctonas mediante plantaciones "a tres bolillo" de: pencos, chilca, sigse o rastreras como la denominada mil flores, y de ser el caso, especies arbustivas como el molle, u otras como las recomendadas en el Plan de Manejo Ambiental antes mencionado.

### 18.12 RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN

La longitud total de 17,50 km, ha sido dividida en dos tramos para su construcción, con el propósito de ir incorporando la autovía en dos etapas para permitir el más temprano uso de esta importante e indispensable facilidad de acceso vial tanto para servicio de los valles de Cumbayá, Tumbaco y parroquias nororientales del DMQ, como para la operación del NAIQ.

La primera etapa es la comprendida entre las abscisa 0+000 (Intercambiador Auquitas) y la abscisa 5+500, ubicada en el borde izquierdo del río San Pedro.

La segunda etapa es la comprendida entre la abscisa 5+500 y el Intercambiador de Alpachaca(Tababela) con una longitud de 17+500 km

#### **Primera etapa de construcción de la Ruta Sur**

La EPMMOP respecto a la ejecución de esta etapa, inicialmente solicitó el que se la considera hasta el Intercambiador de Lumbisi, prolongado hasta la Urbanización Primavera, que corresponde a la abscisa 4+671. Sin embargo, creemos adecuado el que, para la optimización de diseño, y la construcción del movimiento de tierras, se considere la abscisa 5+500 como límite extremo de esta etapa.





**ANEXO 2.1**

**DATOS DE TRÁFICO**

**RESUMEN DE TRAMOS POR RECORRIDOS EL DIA MARTES 18/05/2010**

RUTA: 3 Redondel del Ciclista – Puente del Chiche – “Y” de Pifo	HORA INICIO	TIEMPO Min.	DISTANCIA RECORRIDA Km	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	8:01:09	4,57	4,64	60,96
Plaza Argentina - Hormigonera Quito	8:05:50	0,67	0,52	46,78
Hormigonera Quito - Intersección La Lira	8:06:35	4,63	4,14	53,61
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	8:11:18	1,08	0,53	29,55
Redondel USFQ - Redondel Lumbisí	8:12:28	2,60	1,48	34,20
Redondel Lumbisí - Complejo El Nacional	8:15:09	4,88	2,17	26,72
Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	8:20:07	2,52	1,60	38,06
Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	8:22:43	3,95	3,63	55,10
Arenal - Y de Puenbo	8:26:45	2,63	1,66	37,85
Y de Puenbo - Y de Pifo	8:29:28	2,92	3,35	68,94
<b>RUTA: 4. “Y” de Pifo – Av. De los Conquistadores – Parque de la Vicentina</b>				
Y de Pifo - Y de Puenbo	9:03:25	2,92	3,35	68,86
Y de Puenbo - Arenal	9:06:25	2,42	1,64	40,80
Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	9:08:55	3,72	3,60	58,16
Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	9:12:43	3,70	1,63	26,46
Complejo El Nacional - Redondel Lumbisí	9:16:30	3,53	2,08	35,33
Redondel Lumbisí - Intersección La Lira	9:20:07	3,58	1,85	31,02
Intersección La Lira - Parque La Vicentina	9:23:48	12,73	6,57	30,95
<b>RUTA: 5. Plaza Argentina – Universidad San Francisco</b>				
Plaza Argentina - Hormigonera Quito	9:43:06	5,58	3,28	35,27
Hormigonera Quito - Intersección La Lira	9:48:46	5,37	4,15	46,36
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	9:54:13	1,00	0,55	33,04
Redondel USFQ - USFQ	9:55:18	0,77	0,35	27,20
<b>RUTA: 6. Av. Simón Bolívar – Calle SanJuan - Universidad San Francisco</b>				
Simón Bolívar - San Juan de Cumbaya	10:04:35	4,10	2,25	32,91
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	10:08:46	0,85	0,55	38,62
Redondel USFQ - USFQ	10:09:42	0,83	0,43	30,80
<b>RUTA: 7. Parque de Tumbaco – Cervecería Nacional - Universidad San Francisco</b>				
Parque Tumbaco - Semáforo	10:23:00	7,45	1,83	14,73
Semáforo - Redondel USFQ	10:30:32	5,15	2,48	28,87
Redondel USFQ - USFQ	10:35:47	0,35	0,17	29,59
<b>RUTA: 8. Universidad San Francisco - Redondel del Ciclista</b>				
Redondel Lumbisí - Intersección La Lira	10:43:15	0,67	0,17	15,15
Intersección La Lira - Hormigonera Quito	10:44:00	5,02	3,88	46,44
Intercambiador Miravalle - Redondel del Ciclista	10:49:06	4,70	4,88	62,24
<b>RUTA: 9. Universidad San Francisco - Cervecería Nacional - Parque de Tumbaco</b>				
Redondel USFQ - USFQ	10:11:53	1,93	0,65	20,17
Redondel USFQ - Semáforo	10:14:04	4,10	1,97	28,82
Semáforo - Parque Tumbaco	10:18:15	3,60	1,80	29,97
<b>RUTA: 10. Universidad San Francisco - Calle SanJuan - Av. Simón Bolívar</b>				
USFQ - Redondel USFQ	9:57:54	0,67	0,26	23,05
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	9:58:39	0,77	0,53	41,42
San Juan de Cumbaya - Simón Bolívar	9:59:30	4,17	2,23	32,13



**RESUMEN DE TRAMOS POR RECORRIDOS EL DIA MARTES 18/05/2010**

RUTA: 1. El Arenal - Tunel Osvaldo Guayasamin – Plaza Argentina	HORA INICIO	TIEMPO Minutos	DISTANCIA RECORRIDA Km	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	7:22:53	4,03	3,16	47,03
Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	7:27:00	4,55	1,62	21,40
Complejo El Nacional - Redondel Lumbisí	7:31:38	5,80	2,19	22,68
Redondel Lumbisí - Intersección La Lira	7:37:31	3,10	1,80	34,88
Intersección La Lira - Hormigonera Quito	7:40:42	4,90	4,12	50,45
Hormigonera Quito - Plaza Argentina	7:45:41	6,07	3,41	33,68
<b>RUTA: 2 Redondel del Ciclista – El Arenal</b>				
Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	6:32:47	4,52	4,53	60,16
Plaza Argentina - Hormigonera Quito	6:37:28	0,50	0,36	43,56
Hormigonera Quito - Intersección La Lira	6:38:08	4,33	3,92	54,29
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	6:42:38	1,67	1,61	58,09
Redondel Lumbisí - Complejo El Nacional	6:44:28	2,83	2,09	44,35
Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	6:47:28	1,68	1,47	52,48
Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	6:49:19	5,02	3,46	41,33
<b>RUTA: 3 Redondel del Ciclista – Puente del Chiche – “Y” de Pifo</b>				
Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	8:01:09	4,57	4,64	60,96
Plaza Argentina - Hormigonera Quito	8:05:50	0,67	0,52	46,78
Hormigonera Quito - Intersección La Lira	8:06:35	4,63	4,14	53,61
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	8:11:18	1,08	0,53	29,55
Redondel USFQ - Redondel Lumbisí	8:12:28	2,60	1,48	34,20
Redondel Lumbisí - Complejo El Nacional	8:15:09	4,88	2,17	26,72
Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	8:20:07	2,52	1,60	38,06
Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	8:22:43	3,95	3,63	55,10
Arenal - Y de Pumbo	8:26:45	2,63	1,66	37,85
Y de Pumbo - Y de Pifo	8:29:28	2,92	3,35	68,94

Y de Pifo - Y de Pumbo	9:03:25	2,92	3,35	68,86
Y de Pumbo - Arenal	9:06:25	2,42	1,64	40,80
Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	9:08:55	3,72	3,60	58,16
Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	9:12:43	3,70	1,63	26,46
Complejo El Nacional - Redondel Lumbisí	9:16:30	3,53	2,08	35,33
Redondel Lumbisí - Intersección La Lira	9:20:07	3,58	1,85	31,02
Intersección La Lira - Parque La Vicentina	9:23:48	12,73	6,57	30,95
Plaza Argentina - Hormigonera Quito	9:43:06	5,58	3,28	35,27
Hormigonera Quito - Intersección La Lira	9:48:46	5,37	4,15	46,36
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	9:54:13	1,00	0,55	33,04
Redondel USFQ - USFQ	9:55:18	0,77	0,35	27,20
Simón Bolívar - San Juan de Cumbaya	10:04:35	4,10	2,25	32,91
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	10:08:46	0,85	0,55	38,62
Redondel USFQ - USFQ	10:09:42	0,83	0,43	30,80
Parque Tumbaco - Semáforo	10:23:00	7,45	1,83	14,73
Semáforo - Redondel USFQ	10:30:32	5,15	2,48	28,87
Redondel USFQ - USFQ	10:35:47	0,35	0,17	29,59
Redondel Lumbisí - Intersección La Lira	10:43:15	0,67	0,17	15,15
Intersección La Lira - Hormigonera Quito	10:44:00	5,02	3,88	46,44
Intercambiador Miravalle - Redondel del Ciclista	10:49:06	4,70	4,88	62,24
Redondel USFQ - USFQ	10:11:53	1,93	0,65	20,17
Redondel USFQ - Semáforo	10:14:04	4,10	1,97	28,82
Semáforo - Parque Tumbaco	10:18:15	3,60	1,80	29,97
USFQ - Redondel USFQ	9:57:54	0,67	0,26	23,05
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	9:58:39	0,77	0,53	41,42
San Juan de Cumbaya - Simón Bolívar	9:59:30	4,17	2,23	32,13

## RESUMEN DE VELOCIDADES EN DIFERENTES RECORRIDOS EL DIA MARTES 18/05/2010

DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Minutos	DISTANCIA RECORRIDA Km.	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/h
Redondel USFQ	Redondel Lumbisí	8:12:28	2,60	1,48	34,20
Intersección La Lira	Parque La Vicentina	9:23:48	12,73	6,57	30,95
Simón Bolívar	San Juan de Cumbaya	10:04:35	4,10	2,25	32,91
Parque Tumbaco	Semáforo	10:23:00	7,45	1,83	14,73
Semáforo	Redondel USFQ	10:30:32	5,15	2,48	28,87
Redondel USFQ	Semáforo	10:14:04	4,10	1,97	28,82
Semáforo	Parque Tumbaco	10:18:15	3,60	1,80	29,97
USFQ	Redondel USFQ	9:57:54	0,67	0,26	23,05
San Juan de Cumbaya	Simón Bolívar	9:59:30	4,17	2,23	32,13



RESUMEN DE VELOCIDADES EN LA AV. SIMÓN BOLÍVAR EL DIA MARTES 18/05/2010

DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Minutos	DISTANCIA RECORRIDA Km.	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/h
Redondel del Ciclista	Intercambiador a Miravalle	6:32:47	4,52	4,53	60,16
Redondel del Ciclista	Intercambiador a Miravalle	8:01:09	4,57	4,64	60,96
Intercambiador Miravalle	Redondel del Ciclista	10:49:06	4,70	4,88	62,24

RESUMEN DE VELOCIDADES EN LA AV. INTEROCEANICA DEL DIA MARTES 18/05/2010

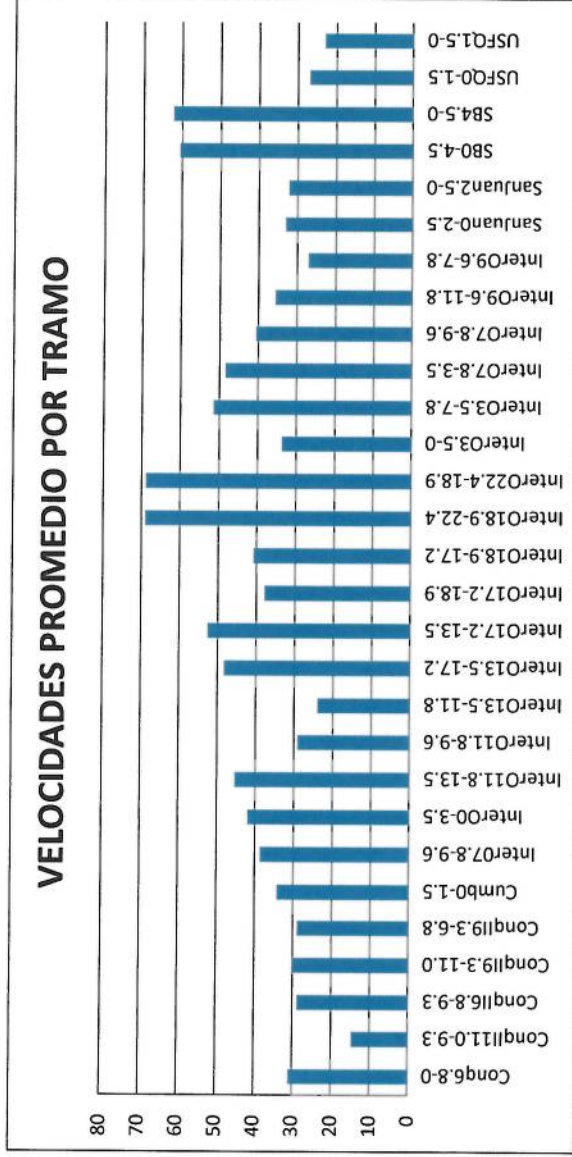
DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Minutos	DISTANCIA RECORRIDA Km.	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/h
Plaza Argentina	Hormigonera Quito	9:43:06	5,58	3,28	35,27
Hormigonera Quito	Intersección La Lira	8:06:35	4,63	4,14	53,61
		9:48:46	5,37	4,15	46,36
Intersección La Lira	Redondel Lumbisí	6:42:38	1,67	1,61	58,09
Redondel Lumbisí	Complejo El Nacional	6:44:28	2,83	2,09	44,35
		8:15:09	4,88	2,17	26,72
Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	6:47:28	1,68	1,47	52,48
		8:20:07	2,52	1,60	38,06
Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	6:49:19	5,02	3,46	41,33
		8:22:43	3,95	3,63	55,10
Arenal	Y de Puembo	8:26:45	2,63	1,66	37,85
Y de Puembo	Y de Pifo	8:29:28	2,92	3,35	68,94
Y de Pifo	Y de Puembo	9:03:25	2,92	3,35	68,86
Y de Puembo	Arenal	9:06:25	2,42	1,64	40,80
Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	7:22:53	4,03	3,16	47,03
		9:08:55	3,72	3,60	58,16
Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	7:27:00	4,55	1,62	21,40
		9:12:43	3,70	1,63	26,46
Complejo El Nacional	Redondel Lumbisí	7:31:38	5,80	2,19	22,68
		9:16:30	3,53	2,08	35,33
Redondel Lumbisí	Intersección La Lira	7:37:31	3,10	1,80	34,88
		9:20:07	3,58	1,85	31,02
Intersección La Lira	Hormigonera Quito	7:40:42	4,90	4,12	50,45
		10:44:00	5,02	3,88	46,44
Hormigonera Quito	Plaza Argentina	7:45:41	6,07	3,41	33,68

RESUMEN DE TRAMOS POR RECORRIDOS EL DIA MARTES 18/05/2010

RECORRIDO	TRAMOS	No. RUTA	RUTA	DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Min.	DISTANCIA RECORRIDA Km	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
ChicheTunPlazaKm	Inter017.2-13.5	1	Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	7:22:53	4.03	3.16	47.03
	Inter013.5-11.8	2	Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	7:27:00	4.55	1.62	21.40
	Inter011.8-9.6	3	Complejo El Nacional - Redondel Lumbisí	Complejo El Nacional	Redondel Lumbisí	7:31:38	5.80	2.19	22.68
	Inter09.6-7.8	4	Redondel Lumbisí - Intersección La Lira	Redondel Lumbisí	Intersección La Lira	7:37:31	3.10	1.80	34.88
	Inter07.8-3.5	5	Intersección La Lira - Hormigenera Quito	Intersección La Lira	Hormigenera Quito	7:40:42	4.90	4.12	50.45
	Inter03.5-0	6	Hormigenera Quito - Plaza Argentina	Hormigenera Quito	Plaza Argentina	7:45:41	6.07	3.41	33.68
Ciclista_Chiche0630Km	S80-4.5	7	Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	Redondel del Ciclista	Intercambiador a Miravalle	6:32:47	4.52	4.53	60.16
	Inter00-3.5	8	Plaza Argentina - Hormigenera Quito	Plaza Argentina	Hormigenera Quito	6:37:28	0.50	0.36	43.56
	Inter03.5-7.8	9	Hormigenera Quito - Intersección La Lira	Hormigenera Quito	Intersección La Lira	6:38:08	4.33	3.92	54.29
	Inter07.8-9.6	10	Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	Intersección La Lira	Redondel Lumbisí	6:42:38	1.67	1.61	58.09
	Inter09.6-11.8	11	Redondel Lumbisí - Complejo El Nacional	Redondel Lumbisí	Complejo El Nacional	6:44:28	2.83	2.09	44.35
	Inter011.8-13.5	12	Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	6:47:28	1.68	1.47	52.48
	Inter013.5-17.2	13	Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	6:49:19	5.02	3.46	41.33
	S80-4.5	14	Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	Redondel del Ciclista	Intercambiador a Miravalle	8:01:09	4.57	4.64	60.96
	Inter00-3.5	15	Plaza Argentina - Hormigenera Quito	Plaza Argentina	Hormigenera Quito	8:05:50	0.67	0.52	46.78
	Inter03.5-7.8	16	Hormigenera Quito - Intersección La Lira	Hormigenera Quito	Intersección La Lira	8:06:35	4.63	4.14	53.61
	Inter07.8-9.6	17	Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	Intersección La Lira	Redondel Lumbisí	8:11:18	1.08	0.53	29.55
	Cumb0-1.5	18	Redondel USFQ - Redondel Lumbisí	Redondel USFQ	Redondel Lumbisí	8:12:28	2.60	1.48	34.20
	Inter09.6-11.8	19	Redondel Lumbisí - Complejo El Nacional	Redondel Lumbisí	Complejo El Nacional	8:15:09	4.88	2.17	26.72
Inter011.8-13.5	20	Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	8:20:07	2.52	1.60	38.06	
Inter013.5-17.2	21	Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	8:22:43	3.95	3.63	55.10	
Inter017.2-18.9	22	Arenal - Y de Puenbo	Arenal	Y de Puenbo	8:26:45	2.63	1.66	37.85	
Inter018.9-22.4	23	Y de Puenbo - Y de Pifo	Y de Puenbo	Y de Pifo	8:29:28	2.92	3.35	68.94	
PifoConquistVicentaKm	Inter022.4-18.9	24	Y de Pifo - Y de Puenbo	Y de Pifo	Y de Puenbo	9:03:25	2.92	3.35	68.86
	Inter018.9-17.2	25	Y de Puenbo - Arenal	Y de Puenbo	Arenal	9:06:25	2.42	1.64	40.80
	Inter017.2-13.5	26	Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	9:08:55	3.72	3.60	58.16
	Inter013.5-11.8	27	Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	9:12:43	3.70	1.63	26.46
	Inter011.8-9.6	28	Complejo El Nacional - Redondel Lumbisí	Complejo El Nacional	Redondel Lumbisí	9:16:30	3.53	2.08	35.33
	Inter09.6-7.8	29	Redondel Lumbisí - Intersección La Lira	Redondel Lumbisí	Intersección La Lira	9:20:07	3.58	1.85	31.02
	Conq6.8-0	30	Intersección La Lira - Parque La Vicentina	Intersección La Lira	Parque La Vicentina	9:23:48	12.73	6.57	30.95
	Inter00-3.5	31	Plaza Argentina - Hormigenera Quito	Plaza Argentina	Hormigenera Quito	9:43:06	5.58	3.28	35.27
	Inter03.5-7.8	32	Hormigenera Quito - Intersección La Lira	Hormigenera Quito	Intersección La Lira	9:48:46	5.37	4.15	46.36
	Inter07.8-9.6	33	Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	Intersección La Lira	Redondel Lumbisí	9:54:13	1.00	0.55	33.04
	USFQ0-1.5	34	Redondel USFQ - USFQ	Redondel USFQ	USFQ	9:55:18	0.77	0.35	27.20
	SBolivarSanluanUSFQKm	Sanluan0-2.5	35	Simón Bolívar - San Juan de Cumbaya	Simón Bolívar	San Juan de Cumbaya	10:04:35	4.10	2.25
Inter07.8-9.6		36	Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	Intersección La Lira	Redondel Lumbisí	10:08:46	0.85	0.55	38.62
USFQ0-1.5		37	Redondel USFQ - USFQ	Redondel USFQ	USFQ	10:09:42	0.83	0.43	30.80
Conq111.0-9.3		38	Parque Tumbaco - Semáforo	Parque Tumbaco	Semáforo	10:23:00	7.45	1.83	14.73
Conq119.3-6.8		39	Semáforo - Redondel USFQ	Semáforo	Redondel USFQ	10:30:32	5.15	2.48	28.87
USFQ0-1.5		40	Redondel USFQ - USFQ	Redondel USFQ	USFQ	10:35:47	0.35	0.17	29.59
Inter09.6-7.8		41	Redondel Lumbisí - Intersección La Lira	Redondel Lumbisí	Intersección La Lira	10:43:15	0.67	0.17	15.15
Inter07.8-3.5		42	Intersección La Lira - Hormigenera Quito	Intersección La Lira	Hormigenera Quito	10:44:00	5.02	3.88	46.44
SB4.5-0		43	Intercambiador Miravalle - Redondel del Ciclista	Intercambiador Miravalle	Redondel del Ciclista	10:49:06	4.70	4.88	62.24
USFQ0-1.5		44	Redondel USFQ - USFQ	Redondel USFQ	USFQ	10:11:53	1.93	0.65	20.17
USFQPilenerTumbacoKm	Conq116.8-9.3	45	Redondel USFQ - Semáforo	Redondel USFQ	Semáforo	10:14:04	4.10	1.97	28.82
	Conq119.3-11.0	46	Semáforo - Parque Tumbaco	Semáforo	Parque Tumbaco	10:18:15	3.60	1.80	29.97
	USFQ1.5-0	47	USFQ - Redondel USFQ	USFQ	Redondel USFQ	9:57:54	0.67	0.26	23.05
	Inter07.8-9.6	48	Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	Intersección La Lira	Redondel Lumbisí	9:58:39	0.77	0.53	41.42
	Sanluan2.5-0	49	San Juan de Cumbaya - Simón Bolívar	San Juan de Cumbaya	Simón Bolívar	9:59:30	4.17	2.23	32.13



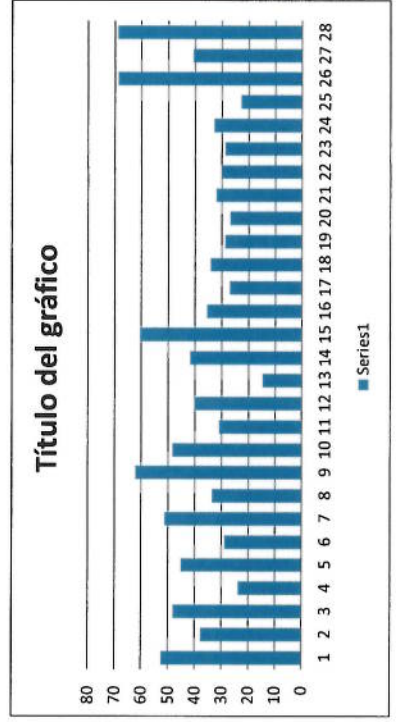
Rótulos de fila	Promedio de VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
Conq6.8-0	30,94849968
Conq11.0-9.3	14,72778342
Conq16.8-9.3	28,81802219
Conq19.3-11.0	29,96675771
Conq19.3-6.8	28,86739715
Cumb0-1.5	34,19882694
Inter07.8-9.6	38,61790601
Inter00-3.5	41,87042585
Inter011.8-13.5	45,27022043
Inter011.8-9.6	29,00781182
Inter013.5-11.8	23,9295567
Inter013.5-17.2	48,21788114
Inter017.2-13.5	52,59331547
Inter017.2-18.9	37,8450054
Inter018.9-17.2	40,79787634
Inter018.9-22.4	68,94336863
Inter022.4-18.9	68,85698975
Inter03.5-0	33,68172673
Inter03.5-7.8	51,42016293
Inter07.8-3.5	48,448166
Inter07.8-9.6	40,52614988
Inter09.6-11.8	35,53572105
Inter09.6-7.8	27,01703288
SanJuan0-2.5	32,90561246
SanJuan2.5-0	32,1324806
SB0-4.5	60,5597466
SB4.5-0	62,24208187
USFQ0-1.5	26,94181659
USFQ1.5-0	23,05485578
<b>Total general</b>	<b>39,27601551</b>





Rótulos de fila	Promedio de VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	52,59331547
Arenal - Y de Puenbo	37,8450054
Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	48,21788114
Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	23,9295567
Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	45,27022043
Complejo El Nacional - Redondel Lumbisí	29,00781182
Hormigenera Quito - Intersección La Lira	51,42016293
Hormigenera Quito - Plaza Argentina	33,68172673
Intercambiador Miravalle - Redondel del Ciclista	62,24208187
Intersección La Lira - Hormigenera Quito	48,448166
Intersección La Lira - Parque La Vicentina	30,94849968
Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	40,14450111
Parque Tumbaco - Semáforo	14,72778342
Plaza Argentina - Hormigenera Quito	41,87042585
Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	60,5597466
Redondel Lumbisí - Complejo El Nacional	35,53572105
Redondel Lumbisí - Intersección La Lira	27,01703288
Redondel USFQ - Redondel Lumbisí	34,19882694
Redondel USFQ - Semáforo	28,81802219
Redondel USFQ - USFQ	26,94181659
San Juan de Cumbaya - Simón Bolívar	32,1324806
Semáforo - Parque Tumbaco	29,96675771
Semáforo - Redondel USFQ	28,86739715
Simón Bolívar - San Juan de Cumbaya	32,90561246
USFQ - Redondel USFQ	23,05485578
Y de Pifo - Y de Puenbo	68,85698975
Y de Puenbo - Arenal	40,79787634
Y de Puenbo - Y de Pifo	68,94336863
<b>Total general</b>	<b>39,27601551</b>

No.	Rótulos de fila	Promedio de VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
1	Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	52,59331547
2	Arenal - Y de Puenbo	37,8450054
3	Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	48,21788114
4	Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	23,9295567
5	Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	45,27022043
6	Complejo El Nacional - Redondel Lumbisí	29,00781182
7	Hormigenera Quito - Intersección La Lira	51,42016293
8	Hormigenera Quito - Plaza Argentina	33,68172673
9	Intercambiador Miravalle - Redondel del Ciclista	62,24208187
10	Intersección La Lira - Hormigenera Quito	48,448166
11	Intersección La Lira - Parque La Vicentina	30,94849968
12	Intersección La Lira - Redondel Lumbisí	40,14450111
13	Parque Tumbaco - Semáforo	14,72778342
14	Plaza Argentina - Hormigenera Quito	41,87042585
15	Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	60,5597466
16	Redondel Lumbisí - Complejo El Nacional	35,53572105
17	Redondel Lumbisí - Intersección La Lira	27,01703288
18	Redondel Lumbisí - Redondel Lumbisí	34,19882694
19	Redondel USFQ - Semáforo	28,81802219
20	Redondel USFQ - USFQ	26,94181659
21	San Juan de Cumbaya - Simón Bolívar	32,1324806
22	Semáforo - Parque Tumbaco	29,96675771
23	Semáforo - Redondel USFQ	28,86739715
24	Simón Bolívar - San Juan de Cumbaya	32,90561246
25	USFQ - Redondel USFQ	23,05485578
26	Y de Pifo - Y de Puenbo	68,85698975
27	Y de Puenbo - Arenal	40,79787634
28	Y de Puenbo - Y de Pifo	68,94336863



## RESUMEN DE VELOCIDADES EN DIFERENTES RECORRIDOS EL DIA MARTES 18/05/2010

RUTA	DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Minutos	DISTANCIA RECORRIDA Km.	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/h
Redondel USFQ - Redondel Lumbisi	Redondel USFQ	Redondel Lumbisi	8:12:28	2,60	1,48	34,20
Intersección La Lira - Parque La Vicentina	Intersección La Lira	Parque La Vicentina	9:23:48	12,73	6,57	30,95
Simón Bolívar - San Juan de Cumbaya	Simón Bolívar	San Juan de Cumbaya	10:04:35	4,10	2,25	32,91
Parque Tumbaco - Semáforo	Parque Tumbaco	Semáforo	10:23:00	7,45	1,83	14,73
Semáforo - Redondel USFQ	Semáforo	Redondel USFQ	10:30:32	5,15	2,48	28,87
Redondel USFQ - Semáforo	Redondel USFQ	Semáforo	10:14:04	4,10	1,97	28,82
Semáforo - Parque Tumbaco	Semáforo	Parque Tumbaco	10:18:15	3,60	1,80	29,97
USFQ - Redondel USFQ	USFQ	Redondel USFQ	9:57:54	0,67	0,26	23,05
San Juan de Cumbaya - Simón Bolívar	San Juan de Cumbaya	Simón Bolívar	9:59:30	4,17	2,23	32,13

**RESUMEN DE VELOCIDADES EN LA AV. SIMÓN BOLÍVAR EL DÍA MARTES 18/05/2010**

RUTA	DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Minutos	DISTANCIA RECORRIDA Km.	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/h
Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	Redondel del Ciclista	Intercambiador a Miravalle	6:32:47	4,52	4,53	60,16
Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	Redondel del Ciclista	Intercambiador a Miravalle	8:01:09	4,57	4,64	60,96
Intercambiador Miravalle - Redondel del Ciclista	Intercambiador Miravalle	Redondel del Ciclista	10:49:06	4,70	4,88	62,24

RESUMEN DE VELOCIDADES EN LA AV. INTEROCEANICA DEL DIA MARTES 18/05/2010

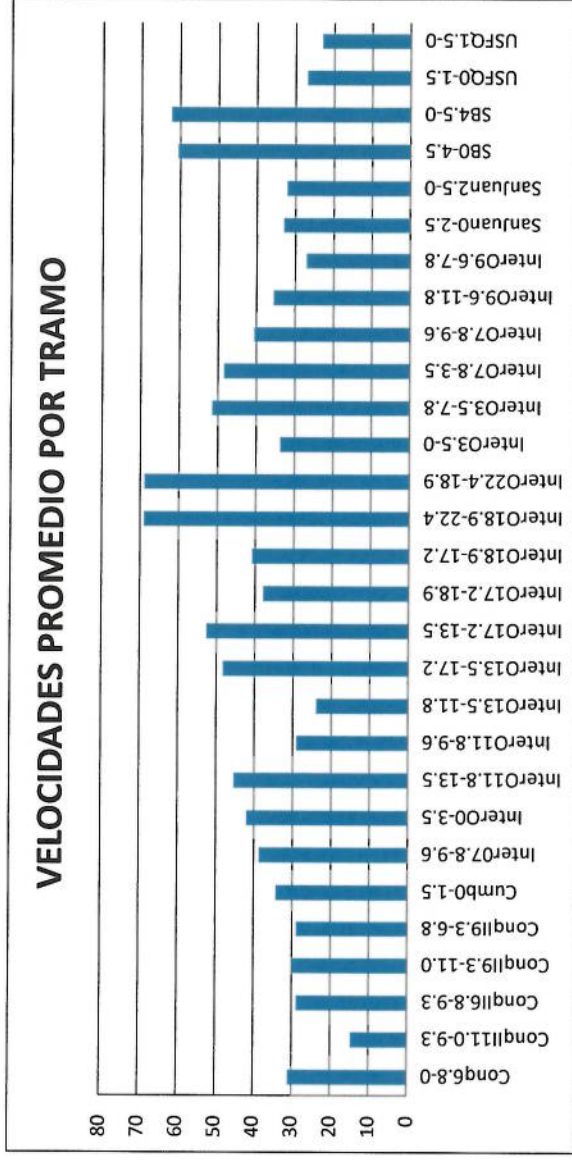
DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Minutos	DISTANCIA RECORRIDA Km.	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/h
Plaza Argentina	Hormigonera Quito	9:43:06	5,58	3,28	35,27
Hormigonera Quito	Intersección La Lira	8:06:35	4,63	4,14	53,61
		9:48:46	5,37	4,15	46,36
Intersección La Lira	Redondel Lumbisí	6:42:38	1,67	1,61	58,09
Redondel Lumbisí	Complejo El Nacional	6:44:28	2,83	2,09	44,35
		8:15:09	4,88	2,17	26,72
Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	6:47:28	1,68	1,47	52,48
		8:20:07	2,52	1,60	38,06
Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	6:49:19	5,02	3,46	41,33
		8:22:43	3,95	3,63	55,10
Arenal	Y de Puembo	8:26:45	2,63	1,66	37,85
Y de Puembo	Y de Pifo	8:29:28	2,92	3,35	68,94
Y de Pifo	Y de Puembo	9:03:25	2,92	3,35	68,86
Y de Puembo	Arenal	9:06:25	2,42	1,64	40,80
Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	7:22:53	4,03	3,16	47,03
		9:08:55	3,72	3,60	58,16
Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	7:27:00	4,55	1,62	21,40
		9:12:43	3,70	1,63	26,46
Complejo El Nacional	Redondel Lumbisí	7:31:38	5,80	2,19	22,68
		9:16:30	3,53	2,08	35,33
Redondel Lumbisí	Intersección La Lira	7:37:31	3,10	1,80	34,88
		9:20:07	3,58	1,85	31,02
Intersección La Lira	Hormigonera Quito	7:40:42	4,90	4,12	50,45
		10:44:00	5,02	3,88	46,44
Hormigonera Quito	Plaza Argentina	7:45:41	6,07	3,41	33,68



RESUMEN DE TRAMOS POR RECORRIDOS EL DIA MARTES 18/05/2010

RECORRIDO	TRAMOS	No. RUTA	RUTA	DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Min.	DISTANCIA RECORRIDA Km	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
Chiche TunPlazaKm	Inter017.2-13.5	1	Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	7:22:53	4,03	3,16	47,03
	Inter013.5-11.8	2	Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	7:27:00	4,55	1,62	21,40
	Inter011.8-9.6	3	Complejo El Nacional - Redondel Lumbisi	Complejo El Nacional	Redondel Lumbisi	7:31:38	5,80	2,19	22,68
	Inter09.6-7.8	4	Redondel Lumbisi - Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	7:37:31	3,10	1,80	34,88
	Inter07.8-3.5	5	Intersección La Lira - Hormigenera Quito	Intersección La Lira	Hormigenera Quito	7:40:42	4,90	4,12	50,45
	Inter03.5-0	6	Hormigenera Quito - Plaza Argentina	Hormigenera Quito	Plaza Argentina	7:45:41	6,07	3,41	35,68
	SBO-4.5	7	Redondel del Ciclista - intercambiador a Miravalle	Redondel del Ciclista	Intercambiador a Miravalle	6:32:47	4,52	60,16	
	Inter00-3.5	8	Plaza Argentina - Hormigenera Quito	Plaza Argentina	Hormigenera Quito	6:37:28	0,50	0,36	43,56
	Inter03.5-7.8	9	Hormigenera Quito - Intersección La Lira	Hormigenera Quito	Intersección La Lira	6:38:08	4,33	3,92	54,29
	Inter07.8-9.6	10	Intersección La Lira - Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	6:42:38	1,67	1,61	58,09
Inter09.6-11.8	11	Redondel Lumbisi - Complejo El Nacional	Redondel Lumbisi	Complejo El Nacional	6:44:28	2,83	2,09	44,35	
Inter011.8-13.5	12	Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	6:47:28	1,68	1,47	52,48	
Inter013.5-17.2	13	Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	6:49:19	5,02	3,46	41,33	
SBO-4.5	14	Redondel del Ciclista - intercambiador a Miravalle	Redondel del Ciclista	Intercambiador a Miravalle	8:01:09	4,57	4,64	60,96	
Inter00-3.5	15	Plaza Argentina - Hormigenera Quito	Plaza Argentina	Hormigenera Quito	8:05:50	0,67	0,52	46,78	
Inter03.5-7.8	16	Hormigenera Quito - Intersección La Lira	Hormigenera Quito	Intersección La Lira	8:06:35	4,63	4,14	53,61	
Inter07.8-9.6	17	Intersección La Lira - Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	8:11:18	1,08	0,53	29,55	
Cumbo-1.5	18	Redondel USFQ - Redondel Lumbisi	Redondel USFQ	Redondel Lumbisi	8:12:28	2,60	1,48	34,20	
Inter09.6-11.8	19	Redondel Lumbisi - Complejo El Nacional	Redondel Lumbisi	Complejo El Nacional	8:15:09	4,88	2,17	26,72	
Inter011.8-13.5	20	Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	8:20:07	2,52	1,60	38,06	
Inter013.5-17.2	21	Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	8:22:43	3,95	3,63	55,10	
Inter017.2-18.9	22	Arenal - Y de Puenbo	Arenal	Y de Puenbo	8:26:45	2,63	1,66	37,85	
Inter018.9-22.4	23	Y de Puenbo - Y de Pifo	Y de Puenbo	Y de Pifo	8:29:28	2,92	3,35	68,94	
Inter022.4-18.9	24	Y de Pifo - Y de Puenbo	Y de Pifo	Y de Puenbo	9:03:25	2,92	3,35	68,86	
Inter018.9-17.2	25	Y de Puenbo - Arenal	Y de Puenbo	Arenal	9:06:25	2,42	1,64	40,80	
Inter017.2-13.5	26	Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	9:08:55	3,72	3,60	58,16	
Inter013.5-11.8	27	Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	9:12:43	3,70	1,63	26,46	
Inter011.8-9.6	28	Complejo El Nacional - Redondel Lumbisi	Complejo El Nacional	Redondel Lumbisi	9:16:30	3,53	2,08	35,33	
Inter09.6-7.8	29	Redondel Lumbisi - Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	9:20:07	3,58	1,85	31,02	
Conq6.8-0	30	Intersección La Lira - Parque La Vicentina	Intersección La Lira	Parque La Vicentina	9:23:48	12,73	6,57	30,95	
Inter00-3.5	31	Plaza Argentina - Hormigenera Quito	Plaza Argentina	Hormigenera Quito	9:43:06	5,58	3,28	35,27	
Inter03.5-7.8	32	Hormigenera Quito - Intersección La Lira	Hormigenera Quito	Intersección La Lira	9:48:46	5,37	4,15	46,36	
Inter07.8-9.6	33	Intersección La Lira - Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	9:54:13	1,00	0,55	33,04	
USFQ0-1.5	34	Redondel USFQ - USFQ	Redondel USFQ	USFQ	9:55:18	0,77	0,35	27,20	
Sanluno-2.5	35	Simón Bolívar - San Juan de Cumbaya	Simón Bolívar	San Juan de Cumbaya	10:04:35	4,10	2,25	32,91	
Inter07.8-9.6	36	Intersección La Lira - Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	10:08:46	0,85	0,55	38,62	
USFQ0-1.5	37	Redondel USFQ - USFQ	Redondel USFQ	USFQ	10:09:42	0,83	0,43	30,80	
Conq11.0-9.3	38	Parque Tumbaco - Semáforo	Parque Tumbaco	Semáforo	10:23:00	7,45	1,83	14,73	
Conq19.3-6.8	39	Semáforo - Redondel USFQ	Semáforo	Redondel USFQ	10:30:32	5,15	2,48	28,87	
USFQ0-1.5	40	Redondel USFQ - USFQ	Redondel USFQ	USFQ	10:35:47	0,35	0,17	29,59	
Inter09.6-7.8	41	Redondel Lumbisi - Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	10:43:15	0,67	0,17	15,15	
Inter07.8-3.5	42	Intersección La Lira - Hormigenera Quito	Intersección La Lira	Hormigenera Quito	10:44:00	5,02	3,88	46,44	
SBA-5.0	43	Intercambiador Miravalle - Redondel del Ciclista	Intercambiador Miravalle	Redondel del Ciclista	10:49:06	4,70	4,88	62,24	
USFQ0-1.5	44	Redondel USFQ - USFQ	Redondel USFQ	USFQ	10:11:53	1,93	0,65	20,17	
Conq16.8-9.3	45	Redondel USFQ - Semáforo	Redondel USFQ	Semáforo	10:14:04	4,10	1,97	28,82	
Conq19.3-11.0	46	Semáforo - Parque Tumbaco	Semáforo	Parque Tumbaco	10:18:15	3,60	1,80	29,97	
USFQ1.5-0	47	USFQ - Redondel USFQ	USFQ	Redondel USFQ	9:57:54	0,67	0,26	23,05	
Inter07.8-9.6	48	Intersección La Lira - Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	9:58:39	0,77	0,53	41,42	
Sanluno2.5-0	49	San Juan de Cumbaya - Simón Bolívar	San Juan de Cumbaya	Simón Bolívar	9:59:30	4,17	2,23	32,13	

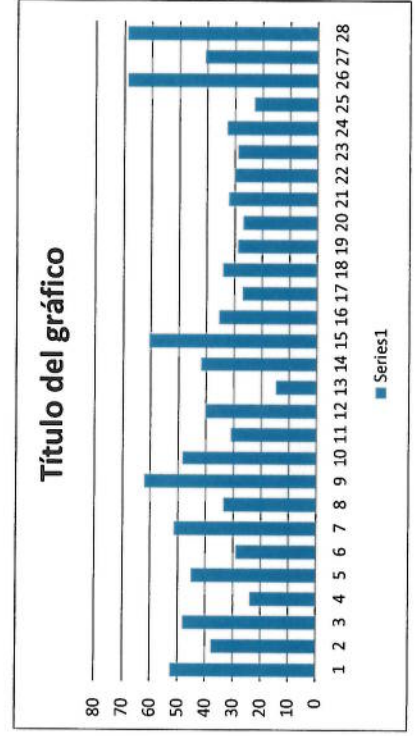
Rótulos de fila	Promedio de VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
Conq6.8-0	30,94849968
Conq11.0-9.3	14,72778342
Conq16.8-9.3	28,81802219
Conq19.3-11.0	29,96675771
Conq19.3-6.8	28,86739715
Cumbo-1.5	34,19882694
Inter07.8-9.6	38,61790601
Inter00-3.5	41,87042585
Inter011.8-13.5	45,27022043
Inter011.8-9.6	29,00781182
Inter013.5-11.8	23,9295567
Inter013.5-17.2	48,21788114
Inter017.2-13.5	52,59331547
Inter017.2-18.9	37,8450054
Inter018.9-17.2	40,79787634
Inter018.9-22.4	68,94336863
Inter022.4-18.9	68,85698975
Inter03.5-0	33,68172673
Inter03.5-7.8	51,42016293
Inter07.8-3.5	48,448166
Inter07.8-9.6	40,52614988
Inter09.6-11.8	35,53572105
Inter09.6-7.8	27,01703288
SanJuan0-2.5	32,90561246
SanJuan2.5-0	32,1324806
SB0-4.5	60,5597466
SB4.5-0	62,24208187
USFQ0-1.5	26,94181659
USFQ1.5-0	23,05485578
<b>Total general</b>	<b>39,27601551</b>





Rótulos de fila	Promedio de VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	52,59331547
Arenal - Y de Puenbo	37,8450054
Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	48,21788114
Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	23,9295567
Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	45,27022043
Complejo El Nacional - Redondel Lumbisi	29,00781182
Hormigenera Quito - Intersección La Lira	51,42016293
Hormigenera Quito - Plaza Argentina	33,68172673
Intercambiador Miravalle - Redondel del Ciclista	62,24208187
Intersección La Lira - Hormigenera Quito	48,448166
Intersección La Lira - Parque La Vicentina	30,94849968
Intersección La Lira - Redondel Lumbisi	40,14450111
Parque Tumbaco - Semáforo	14,72778342
Plaza Argentina - Hormigenera Quito	41,87042585
Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	60,5597466
Redondel Lumbisi - Complejo El Nacional	35,53572105
Redondel Lumbisi - Intersección La Lira	27,01703288
Redondel USFQ - Redondel Lumbisi	34,19882694
Redondel USFQ - Semáforo	28,81802219
Redondel USFQ - USFQ	26,94181659
San Juan de Cumbaya - Simón Bolívar	32,1324806
Semáforo - Parque Tumbaco	29,96675771
Semáforo - Redondel USFQ	28,86739715
Simón Bolívar - San Juan de Cumbaya	32,90561246
USFQ - Redondel USFQ	23,05485578
Y de Pifo - Y de Puenbo	68,85698975
Y de Puenbo - Arenal	40,79787634
Y de Puenbo - Y de Pifo	68,94336863
<b>Total general</b>	<b>39,27601551</b>

No.	Rótulos de fila	Promedio de VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
1	Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	52,59331547
2	Arenal - Y de Puenbo	37,8450054
3	Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	48,21788114
4	Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	23,9295567
5	Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	45,27022043
6	Complejo El Nacional - Redondel Lumbisi	29,00781182
7	Hormigenera Quito - Intersección La Lira	51,42016293
8	Hormigenera Quito - Plaza Argentina	33,68172673
9	Intercambiador Miravalle - Redondel del Ciclista	62,24208187
10	Intersección La Lira - Hormigenera Quito	48,448166
11	Intersección La Lira - Parque La Vicentina	30,94849968
12	Intersección La Lira - Redondel Lumbisi	40,14450111
13	Parque Tumbaco - Semáforo	14,72778342
14	Plaza Argentina - Hormigenera Quito	41,87042585
15	Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	60,5597466
16	Redondel Lumbisi - Complejo El Nacional	35,53572105
17	Redondel Lumbisi - Intersección La Lira	27,01703288
18	Redondel USFQ - Redondel Lumbisi	34,19882694
19	Redondel USFQ - Semáforo	28,81802219
20	Redondel USFQ - USFQ	26,94181659
21	San Juan de Cumbaya - Simón Bolívar	32,1324806
22	Semáforo - Parque Tumbaco	29,96675771
23	Semáforo - Redondel USFQ	28,86739715
24	Simón Bolívar - San Juan de Cumbaya	32,90561246
25	USFQ - Redondel USFQ	23,05485578
26	Y de Pifo - Y de Puenbo	68,85698975
27	Y de Puenbo - Arenal	40,79787634
28	Y de Puenbo - Y de Pifo	68,94336863



## RESUMEN DE VELOCIDADES EN DIFERENTES RECORRIDOS EL DIA MARTES 18/05/2010

RUTA	DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Minutos	DISTANCIA RECORRIDA Km.	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/h
Redondel USFQ - Redondel Lumbisi	Redondel USFQ	Redondel Lumbisi	8:12:28	2,60	1,48	34,20
Intersección La Lira - Parque La Vicentina	Intersección La Lira	Parque La Vicentina	9:23:48	12,73	6,57	30,95
Simón Bolívar - San Juan de Cumbaya	Simón Bolívar	San Juan de Cumbaya	10:04:35	4,10	2,25	32,91
Parque Tumbaco - Semáforo	Parque Tumbaco	Semáforo	10:23:00	7,45	1,83	14,73
Semáforo - Redondel USFQ	Semáforo	Redondel USFQ	10:30:32	5,15	2,48	28,87
Redondel USFQ - Semáforo	Redondel USFQ	Semáforo	10:14:04	4,10	1,97	28,82
Semáforo - Parque Tumbaco	Semáforo	Parque Tumbaco	10:18:15	3,60	1,80	29,97
USFQ - Redondel USFQ	USFQ	Redondel USFQ	9:57:54	0,67	0,26	23,05
San Juan de Cumbaya - Simón Bolívar	San Juan de Cumbaya	Simón Bolívar	9:59:30	4,17	2,23	32,13



RESUMEN DE VELOCIDADES EN LA AV. SIMÓN BOLÍVAR EL DÍA MARTES 18/05/2010

DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Minutos	DISTANCIA RECORRIDA Km.	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/h
Redondel del Ciclista	Intercambiador a Miravalle	6:32:47	4,52	4,53	60,16
Redondel del Ciclista	Intercambiador a Miravalle	8:01:09	4,57	4,64	60,96
Intercambiador Miravalle	Redondel del Ciclista	10:49:06	4,70	4,88	62,24

RESUMEN DE VELOCIDADES EN LA AV. INTEROCEANICA DEL DIA MARTES 18/05/2010

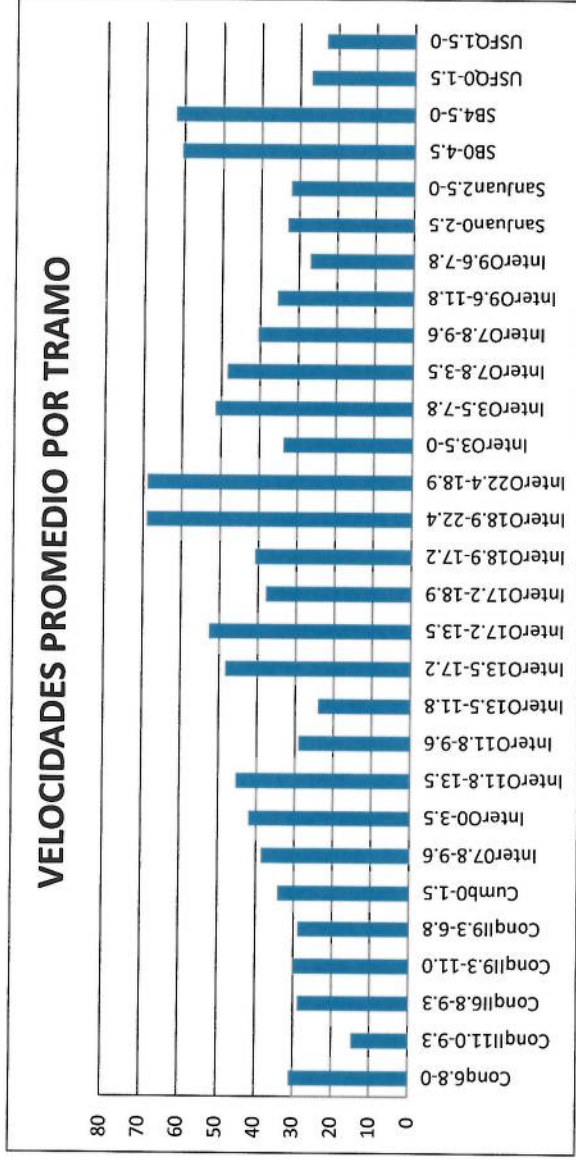
DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Minutos	DISTANCIA RECORRIDA Km.	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/h
Plaza Argentina	Hormigonera Quito	9:43:06	5,58	3,28	35,27
Hormigonera Quito	Intersección La Lira	8:06:35	4,63	4,14	53,61
		9:48:46	5,37	4,15	46,36
Intersección La Lira	Redondel Lumbisí	6:42:38	1,67	1,61	58,09
Redondel Lumbisí	Complejo El Nacional	6:44:28	2,83	2,09	44,35
		8:15:09	4,88	2,17	26,72
Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	6:47:28	1,68	1,47	52,48
		8:20:07	2,52	1,60	38,06
Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	6:49:19	5,02	3,46	41,33
		8:22:43	3,95	3,63	55,10
Arenal	Y de Puembo	8:26:45	2,63	1,66	37,85
Y de Puembo	Y de Pifo	8:29:28	2,92	3,35	68,94
Y de Pifo	Y de Puembo	9:03:25	2,92	3,35	68,86
Y de Puembo	Arenal	9:06:25	2,42	1,64	40,80
Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	7:22:53	4,03	3,16	47,03
		9:08:55	3,72	3,60	58,16
Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	7:27:00	4,55	1,62	21,40
		9:12:43	3,70	1,63	26,46
Complejo El Nacional	Redondel Lumbisí	7:31:38	5,80	2,19	22,68
		9:16:30	3,53	2,08	35,33
Redondel Lumbisí	Intersección La Lira	7:37:31	3,10	1,80	34,88
		9:20:07	3,58	1,85	31,02
Intersección La Lira	Hormigonera Quito	7:40:42	4,90	4,12	50,45
		10:44:00	5,02	3,88	46,44
Hormigonera Quito	Plaza Argentina	7:45:41	6,07	3,41	33,68

RESUMEN DE TRAMOS POR RECORRIDOS EL DIA MARTES 18/05/2010

RECORRIDO	TRAMOS	No. RUTA	RUTA	DESDE	HASTA	HORA INICIO	TIEMPO Min.	DISTANCIA RECORRIDA Km	VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
ChicheTunPlazaKm	InterO17.2-13.5	1	Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	7:22:53	4,03	3,16	47,03
	InterO13.5-11.8	2	Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	7:27:00	4,55	1,62	21,40
	InterO11.8-9.6	3	Complejo El Nacional - Redondel Lumbisi	Complejo El Nacional	Redondel Lumbisi	7:31:38	5,80	2,19	22,68
	InterO9.6-7.8	4	Redondel Lumbisi - Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	7:37:31	3,10	1,80	34,88
	InterO7.8-3.5	5	Intersección La Lira - Hormigenera Quito	Intersección La Lira	Hormigenera Quito	7:40:42	4,90	4,12	50,45
	InterO3.5-0	6	Hormigenera Quito - Plaza Argentina	Hormigenera Quito	Plaza Argentina	7:45:41	6,07	3,41	33,68
	S80-4.5	7	Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	Redondel del Ciclista	Intercambiador a Miravalle	6:32:47	4,52	4,53	60,16
Ciclista_Chiche0630Km	InterO0-3.5	8	Plaza Argentina - Hormigenera Quito	Plaza Argentina	Hormigenera Quito	6:37:28	0,50	0,36	43,56
	InterO3.5-7.8	9	Hormigenera Quito - Intersección La Lira	Hormigenera Quito	Intersección La Lira	6:38:08	4,33	3,92	54,29
	InterO7.8-9.6	10	Intersección La Lira - Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	6:42:38	1,67	1,61	58,09
	InterO9.6-11.8	11	Redondel Lumbisi - Complejo El Nacional	Redondel Lumbisi	Complejo El Nacional	6:44:28	2,83	2,09	44,35
	InterO11.8-13.5	12	Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	6:47:28	1,68	1,47	52,48
	InterO13.5-17.2	13	Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	6:49:19	5,02	3,46	41,33
	S80-4.5	14	Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	Redondel del Ciclista	Intercambiador a Miravalle	8:01:09	4,57	4,64	60,96
	InterO0-3.5	15	Plaza Argentina - Hormigenera Quito	Plaza Argentina	Hormigenera Quito	8:05:50	0,67	0,52	46,78
	InterO3.5-7.8	16	Hormigenera Quito - Intersección La Lira	Hormigenera Quito	Intersección La Lira	8:06:35	4,63	4,14	53,61
	InterO7.8-9.6	17	Intersección La Lira - Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	8:11:18	1,08	0,53	29,55
	Cumb0-1.5	18	Redondel USFQ - Redondel Lumbisi	Redondel USFQ	Redondel Lumbisi	8:12:28	2,60	1,48	34,20
	InterO9.6-11.8	19	Redondel Lumbisi - Complejo El Nacional	Redondel Lumbisi	Complejo El Nacional	8:15:09	4,88	2,17	26,72
	InterO11.8-13.5	20	Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	8:20:07	2,52	1,60	38,06
InterO13.5-17.2	21	Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	8:22:43	3,95	3,63	55,10	
InterO17.2-18.9	22	Arenal - Y de Puenbo	Arenal	Y de Puenbo	8:26:45	2,63	1,66	37,85	
InterO18.9-22.4	23	Y de Puenbo - Y de Pifo	Y de Puenbo	Y de Pifo	8:29:28	2,92	3,35	68,94	
PifoConquistVicentinaKm	InterO22.4-18.9	24	Y de Pifo - Y de Puenbo	Y de Pifo	Y de Puenbo	9:03:25	2,92	3,35	68,86
	InterO18.9-17.2	25	Y de Puenbo - Arenal	Y de Puenbo	Arenal	9:06:25	2,42	1,64	40,80
	InterO17.2-13.5	26	Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	Arenal	Comercial Santa María (Tumbaco)	9:08:55	3,72	3,60	58,16
	InterO13.5-11.8	27	Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	Comercial Santa María (Tumbaco)	Complejo El Nacional	9:12:43	3,70	1,63	26,46
	InterO11.8-9.6	28	Complejo El Nacional - Redondel Lumbisi	Complejo El Nacional	Redondel Lumbisi	9:16:30	3,53	2,08	35,33
	InterO9.6-7.8	29	Redondel Lumbisi - Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	9:20:07	3,58	1,85	31,02
	Conq6.8-0	30	Intersección La Lira - Parque La Vicentina	Intersección La Lira	Parque La Vicentina	9:23:48	12,73	6,57	30,95
	InterO0-3.5	31	Plaza Argentina - Hormigenera Quito	Plaza Argentina	Hormigenera Quito	9:43:06	5,58	3,28	35,27
	InterO3.5-7.8	32	Hormigenera Quito - Intersección La Lira	Hormigenera Quito	Intersección La Lira	9:48:46	5,37	4,15	46,36
	InterO7.8-9.6	33	Intersección La Lira - Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	9:54:13	1,00	0,55	33,04
SBolivarSanJuanUSFQKm	USFQ0-1.5	34	Redondel USFQ - USFQ	Redondel USFQ	USFQ	9:55:18	0,77	0,35	27,20
	SanJuan0-2.5	35	Simón Bolívar - San Juan de Cumbaya	Simón Bolívar	San Juan de Cumbaya	10:04:35	4,10	2,25	32,91
	InterO7.8-9.6	36	Intersección La Lira - Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	10:08:46	0,85	0,55	38,62
	USFQ0-1.5	37	Redondel USFQ - USFQ	Redondel USFQ	USFQ	10:09:42	0,83	0,43	30,80
	Conq11.0-9.3	38	Parque Tumbaco - Semáforo	Parque Tumbaco	Semáforo	10:23:00	7,45	1,83	14,73
	Conq19.3-6.8	39	Semáforo - Redondel USFQ	Semáforo	Redondel USFQ	10:30:32	5,15	2,48	28,87
	USFQ0-1.5	40	Redondel USFQ - USFQ	Redondel USFQ	USFQ	10:35:47	0,35	0,17	29,59
	InterO9.6-7.8	41	Redondel Lumbisi - Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	10:43:15	0,67	0,17	15,15
	InterO7.8-3.5	42	Intersección La Lira - Hormigenera Quito	Intersección La Lira	Hormigenera Quito	10:44:00	5,02	3,88	46,44
	S84.5-0	43	Intercambiador Miravalle - Redondel del Ciclista	Intercambiador Miravalle	Redondel del Ciclista	10:49:06	4,70	4,88	62,24
USFQPilsenerTumbacoKm	USFQ0-1.5	44	Redondel USFQ - USFQ	Redondel USFQ	USFQ	10:11:53	1,93	0,65	20,17
	Conq16.8-9.3	45	Redondel USFQ - Semáforo	Redondel USFQ	Semáforo	10:14:04	4,10	1,97	28,82
	Conq19.3-11.0	46	Semáforo - Parque Tumbaco	Semáforo	Parque Tumbaco	10:18:15	3,60	1,80	29,97
	USFQ1.5-0	47	USFQ - Redondel USFQ	USFQ	Redondel USFQ	9:57:54	0,67	0,26	23,05
	InterO7.8-9.6	48	Intersección La Lira - Redondel Lumbisi	Intersección La Lira	Redondel Lumbisi	9:58:39	0,77	0,53	41,42
	SanJuan2.5-0	49	San Juan de Cumbaya - Simón Bolívar	San Juan de Cumbaya	Simón Bolívar	9:59:30	4,17	2,23	32,13

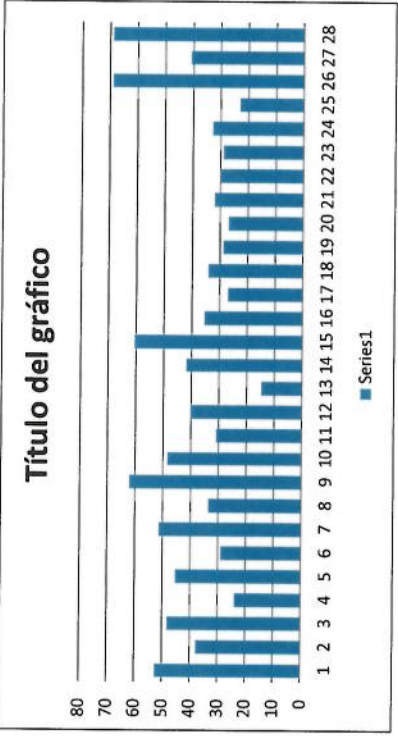


Rótulos de fila	Promedio de VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
Conq6.8-0	30,94849968
Conq11.0-9.3	14,72778342
Conq16.8-9.3	28,81802219
Conq19.3-11.0	29,96675771
Conq19.3-6.8	28,86739715
Cumb0-1.5	34,19882694
Inter07.8-9.6	38,61790601
Inter00-3.5	41,87042585
Inter011.8-13.5	45,27022043
Inter011.8-9.6	29,00781182
Inter013.5-11.8	23,92955567
Inter013.5-17.2	48,21788114
Inter017.2-13.5	52,59331547
Inter017.2-18.9	37,84500054
Inter018.9-17.2	40,79787634
Inter018.9-22.4	68,94336863
Inter022.4-18.9	68,85698975
Inter03.5-0	33,68172673
Inter03.5-7.8	51,42016293
Inter07.8-3.5	48,448166
Inter07.8-9.6	40,52614988
Inter09.6-11.8	35,53572105
Inter09.6-7.8	27,01703288
SanJuan0-2.5	32,90561246
SanJuan2.5-0	32,1324806
SB0-4.5	60,5597466
SB4.5-0	62,24208187
USFQ0-1.5	26,94181659
USFQ1.5-0	23,05485578
<b>Total general</b>	<b>39,27601551</b>





Rótulos de fila	Promedio de VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	52,59331547
Arenal - Y de Puenbo	37,8450054
Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	48,21788114
Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El Nacional	23,9295567
Complejo El Nacional - Comercial Santa María (Tumbaco)	45,27022043
Complejo El Nacional - Redondel Lumbisi	29,00781182
Hormigenera Quito - Intersección La Lira	51,42016293
Hormigenera Quito - Plaza Argentina	33,68172673
Intercambiador Miravalle - Redondel del Ciclista	62,24208187
Intersección La Lira - Hormigenera Quito	48,448166
Intersección La Lira - Parque La Vicentina	30,94849968
Intersección La Lira - Redondel Lumbisi	40,14450111
Parque Tumbaco - Semáforo	14,72778342
Plaza Argentina - Hormigenera Quito	41,87042585
Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miravalle	60,5597466
Redondel Lumbisi - Complejo El Nacional	35,53572105
Redondel Lumbisi - Intersección La Lira	27,01703288
Redondel USFQ - Redondel Lumbisi	34,19882694
Redondel USFQ - Semáforo	28,81802219
Redondel USFQ - USFQ	26,94181659
San Juan de Cumbaya - Simón Bolívar	32,1324806
Semáforo - Parque Tumbaco	29,96675771
Semáforo - Redondel USFQ	28,86739715
Simón Bolívar - San Juan de Cumbaya	32,90561246
USFQ - Redondel USFQ	23,05485578
Y de Pifo - Y de Puenbo	68,85698975
Y de Puenbo - Arenal	40,79787634
Y de Puenbo - Y de Pifo	68,94336863
<b>Total general</b>	<b>39,27601551</b>



No.	Rótulos de fila	Promedio de VELOCIDAD DE RECORRIDO Km/H
1	Arenal - Comercial Santa María (Tumbaco)	52,59331547
2	Arenal - Y de Puenbo	37,8450054
3	Comercial Santa María (Tumbaco) - Arenal	48,21788114
4	Comercial Santa María (Tumbaco) - Complejo El	23,9295567
5	Complejo El Nacional - Comercial Santa María (T	45,27022043
6	Complejo El Nacional - Redondel Lumbisi	29,00781182
7	Hormigenera Quito - Intersección La Lira	51,42016293
8	Hormigenera Quito - Plaza Argentina	33,68172673
9	Intercambiador Miravalle - Redondel del Ciclista	62,24208187
10	Intersección La Lira - Hormigenera Quito	48,448166
11	Intersección La Lira - Parque La Vicentina	30,94849968
12	Intersección La Lira - Redondel Lumbisi	40,14450111
13	Parque Tumbaco - Semáforo	14,72778342
14	Plaza Argentina - Hormigenera Quito	41,87042585
15	Redondel del Ciclista - Intercambiador a Miraval	60,5597466
16	Redondel Lumbisi - Complejo El Nacional	35,53572105
17	Redondel Lumbisi - Intersección La Lira	27,01703288
18	Redondel USFQ - Redondel Lumbisi	34,19882694
19	Redondel USFQ - Semáforo	28,81802219
20	Redondel USFQ - USFQ	26,94181659
21	San Juan de Cumbaya - Simón Bolívar	32,1324806
22	Semáforo - Parque Tumbaco	29,96675771
23	Semáforo - Redondel USFQ	28,86739715
24	Simón Bolívar - San Juan de Cumbaya	32,90561246
25	USFQ - Redondel USFQ	23,05485578
26	Y de Pifo - Y de Puenbo	68,85698975
27	Y de Puenbo - Arenal	40,79787634
28	Y de Puenbo - Y de Pifo	68,94336863

**ANEXO 4.1**

**DISEÑO DE PAVIMENTO**

**PROYECTO: ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO - RUTA SUR**

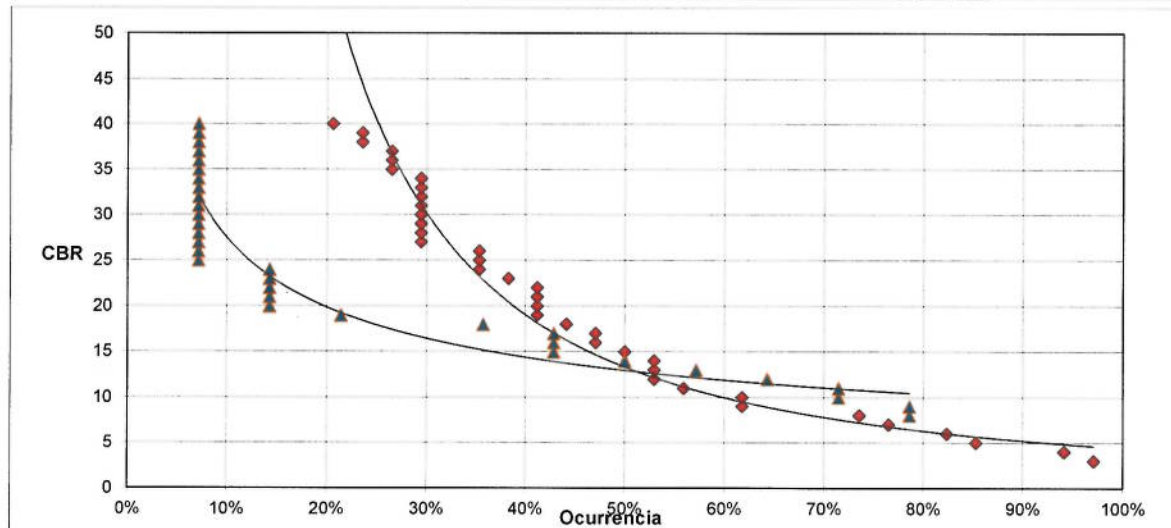
**TRAMO: TODO EL PROYECTO**

**PARÁMETROS RESISTENTES DE LA SUBRASANTE**

VALORES ORDENADOS POR ABCISA

POZO	CBR 95%	CBR 90%	DPC
0+000	23,5	10,0	9,0
0+560	41,0	20,0	8,0
0+940	14,7	13,0	14,0
1+240	66,1	20,0	18,0
1+740	10,0	5,2	8,0
2+380	56,2	26,6	
2+980	37,3	22,5	17,0
3+500	22,2	27,7	8,0
3+920	5,4	1,5	
4+000	4,9	1,9	18,0
4+110	8,7	4,8	
4+400	7,3	4,1	
4+900	10,0	5,8	
5+500			
5+910	4,8	0,5	
6+730	8,3	7,5	13,0
6+745	39,0	4,0	
7+180	3,2	0,5	7,0
7+540	17,2	5,6	7,0
7+800	68,9	34,8	
8+800	26,9	18,0	
9+024	34,5	18,0	
9+500	42,7	36,6	
9+930	2,0	0,5	12,0
10+500	48,5	18,2	
11+035	8,2	6,2	50,0
11+500	11,6	4,6	
11+880			
12+450	15,1	9,7	
13+000	6,5	4,4	19,0
13+500	4,5	2,8	24,0
14+000	6,4	3,0	7,0
14+257	40,0	28,0	11,0
14+790	26,0	8,0	
15+600			
15+900			
16+500	18,0	10,5	
16+669	8,6	3,5	

CBR	CURVA FRECUENCIA CBR 90%			CURVA DE FRECUENCIA DPC		
	PUNTOS	ACUMUL.	%	PUNTOS	ACUMUL.	%
1,0						
2,0						
3,0	1	1	97,1%			
4,0	1	2	94,1%			
5,0	3	5	85,3%			
6,0	1	6	82,4%			
7,0	2	8	76,5%			
8,0	1	9	73,5%	3	3	78,6%
9,0	4	13	61,8%	0	3	78,6%
10,0	0	13	61,8%	1	4	71,4%
11,0	2	15	55,9%	0	4	71,4%
12,0	1	16	52,9%	1	5	64,3%
13,0	0	16	52,9%	1	6	57,1%
14,0	0	16	52,9%	1	7	50,0%
15,0	1	17	50,0%	1	8	42,9%
16,0	1	18	47,1%	0	8	42,9%
17,0	0	18	47,1%	0	8	42,9%
18,0	1	19	44,1%	1	9	35,7%
19,0	1	20	41,2%	2	11	21,4%
20,0	0	20	41,2%	1	12	14,3%
21,0	0	20	41,2%	0	12	14,3%
22,0	0	20	41,2%	0	12	14,3%
23,0	1	21	38,2%	0	12	14,3%
24,0	1	22	35,3%	0	12	14,3%
25,0	0	22	35,3%	1	13	7,1%
26,0	0	22	35,3%	0	13	7,1%
27,0	2	24	29,4%	0	13	7,1%
28,0	0	24	29,4%	0	13	7,1%
29,0	0	24	29,4%	0	13	7,1%
30,0	0	24	29,4%	0	13	7,1%
31,0	0	24	29,4%	0	13	7,1%
32,0	0	24	29,4%	0	13	7,1%
33,0	0	24	29,4%	0	13	7,1%
34,0	0	24	29,4%	0	13	7,1%
35,0	1	25	26,5%	0	13	7,1%
36,0	0	25	26,5%	0	13	7,1%
37,0	0	25	26,5%	0	13	7,1%
38,0	1	26	23,5%	0	13	7,1%
39,0	0	26	23,5%	0	13	7,1%
40,0	1	27	20,6%	0	13	7,1%
41,0	7	34		1	14	
MR CÁLCULO		9500,0	PSI		5000,0	PSI





**PROYECTO: ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO - RUTA SUR**  
**TRAMO: TODO EL PROYECTO**  
**ESTIMACION DEL MODULO RESILIENTE**

PAVIMENTO FLEXIBLE

ECUACION MR = 1900 CBR <sup>0.7</sup>

MES	PRECIP. MEDIA EN %	VALOR CBR	MODULO ESTIMADO	DETERIORO RELATIVO
ENE	9,27%	10,0	9.523	0,0694
FEB	9,62%	10,0	9.523	0,0694
MAR	12,93%	7,0	7.419	0,1238
ABR	14,69%	5,5	6.266	0,1832
MAY	11,39%	7,0	7.419	0,1238
JUN	4,38%	25,0	18.085	0,0157
JUL	2,12%	30,0	20.547	0,0117
AGO	2,67%	30,0	20.547	0,0117
SEP	6,51%	25,0	18.085	0,0157
OCT	9,01%	10,0	9.523	0,0694
NOV	9,07%	10,0	9.523	0,0694
DIC	8,35%	10,0	9.523	0,0694
SUMAS	100,00%			0,8322
DETERIORO MEDIO				0,0694
MODULO EFECTIVO			psi	9.524

ASUMIDO PARA CALCULO	psi	9.520
----------------------	-----	-------

CBR MEDIO	10,0
-----------	------

PRECIPITACIÓN LLUVIOSA (mm)

MES	ESTACION METEOROLOGICA	
	Izobamba	Uyumbicho
ENE	127,0	125,7
FEB	146,1	116,2
MAR	171,1	181,3
ABR	203,0	197,5
MAY	157,4	153,2
JUN	59,4	60,0
JUL	30,2	27,7
AGO	41,0	31,7
SEP	92,6	84,8
OCT	139,2	106,4
NOV	134,3	113,0
DIC	125,8	101,8
SUMAS	1427,1	1299,3



**PROYECTO: DISEÑO DEFINITIVO ACCESO AEROPUERTO - RUTA SUR  
VÍA PRINCIPAL**

**DISEÑO DE PAVIMENTO - AASHTO GUIDE**

PAVIMENTO FLEXIBLE DETALLE:	TRAMO 1 Y 2: AUQUITAS - INTERVALLES		TRAMO 3: INTERVALLES - TUMBACO 1		TRAMO 4: TUMBACO 1 - TUMBACO 2	
	10 AÑOS	17 AÑOS	8 AÑOS	15 AÑOS	8 AÑOS	15 AÑOS
CARGA DE TRAFICO W18	10.581.903	20.271.025	8.717.298	17.966.186	6.355.538	12.918.910
CREDIBILIDAD	90%	95%	90%	95%	90%	95%
DESV. ESTANDAR So	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
INDICE DE SERVICIO						
INICIAL Po	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
FINAL Pt	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
MOD. RESCILIENTE MR psi	9.250	9.250	9.250	9.250	9.250	9.250
<b>CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL</b>						
NE CALCULADO NE	4,71	5,40	4,58	5,30	4,36	5,06
LOG W18	7,0246	7,3069	6,9404	7,2545	6,8032	7,1112
ZR	-1,2449	-1,5042	-1,2449	-1,5042	-1,2449	-1,5042
So ZR	-0,6100	-0,7371	-0,6100	-0,7371	-0,6100	-0,7371
DELTA PSI (dPSI)	1,7000	1,7000	1,7000	1,7000	1,7000	1,7000
LOG (dPSI/2.7)	-0,2009	-0,2009	-0,2009	-0,2009	-0,2009	-0,2009
2.32 LOG MR	9,2014	9,2014	9,2014	9,2014	9,2014	9,2014
LOG W18 CALCULADO	7,0241	7,3142	6,9419	7,2556	6,7999	7,1125
LOG W18 calc - LOG W18 req.	0,0005	0,0073	0,0015	0,0012	0,0033	0,0013

TRAMO 1 Y 2: AUQUITAS - INTERVALLES						
ALTERNATIVA:	CAPA DE BASE ASFÁLTICA				VIDA ÚTIL	
DETALLE DE ESPESORES	Espesor	ai	mi	ai mi	10 AÑOS	17 AÑOS
Mejoramiento CBR = 20	0,00	0,0359	0,80	0,0287	0,00	
Subbase CBR = 40	25,00	0,0442	1,00	0,0442	1,10	
Base asf. Marshall = 1800 lb	15,00	0,1588	1,00	0,1588	2,38	
Carpeta Marshall = 2200 lb	7,50	0,1794	1,00	0,1794	1,35	
Sobrecarpeta para 20 años	3,75	0,1794	1,00	0,1794		0,67
Espesor total cm	51,25	NE req.	4,71	5,40	4,83	5,50

TRAMO 3: INTERVALLES - TUMBACO 1						
ALTERNATIVA:	CAPA DE BASE ASFÁLTICA				VIDA ÚTIL	
DETALLE DE ESPESORES	Espesor	ai	mi	ai mi	8 AÑOS	15 AÑOS
Mejoramiento CBR = 20	0,00	0,0359	0,80	0,0287	0,00	
Subbase CBR = 40	25,00	0,0442	1,00	0,0442	1,10	
Base asf. Marshall = 1800 lb	13,75	0,1588	1,00	0,1588	2,18	
Carpeta Marshall = 2200 lb	7,50	0,1794	1,00	0,1794	1,35	
Sobrecarpeta para 20 años	3,75	0,1794	1,00	0,1794		0,67
Espesor total cm	50,00	NE req.	4,58	5,30	4,63	5,31

TRAMO 4: TUMBACO 1 - TUMBACO 2						
ALTERNATIVA:	CAPA DE BASE ASFÁLTICA				VIDA ÚTIL	
DETALLE DE ESPESORES	Espesor	ai	mi	ai mi	8 AÑOS	15 AÑOS
Mejoramiento CBR = 20	0,00	0,0359	0,80	0,0287	0,00	
Subbase CBR = 40	25,00	0,0442	1,00	0,0442	1,10	
Base asf. Marshall = 1800 lb	12,50	0,1588	1,00	0,1588	1,99	
Carpeta Marshall = 2200 lb	7,50	0,1794	1,00	0,1794	1,35	
Sobrecarpeta para 20 años	3,75	0,1794	1,00	0,1794		0,67
Espesor total cm	48,75	NE req.	4,36	5,06	4,43	5,11



**PROYECTO: DISEÑO DEFINITIVO ACCESO AEROPUERTO - RUTA SUR  
VÍA DE SERVICIO**

**DISEÑO DE PAVIMENTO - AASHTO GUIDE**

PAVIMENTO FLEXIBLE DETALLE:	TRAMO 1 Y 2: AUQUITAS - INTERVALLES		TRAMO 3: INTERVALLES - TUMBACO 1		TRAMO 4: TUMBACO 1 - TUMBACO 2	
	10 AÑOS	17 AÑOS	8 AÑOS	15 AÑOS	8 AÑOS	15 AÑOS
CARGA DE TRAFICO W18	2.169.817	4.092.622	1.935.929	3.928.334	1.493.811	3.010.645
CREDIBILIDAD	90%	95%	90%	95%	90%	95%
DESV. ESTANDAR So	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
INDICE DE SERVICIO						
INICIAL Po	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
FINAL Pt	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
MOD. RESCILIENTE MR psi	9.250	9.250	9.250	9.250	9.250	9.250
<b>CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL</b>						
NE CALCULADO NE	3,69	4,27	3,62	4,24	3,47	4,07
LOG W18	6,3364	6,6120	6,2869	6,5942	6,1743	6,4787
ZR	-1,2449	-1,5042	-1,2449	-1,5042	-1,2449	-1,5042
So ZR	-0,6100	-0,7371	-0,6100	-0,7371	-0,6100	-0,7371
DELTA PSI (dPSI)	1,7000	1,7000	1,7000	1,7000	1,7000	1,7000
LOG (dPSI/2.7)	-0,2009	-0,2009	-0,2009	-0,2009	-0,2009	-0,2009
2.32 LOG MR	9,2014	9,2014	9,2014	9,2014	9,2014	9,2014
LOG W18 CALCULADO	6,3391	6,6136	6,2877	6,5937	6,1751	6,4793
LOG W18 calc - LOG W18 req.	0,0027	0,0016	0,0009	0,0005	0,0008	0,0006

TRAMO 1 Y 2: AUQUITAS - INTERVALLES						
ALTERNATIVA:	CAPA DE BASE ASFÁLTICA				VIDA ÚTIL	
DETALLE DE ESPESORES	Espesor	ai	mi	ai mi	10 AÑOS	17 AÑOS
Mejoramiento CBR = 20	0,00	0,0359	0,80	0,0287	0,00	
Subbase CBR = 40	25,00	0,0442	1,00	0,0442	1,10	
Base asf. Marshall = 1800 lb	10,00	0,1588	1,00	0,1588	1,59	
Carpeta Marshall = 2200 lb	5,00	0,1794	1,00	0,1794	0,90	
Sobrecarpeta para 20 años	3,75	0,1794	1,00	0,1794		0,67
Espesor total cm	43,75	NE req.	3,69	4,27	3,59	4,26

TRAMO 3: INTERVALLES - TUMBACO 1						
ALTERNATIVA:	CAPA DE BASE ASFÁLTICA				VIDA ÚTIL	
DETALLE DE ESPESORES	Espesor	ai	mi	ai mi	8 AÑOS	15 AÑOS
Mejoramiento CBR = 20	0,00	0,0359	0,80	0,0287	0,00	
Subbase CBR = 40	25,00	0,0442	1,00	0,0442	1,10	
Base asf. Marshall = 1800 lb	10,00	0,1588	1,00	0,1588	1,59	
Carpeta Marshall = 2200 lb	5,00	0,1794	1,00	0,1794	0,90	
Sobrecarpeta para 20 años	3,75	0,1794	1,00	0,1794		0,67
Espesor total cm	43,75	NE req.	3,62	4,24	3,59	4,26

TRAMO 4: TUMBACO 1 - TUMBACO 2						
ALTERNATIVA:	CAPA DE BASE ASFÁLTICA				VIDA ÚTIL	
DETALLE DE ESPESORES	Espesor	ai	mi	ai mi	8 AÑOS	15 AÑOS
Mejoramiento CBR = 20	0,00	0,0359	0,80	0,0287	0,00	
Subbase CBR = 40	25,00	0,0442	1,00	0,0442	1,10	
Base asf. Marshall = 1800 lb	8,90	0,1588	1,00	0,1588	1,41	
Carpeta Marshall = 2200 lb	5,00	0,1794	1,00	0,1794	0,90	
Sobrecarpeta para 20 años	3,75	0,1794	1,00	0,1794		0,67
Espesor total cm	42,65	NE req.	3,47	4,07	3,41	4,09



**PROYECTO: DISEÑO DEFINITIVO ACCESO AEROPUERTO - RUTA SUR  
VÍA PRINCIPAL**

**DISEÑO DE PAVIMENTO - AASHTO GUIDE**

PAVIMENTO FLEXIBLE DETALLE:	TRAMO 5: TUMBACO 2 - PUEMBO		TRAMO 6: PUEMBO - CRUCE COLIBRÍ/PIFO		TRAMO 7: CRUCE COLIBRÍ/PIFO - ALPACHACA	
	8 AÑOS	15 AÑOS	8 AÑOS	15 AÑOS	8 AÑOS	15 AÑOS
CARGA DE TRAFICO W18	6.876.256	13.689.134	4.088.122	9.668.923	3.929.889	9.404.230
CREDIBILIDAD	90%	95%	90%	95%	90%	95%
DESV. ESTANDAR So	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
INDICE DE SERVICIO						
INICIAL Po	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
FINAL Pt	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
MOD. RESCILIENTE MR psi	9.250	9.250	9.250	9.250	9.250	9.250
<b>CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL</b>						
NE CALCULADO NE	<b>4,42</b>	<b>5,10</b>	<b>4,08</b>	<b>4,85</b>	<b>4,05</b>	<b>4,83</b>
LOG W18	6,8374	7,1364	6,6115	6,9854	6,5944	6,9733
ZR	-1,2449	-1,5042	-1,2449	-1,5042	-1,2449	-1,5042
So ZR	-0,6100	-0,7371	-0,6100	-0,7371	-0,6100	-0,7371
DELTA PSI (dPSI)	1,7000	1,7000	1,7000	1,7000	1,7000	1,7000
LOG (dPSI/2.7)	-0,2009	-0,2009	-0,2009	-0,2009	-0,2009	-0,2009
2.32 LOG MR	9,2014	9,2014	9,2014	9,2014	9,2014	9,2014
LOG W18 CALCULADO	6,8390	7,1366	6,6132	6,9842	6,5927	6,9718
LOG W18 calc - LOG W18 req.	0,0017	0,0002	0,0016	0,0012	0,0017	0,0015

TRAMO 5: TUMBACO 2 - PUEMBO						
ALTERNATIVA:	CAPA DE BASE ASFÁLTICA				VIDA ÚTIL	
DETALLE DE ESPESORES	Espesor	ai	mi	ai mi	8 AÑOS	15 AÑOS
Mejoramiento CBR = 20	0,00	0,0359	0,80	0,0287	0,00	
Subbase CBR = 40	25,00	0,0442	1,00	0,0442	1,10	
Base asf. Marshall = 1800 lb	12,50	0,1588	1,00	0,1588	1,99	
Carpeta Marshall = 2200 lb	7,50	0,1794	1,00	0,1794	1,35	
Sobrecarpeta para 20 años	3,75	0,1794	1,00	0,1794		0,67
Espesor total cm	48,75	<b>NE req.</b>	<b>4,42</b>	<b>5,10</b>	<b>4,43</b>	<b>5,11</b>

TRAMO 6: PUEMBO - CRUCE COLIBRÍ/PIFO						
ALTERNATIVA:	CAPA DE BASE ASFÁLTICA				VIDA ÚTIL	
DETALLE DE ESPESORES	Espesor	ai	mi	ai mi	8 AÑOS	15 AÑOS
Mejoramiento CBR = 20	0,00	0,0359	0,80	0,0287	0,00	
Subbase CBR = 40	25,00	0,0442	1,00	0,0442	1,10	
Base asf. Marshall = 1800 lb	10,00	0,1588	1,00	0,1588	1,59	
Carpeta Marshall = 2200 lb	7,50	0,1794	1,00	0,1794	1,35	
Sobrecarpeta para 20 años	5,00	0,1794	1,00	0,1794		0,90
Espesor total cm	47,50	<b>NE req.</b>	<b>4,08</b>	<b>4,85</b>	<b>4,04</b>	<b>4,94</b>

TRAMO 7: CRUCE COLIBRÍ/PIFO - ALPACHACA						
ALTERNATIVA:	CAPA DE BASE ASFÁLTICA				VIDA ÚTIL	
DETALLE DE ESPESORES	Espesor	ai	mi	ai mi	8 AÑOS	15 AÑOS
Mejoramiento CBR = 20	0,00	0,0359	0,80	0,0287	0,00	
Subbase CBR = 40	25,00	0,0442	1,00	0,0442	1,10	
Base asf. Marshall = 1800 lb	10,00	0,1588	1,00	0,1588	1,59	
Carpeta Marshall = 2200 lb	7,50	0,1794	1,00	0,1794	1,35	
Sobrecarpeta para 20 años	5,00	0,1794	1,00	0,1794		0,90
Espesor total cm	47,50	<b>NE req.</b>	<b>4,05</b>	<b>4,83</b>	<b>4,04</b>	<b>4,94</b>



**PROYECTO: DISEÑO DEFINITIVO ACCESO AEROPUERTO - RUTA SUR  
VÍA DE SERVICIO**

**DISEÑO DE PAVIMENTO - AASHTO GUIDE**

PAVIMENTO FLEXIBLE DETALLE:	TRAMO 5: TUMBACO 2 - PUEMBO		TRAMO 6: PUEMBO - CRUCE COLIBRÍ/PIFO		TRAMO 7: CRUCE COLIBRÍ/PIFO - ALPACHACA	
	8 AÑOS	15 AÑOS	8 AÑOS	15 AÑOS	8 AÑOS	15 AÑOS
CARGA DE TRAFICO W18	1.720.157	3.457.576	1.773.045	2.730.785	998.799	2.314.935
CREDIBILIDAD	90%	95%	90%	95%	90%	95%
DESV. ESTANDAR So	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
INDICE DE SERVICIO						
INICIAL Po	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
FINAL Pt	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
MOD. RESCILIENTE MR psi	9.250	9.250	9.250	9.250	9.250	9.250
<b>CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL</b>						
NE CALCULADO NE	<b>3,55</b>	<b>4,16</b>	<b>3,56</b>	<b>4,01</b>	<b>3,25</b>	<b>3,90</b>
LOG W18	6,2356	6,5388	6,2487	6,4363	5,9995	6,3645
ZR	-1,2449	-1,5042	-1,2449	-1,5042	-1,2449	-1,5042
So ZR	-0,6100	-0,7371	-0,6100	-0,7371	-0,6100	-0,7371
DELTA PSI (dPSI)	1,7000	1,7000	1,7000	1,7000	1,7000	1,7000
LOG (dPSI/2.7)	-0,2009	-0,2009	-0,2009	-0,2009	-0,2009	-0,2009
2.32 LOG MR	9,2014	9,2014	9,2014	9,2014	9,2014	9,2014
LOG W18 CALCULADO	6,2356	6,5402	6,2431	6,4382	6,0021	6,3619
LOG W18 calc - LOG W18 req.	0,0001	0,0014	0,0056	0,0019	0,0027	0,0026

TRAMO 5: TUMBACO 2 - PUEMBO						
ALTERNATIVA:	CAPA DE BASE ASFÁLTICA				VIDA ÚTIL	
DETALLE DE ESPESORES	Espesor	ai	mi	ai mi	8 AÑOS	15 AÑOS
Mejoramiento CBR = 20	0,00	0,0359	0,80	0,0287	0,00	
Subbase CBR = 40	25,00	0,0442	1,00	0,0442	1,10	
Base asf. Marshall = 1800 lb	10,00	0,1588	1,00	0,1588	1,59	
Carpeta Marshall = 2200 lb	5,00	0,1794	1,00	0,1794	0,90	
Sobrecarpeta para 20 años	3,75	0,1794	1,00	0,1794		0,67
Espesor total cm	43,75	<b>NE req.</b>	<b>3,55</b>	<b>4,16</b>	<b>3,59</b>	<b>4,26</b>

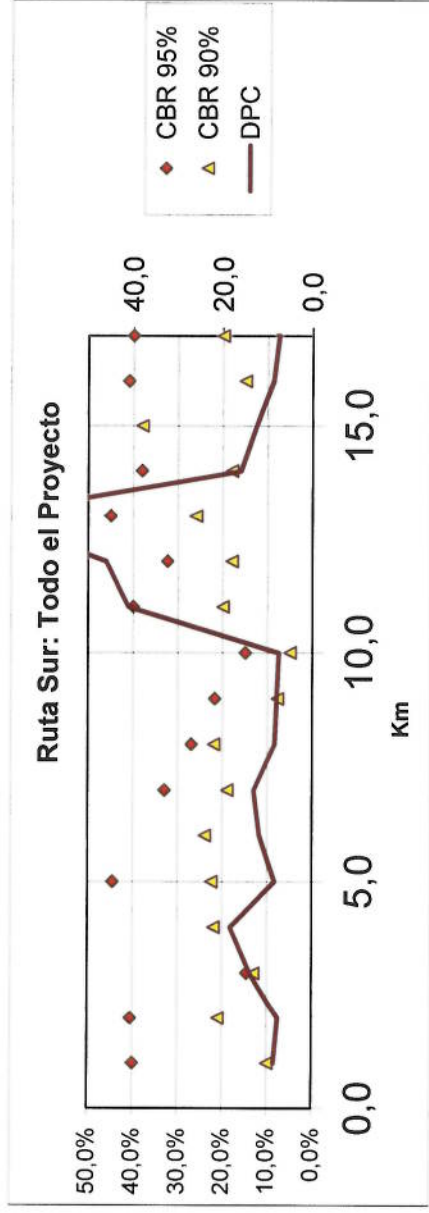
TRAMO 6: PUEMBO - CRUCE COLIBRÍ/PIFO						
ALTERNATIVA:	CAPA DE BASE ASFÁLTICA				VIDA ÚTIL	
DETALLE DE ESPESORES	Espesor	ai	mi	ai mi	8 AÑOS	15 AÑOS
Mejoramiento CBR = 20	0,00	0,0359	0,80	0,0287	0,00	
Subbase CBR = 40	25,00	0,0442	1,00	0,0442	1,10	
Base asf. Marshall = 1800 lb	10,00	0,1588	1,00	0,1588	1,59	
Carpeta Marshall = 2200 lb	5,00	0,1794	1,00	0,1794	0,90	
Sobrecarpeta para 20 años	3,75	0,1794	1,00	0,1794		0,67
Espesor total cm	43,75	<b>NE req.</b>	<b>3,56</b>	<b>4,01</b>	<b>3,59</b>	<b>4,26</b>

TRAMO 7: CRUCE COLIBRÍ/PIFO - ALPACHACA						
ALTERNATIVA:	CAPA DE BASE ASFÁLTICA				VIDA ÚTIL	
DETALLE DE ESPESORES	Espesor	ai	mi	ai mi	8 AÑOS	15 AÑOS
Mejoramiento CBR = 20	0,00	0,0359	0,80	0,0287	0,00	
Subbase CBR = 40	25,00	0,0442	1,00	0,0442	1,10	
Base asf. Marshall = 1800 lb	7,50	0,1588	1,00	0,1588	1,19	
Carpeta Marshall = 2200 lb	5,00	0,1794	1,00	0,1794	0,90	
Sobrecarpeta para 20 años	3,75	0,1794	1,00	0,1794		0,67
Espesor total cm	41,25	<b>NE req.</b>	<b>3,25</b>	<b>3,90</b>	<b>3,19</b>	<b>3,87</b>



Percentil 30% 32,9% 18,0% 10,1

Tramo	Pozo	Abscisa	CBR 95%	CBR 90%	CBR situ
1	1	0+000	40,0%	10,0%	8,5
	2	0+560	40,5%	21,0%	7,60
	3	0+940	14,6%	13,0%	13,80
	4	1+240	66%	22,0%	18,20
	5	1+740	44,5%	22,5%	8,40
	6	2+380	54,0%	24,0%	11,70
	7	2+980	33,0%	19,0%	13,00
2	8	3+500	27,0%	22,0%	8,40
	9	4+110	21,8%	7,8%	
	10	3+920	15,0%	5,0%	7,50
	11	4+000	40,0%	20,0%	41,00
	12	4+400	32,4%	18,0%	46,00
	13	4+900	45,0%	26,0%	74,00
	15	5+910	38,1%	18,0%	16,00
3	16	6+730	55,2%	38,0%	12,50
	17	6+745	41,0%	15,0%	8,70
	18	7+180	40,0%	20,0%	7,50
	19	7+540	74,2%	29,0%	11,10
4	20	7+800	65,3%	33,1%	
	21	8+800	28,0%	16,0%	
	22	9+024	33,0%	17,5%	79,00
5	23	9+500	43,0%	35,0%	
	24	9+930	27,4%	15,1%	12,00
	25	10+500	46,5%	18,0%	
	26	11+035	36,0%	27,0%	50,30
	27	11+500	50,2%	20,3%	51,00
	29	12+450	67,1%	43,0%	72,00
6	30	13+000	28,9%	20,0%	19,10
	31	13+500	19,5%	12,3%	24,20
	32	14+000	30,0%	11,0%	7,50
	33	14+257	39,0%	30,0%	10,80
	34	14+790	30,6%	7,0%	14,30
7	37	16+500	17,9%	10,0%	8,60
	38	16+669	9,1%	4,0%	9,60



**PROYECTO: DISEÑO DEFINITIVO ACCESO AEROPUERTO - RUTA SUR  
CARGAS DE TRÁFICO - PAVIMENTO FLEXIBLE**

**TRAMO 1: AUQUITAS - LUMBISI**

**CARGAS DE TRÁFICO PARA 10 AÑOS**

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA			FACTOR	ESAL' s TOTAL	% En carril de Diseño	ESAL' s EN CARRIL DIS.	ESAL' s EN VIA SERV.
	2013	2023	MEDIO					
<b>LIVIANOS</b>	<b>48255</b>	<b>85882</b>						
AUTO	31.366	55.823	43.595	0,0005	79.560	0,0%	0	9.945
CAMIONETA	16.889	30.059	23.474	0,0242	2.073.456	0,0%	0	259.182
BUS	566	1.234	900	1,1964	3.930.174	40,0%	1.572.070	786.035
<b>PESADOS</b>	<b>1.885</b>	<b>2.640</b>						
CAM 2D - A	754	1.056	905	0,5404	1.785.076	30,0%	535.523	223.135
CAM 2D - B	848	1.188	1.018	4,6112	17.135.940	40,0%	6.854.376	856.797
CAM 3A	94	132	113	1,6821	694.550	50,0%	347.275	34.727
REM. R5 cargado	189	264	226	3,0822	2.545.319	50,0%	1.272.660	0
<b>TOTALES</b>	<b>50.706</b>	<b>89.756</b>					<b>10.581.903</b>	<b>2.169.821</b>

**CARGAS DE TRÁFICO PARA 17 AÑOS**

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA			FACTOR	ESAL' s TOTAL	% En carril de Diseño	ESAL' s EN CARRIL DIS.	ESAL' s EN VIA SERV.
	2013	2030	MEDIO					
<b>LIVIANOS</b>	<b>48255</b>	<b>115174</b>						
AUTO	31.366	74.863	53.114	0,0005	164.788	0,0%	0	20.598
CAMIONETA	16.889	40.311	28.600	0,0242	4.294.616	0,0%	0	536.827
BUS	566	1.273	920	1,1964	6.826.057	40,0%	2.730.423	1.365.211
<b>PESADOS</b>	<b>1.885</b>	<b>3.297</b>						
CAM 2D - A	754	1.319	1.036	0,5404	3.475.238	30,0%	1.042.571	434.405
CAM 2D - B	848	1.484	1.166	4,6112	33.360.740	40,0%	13.344.296	1.668.037
CAM 3A	94	165	130	1,6821	1.352.169	50,0%	676.085	67.608
REM. R5 cargado	189	330	259	3,0822	4.955.301	50,0%	2.477.650	0
<b>TOTALES</b>	<b>50.706</b>	<b>119.744</b>					<b>20.271.025</b>	<b>4.092.687</b>

**PROYECTO: DISEÑO DEFINITIVO ACCESO AEROPUERTO - RUTA SUR  
CARGAS DE TRÁFICO - PAVIMENTO FLEXIBLE**

**TRAMO 2: LUMBISI - INTERVALLES**

**CARGAS DE TRÁFICO PARA 10 AÑOS**

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA			FACTOR	ESAL' s TOTAL	% En carril de Diseño	ESAL' s EN CARRIL DIS.	ESAL' s EN VIA SERV.
	2013	2023	MEDIO					
<b>LIVIANOS</b>	<b>50923</b>	<b>72614</b>						
AUTO	33.100	47.199	40.150	0,0005	73.273	0,0%	0	9.159
CAMIONETA	17.823	25.415	21.619	0,0242	1.909.604	0,0%	0	238.701
BUS	1.210	1.357	1.284	1,1964	5.604.865	40,0%	2.241.946	1.120.973
<b>PESADOS</b>	<b>1.878</b>	<b>2.446</b>						
CAM 2D - A	751	978	865	0,5404	1.705.783	30,0%	511.735	213.223
CAM 2D - B	845	1.101	973	4,6112	16.374.763	40,0%	6.549.905	818.738
CAM 3A	94	122	108	1,6821	663.698	50,0%	331.849	33.185
REM. R5 cargado	188	245	216	3,0822	2.432.256	50,0%	1.216.128	0
<b>TOTALES</b>	<b>54.011</b>	<b>76.417</b>					<b>10.851.563</b>	<b>2.433.979</b>

**CARGAS DE TRÁFICO PARA 17 AÑOS**

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA			FACTOR	ESAL' s TOTAL	% En carril de Diseño	ESAL' s EN CARRIL DIS.	ESAL' s EN VIA SERV.
	2013	2030	MEDIO					
<b>LIVIANOS</b>	<b>50923</b>	<b>94535</b>						
AUTO	33.100	61.448	47.274	0,0005	146.667	0,0%	0	18.333
CAMIONETA	17.823	33.087	25.455	0,0242	3.822.371	0,0%	0	477.796
BUS	1.210	1.453	1.332	1,1964	9.884.606	40,0%	3.953.842	1.976.921
<b>PESADOS</b>	<b>1.878</b>	<b>2.952</b>						
CAM 2D - A	751	1.181	966	0,5404	3.239.174	30,0%	971.752	404.897
CAM 2D - B	845	1.328	1.087	4,6112	31.094.630	40,0%	12.437.852	1.554.732
CAM 3A	94	148	121	1,6821	1.260.320	50,0%	630.160	63.016
REM. R5 cargado	188	295	242	3,0822	4.618.700	50,0%	2.309.350	0
<b>TOTALES</b>	<b>54.011</b>	<b>98.940</b>					<b>20.302.956</b>	<b>4.495.695</b>

**PROYECTO: DISEÑO DEFINITIVO ACCESO AEROPUERTO - RUTA SUR  
CARGAS DE TRÁFICO - PAVIMENTO FLEXIBLE**

**TRAMO 3: INTERVALLES - TUMBACO 1**

CARGAS DE TRÁFICO PARA 8 AÑOS

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA			FACTOR	ESAL's TOTAL	% En carril de Diseño	ESAL's EN CARRIL DIS.	ESAL's EN VIA SERV.
	2015	2023	MEDIO					
LIVIANOS	50300	71801						
AUTO	32.695	46.671	39.683	0,0005	57.937	0,0%	0	7.242
CAMIONETA	17.605	25.130	21.368	0,0242	1.509.925	0,0%	0	188.741
BUS	1.188	1.328	1.258	1,1964	4.394.808	40,0%	1.757.923	878.962
PESADOS	1.897	2.472						
CAM 2D - A	759	989	874	0,5404	1.378.828	30,0%	413.649	172.354
CAM 2D - B	854	1.112	983	4,6112	13.236.141	40,0%	5.294.456	661.807
CAM 3A	95	124	109	1,6821	536.484	50,0%	268.242	26.824
REM. R5 cargado	190	247	218	3,0822	1.966.055	50,0%	983.028	0
<b>TOTALES</b>	<b>53.385</b>	<b>75.601</b>					<b>8.717.298</b>	<b>1.935.929</b>

CARGAS DE TRÁFICO PARA 15 AÑOS

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA			FACTOR	ESAL's TOTAL	% En carril de Diseño	ESAL's EN CARRIL DIS.	ESAL's EN VIA SERV.
	2015	2030	MEDIO					
LIVIANOS	50300	93190						
AUTO	32.695	60.574	46.634	0,0005	127.661	0,0%	0	15.958
CAMIONETA	17.605	32.617	25.111	0,0242	3.327.049	0,0%	0	415.881
BUS	1.188	1.396	1.292	1,1964	8.462.975	40,0%	3.385.190	1.692.595
PESADOS	1.897	2.985						
CAM 2D - A	759	1.194	976	0,5404	2.888.865	30,0%	866.659	361.108
CAM 2D - B	854	1.343	1.098	4,6112	27.731.820	40,0%	11.092.728	1.386.591
CAM 3A	95	149	122	1,6821	1.124.019	50,0%	562.010	56.201
REM. R5 cargado	190	299	244	3,0822	4.119.198	50,0%	2.059.599	0
<b>TOTALES</b>	<b>53.385</b>	<b>97.571</b>					<b>17.966.186</b>	<b>3.928.334</b>

**PROYECTO: DISEÑO DEFINITIVO ACCESO AEROPUERTO - RUTA SUR  
CARGAS DE TRÁFICO - PAVIMENTO FLEXIBLE**

**TRAMO 4: TUMBACO 1 - TUMBACO 2**

CARGAS DE TRÁFICO PARA 8 AÑOS

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA			FACTOR	ESAL's TOTAL	% En carril de Diseño	ESAL's EN CARRIL DIS.	ESAL's EN VIA SERV.
	2015	2023	MEDIO					
LIVIANOS	36276	54658						
AUTO	23.579	35.528	29.554	0,0005	43.148	0,0%	0	5.394
CAMIONETA	12.697	19.130	15.913	0,0242	1.124.508	0,0%	0	140.564
BUS	987	1.149	1.068	1,1964	3.731.045	40,0%	1.492.418	746.209
PESADOS	1.311	1.742						
CAM 2D - A	524	697	611	0,5404	963.507	30,0%	289.052	120.438
CAM 2D - B	590	784	687	4,6112	9.249.242	40,0%	3.699.697	462.462
CAM 3A	66	87	76	1,6821	374.888	50,0%	187.444	18.744
REM. R5 cargado	131	174	153	3,0822	1.373.854	50,0%	686.927	0
<b>TOTALES</b>	<b>38.574</b>	<b>57.549</b>					<b>6.355.538</b>	<b>1.493.811</b>

CARGAS DE TRÁFICO PARA 15 AÑOS

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA			FACTOR	ESAL's TOTAL	% En carril de Diseño	ESAL's EN CARRIL DIS.	ESAL's EN VIA SERV.
	2015	2030	MEDIO					
LIVIANOS	36276	71358						
AUTO	23.579	46.383	34.981	0,0005	95.761	0,0%	0	11.970
CAMIONETA	12.697	24.975	18.836	0,0242	2.495.669	0,0%	0	311.959
BUS	987	1.221	1.104	1,1964	7.231.520	40,0%	2.892.608	1.446.304
PESADOS	1.311	2.046						
CAM 2D - A	524	818	671	0,5404	1.986.464	30,0%	595.939	248.308
CAM 2D - B	590	921	755	4,6112	19.069.177	40,0%	7.627.671	953.459
CAM 3A	66	102	84	1,6821	772.907	50,0%	386.454	38.645
REM. R5 cargado	131	205	168	3,0822	2.832.476	50,0%	1.416.238	0
<b>TOTALES</b>	<b>38.574</b>	<b>74.625</b>					<b>12.918.910</b>	<b>3.010.645</b>

**PROYECTO: DISEÑO DEFINITIVO ACCESO AEROPUERTO - RUTA SUR  
CARGAS DE TRÁFICO - PAVIMENTO FLEXIBLE**

**TRAMO 5: TUMBACO 2 - PUEMBO**

**CARGAS DE TRÁFICO PARA 8 AÑOS**

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA			FACTOR	ESAL's TOTAL	% En carril de Diseño	ESAL's EN CARRIL DIS.	ESAL's EN VIA SERV.
	2015	2023	MEDIO					
<b>LIVIANOS</b>	<b>32982</b>	<b>55806</b>						
AUTO	21.438	36.274	28.856	0,0005	42.130	0,0%	0	5.266
CAMIONETA	11.544	19.532	15.538	0,0242	1.097.970	0,0%	0	137.246
BUS	1.185	1.580	1.383	1,1964	4.829.747	40,0%	1.931.899	965.949
<b>PESADOS</b>	<b>1.297</b>	<b>1.807</b>						
CAM 2D - A	519	723	621	0,5404	979.603	30,0%	293.881	122.450
CAM 2D - B	584	813	698	4,6112	9.403.749	40,0%	3.761.500	470.187
CAM 3A	65	90	78	1,6821	381.150	50,0%	190.575	19.058
REM. R5 cargado	130	181	155	3,0822	1.396.804	50,0%	698.402	0
<b>TOTALES</b>	<b>35.464</b>	<b>59.193</b>					<b>6.876.256</b>	<b>1.720.157</b>

**CARGAS DE TRÁFICO PARA 15 AÑOS**

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA			FACTOR	ESAL's TOTAL	% En carril de Diseño	ESAL's EN CARRIL DIS.	ESAL's EN VIA SERV.
	2015	2030	MEDIO					
<b>LIVIANOS</b>	<b>32982</b>	<b>72414</b>						
AUTO	21.438	47.069	34.254	0,0005	93.770	0,0%	0	11.721
CAMIONETA	11.544	25.345	18.444	0,0242	2.443.778	0,0%	0	305.472
BUS	1.185	1.750	1.468	1,1964	9.612.551	40,0%	3.845.020	1.922.510
<b>PESADOS</b>	<b>1.297</b>	<b>1.999</b>						
CAM 2D - A	519	800	659	0,5404	1.950.368	30,0%	585.111	243.796
CAM 2D - B	584	900	742	4,6112	18.722.671	40,0%	7.489.068	936.134
CAM 3A	65	100	82	1,6821	758.863	50,0%	379.431	37.943
REM. R5 cargado	130	200	165	3,0822	2.781.007	50,0%	1.390.504	0
<b>TOTALES</b>	<b>35.464</b>	<b>76.163</b>					<b>13.689.134</b>	<b>3.457.576</b>

**PROYECTO: DISEÑO DEFINITIVO ACCESO AEROPUERTO - RUTA SUR  
CARGAS DE TRÁFICO - PAVIMENTO FLEXIBLE**

**TRAMO 6: PUEMBO - CRUCE COLIBRÍ/PIFO/QUINCHE**

**CARGAS DE TRÁFICO PARA 8 AÑOS**

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA			FACTOR	ESAL's TOTAL	% En carril de Diseño	ESAL's EN CARRIL DIS.	ESAL's EN VIA SERV.
	2015	2023	MEDIO					
<b>LIVIANOS</b>	<b>18250</b>	<b>31719</b>						
AUTO	11.863	20.617	16.240	0,0005	23.710	0,0%	0	2.964
CAMIONETA	6.388	11.102	8.745	0,0242	617.927	0,0%	0	77.241
BUS	948	1.285	1.117	1,1964	3.900.479	40,0%	1.560.192	780.096
<b>PESADOS</b>	<b>628</b>	<b>959</b>						
CAM 2D - A	251	384	317	0,5404	500.847	30,0%	150.254	62.606
CAM 2D - B	283	432	357	4,6112	4.807.909	40,0%	1.923.164	240.395
CAM 3A	31	48	40	1,6821	194.873	50,0%	97.436	9.744
REM. R5 cargado	63	96	79	3,0822	714.152	50,0%	357.076	0
<b>TOTALES</b>	<b>19.826</b>	<b>33.963</b>					<b>4.088.122</b>	<b>1.173.045</b>

**CARGAS DE TRÁFICO PARA 15 AÑOS**

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA			FACTOR	ESAL's TOTAL	% En carril de Diseño	ESAL's EN CARRIL DIS.	ESAL's EN VIA SERV.
	2015	2030	MEDIO					
<b>LIVIANOS</b>	<b>18250</b>	<b>53500</b>						
AUTO	11.863	34.775	23.319	0,0005	63.835	0,0%	0	7.979
CAMIONETA	6.388	18.725	12.556	0,0242	1.663.640	0,0%	0	207.955
BUS	948	1.727	1.338	1,1964	8.761.013	40,0%	3.504.405	1.752.203
<b>PESADOS</b>	<b>628</b>	<b>1.436</b>						
CAM 2D - A	251	574	413	0,5404	1.221.347	30,0%	366.404	152.668
CAM 2D - B	283	646	464	4,6112	11.724.391	40,0%	4.689.756	586.220
CAM 3A	31	72	52	1,6821	475.210	50,0%	237.605	23.761
REM. R5 cargado	63	144	103	3,0822	1.741.505	50,0%	870.752	0
<b>TOTALES</b>	<b>19.826</b>	<b>56.663</b>					<b>9.668.923</b>	<b>2.730.785</b>



**PROYECTO: DISEÑO DEFINITIVO ACCESO AEROPUERTO - RUTA SUR  
CARGAS DE TRÁFICO - PAVIMENTO FLEXIBLE**

**TRAMO 7: CRUCE COLIBRÍ/PIFO/QUINCHE - ALPACHACA**

**CARGAS DE TRÁFICO PARA 8 AÑOS**

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA			FACTOR	ESAL' s TOTAL	% En carril de Diseño	ESAL' s EN CARRIL DIS.	ESAL' s EN VIA SERV.
	2015	2023	MEDIO					
<b>LIVIANOS</b>	<b>16763</b>	<b>30699</b>						
AUTO	10.896	19.954	15.425	0,0005	22.521	0,0%	0	2.815
CAMIONETA	5.867	10.745	8.306	0,0242	586.925	0,0%	0	73.366
BUS	736	924	830	1,1964	2.899.595	40,0%	1.159.838	579.919
<b>PESADOS</b>	<b>663</b>	<b>1.076</b>						
CAM 2D - A	265	430	348	0,5404	548.817	30,0%	164.645	68.602
CAM 2D - B	298	484	391	4,6112	5.268.402	40,0%	2.107.361	263.420
CAM 3A	33	54	43	1,6821	213.538	50,0%	106.769	10.677
REM. R5 cargada	66	108	87	3,0822	782.552	50,0%	391.276	0
<b>TOTALES</b>	<b>18.162</b>	<b>32.699</b>					<b>3.929.889</b>	<b>998.799</b>

**CARGAS DE TRÁFICO PARA 15 AÑOS**

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA			FACTOR	ESAL' s TOTAL	% En carril de Diseño	ESAL' s EN CARRIL DIS.	ESAL' s EN VIA SERV.
	2015	2030	MEDIO					
<b>LIVIANOS</b>	<b>16763</b>	<b>54142</b>						
AUTO	10.896	35.192	23.044	0,0005	63.083	0,0%	0	7.885
CAMIONETA	5.867	18.950	12.408	0,0242	1.644.048	0,0%	0	205.506
BUS	736	1.167	952	1,1964	6.232.601	40,0%	2.493.040	1.246.520
<b>PESADOS</b>	<b>663</b>	<b>1.651</b>						
CAM 2D - A	265	660	463	0,5404	1.369.282	30,0%	410.785	171.160
CAM 2D - B	298	743	521	4,6112	13.144.497	40,0%	5.257.799	657.225
CAM 3A	33	83	58	1,6821	532.769	50,0%	266.385	26.638
REM. R5 cargado	66	165	116	3,0822	1.952.443	50,0%	976.221	0
<b>TOTALES</b>	<b>18.162</b>	<b>56.960</b>					<b>9.404.230</b>	<b>2.314.935</b>



**ANEXO 4.2**

**ENSAYOS DE LABORATORIO**

**AUQUITAS**  
**ABSCISA 0+000**



## INTERCAMBIADOR AUQUITAS

Corrección de N en el Ensayo de Penetración Estándar  
Das, 2007, AASHTO LRFD, 2010 5ta Ed.

Z m	p0 * ton/m2	C <sub>N</sub>			η <sub>H</sub> /60	η <sub>B</sub>	η <sub>S</sub>	η <sub>R</sub>	N <sub>SPT</sub> ENSAYO SONDEO:					N <sub>160</sub> SONDEO:	
		P-1	P-2	P-5					P-1	P-2	P-5	P-1	P-2		P-5
1,25	2,13	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	0,75	9	34	63	10	38	71	1,70
2,25	3,83	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	0,75	16	33	49	18	37	55	> 12,0
3,25	5,53	1,33	1,33	1,33	1,00	1,00	1,00	0,75	16	60	51	16	60	51	
4,25	7,23	1,16	1,16	1,16	1,00	1,00	1,00	0,85	17	60	55	17	59	54	
5,25	8,93	1,05	1,05	1,05	1,00	1,00	1,00	0,85	17	60	34	15	53	30	
6,25	10,63	0,96	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	0,95	39	59	36	36	54	33	
7,25	12,33	0,89	0,89	0,89	1,00	1,00	1,00	0,95	39	60	60	33	51	51	
8,25	14,03	0,83	0,83	0,83	1,00	1,00	1,00	0,95	66			52			
9,25	15,73	0,79	0,79	0,79	1,00	1,00	1,00	0,95	69			52			
9,75	16,58	0,77	0,77	0,77	1,00	1,00	1,00	1,00	69			53			

η <sub>H</sub> = 60 PARA MARTILLO DE SEGURIDAD
η <sub>H</sub> = 45 PARA MARTILLO COMÚN
η <sub>B</sub> = 1.00 PARA POZOS 2.5" a 5"
η <sub>B</sub> = 1.05 PARA POZOS 6"
η <sub>B</sub> = 1.15 PARA POZOS 8"

η <sub>R</sub> = 0.75 - L DEL VARILLAJE < 4 m
η <sub>R</sub> = 0.85 - L DEL VARILLAJE 4 A 6 m
η <sub>R</sub> = 0.95 - L DEL VARILLAJE 6 A 10 m
η <sub>R</sub> = 1.00 - L DEL VARILLAJE > 10 m

η <sub>S</sub> = 1.00 TUBO PARTIDO COMÚN
<b>PARA TUBO PARTIDO CON LINER:</b>
η <sub>S</sub> = 0.80 ARENA DENSA O ARCILLA
η <sub>S</sub> = 0.90 ARENA SUELTA



# INTERCAMBIADOR AUQUITAS

Corrección de N en el Ensayo de Penetración Estándar  
Das, 2007, AASHTO LRFD, 2010 5ta Ed.

Z m	p0* ton/m2	C <sub>N</sub>			η <sub>H</sub> /60	η <sub>B</sub>	η <sub>S</sub>	η <sub>R</sub>	N <sub>SPT</sub> ENSAYO		N <sub>160</sub>
		P-4	P-3	P-6					SONDEO:		
1,25	2,13	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	0,75			1,70
2,25	3,83	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	0,75			> 12,0
3,25	5,53	1,33	1,33	1,33	1,00	1,00	1,00	0,75			
4,25	7,23	1,16	1,16	1,16	1,00	1,00	1,00	0,85			
5,25	8,93	1,05	1,05	1,05	1,00	1,00	1,00	0,85			
6,25	10,63	0,96	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	0,95			
7,25	12,33	0,89	0,89	0,89	1,00	1,00	1,00	0,95			
8,25	14,03	0,83	0,83	0,83	1,00	1,00	1,00	0,95			
9,25	15,73	0,79	0,79	0,79	1,00	1,00	1,00	0,95			
10,25	17,43	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00			
11,25	19,13	0,71	0,71	0,71	1,00	1,00	1,00	1,00			
12,25	20,83	0,68	0,68	0,68	1,00	1,00	1,00	1,00			
13,25	22,53	0,66	0,66	0,66	1,00	1,00	1,00	1,00			
14,25	24,23	0,63	0,63	0,63	1,00	1,00	1,00	1,00			
15,25	25,93	0,61	0,61	0,61	1,00	1,00	1,00	1,00			

P-4		P-3		P-6	
25	34	28	34	25	38
45	60	18	60	45	68
18	51	32	51	18	51
21	60	60	60	21	59
33	60	60	60	33	53
26	60	60	60	26	55
38				38	55
40				40	
57				57	
62				62	
65				65	
67				67	
67				67	
61				61	
70				70	

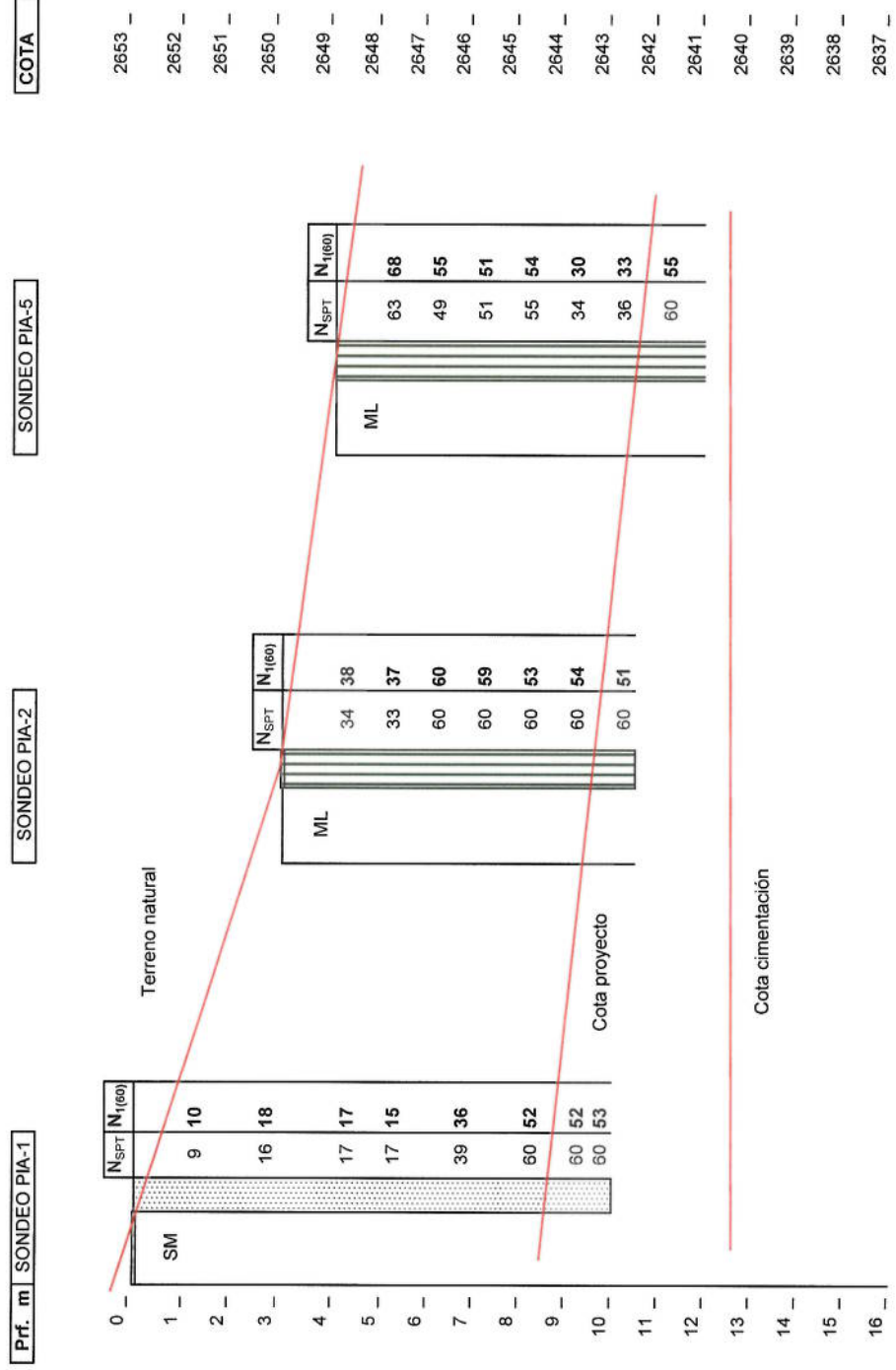
η <sub>H</sub> = 60 PARA MARTILLO DE SEGURIDAD
η <sub>H</sub> = 45 PARA MARTILLO COMÚN
η <sub>B</sub> = 1.00 PARA POZOS 2.5" a 5"
η <sub>B</sub> = 1.05 PARA POZOS 6"
η <sub>B</sub> = 1.15 PARA POZOS 8"

η <sub>R</sub> = 0.75 - L DEL VARILLAJE < 4 m
η <sub>R</sub> = 0.85 - L DEL VARILLAJE 4 A 6 m
η <sub>R</sub> = 0.95 - L DEL VARILLAJE 6 A 10 m
η <sub>R</sub> = 1.00 - L DEL VARILLAJE > 10 m

η <sub>S</sub> = 1.00 TUBO PARTIDO COMÚN
<b>PARA TUBO PARTIDO CON LINER:</b>
η <sub>S</sub> = 0.80 ARENA DENSA O ARCILLA
η <sub>S</sub> = 0.90 ARENA SUELTA

# INTERCAMBIADOR AUQUITAS - PASO INFERIOR

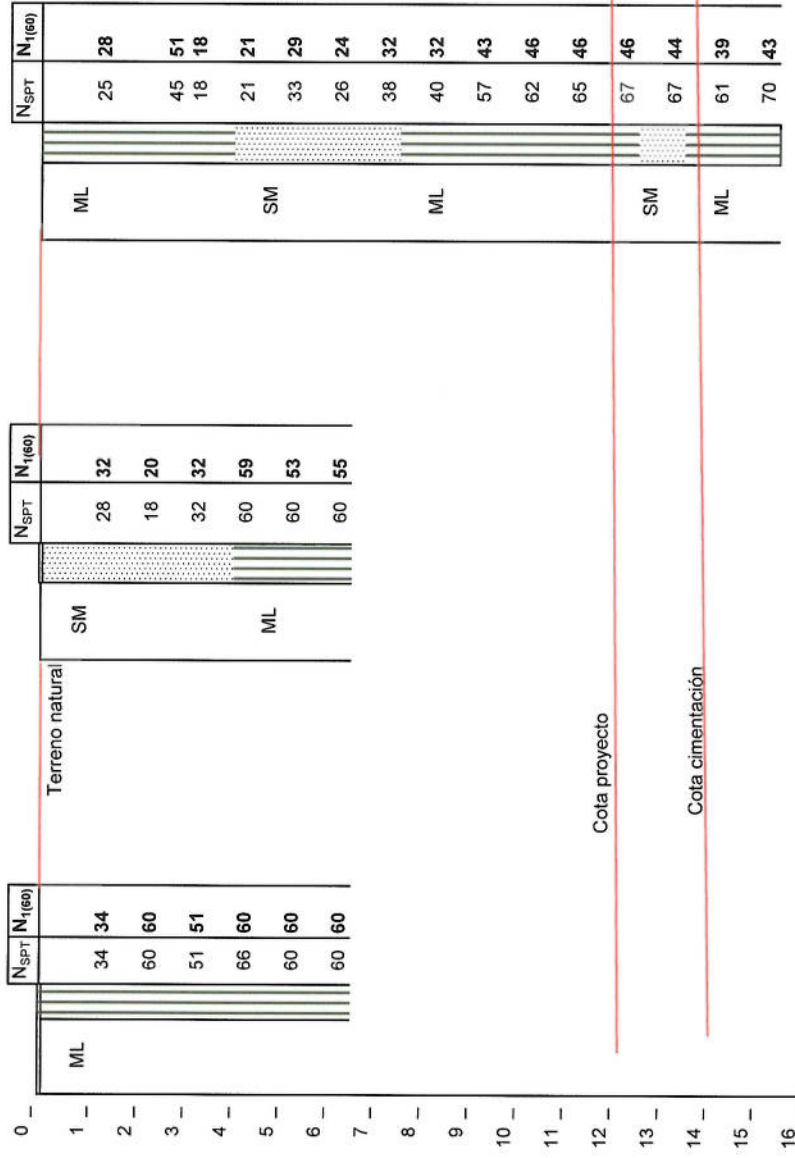
## RESUMEN DE EXPLORACIÓN SUBTERRÁNEA



# INTERCAMBIADOR AUQUITAS - PASO SUPERIOR (PS1)

## RESUMEN DE EXPLORACIÓN SUBTERRÁNEA

Prf. m	SONDEO PIA-4		SONDEO PIA-3		SONDEO PIA-6		COTA
	N <sub>SPT</sub>	N <sub>f(eo)</sub>	N <sub>SPT</sub>	N <sub>f(eo)</sub>	N <sub>SPT</sub>	N <sub>f(eo)</sub>	
0							
1	ML	34	SM	28	ML	25	2639
2		60		18		45	2638
3		51		32		18	2637
4		66	ML	60	SM	21	2636
5		60		60		33	2635
6		60		60		26	2634
7		60		60		38	2633
8						40	2632
9						57	2631
10						62	2630
11						65	2629
12						67	2628
13						67	2627
14						61	2626
15						70	2625
16						43	2624
							2623





**REGISTRO DE SONDEO**

PROYECTO: CARRETERA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO - RUTA SUR  
LOCALIZACIÓN: INTERCAMBIADOR AUQUITAS 0+540 SB

FECHA: Febrero - 2011

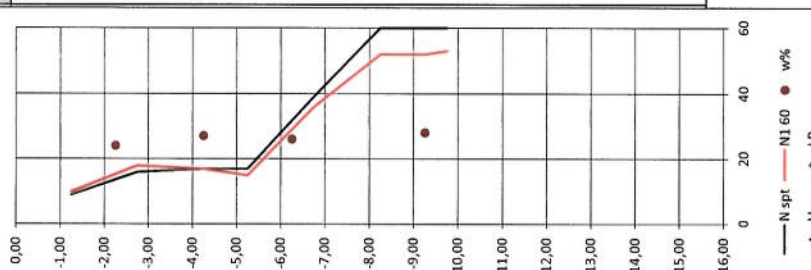
PERFORADOR:



DETALLE	CIMENTACIONES
ABSCISA NORTE	0+260 Rampa 2
ESTE	ESTE

SONDEO:	PIA-1
COTA:	2.653.00
N.F.:	No detecta

Prof (m)	N.º MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PERFIL	N SPT	N160	GRAVA %	ARENA %	FINOS %	w% %	LL %	IP %	SUC	qu Kg/cm2	Y ton/m3	c Kg/cm2	Φ grados	E Kg/cm2	
0.00																		
2653.00		Relleno y escombros hasta 0.60 m																
1.00	1	Arena limosa con pomez, color café claro, verdoso a blanco, suelta, poco húmeda		9	10	4	68	28	24.0	NP	NP	SM						
2.00	2	Arena limosa con pomez, color café claro, verdoso a blanco, media, poco húmeda		16	18	0	55	45	27.0	NP	NP	SM						
3.00	3	Arena limosa con pomez, color café claro a café amarillento, húmeda, compacidad media		17	17	0	53	47	26.0	NP	NP	SM						
4.00	4			17	15	0	53	47	26.0	NP	NP	SM						
5.00	5	Arena limosa con pomez, color café claro a café amarillento, húmeda, compacidad alta		39	36	0	53	47	26.0	NP	NP	SM						
6.00	6			60	52	1	56	43	28.0	NP	NP	SM						
7.00	7	Arena limosa con pomez, color café claro a café amarillento, húmeda, compacidad muy alta		60	52	1	56	43	28.0	NP	NP	SM						
8.00	8			60	53	1	56	43	28.0	NP	NP	SM						
2647.00		Fin del sondeo a 10.0 m																
7.00																		
2646.00																		
8.00																		
2645.00																		
9.00																		
2644.00																		
10.00																		
2643.00																		
11.00																		
2642.00																		
12.00																		
2641.00																		
13.00																		
2640.00																		
14.00																		
2639.00																		
15.00																		



2 Ensayo SPT  
3 Tubo Shelby  
4 Muestra en Bloque (Pozo más cercano)



**REGISTRO DE SONDEO**

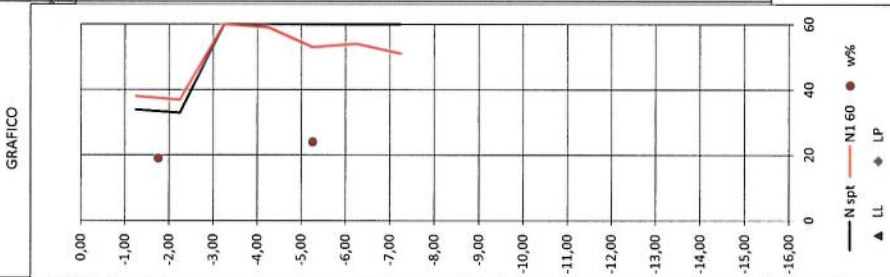
PROYECTO: CARRETERA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO - RUTA SUR  
FECHA: Febrero - 2011  
LOCALIZACIÓN: INTERCAMBIADOR AUIQUITAS 0+540 SB  
PERFORADOR:

SONDEO:	PIA-2
COTA:	2.650,00
N. F.:	No detecta

DETALLE	CIMENTACIONES
ABSCISA	0+320 Rampa 2
NORTE	ESTE

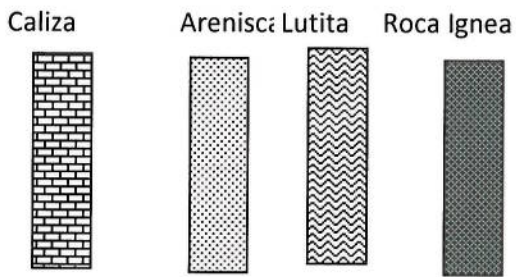
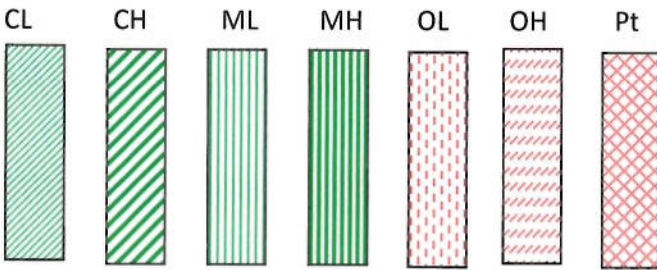
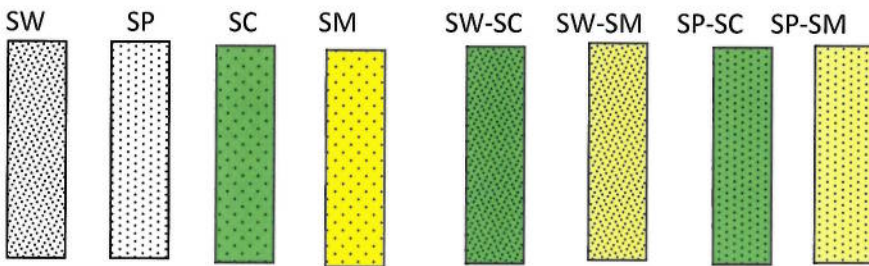
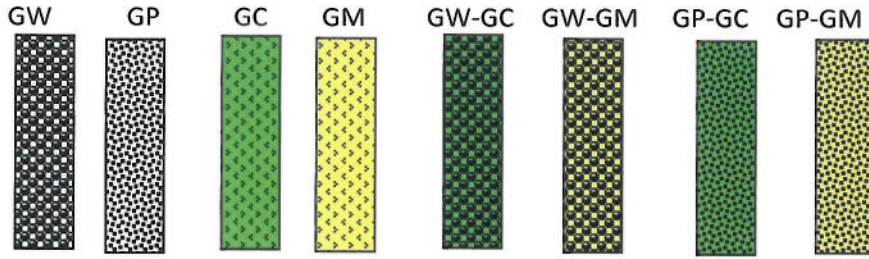


Prof (m)	N.F.	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PERFIL	N SPT	N160	GRAVA	ARENA	FINOS	w%	LL	IP	SUCS	qu	Y	c	Φ	E	
0,00																			
0,00 - 0,40		1	Limo arenoso café claro a café oscuro, húmedo,		34	38	0	34	66	19,0	NP	NP	ML		1,51	0,35	29,6	104,1	
0,40 - 0,80		2	consistencia alta a muy alta		33	37													
0,80 - 1,20		3	Limo arenoso café claro a café oscuro, húmedo,		60	60													
1,20 - 1,60		4	consistencia alta a muy alta (cementado)		60	59													
1,60 - 2,00		5			60	53		42	58	24,0	NP	NP	ML						
2,00 - 2,40		6			60	54													
2,40 - 2,80		7			60	51													
2,80 - 3,20			Fin del sondeo a 7,5 m																



2 Ensayo SPT  
3 Tubo Shelby  
1 Muestra en Bloque (Pozo más cercano)

estratigrafía



**REGISTRO DE SONDEO**

PROYECTO: CARRETERA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO - RUTA SUR  
 LOCALIZACIÓN: INTERCAMBIADOR AUQUITAS 0+540 SB

FECHA: Febrero - 2011

PERFORADOR:

SONDEO:	PIA-3
COTA:	2.639,00
N. F.:	No detecta

DETALLE	CIMENTACIONES
ABSCISA	0+760
NORTE	ESTE



**GEOSUELOS**  
S.A. LTDA. - GRIJILLTOWERB

Prof (m)	N.F.	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PERFIL	N SPT	N <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	w%	LL	IP	SUG	qu	y	c	Φ	E
							%	%	%	%	%	%	Kg/cm <sup>2</sup>	ton/m <sup>3</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	grados	Kg/cm <sup>2</sup>	
0,00																		
2639,00		1	Arena limosa color café claro, húmeda, consistencia alta		28	32												
1,00		2	Arena limosa color café claro, húmeda, consistencia media		18	20		52	48	18,0	NP	NP	SM					
2638,00		3	Arena limosa color café claro, húmeda, consistencia alta a muy alta		32	32												
2637,00		4	Limo arenoso café claro a café oscuro, húmedo, consistencia alta a muy alta (cementado)		60	59												
2636,00		5			60	53		48	51	20,0	NP	NP	ML					
2635,00		6	Fin del sondeo a 6.5 m		60	55												
2634,00																		
2633,00																		
2632,00																		
2631,00																		
2630,00																		
2629,00																		
2628,00																		
2627,00																		
2626,00																		
2625,00																		
2624,00																		
2623,00																		
2622,00																		
2621,00																		
2620,00																		
2619,00																		
2618,00																		
2617,00																		
2616,00																		
2615,00																		
2614,00																		
2613,00																		
2612,00																		
2611,00																		
2610,00																		
2609,00																		
2608,00																		
2607,00																		
2606,00																		
2605,00																		
2604,00																		
2603,00																		
2602,00																		
2601,00																		
2600,00																		
2599,00																		
2598,00																		
2597,00																		
2596,00																		
2595,00																		
2594,00																		
2593,00																		
2592,00																		
2591,00																		
2590,00																		
2589,00																		
2588,00																		
2587,00																		
2586,00																		
2585,00																		
2584,00																		
2583,00																		
2582,00																		
2581,00																		
2580,00																		
2579,00																		
2578,00																		
2577,00																		
2576,00																		
2575,00																		
2574,00																		
2573,00																		
2572,00																		
2571,00																		
2570,00																		
2569,00																		
2568,00																		
2567,00																		
2566,00																		
2565,00																		
2564,00																		
2563,00																		
2562,00																		
2561,00																		
2560,00																		
2559,00																		
2558,00																		
2557,00																		
2556,00																		
2555,00																		
2554,00																		
2553,00																		
2552,00																		
2551,00																		
2550,00																		
2549,00																		
2548,00																		
2547,00																		
2546,00																		
2545,00																		
2544,00																		
2543,00																		
2542,00																		
2541,00																		
2540,00																		

**REGISTRO DE SONDEO**

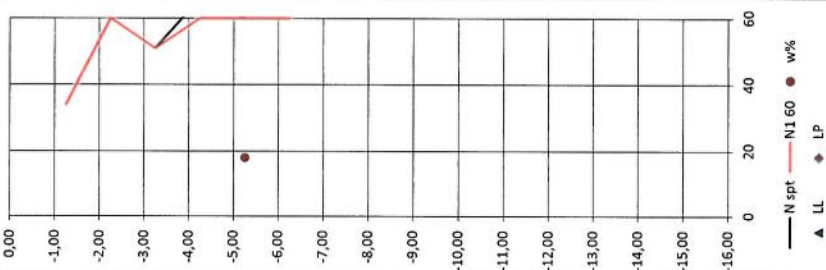
PROYECTO: CARRETERA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO - RUTA SUR  
 LOCALIZACIÓN: INTERCAMBIADOR AUQUITAS 0+540 SB  
 FECHA: Febrero - 2011  
 PERFORADOR: [ ]

SONDEO:	PIA-4
COTA:	2.639,00
N. F.	No detecta

DETALLE	CIMENTACIONES
ABSCISA	0-730
NORTE	ESTE



Prof (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PERFIL	N SPT	N160	GRAVA	ARENA	FINOS	w%	LL	IP	SUCS	qu	v	c	φ	E	
						%	%	%	%	%	%		Kg/cm2	ton/m3	Kg/cm2	grados	Kg/cm2	
0,00																		
2639,00																		
1,00	1	Limo arenoso café claro a café oscuro, húmedo, consistencia alta		34	34													
2638,00																		
2,00	2	Limo arenoso café claro a café oscuro, húmedo, consistencia alta a muy alta (cermentado)		60	60													
2637,00																		
3,00	3			51	51													
2636,00																		
4,00	4			66	60													
2635,00																		
5,00	5			60	60	0	48	52	18,0	NP	NP	ML						
2634,00																		
6,00	6			60	60													
2633,00																		
7,00		Fin del sondeo a 6,5 m		60	60													
2632,00																		
8,00																		
2631,00																		
9,00																		
2630,00																		
10,00																		
2629,00																		
11,00																		
2628,00																		
12,00																		
2627,00																		
13,00																		
2626,00																		
14,00																		
2625,00																		
15,00																		



2 Ensayo SPT  
 2 Tubo Shelby  
 1 Muestra en Bloque (Pozo más cercano)



**REGISTRO DE SONDEO**

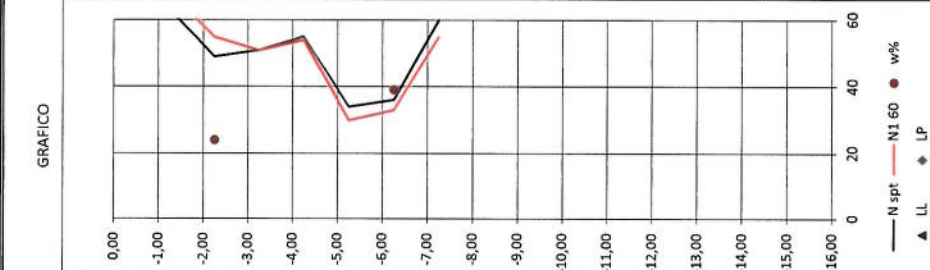
PROYECTO: CARRETERA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO - RUTA SUR  
 LOCALIZACIÓN: INTERCAMBIADOR AUQUITAS 0+540 58  
 FECHA: Febrero - 2011  
 PERFORADOR:

SONDEO:	PIA-5
COTA:	2.649,00
N. F.	No detecta

DETALLE	CIMENTACIONES
ABSCISA	0+370 Rampa 2
NORTE	ESTE



Prof (m)	N. F.	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PERFIL	N SPT	N160	GRAVA	ARENA	FINOS	w%	LL	IP	SUC	qu	y	c	φ	E	
							%	%	%	%	%	%	Kg/cm <sup>2</sup>	ton/m <sup>3</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	grabos	Kg/cm <sup>2</sup>		
0,00																			
2640,00																			
1,00																			
2640,00		1	Limo arenoso café claro a café oscuro, húmedo, consistencia alta a muy alta (cementado)		63	68													
2,00		2			49	55	0	48	52	24,0	NP	NP	ML						
2647,00		3			51	51													
3,00		4			55	54													
2646,00		5	Limo arenoso café claro a café oscuro, húmedo, consistencia alta a muy alta		34	30													
2644,00		6			36	33	0	39	61	39,0	NP	NP	ML						
2643,00		7	Limo arenoso muy compacto, cementado		60	55													
2642,00			Fin del sondeo a 7,5 m																
2641,00																			
2640,00																			
2639,00																			
2638,00																			
2637,00																			
2636,00																			
2635,00																			
2634,00																			
2633,00																			
2632,00																			
2631,00																			
2630,00																			
2629,00																			
2628,00																			
2627,00																			
2626,00																			
2625,00																			
2624,00																			
2623,00																			
2622,00																			
2621,00																			
2620,00																			
2619,00																			
2618,00																			
2617,00																			
2616,00																			
2615,00																			
2614,00																			
2613,00																			
2612,00																			
2611,00																			
2610,00																			
2609,00																			
2608,00																			
2607,00																			
2606,00																			
2605,00																			
2604,00																			
2603,00																			
2602,00																			
2601,00																			
2600,00																			



2 Ensayo SPT  
 3 Tubo Shelby  
 4 Muestra en Bloque (Fozo más cercano)

**REGISTRO DE SONDEO**

PROYECTO: CARRTERA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO - RUTA SUR  
LOCALIZACIÓN: INTERCAMBIADOR AUQUITAS 0-540 SB

FECHA: Febrero - 2011

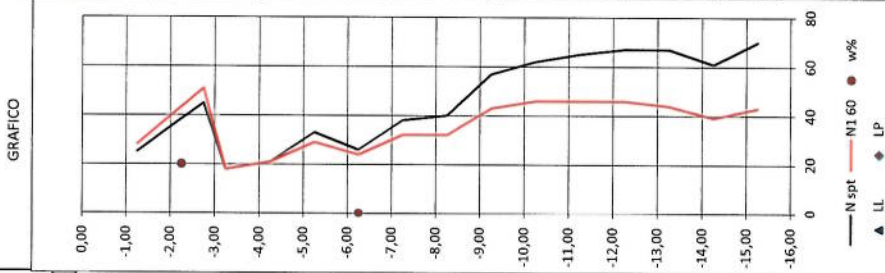
PERFORADOR:



DETALLE	CIMENTACIONES
ABSCISA	0-780
NORTE	ESTE

SONDEO:	PIA-6
COTA:	2.639,00
N.F.:	No detecta

Prof (m)	N.F.	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PERFIL	N SPT	N160	GRAVA	ARENA	FINOS	w%	LL	IP	SUCS	qu	Y	c	Φ	E			
0,00																					
2639,00																					
1,00		1	Limo arenoso café oscuro, húmedo, consistencia media a alta		25	28	0	25	75	20,0	NP	NP	ML	1,65	0,79						
2,00		2	Limo arenoso café oscuro, húmedo, consistencia alta a muy alta		45	51															
3,00		3	Limo arenoso café oscuro, húmedo, consistencia media		18	18															
4,00		4	Arena limosa con pomez, café claro, húmeda, consistencia media		21	21															
5,00		5	Arena limosa con pomez, café claro, húmeda, consistencia media		33	29															
6,00		6	Arena limosa con pomez, café claro, húmeda, consistencia alta		26	24															
7,00		7	Arena limosa con pomez, café claro, húmeda, consistencia alta		38	32															
8,00		8	Limo arenoso café oscuro, húmedo, consistencia muy alta (cementado)		40	32															
9,00		9			57	43															
10,00		10			62	46															
11,00		11			65	46															
12,00		12			67	46															
13,00		13	Arena limosa (lápili?), color blanco gris, poco húmeda, muy compacta		67	44															
14,00		14	Limo arenoso café oscuro, húmedo, consistencia muy alta (cementado)		61	39															
15,00		15			70	43															



Fin del sondeo a 15.5 m  
Ensayo SPT  
Tubo Shelby  
Muestra en Bloque (Pozo más cercano)

## INTERCAMBIADOR AUQUITAS - PASO INFERIOR

### CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA - SUELOS ARENOSOS

#### PASO DEPRIMIDO (INFERIOR)

AASHTO LRFD - 2010

Cálculo de  $q_{ad}$

Pozo No.	$N'_{60}$	$CW_v$	$CW_q$	Df m	B m	$q_{ult}$ ton/m <sup>2</sup>	$q_{adm}$ ton/m <sup>2</sup>
P-1	30,0	1,0	1,0	1,0	4,20	118,86	53,49
$\mu$ (LRFD) =							0,45

Asentamiento

Módulo elástico	Es	ton/m <sup>2</sup>	Es (ton/m <sup>2</sup> )
Módulo de Poisson	$\mu$	0,3	40 $N'_{60}$
	$(1 - \mu)^2$	0,91	
Coefficiente de Forma	$\beta_z$	1,24	70 $N'_{60}$
Presión de Contacto	q	20,00	
Ancho de la zapata	B	4,20	100 $N'_{60}$
Asentamiento	S	20,5	110 $N'_{60}$
Asentamiento diferencial	S dif	14,4	

Dw	$CW_v$	$CW_q$
0	0,5	0,5
Df	0,5	1,0
>1,5 B + Df	1,0	1,0

L/B	$\beta_z$ flexible	$\beta_z$ rígida
circular	1,04	1,13
1	1,06	1,08
2	1,09	1,1
3	1,13	1,15
5	1,22	1,24
10	1,41	1,41

## INTERCAMBIADOR AUQUITAS - PASO SUPERIOR (PS1)

### CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA - SUELOS ARENOSOS

PASO SUPERIOR  
AASHTO LRFD - 2010

Cálculo de  $q_{ad}$

Pozo No.	$N'_{60}$	$CW_y$	$CW_q$	Df m	B m	$q_{ult}$ ton/m <sup>2</sup>	$q_{adm}$ ton/m <sup>2</sup>
P-1	39,0	1,0	1,0	1,0	5,00	149,76	67,39
$\mu$ (LRFD) =							0,45

Asentamiento

Módulo elástico	Es	3900	ton/m <sup>2</sup>	Suelo	Es (ton/m <sup>2</sup> )
Módulo de Poisson	$\mu$	0,3	adim	Limos, arenas limosas, suelos ligeramente cohesivos	40 $N'_{60}$
Coefficiente de Forma	$\beta_z$	0,91	adim	Arenas limpias finas a medias, arenas limosas	70 $N'_{60}$
Presión de Contacto	q	15,00	ton/m <sup>2</sup>	Arenas gruesas o con poca grava	100 $N'_{60}$
Ancho de la zapata	B	5,00	ton/m <sup>2</sup>	Arenas con grava y gravas	110 $N'_{60}$
Asentamiento	S	14,1	mm		
Asentamiento diferencial	S dif	9,9	mm		

Dw	$CW_y$	$CW_q$
0	0,5	0,5
Df	0,5	1,0
>1,5 B + Df	1,0	1,0

L/B	$\beta_z$ flexible	$\beta_z$ rígida
circular	1,04	1,13
1	1,06	1,08
2	1,09	1,1
3	1,13	1,15
5	1,22	1,24
10	1,41	1,41



**MURO DE SOSTENIMIENTO  
ABSCISA 0+320**

**RUTA SUR - MURO 0+320  
SOPORTE DE EXCAVACIÓN - DEFINITIVO**

**DISEÑO DE ANCLAJES - MURO DE SOSTENIMIENTO - PERFORACIONES 4 PULGADAS**

**A: RESISTENCIA DEL REFUERZO, 2 torones 5/8"**

D (cm)	1,59	Resistencia Cable	18,900	Kg/cm2	18,90	ton/cm2
Area Util (2 toros)	3,96	cm2	T max	74,78	74,78	Ton
Tensado al 75%	56,09	ton	FS = 0,65	48,61	48,61	ton

**B: ADHERENCIA REFUERZO - LECHADA**

Esfuerzo de adherencia	9,64	Kg/cm2
Perimetro del cable	9,97	cm
Esfuerzo admisible/m	9,61	ton
Longitud mín. empotram.	5,06	m
<b>Longitud mín. adoptada</b>	<b>6,00</b>	<b>m</b>

**C: ADHERENCIA SUELO - LECHADA DE INYECCIÓN**

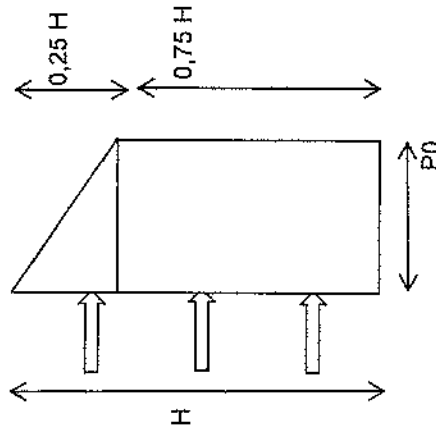
FILA No.	DE m	A m	Ph/m ton/m	L m	espac. m	Fh ton	FS Nu/Fh	I m	z m	c ton/m2	fi grados	AI m2	Ov ton/m2	S fricc ton/m2	S tot ton/m2	Nu ton	FS	
<b>NIVEL 1: COTA DE LA BOCA = -1,5</b>																		
1	0,00	-3,00	14,04	20,00	3,00	42,12	1,31	11,30	5,09	8,00	42,00	3,55	8,39	7,56	15,56	55,23	1,31	
<b>NIVEL 2: COTA DE LA BOCA = -4,5</b>																		
2	-3,00	-6,00	14,04	18,00	3,00	42,12	1,43	9,80	7,78	8,00	42,00	3,08	12,83	11,55	19,55	60,19	1,43	
<b>NIVEL 3: COTA DE LA BOCA = -7,5</b>																		
3	-6,00	-9,00	14,04	15,00	3,00	42,12	1,55	7,50	13,31	8,00	42,00	2,36	21,97	19,78	27,78	65,45	1,55	
<b>NIVEL 4: COTA DE LA BOCA = -10,5</b>																		
4	-9,00	-12,00	14,04	13,00	3,00	42,12	1,42	6,00	16,00	8,00	42,00	1,88	26,40	23,77	31,77	59,89	1,42	
<b>NIVEL 5: COTA DE LA BOCA = -13,5</b>																		
5	-12,00	-15,00	14,04	11,60	3,00	42,12	1,60	6,00	18,65	8,00	42,00	1,88	30,77	27,71	35,71	67,31	1,60	
<b>NIVEL 6: COTA DE LA BOCA = -16,5</b>																		
6	-15,00	-18,00	14,04	10,00	3,00	42,12	1,77	6,00	21,25	8,00	42,00	1,88	35,06	31,57	39,57	74,59	1,77	
<b>NIVEL 7: COTA DE LA BOCA = -20</b>																		
7	-18,00	-22,00	18,72	8,00	2,50	46,80	1,59	6,00	21,25	8,00	42,00	1,88	35,06	31,57	39,57	74,59	1,59	

**RUTA SUR - MURO 0+320**  
**PANTALLA ANCLADA DE SOPORTE**

**CÁLCULO DE EMPUJES**

**Diagrama de Presiones según AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (2007)**  
 (Fórmulas según Budhu- 2008)

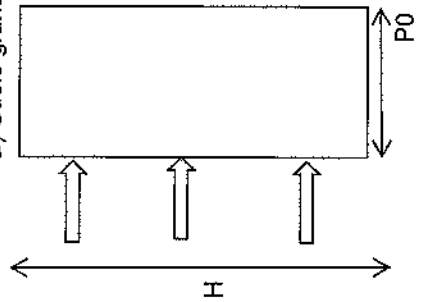
A2) Suelos cohesivos  $x > 4$



**MUROS SUR**

SUELO COHESIVO			
Cohesión ton/m <sup>2</sup>	8,00	Su =	34,19
Densidad $\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> )	1,70	m =	1,00
H m	22,00	$\gamma H - m su$	3,21
$x = \gamma H / su$	4,68		
P0 ton/m <sup>2</sup>	3,21		

B) Suelo granular



SUELO GRANULAR	
Fricción $\phi$	42,00
Densidad $\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> )	1,65
H m	22,00
$\tan^2 (45 - \phi/2)$	0,19823
P0 ton/m <sup>2</sup>	4,68

**ADOPTADO**

**4,68 ton/m<sup>2</sup>**

# RUTA SUR - MURO 0+320

## PRESIONES DE DISEÑO

MURO H = 22.00m DEFINITIVO

Z	COTA	ph	Ph	Otras	Fh (c/m)
0,00	0,00	4,68			
-3,00	-3,00	4,68	14,04	0,00	14,04
-3,00	-3,00	4,68			
-6,00	-6,00	4,68	14,04	0,00	14,04
-6,00	-6,00	4,68			
-9,00	-9,00	4,68	14,04	0,00	14,04
-9,00	-9,00	4,68			
-12,00	-12,00	4,68	14,04	0,00	14,04
-12,00	-12,00	4,68			
-15,00	-15,00	4,68	14,04	0,00	14,04
-15,00	-15,00	4,68			
-18,00	-18,00	4,68	14,04	0,00	14,04
-18,00	-18,00	4,68			
-22,00	-22,00	4,68	18,72	0,00	18,72





**FERROCARRIL  
ABSCISA 0+376**



## PASO SUPERIOR FERROCARRIL 0+376

Corrección de N en el Ensayo de Penetración Estándar  
Das, 2007, AASHTO LRFD, 2010 5ta Ed.

Z m	p0 * ton/m2	C <sub>N</sub>			η <sub>H/60</sub>	η <sub>B</sub>	η <sub>S</sub>	η <sub>R</sub>	N <sub>SPT</sub> ENSAYO SONDEO:			N <sub>160</sub> SONDEO:		
		P-1	P-2	P-3					P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3
1,25	2,13	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	0,75	15	15	15	17	17	17	
2,25	3,83	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	0,75	16	12	12	18	14	14	
3,25	5,53	1,33	1,33	1,33	1,00	1,00	0,75	24	30	30	24	30	30	
4,25	7,23	1,16	1,16	1,16	1,00	1,00	0,85	24	19	19	24	19	19	
5,25	8,93	1,05	1,05	1,05	1,00	1,00	0,85	41	52	52	36	46	46	
6,25	10,63	0,96	0,96	0,96	1,00	1,00	0,95	48	34	34	44	31	31	
7,25	12,33	0,89	0,89	0,89	1,00	1,00	0,95	60	39	39	51	33	33	
8,25	14,03	0,83	0,83	0,83	1,00	1,00	0,95	60	46	46	48	36	36	
8,75	14,88	0,81	0,81	0,81	1,00	1,00	0,95	60	60	60	46	46	46	

η<sub>H</sub> = 60 PARA MARTILLO DE SEGURIDAD

η<sub>H</sub> = 45 PARA MARTILLO COMÚN

η<sub>B</sub> = 1,00 PARA POZOS 2,5" a 5"

η<sub>B</sub> = 1,05 PARA POZOS 6"

η<sub>B</sub> = 1,15 PARA POZOS 8"

η<sub>S</sub> = 1,00 TUBO PARTIDO COMÚN

**PARA TUBO PARTIDO CON LINER:**

η<sub>S</sub> = 0,80 ARENA DENSA O ARCILLA

η<sub>S</sub> = 0,90 ARENA SUELTA

η<sub>R</sub> = 0,75 - L DEL VARILLAJE < 4 m

η<sub>R</sub> = 0,85 - L DEL VARILLAJE 4 A 6 m

η<sub>R</sub> = 0,95 - L DEL VARILLAJE 6 A 10 m

η<sub>R</sub> = 1,00 - L DEL VARILLAJE > 10 m

NOTA: Use con precaución si L > 10 m

**REGISTRO DE SONDEO**

PROYECTO: CARRETERA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO - RUTA SUR  
LOCALIZACIÓN: PASO SUPERIOR FERROCARRIL - 0-376

FECHA: Febrero - 2011  
PERFORADOR: GEOSUELOS CIA LTDA  
SUPERVISOR:

DETALLE  
ABSCISA NORTE ESTE  
CIMENTACIONES  
0-376  
ESTE

SONDEO: FFCC - P 1  
COTA: 2.633,50  
N.F.: No detecta

Prof (m)	N.F.	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PERFIL	N SPT	N <sub>60</sub>	GRAFICO						qu	Y	C	Φ	E	
							GRAVA	ARENA	FINOS	w%	LL	IP						SUCS
0,00																		
2633,50																		
1,00		1	Limo arenoso color café oscuro, consistencia media, poco húmedo		15	11												
2632,50																		
2,00		2	Limo arenoso color café oscuro, consistencia media a alta, poco húmedo		16	12												
2631,50																		
3,00		3	Limo arenoso color café oscuro, consistencia media a alta, poco húmedo		24	24												
2630,50																		
4,00		4	Limo arenoso color café oscuro, consistencia media a alta, poco húmedo		24	24												
2629,50																		
5,00		5	Limo arenoso color café oscuro, consistencia media a alta, poco húmedo		41	36												
2628,50																		
6,00		6	Limo arenoso color café oscuro, consistencia alta a muy alta (cementado), poco húmedo		48	44												
2627,50																		
7,00		7	Limo arenoso color café oscuro, consistencia alta a muy alta (cementado), poco húmedo		60	51												
2626,50																		
8,00		8	Limo arenoso color café oscuro, consistencia alta a muy alta (cementado), poco húmedo		60	48												
2625,50																		
9,00		9	Limo arenoso color café oscuro, consistencia alta a muy alta (cementado), poco húmedo		60	46												
2624,50																		
10,00			Fin del sondeo 9.0 m															
2623,50																		
11,00																		
2622,50																		
12,00																		
2621,50																		
13,00																		

2 Ensayo SPT  
2 Tubo Shelby  
1 Muestra en Bloque (Pozo más cercano)





### REGISTRO DE SONDEO

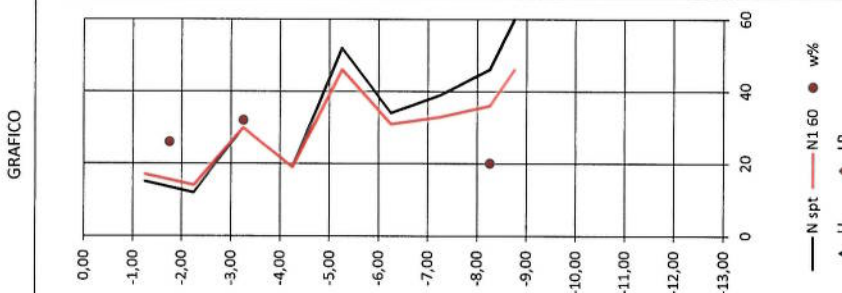
PROYECTO: CARRETERA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO - RUTA SUR  
LOCALIZACIÓN: PASO SUPERIOR FERROCARRIL - 0+376

SONDEO:	FFCC - P 2
COTA:	2.632,50
N. F.:	No detecta

DETALLE	CIMENTACIONES
ABSCISA	0+376
NORTE	ESTE

FECHA:	Febrero - 2011
PERFORADOR:	GEOSUELOS CIA LTDA
SUPERVISOR:	

Prof (m)	N. F.	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PERFIL	N SPT	N160	GRAVA	ARENA	FINOS	w%	LL	IP	SUCS	qu	Y	c	φ	E	
0,00																			
2832,50																			
1,00		1	Limo arenoso color café oscuro, consistencia media, poco húmedo		15	17	0	34	66	26,0	NP	NP	ML	1,63	0,84	24,7	150		
2,00		2			12	14													
2830,50																			
3,00		3	Limo arenoso color café oscuro, consistencia media a alta, húmedo		30	30	2	38	60	32,0	NP	NP	ML	1,56	0,66	31,2	125		
2829,50																			
4,00		4			19	19													
2828,50																			
5,00		5	Idem muy compacto		52	46													
2827,50																			
6,00		6	Limo arenoso color café oscuro, consistencia media a alta, poco húmedo		34	31													
2826,50																			
7,00		7			39	33													
2825,50																			
8,00		8	Idem cementado		46	36	0	34	64	20,0	NP	NP	ML						
2824,50																			
9,00		9	Fin del sondeo 9.0 m		60	46													
2823,50																			
10,00																			
2822,50																			
11,00																			
2821,50																			
12,00																			
2820,50																			
13,00																			



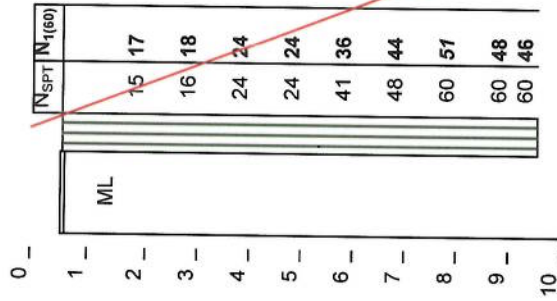
2 Ensayo SPT  
2 Tubo Shelby  
1 Muestra en Bloque (Pozo más cercano)



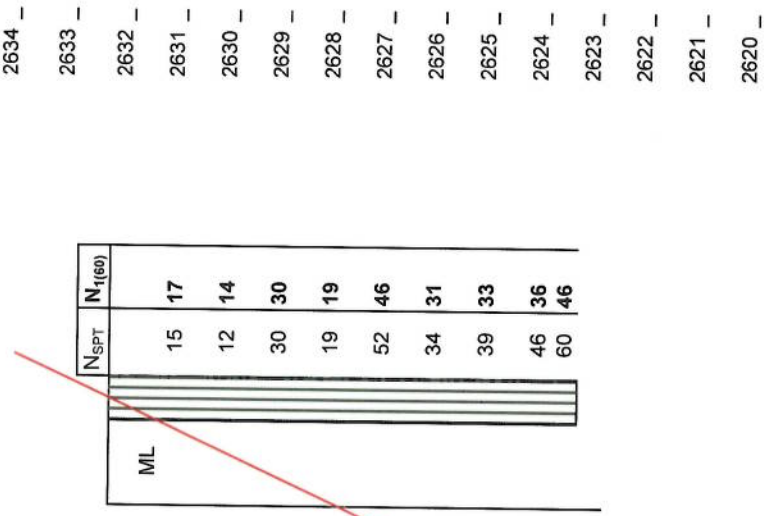
**PASO SUPERIOR FFCC 0+376**

**RESUMEN DE EXPLORACIÓN SUBTERRÁNEA**

**Prf. m SONDEO P-1**



**SONDEO P-3**



**COTA**