



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**Revisión y cambio al diseño geométrico de la prolongación de la  
Avenida Simón Bolívar al norte de la Ciudad de Quito**

**Marco Vinicio Guamán Loja**

**Patricio Arévalo Carrión, Ing. Civil, Director de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del Título de Ingeniero Civil

Quito, noviembre de 2014

**Universidad San Francisco de Quito**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Revisión y cambio al diseño geométrico de la prolongación de la  
Avenida Simón Bolívar al norte de la Ciudad de Quito**

Marco Vinicio Guamán Loja

Patricio Arévalo C., Ing. Civil  
Director de Tesis  
Miembro del Comité de Tesis

---

Miguel Andrés Guerra, M.Sc.  
Miembro del Comité de Tesis

---

Fernando Romo, M.Sc.  
Director del Departamento de Ing. Civil  
Miembro del Comité de Tesis

---

Ximena Córdova, Ph.D.  
Decana Escuela de Ingeniería  
Colegio de Ciencias e Ingeniería

---

Quito, noviembre de 2014

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: Marco Vinicio Guamán Loja

C. I.: 0302219597

Lugar: Quito, noviembre de 2014

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, a mi madre Dolores Loja por brindarme su apoyo incondicional a pesar de las adversidades, a mi esposa Lucía y mi hijo Josué quienes han sido una motivación para cumplir esta meta y principalmente dedico este trabajo a mi hermana Rosa Guamán y mi sobrino Erick por su gran apoyo infinito y confianza que hicieron posible la culminación de este objetivo.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios por darme la salud, la sabiduría y la confianza durante todo el proceso de la realización de este trabajo.

A mi hermana Rosa Guamán por su apoyo incondicional durante el transcurso de mi estudio.

A José Maldonado Córdova por todo su apoyo que hizo posible el ingresar a la USFQ, por sus sabios consejos que fueron la base fundamental para estudiar día a día con más ánimo.

A mi esposa Lucia y mi hijo Josué, quienes supieron ser fuertes durante todo el tiempo de mis estudios.

A TRAZADOS Cía. Ltda., por la facilidad brindada dentro de su establecimiento para la elaboración y culminación de esta labor.

Agradezco al Ing. Patricio Arévalo, mi director de tesis, por gran su ayuda y disposición de tiempo durante el proceso de clases y durante la ejecución de este trabajo.

De forma general, agradezco a todos los profesores de la USFQ quienes fueron pilar fundamental en mi formación académica durante los años de estudio.

Al programa de Diversidad Étnica, en especial al PhD. David Romo por sus consejos y por ayudarme tomando el papel de padre durante mi transcurso por la universidad.

## **RESUMEN**

En este trabajo se presenta el rediseño geométrico de la carretera denominada Tramo 1 de la prolongación de la Avenida Simón Bolívar al norte de la Ciudad de Quito. Dicho rediseño comprende análisis y aplicación de las posibles variantes a construirse en el campo de acuerdo a las diferentes necesidades tanto topográficas como sociales de manera que logre obtener un rediseño eficiente, es decir, cumplir con todos los requisitos y leyes que hacen referencia sobre el diseño vial vigente en Ecuador. De acuerdo a los resultados obtenidos del nuevo diseño, se tuvo una comparación de las cantidades de movimiento de tierras de acuerdo a las condiciones propuestas con el diseño original y de la fiscalización. Finalmente, se tuvo un costo total aproximado para la ejecución del proyecto con nuevas propuestas.

## **ABSTRACT**

This work shows the geometric redesign of the road called “Tramo 1” of the extension of Simon Bolivar Avenue at north of the Quito city. This redesign includes analysis and application of possible variants to be built according to the needs both topographical as socials to obtain an efficient design, i.e. to meet all the requirements and laws that relate to the road design in Ecuador. According to the results of the redesign, was obtained a comparison of the quantities of earthworks according to the proposed conditions with the original design and the audit. Finally, was obtained an approximate total cost for the construction of the project with new proposals.

## TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	7
Abstract.....	8
<b>CAPITULO 1: INTRODUCCION Y GENERALIDADES DEL PROYECTO.....</b>	<b>13</b>
Introducción .....	13
Antecedentes .....	14
Justificación .....	17
Objetivos.....	18
Objetivo General .....	18
Objetivos Especificos.....	18
<b>CAPITULO 2: DESCRIPCION DEL PROYECTO .....</b>	<b>19</b>
Descripción de la zona .....	19
Ubicación geográfica.....	19
Cartografía existente y relieve.....	24
<b>CAPITULO 3: REVISION Y ANALISIS DEL ESTUDIO DE TRÁFICO, Y TPDA .</b>	<b>25</b>
Zonificación y Características del Área de Estudio.....	26
Trabajos de Campo.....	28
Encuesta de Origen y Destino .....	29
Sitio de Encuesta .....	30
Conteos de Tráfico Automáticos.....	31
<b>VERIFICACION DE TRABAJOS DE OFICINA en cuanto a los datos de TRÁFICO vehicular .....</b>	<b>35</b>
Análisis de la determinación del TPDA del Año 2010.....	35
Cálculo de TPDA de la Autopista Manuel Córdova Galarza (Tramo Quito – Pomasqui).....	36
Cálculo de TPDA en la Autopista Manuel Córdova Galarza (Tramo Pomasqui – San Antonio) .....	38
Cálculo TPDA en la Autopista Manuel Córdova Galarza (San Antonio – La Marca).....	40
<b>RESUMEN DEL NUMERO DE VEHICULOS OBTENIDOS PARA LA OBTENCION DEL TPDA PARA EL AÑO 2030 .....</b>	<b>42</b>
Cálculo TPDA Intersección Panamericana Norte-Av. Simón Bolívar.....	44
<b>CAPITULO 4: CLASIFICACION DE VIAS Y REDIMENCIONAMIENTO.....</b>	<b>47</b>
Calculo de tangentes mínimas entre curvas .....	51

Resumen de los elementos de curvas horizontales circulares y espirales .....	53
Revision y rediseño del trazado de las curvas verticales .....	61
Rediseño de curvas verticales .....	62
Revision y rediseño de la seccion transversal tipica de la via .....	67
<b>CAPITULO 5: CALCULO DE VOLUMENES Y ANALISIS DE COSTOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>76</b>
Volumenes .....	76
Análisis de costos y preparación de una oferta aproximada.....	85
<b>CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>87</b>
Conclusiones .....	87
Recomendaciones .....	88
Referencias.....	90
<b>ANEXOS .....</b>	<b>90</b>
Anexo 1: Diseño En Horizontal y Vertical por ASTEC Cía. Ltda. (3 planos) .....	90
Anexo 2: Rediseño Horizontal y Vertical por TRAZADOS Cía. Ltda. (4 planos) ....	90
Anexo 3: Rediseño Horizontal y Vertical por Marco Guamán (Tesis). (5 planos) ....	90

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicaciones geográficas de los tramos 2 y 3 .....	21
Tabla 3. 1: TPDA Av. Manuel Córdova Galarza tramo Quito – Pomasqui, en dos sentidos .....	37
Tabla 3. 2: TPDA Av. Manuel Córdova Galarza tramo Pomasqui – San Antonio, en los dos sentidos .....	39
Tabla 3. 3: TPDA Av. Manuel Córdova Galarza tramo San Antonio – La Marca, en los dos sentidos .....	41
Tabla 3. 4: TPDA Av. Manuel Córdova Galarza los tres tramos .....	43
Tabla 3. 5: TPDA en la Intersección Panamericana Norte – Avenida Simón Bolívar... ..	45
Tabla 3. 6: TPDA 2010 en vehículos por día. ....	46
Tabla 4. 1: Tasa de crecimiento automotor .....	48
Tabla 4. 2: Normas de diseño geométrico .....	50
Tabla 4. 3: Normas de diseño geométrico .....	51
Tabla 4. 4: Tabla para la obtención de las tangentes mínimas entre curvas.....	52
Tabla 4. 5: Resumen de las curvas horizontales circulares izquierdas y derechas .....	56
Tabla 4. 6: Longitudes mínimas de las espirales de acuerdo a la velocidad de diseño. .	58
Tabla 4. 7: Resumen de curvas horizontales espiral.....	60
Tabla 4. 8: Cálculo de la constante k para curva convexa (CREST).....	64
Tabla 4. 9: Datos de k para las curvas cóncavas (SAG).....	65
Tabla 4. 10: resumen de curvas verticales .....	67
Tabla 4. 11: Gradientes de espaldones .....	70
Tabla 4. 12: Gradientes transversales o bombeo .....	71
Tabla 4. 13: Velocidad del agua con la que se erosionan los diferentes materiales.....	72
Tabla 4. 14: Velocidad del agua con la que se erosionan los diferentes materiales.....	72
Tabla 4. 15: Coeficiente de rugosidad para diferentes tipos de recubrimientos.....	73
Tabla 5. 1: resultado de volumen del tramo 1 del diseño original.....	79
Tabla 5. 2: resultado de volumen del tramo 1 con rediseños por TRZADOS Cía. Ltda.	81
Tabla 5. 3: resultado de volumen del tramo 1 con variantes propuestas .....	83

## INDICE DE FIGURAS

Imagen Google Earth 1: Proyecto horizontal - Corredor Nor-oriental (Color azul = Tramo1, Color Rojo = Tramo 2, Color Verde = Tramo 3).....	23
Figura 3. 1: Zonificación del área de estudio	27
Figura 3. 2: explicación de las zonas afectadas por el proyecto.....	28
Figura 3. 3: Localización de sitios de investigación de OD (Origen y Destino) del tráfico y localización del proyecto.....	30
Figura 3. 4: Formulario de las encuestas de origen y destino .....	31
Figura 3. 5: Puntos de investigación del tráfico .....	34
Figura 3. 6: Variación Horaria del tráfico tramo Quito – Pomasqui.....	38
Figura 3. 7: TPDA Av. Manuel Córdova Galarza tramo Pomasqui - San Antonio .....	40
Figura 3. 8: Variación horaria de tráfico en el tramo San Antonio – La Marca.....	42
Figura 3. 9: TPDA para diferentes tramos de la Autopista Manuel Córdova Galarza .....	43
Figura 4. 1: Elementos de una curva horizontal circular.....	53
Figura 4. 2: Elementos de una curva horizontal espiral.....	57
Figura 4. 3: Curva convexa (CREST) .....	63
Figura 4. 4: Curva cóncava (SAG) .....	65
Figura 4. 5: Sección transversal original de la vía.....	68
Figura 4. 6: Sección transversal modificada de la vía .....	69
Figura 4. 7: Sección transversal de la cuneta.....	74
Figura 4. 8: Sección transversal de la cuneta izquierda.....	74
Figura 4. 9: Sección Transversal Típica propuesta.....	75
Gráfico 5. 1: diagrama de distribución del movimiento de tierras del diseño original .....	80
Gráfico 5. 2: diagrama de movimiento de tierras del rediseño por la fiscalización .....	82
Gráfico 5. 3: diagrama de movimiento de tierras del rediseño.....	84
Gráfico 5. 4: diagrama de comparación de costos.....	85

## **CAPITULO 1: INTRODUCCION Y GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **INTRODUCCION**

Desde épocas anteriores, las vías han representado un beneficio social y económico para las regiones, ya que mejoran la calidad de vida de los habitantes, por tanto, se constituyen en un elemento importante de desarrollo de la población.

La ciudad de Quito, que está ubicado al norte de la provincia de Pichincha, es una ciudad que posee relieve muy irregular encerrada entre montañas, con numerosos rellenos y expandible entre valles, la misma que ha significado uno de los factores muy importantes en el retraso del desarrollo de la infraestructura vial que permita un movimiento rápido y seguro del tránsito entre los diferentes sectores de la ciudad.

En la actualidad, debido al gran aumento que se ha dado en el parque automotriz de todo el país, ciertas zonas siguen congestionadas de tráfico dando como resultado problemas tanto económico como ambiental, y a pesar de las diferentes medidas como el “pico y placa” y similares en la Ciudad de Quito, el problema de la lenta movilidad no para, puesto que muchos de los usuarios han optado en adquirir más de un vehículo por familia a pesar del costo que esto involucra para de esta manera evitarse de la medida antes mencionada, ocasionando factores negativos como el aumento de los gases contaminantes tales como el CO<sub>2</sub> que afecta directamente de forma dañina al medio ambiente y a la población.

Por esta y muchas otras razones, el presente proyecto (Tramo 1: Prolongación de la Avenida Simón Bolívar Carapungo-Tajamar-Maresa) tiene como fin, el de realizar la verificación y cambio uno de los aspectos más importantes del diseño de una vía de primer orden como: diseño geométrico tanto horizontal como vertical, cálculo de volúmenes y costos que involucra la misma para de esta manera dar una solución al problema de

movilidad al norte de la ciudad de Quito mediante el análisis y aplicación de las normas de diseños viales vigentes del país y aplicando el diseño de acuerdo a los requerimientos del terreno por donde va a pasar el proyecto.

Cabe recalcar que la canalización permitirá integrarse desde esta autovía (Tramo 1) hacia la autopista Manuel Córdova Galarza permitiendo así una conexión directa del tráfico, evitándose el cruce con la población de Pomasqui, cruce que actualmente se encuentra muy congestionado, es decir, el tráfico que viene de Quito y se dirige hacia la Costa y viceversa se movilizaría sin tener que ingresar a la población de Pomasqui.

De acuerdo a los estudios que se mencionará más adelante como la demanda, el TPDA, etc., el proyecto corresponde a una velocidad de diseño de 80 km/h; sin embargo existen pequeños tramos en los cuales la pendiente longitudinal restringe la velocidad de circulación a 60 km/h y finalmente, también se considera la construcción de un puente de aproximadamente 200 m sobre el río Monjas que formará parte de la autovía del tramo 1.

## **ANTECEDENTES**

La autopista Manuel Córdova Galarza es uno de los conectores urbanos de la Ciudad de Quito muy importante para la movilidad de los usuarios, ya que constituye la conexión con la red vial principal que une Quito con el Nor-Occidente del país. Esta autopista nace en el redondel de los adolescentes (sector El Condado) y termina en la población de San Antonio, está compuesta por cuatro carriles de flujo continuo y posee 19.50 metros de ancho.

La autopista atraviesa asentamientos poblacionales de gran valor cultural, histórico y social. Se puede encontrar en su recorrido, el Parque de los Adolescentes (El Condado) en el kilómetro 0; la ciudadela de Pusuquí (kilómetro 5), donde se levanta el cuartel de

Policía y el complejo de Parcayacu (antigua casa de la Selección); la población de Pomasqui (kilómetro 6) el Cemexpo (Centro de Exposiciones y eventos nacionales e internacionales) y la parroquia de San Antonio de Pichincha (kilómetro 12) que posee grandes lugares turísticos que van desde museos, iglesias hasta balnearios, siendo la población que alberga al monumento de la “Mitad del Mundo” dando como resultado el inmenso valor turístico de la zona. Si se prosigue hacia el noroccidente se encuentra Calacalí, población satélite que limita y marca el cierre de la periferia de Quito, la salida y el ingreso y la conexión con la red arterial interprovincial del norte del país.

De esta manera, el siguiente proyecto denominado “Revisión y cambio al diseño geométrico de la ampliación de la Avenida Simón Bolívar al norte de la Ciudad de Quito”, es una verificación al diseño geométrico original del tramo 1 que ha sido realizados por ASTEC Cía. Ltda., en el año 2010 y el planteamiento de mejores y eficientes diseños de acuerdo a las necesidades del terreno u otro problema a resolver de manera que una vez terminada la construcción, sea amigable con el medio ambiente y que la vía pueda brindar mejores condiciones de movilidad a los usuarios del sistema vial del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) y de acuerdo a los lineamientos estratégicos de planificación y desarrollo del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ).

Actualmente, en la avenida Manuel Córdova Galarza el MTOP se encuentra realizando mejoras de alcantarillado y la repavimentación, dando como resultado molestias al momento de circular por la autovía. Según el artículo tomado de “El Comercio” del día Jueves 5 de Junio de 2014, menciona que “circular de lunes a viernes a las 7:30 am desde la Escuela Superior de Policía en Pusuquí hasta el redondel de “El Condado”, toma 40 minutos, cuando fuera de la hora pico se demora 15 minutos” (El Comercio, 2014); sin embargo, puesto que la Mitad del Mundo es un lugar turístico, Nanegalito tiene sus

balnearios, y otros lugares como Mindo y Los Bancos también tienen sus atracciones como deportes extremos, en los días no laborables la avenida se colapsa aún más, tal es el caso que en los días Domingos existen filas muy largas de vehículos porque según El Comercio, cerca de 3000 personas acuden a los lugares anteriormente mencionados. De esta manera, según Evelyn Jácome (Redactora de El Comercio), menciona que la vía soporta 50000 vehículos actualmente.

De acuerdo a las cifras facilitados por la Junta Parroquial a El Comercio, en los últimos años ha existido un aumento de la densidad poblacional en el sector de la Mitad del Mundo, ya que en el 2001 se registraba 19000 pobladores que actualmente llegan a los 60000. Además, “en las parroquias, barrios y conjuntos ubicados a lo largo de la avenida Córdova Galarza viven cerca de 90000 personas” (El Comercio, 2014).

Para tratar de solucionar los problemas antes mencionados, se tiene planificado construir vías que permitan descongestionar sectores críticos como Carapungo, Carcelén, El Condado, Pomasqui, San Antonio de Pichincha, entre otros, para de esta manera proporcionar una rápida fluidez y seguridad a los usuarios, elevando los estándares de vida de las mismas. Por tales razones, el presente proyecto constituye un elemento fundamental para el desarrollo Nor-Oriental del DMQ, el mismo que facilitará el desplazamiento de los usuarios a través de una vía alterna a la Autopista Manuel Córdova Galarza mediante la construcción de tres tramos de autopistas con una longitud total de aproximadamente de 21.7 km, así como la incorporación de nuevos asentamientos poblacionales en la movilidad del Distrito.

## **JUSTIFICACION**

Los estudios presentados por ASTEC Cía. Ltda., en el año 2011 de acuerdo a la cantidad de vehículos existentes, dan como resultado la necesidad de la realización del proyecto denominado “Corredor Vial Nor-Oriental, Prolongación de la Avenida Simón Bolívar”. Cabe recalcar que por las orografías del terreno, los aspectos legales de las expropiaciones y otros problemas relacionados, no permiten mantenerse dentro de la norma de diseño de carreteras y realizar un trazado horizontal eficiente, de esta manera, una vez que empieza la construcción a finales de 2013, y, una vez firmada el contrato de la “Fiscalización de la Construcción de la Prolongación de la Avenida Simón Bolívar (Corredor Vial Nor-oriental) del Distrito Metropolitano de Quito” con TRAZADOS Cía. Ltda., y la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMOP) se ve la necesidad de realizar cambios al diseño original a medida que avanza las obras de acuerdo a los requerimientos de la topografía, sectores a expropiar, etc., y así para obtener un costo menor del proyecto.

La masiva congestión que existe en la actualidad, ocasiona pérdidas de tiempo y dinero que al mismo tiempo que ocasiona un aumento en las emisiones de gases y ruidos descontrolados que afecta no solo al medio ambiente sino también a los moradores de los sectores que ha sido por mucho tiempo una molestia. De esta manera, la incorporación de una autovía alterna a las existentes, ayudaría enormemente para disminuir los problemas de congestión vehicular y contaminaciones antes mencionados.

Otra de las importancias del proyecto es que socorrería considerablemente al aumento del turismo hacia la Mitad del Mundo y balnearios existentes por el sector mediante la unión de otros tramos de carreteras de primer orden a construirse, así

disminuyendo el tiempo de viaje facilitando el tiempo de llegada y el retorno dando como un resultado positivo en la mejora de la calidad de vida de la población circundante.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

El objetivo principal del proyecto es el de realizar una revisión minuciosa de los estudios originales realizados por ASTEC Cía. Ltda., en el año 2010 y realizar todas las variantes posibles en el diseño geométrico mediante la utilización de un software que se adapte a la misma logrando un diseño eficiente y así obtener un costo aproximado del mismo para disminuir la congestión en sectores críticos al norte de la ciudad de Quito

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✚ Obtener todos los datos de campo necesarios que faciliten de una manera clara la elaboración del proyecto.
- ✚ Buscar un software que se adapte a las necesidades propuestas para la realización del proyecto en especial para el cálculo de volúmenes en cuanto a los movimientos de tierras del Tramo 1.
- ✚ Examinar el diseño geométrico original de la vía que corresponde al tramo 1 y analizar ventajas y desventajas para aplicar las posibles variantes para un diseño eficiente.
- ✚ Examinar y modificar el presupuesto necesario para el proyecto de tramo 1 con cantidades obtenidas del rediseño geométrico horizontal, vertical y sección transversal típica.

## **CAPITULO 2: DESCRPCION DEL PROYECTO**

### **DESCRIPCIÓN DE LA ZONA**

#### **UBICACIÓN GEOGRAFICA**

Las coordenadas utilizadas para la ejecución de este proyecto son las que cumplen con la Ordenanza Metropolitana N° 0225 del Consejo Metropolitano de Quito la misma que es el Sistema de Referencia Espacial del Distrito Metropolitano de Quito (SIRES–DMQ) o simplemente llamada “Coordenadas Quito” para este proyecto. Cabe recalcar que para esto se tuvo que realizar una comprobación mediante una ayuda brindada por el Instituto Geográfico Militar (IGM) quienes facilitaron un software ejecutable para la transformación y comprobación de las coordenadas WGS84 a coordenadas Quito.

De acuerdo a la Ordenanza N° 0225, el SIRES-DMQ adopta como Datum Horizontal el Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS84) y como Datum Vertical el Sistema de Alturas con respecto al nivel medio del mar, en la Estación Mareográfica de la Libertad, Provincia del Guayas.

De acuerdo a los estudios realizados por ASTEC Cía. Ltda., la ubicación del proyecto denominado tramo 1 de la Prolongación de la Avenida Simón Bolívar (**Carapungo – Tajamar - Maresa**) se encuentra ubicado en el sector norte de la provincia de Pichincha y se desarrolla entre las siguientes coordenadas Quito.

Al inicio del proyecto del tramo 1 en el sector del intercambiador de Carapungo se tiene las siguientes coordenadas.

**SUR:** 99877903.60

**ESTE:** 504629.60

Así mismo, en el sector de Tajamar las coordenadas Quito son las siguientes.

**SUR:** 9992245.58

**ESTE:** 505249.37

En el sector de LDU (Liga Deportiva Universitaria) se tiene así mismo.

**SUR:** 9997411.86

**ESTE:** 506929.05

Finalmente en el sector de Maresa, al final del proyecto se tiene las siguientes coordenadas.

**SUR:** 9997965.69

**ESTE:** 505290.12

Uno de los datos muy importantes a mencionar es que en la topografía, las coordenadas únicamente son conocidas como NORTE y ESTE por facilidad de trabajo.

De esta manera, el kilómetro 0+000 se encuentra ubicada en la intersección de la Avenida Simón Bolívar y la Panamericana Norte, sus dos primeros kilómetros se desarrollan con dirección noreste por la franja del derecho de vía que corresponde a la Autopista Perimetral de Quito.

Luego desciende con dirección nor-este muy próximo al barrio Santo Domingo y continúa por la margen izquierda de dicha quebrada cruzando mediante un relleno de gran magnitud, seguidamente cruza la urbanización Mastodontes por los terrenos urbanizados no habitados que colindan con el borde de la quebrada, luego cruza nuevamente la quebrada Santo Domingo con otro relleno, a continuación cruza la urbanización Tajamar

aproximadamente desde el km 5+000 al km 6+200 (variará de acuerdo al nuevo diseño de abscisado).

Desde el km 6+200 aproximadamente hasta el km 11+000, el proyecto usa el camino existente, el mismo que permite realizar ampliaciones sin tener que afectar a las construcciones existentes que ayuda a la reducción de costos para la elaboración del presupuesto, salvo en el tramo km 6+500 – km 7+000 que necesariamente se tiene que afectar a ciertas construcciones que están pegadas a la vía actual; sin embargo, en el rediseño horizontal del mismo, se intentará a mover el eje para afectar en lo mínimo.

El proyecto luego se desarrolla con dirección nor-oeste por una calle existente de un ancho promedio de 10 m (avenida de los pájaros), la misma que es afectada por la ampliación. El eje de la vía va centrado a esta calle, cruza el río Monjas por medio de un puente de 200 metros y finaliza en la autopista Manuel Córdova Galarza, sitio en donde es necesario el diseño y construcción de un distribuidor de tráfico (redondel).

Puesto que el proyecto total consta de tres tramos, en la siguiente tabla se presentan las coordenadas de los dos tramos en el km 0+000 de los mismos.

**Tabla 1:** Ubicaciones geográficas de los tramos 2 y 3

Tramo	Nombre	Km	Longitud	Latitud
Tramo 2	Escuela de Policía	2.73 (Eje Izq.)	S 9991997.07	E 502974.06
Tramo 3	La Marca	6.92	N 10000363.81	E 504170.84

El Tramo 2 (**Acceso Tajamar –Pusuquí**), permite la conexión de la autopista Manuel Córdova Galarza con la nueva autovía Carapungo – Maresa permitiendo tener un acceso directo con la urbanización de Tajamar. Este tramo se inicia en el distribuidor de tráfico propuesto en la urbanización Tajamar, desarrollándose con dirección sur-oeste por

la margen izquierda del río Pusuquí hasta su empalme con la autopista Manuel Córdova Galarza junto a la entrada a la Escuela de Policía, sitio donde también se prevé la construcción un distribuidor de tráfico.

En su recorrido cruza el río Villorita (río Monjas) con un puente de 100 m de longitud (Puente Villorita). El terreno por el cual se desarrolla la vía se lo califica como montañoso, pero con variaciones en sus características.

Así mismo, el Tramo 3 (**San Antonio de Pichincha (LDU)-La Marca**), se inicia en el km 10+366 del tramo 1, cerca de la Urbanización de LDU. Se desarrolla con dirección Nor-este por el camino existente muy próximo a las minas ubicadas sobre el monte Catequilla, minas que actualmente están clausuradas después del sismo ocurrido el 12 de agosto del presente año. Luego toma la dirección Nor-oeste, cruza el río Monjas y se desarrolla por la avenida existente en la urbanización Rumicucho para finalmente empalmarse con la carretera San Antonio – Calacalí, próximo a la entrada a la urbanización La Marca. De acuerdo al proyecto original, este tramo también contará con un puente de gran magnitud (Puente Catequilla) para cruzar el Rio Monjas.

A continuación se presenta un bosquejo de todo el proyecto (los tres tramos) que se han descrito anteriormente.



**Imagen Google Earth 1:** Proyecto horizontal - Corredor Nor-oriental (Color azul = Tramo1, Color Rojo = Tramo 2, Color Verde = Tramo 3)

## **CARTOGRAFIA EXISTENTE Y RELIEVE**

La zona en estudio dispone de cartas topográficas editadas por el Instituto Geográfico Militar (IGM) a escalas 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 y 1:25.000, y se dispone de una restitución Aero fotogramétrica a escala 1:5.000. Tales documentos han sido restituidos en base a fotografías aéreas de diferentes fechas, las mismas que ha sido de gran ayuda para la ubicación grafica del todo proyecto. Así, y con los datos de campo disponibles, la realización del proyecto del tramo 1 es más eficiente, puesto que las variantes necesarias se acoplarán de mejor manera con lo realizado en la oficina y el replanteo en el campo.

Uno de los aspectos muy importantes a mencionar, es que en el tramo de estudio (tramo 1), existen ciertos tramos como en la abscisa 3+800 km que es necesario realizar una variante, ya que existe el problema de los taludes extremadamente grandes hacia adelante donde la cantidad de relleno supera en gran magnitud la cantidad de corte del mismo, dando como resultado un volumen neto negativo. De esta manera, la variante en este tramo será el de mover el eje hacia la izquierda en sentido de avance, de manera que se pueda evitar el relleno excesivo de la quebrada para obtener una cantidad de corte y relleno equilibrado.

Uno de los aspectos más importantes, es que la cartografía facilitada por el IGM ha ayudado en gran manera a las zonas de drenaje, es decir, para la determinación de las microcuencas de estudio y con ello proceder a la identificación y posterior recopilación de datos hidrométricos e hidrográficos de interés para el dimensionamiento de las obras de drenaje de arte menor.

### **CAPITULO 3: REVISION, ANALISIS DEL ESTUDIO DE TRÁFICO Y TPDA**

Los estudios de tráfico tienen como finalidad principal el dimensionar las vías de tal manera que estas puedan ser construidas de una manera eficiente no solo desde el punto de vista económico sino también desde el punto de vista de la seguridad, es decir, que sirvan a la demanda estimada en el futuro, objetivo que se busca cumplir en este proyecto.

La estimación y el cálculo de la demanda son entonces muy importantes, razón por la cual se han desarrollado una serie de herramientas que permitan al planificador establecer las mejores características de las vías y de las intersecciones para poder continuar con el diseño definitivo de las mismas (HCM, 2010) ; sin embargo, se ha podido ver que en el transcurso de la construcción de esta carretera (tramo 1) muchos problemas en las cuales se están realizando numerosas variantes de acuerdo a la topografía, salvando lotes y casas habitadas que aún no han sido expropiadas, etc.

ASTECH Cía. Ltda., primeramente realizó los estudios de campo en lo referente a la identificación de los volúmenes de tráfico, una segunda fase tuvo que ver con la calibración de estos resultados para poder identificar los valores del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) del 2010, el mismo que sirvió de base para la siguiente fase que fue las proyecciones del tráfico en los diferentes tramos de la autopista Manuel Córdova Galarza como en la nueva vía denominada Corredor Nor-oriental. Cabe recalcar que dentro de este mismo análisis se incluyeron a todas las intersecciones donde confluye este tráfico, en especial la intersección Panamericana Norte – Avenida Simón Bolívar y las intersecciones de llegada a la Autopista Córdova Galarza que en la actualidad están congestionadas en las horas pico.

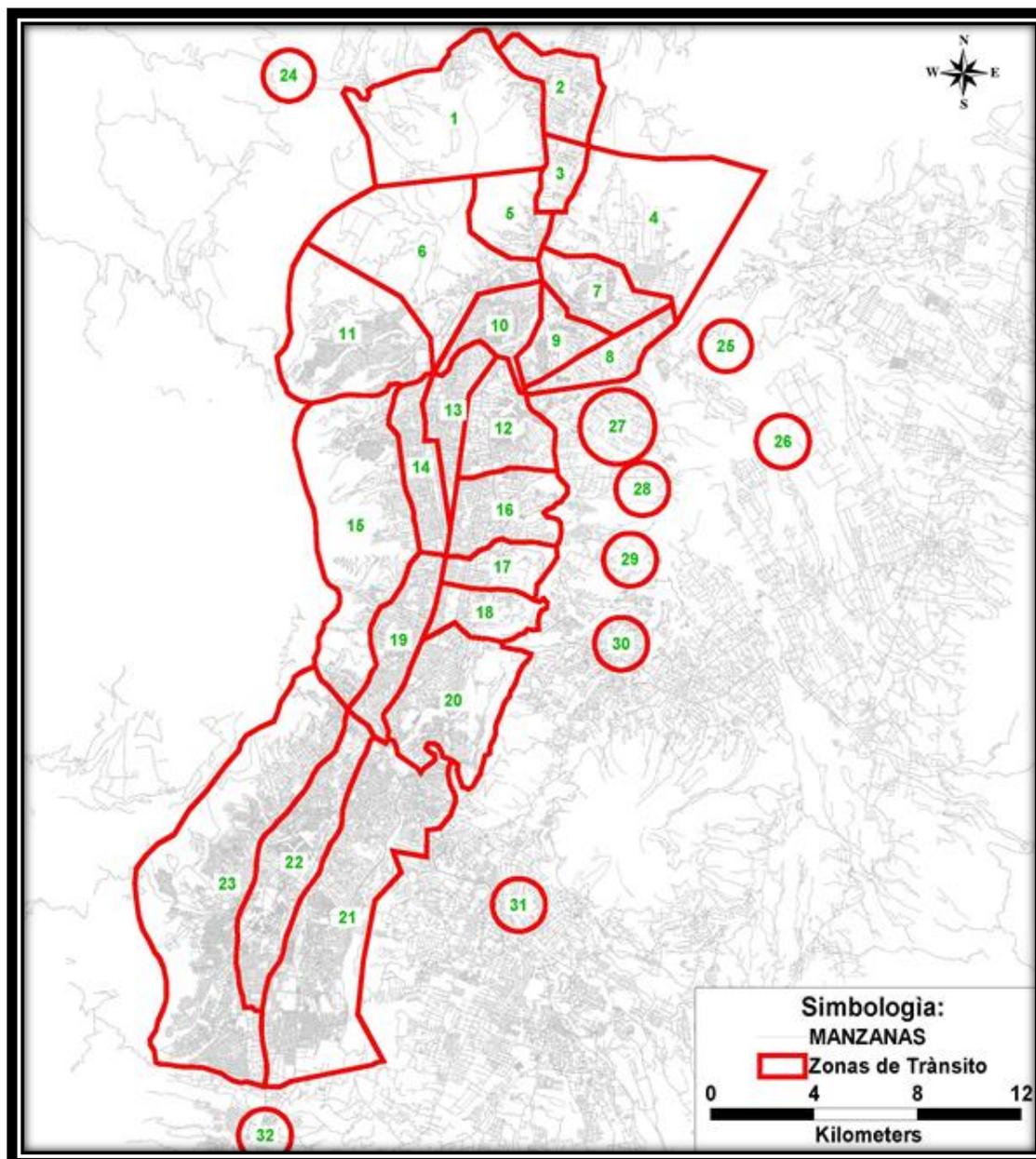
## **ZONIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

La zonificación es una herramienta fundamental para el análisis geográfico de la demanda de viajes. Para ello, es necesario definir un área de estudio donde se incluya la gran mayoría de viajes que tengan que ver con el proyecto, objeto de este proyecto. Con esta consideración, el área de estudio contiene el área urbana de la ciudad, así como su área de influencia inmediata.

En el proceso de Zonificación, la ciudad de Quito ha sido dividida en 23 zonas, denominadas “zonas internas” y nueve zonas fuera del área urbana de la ciudad denominadas “zona externas” con un total de 32 zonas las que se presentan en la Figura 2.2.1. Como se puede observar, la zonificación obedece a una interpretación estratégica de la geografía de los viajes, tomando en cuenta siempre las características del proyecto y los potenciales usuarios.

También los sectores de los valles tanto de Tumbaco, Cumbayá y aledaños, están dentro de las denominadas zonas externas, ya que la autopista Simón Bolívar es una gran arteria para el tráfico para poder llegar hasta la panamericana norte desde el sector de la hormigonera mediante el servicio de buses inter-provinciales e inter-parroquiales que se dirigen desde el sur de la ciudad utilizando dicha autopista que en la actualidad sirve como una alternativa rápida para llegar desde Cumbayá hasta Carapungo.

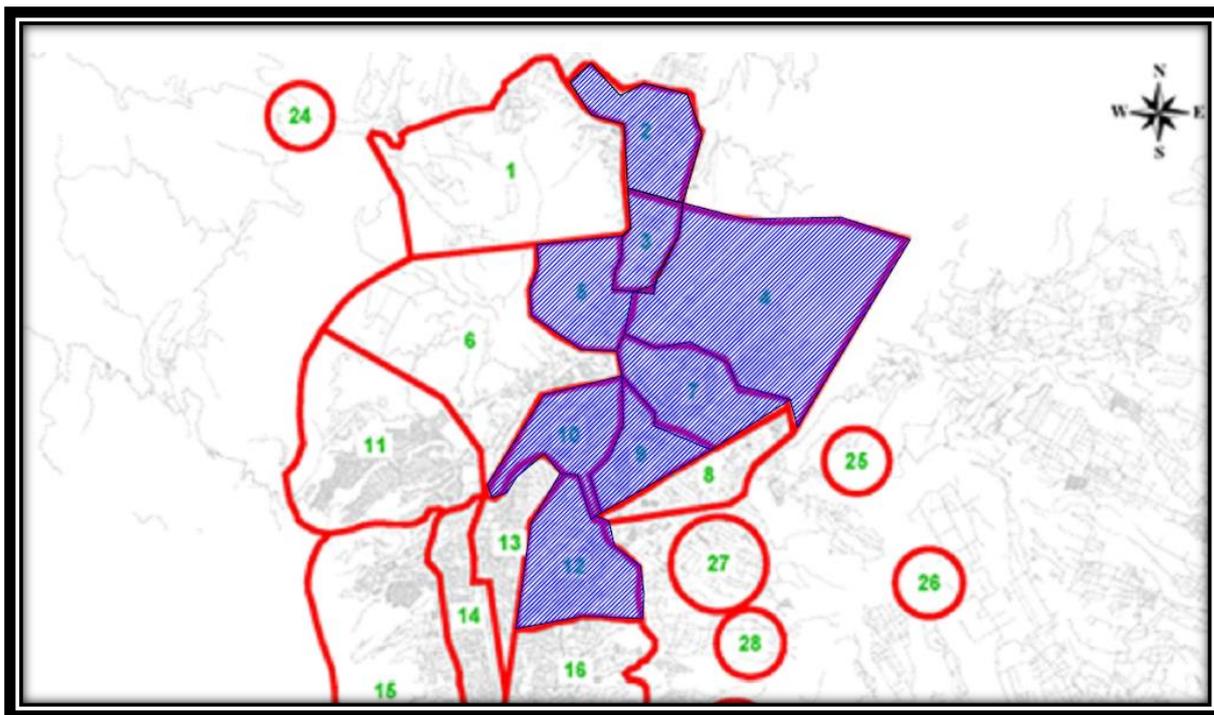
Los centroides correspondientes a cada zona representan de una forma adecuada la generación y atracción de viajes a cada una de las zonas.



**Figura 3. 1:** Zonificación del área de estudio

**Fuente.** Municipio del Distrito Metropolitano de Quito

En la siguiente figura se explica de mejor manera las zonas directamente afectadas por el proyecto.



**Figura 3. 2:** explicación de las zonas afectadas por el proyecto

Se puede ver claramente que las zonas afectadas por el proyecto de los tres tramos de la prolongación de la avenida Simón Bolívar son: 2, 3, 5, 7, 4, 9, 10 y 12.

### **TRABAJOS DE CAMPO**

Los trabajos de campo son dirigidos para estimar la demanda de viajes y sus características fundamentales en la que se incluye el tipo de vehículo y en la mayoría de los casos se los suelen realizar de tres tipos que son:

En primer lugar las encuestas de origen y destino para obtener la demanda inter-zonal de viajes. En este caso se toma en cuenta como destino los lugares turísticos al norte de la ciudad de Quito y como origen, la Ciudad de Quito en sí y las principales zonas pobladas cercanas al proyecto.

En segundo lugar están los conteos automáticos de 24 horas durante una semana que permiten identificar la demanda de tráfico para todos los días de la semana en lugares estratégicos por donde pasan el mayor número de vehículos, ya que el proyecto a realizar será mediante la utilización de mayor número de volúmenes de tráfico para que sirva como una vía de clase A al momento de terminar el proyecto y que en el futuro (2030) sirva como una vía de clase C por lo menos.

Finalmente, y el más confiable es el de realizar conteos manuales clasificados por tipo de vehículo de acuerdo con las hojas de conteo previamente establecidas, la misma que requiere de mano de obra entrenada para así obtener resultados verídicos y que el dimensionamiento de la vía sea eficiente.

### **Encuesta de Origen y Destino**

La encuesta de origen y destino determina geográficamente los sitios de generación y atracción de los viajes. Con este insumo, las potenciales rutas que utilizarán los usuarios que al final determinan los volúmenes de tráfico por tipo de vehículo en cada tramo de vía que a su vez permite definir las características geométricas de la vía y de las intersecciones para que la movilidad sea rápida y segura y así lograr descongestión en las vías aledañas cuando el tramo entre ya en funcionamiento. Así, el sitio escogido para la encuesta de origen y destino fue el cuartel de Policía de Pusuquí donde finaliza el tramo 2. ASTEC Cía. Ltda., menciona en su estudio, que “para la realización de la encuesta de origen y destino se contó con la participación de encuestadores debidamente entrenados e identificados, en número suficiente, trabajando simultáneamente seis en una dirección del tráfico y seis en otra” (ASTEC, 2010).

### Sitio de Encuesta

De acuerdo a las fuentes de ASTEC, para la investigación de tráfico se analizaron las condicionantes de la red vial y la localización del proyecto para determinar el sitio donde se recolectaría la información.



**Figura 3. 3:** Localización de sitios de investigación de OD (Origen y Destino) del tráfico y localización del proyecto

A continuación se presenta un modelo del formulario utilizado para la realización de las encuestas de origen y destino (OD); sin embargo, es importante aclarar que se pudo haber utilizado otro formato y los resultados habrían sido los mismos.

PROYECTO "CORREDOR VIAL – ORIENTAL DE LA CIUDAD DE QUITO" TRAMO: SAN ANTONIO DE PINCHINCHA – LA MARCA ENCUESTA DE ORIGEN Y DESTINO				 	
1. Entrevistador: _____		Cuestionario No. _____		 	
2. Fecha: _____		Día de semana: _____		Estación: PUSUQUÍ	
3. Hora: _____ Sentido del tráfico de _____ a _____		RESERVADO PARA LA OFICINA		 Livianos	
4. Origen del Viaje _____ <small>(De dónde viene? - Barrio, Urbanización, Sector, Zona)</small>		Hora _____ Sentido _____		 Taxis	
5. Destino del Viaje _____ <small>(A dónde va? - Barrio, Urbanización, Sector, Zona)</small>		Origen _____ Destino _____		 Bus	
6. Motivo del Viaje		Motivo _____		 Camión Pequeño	
7. Uso del Vehículo		Propiedad _____		 Camión mediano	
8. Tipos de Vehículos		Tipo _____ Clase _____		 Camión pesado	
9. Número de Ejes (Solo para camiones)		Ejes _____		 Semirremolque	
10. Combustible		Combustible _____		 Remolque	
11. Número de pasajeros en el vehículo (Incluido Chofer)		Pasajeros _____			
12. Carga estimada		Carga _____			
13. Tipo de Carga _____					

**Figura 3. 4:** Formulario de las encuestas de origen y destino

**Fuente:** ASTEC Cía. Ltda.

### Conteos de Tráfico Automáticos

Para que el estudio de tráfico genere un resultado aceptable para la obtención del TPDA y de esta manera a la elaboración del proyecto vial de la "Ampliación de la avenida Simón Bolívar" según ASTEC Cía. Ltda., el equipo de estudio estableció varios sitios de conteo automático los mismos que duraron una semana durante el mes de julio y los conteos se realizaron las 24 horas del día en forma consecutiva con equipos electrónicos APOLLO.

Cabe recalcar que para el estudio del tráfico se toman como sitios de conteo automático de acuerdo con la caracterización de las áreas, la necesidad de tener información, etc. Así, para una obtención de resultado más confiable, los puntos de estudio son los siguientes:

1. Autopista Manuel Córdova Galarza, (Pusuquí)
2. Autopista Manuel Córdova Galarza (La Pampa)
3. Autopista Manuel Córdova Galarza (La Marca)
4. Carretera Panamericana Norte (al norte de la intersección con la Av. Simón Bolívar “Yambal”)
5. Carretera Panamericana Norte (Al sur de la Intersección con la Av. Simón Bolívar)
6. Avenida Simón Bolívar (Antes de la intersección con la Panamericana Norte)

Para comprender de mejor manera los lugares donde se realizó los conteos tanto automáticos como manuales que luego servirán para la obtención de resultados necesarios para la realización de este proyecto, se muestra la siguiente figura obtenido de Google Heart y añadido en esta los puntos aproximados (no es exacto puesto que no es una imagen del IGM restituida).

Las fuentes confirman que se realizó conteos en la intersección de la Carretera Panamericana Norte y la Avenida Simón Bolívar, puesto que esta es una intersección muy importante desde el punto de vista del tráfico, ya que actualmente existe una acumulación exagerada de vehículos en general en las horas pico, por lo que se debe diseñar un intercambiador para brindar una mayor fluidez para aquellos vehículos que tomarán la ruta de la nueva arteria vial hacia la Mitad del Mundo una vez que la red arterial entre en funcionamiento.

Así, los puntos de conteo manual fueron ubicados tanto en la Autopista Manuel Córdova como en la Vía panamericana Norte Intersección con la Avenida Simón Bolívar.



Figura 3. 5: Puntos de investigación del tráfico

En primer caso, la estación de conteo manual estuvo ubicada en el mismo sitio de realización de las encuestas de OD. Otro punto de conteo fue establecido en la vía de entrada y salida de la ciudadela La Pampa en la Autopista a la Mitad del mundo.

En el caso de la Carretera Panamericana Norte se establecieron puntos de conteo manual clasificado en la intersección de la carretera Panamericana con la Avenida Simón Bolívar, también se realizaron conteos en las vías de entrada a La Bota, así como también en la vía que llega desde Carapungo y desemboca en la Panamericana Norte en el tramo comprendido entre Carretas y la entrada a La Bota.

## **VERIFICACION DE TRABAJOS DE OFICINA EN CUANTO A LOS DATOS DE TRÁFICO VEHICULAR**

En primer lugar se procede a analizar los datos digitalizados de las encuestas obtenidas y así mismo a validar o rechazar los resultados obtenidos ya sea por alguna información incompleta o no válida para el rediseño. Posteriormente, estos datos servirán para el cálculo de los vehículos futuros y así para definir el dimensionamiento de la vía a utilizarse en este proyecto.

## **ANALISIS DE LA DETERMINACION DEL TPDA DEL AÑO 2010**

El Tránsito promedio diario anual (TPDA) “ es el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un periodo de tiempo determinado, que es mayor a de un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición” (Maldonado, 2011).

### **Calculo de TPDA de la Autopista Manuel Córdova Galarza (Tramo Quito – Pomasqui)**

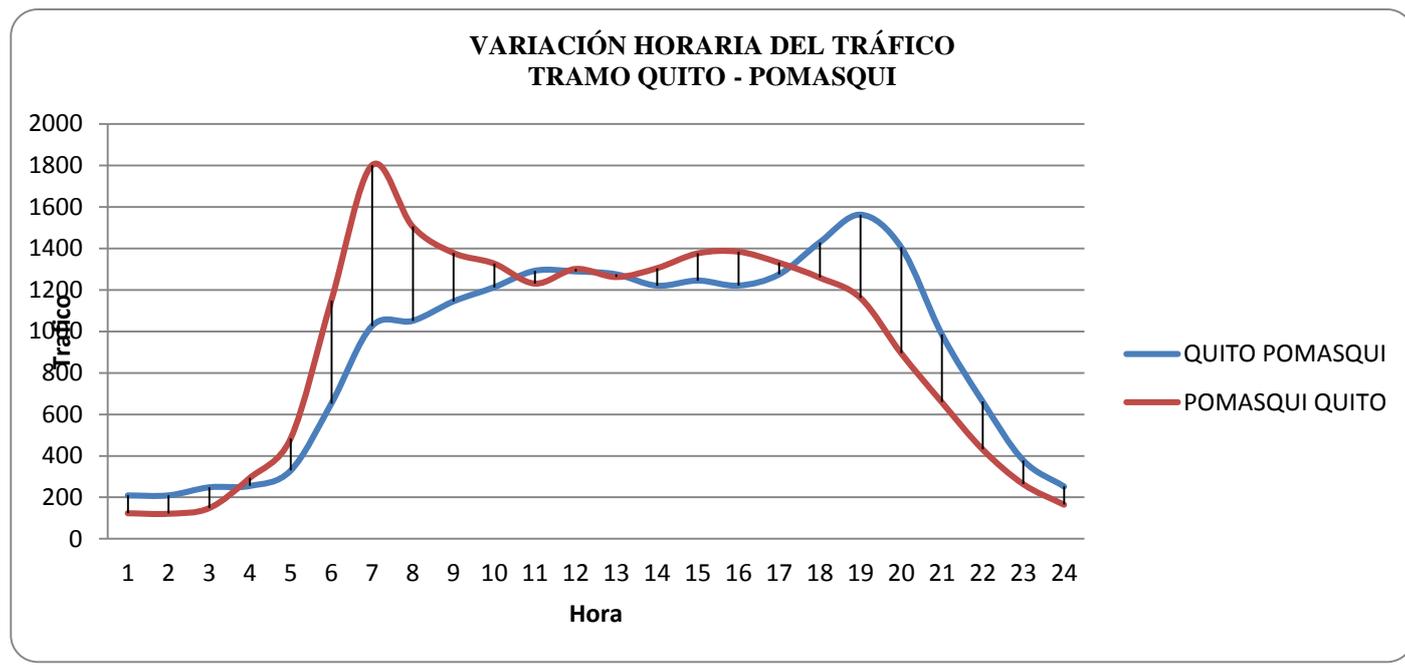
En la Autopista Manuel Córdova Galarza desde su inicio en la Ciudad de Quito hasta el sector de “La Marca”, se han podido identificar tres tramos diferentes en cuanto a la demanda de tráfico. Estos tramos tienen volúmenes inversamente proporcionales a la distancia de la Ciudad, es decir, mientras más se alejan de la ciudad, el volumen vehicular es menor, mientras más cerca de la ciudad el volumen es mayor. Por esta razón se puede notar la existencia de tres tramos que se pueden diferenciar claramente. El primero, es el comprendido entre el redondel del Condado y la población de Pomasqui, un segundo tramo entre Pomasqui y el redondel de San Antonio de Pichincha y un tercer tramo entre este último redondel y la Urbanización La Marca.

A continuación se presenta los resultados del TPDA de la autopista Manuel Córdova Galarza obtenidos gracias a los estudios realizados por ASTEC Cía. Ltda., en el año 2010, la misma que se procederá a analizarla.

**Tabla 3. 1:** TPDA Av. Manuel Córdova Galarza tramo Quito – Pomasqui, en dos sentidos**Fuente:** ASTEC 2010

TPDA 2010 AUTOPISTA MANUEL CORDOVA GALARZA TRAMO QUITO - POMASQUI								
HORA	TPDA 2010	COMPOSICION DEL TERAFCICO						
		LIV	TAXIS	BUS	CAM PEQ	CAM MED	CAM PES	SEMI REM + REM
1:00	333	267	25	11	8	18	3	1
2:00	332	266	25	11	8	18	3	1
3:00	397	318	30	13	10	22	3	1
4:00	550	440	42	18	13	30	5	2
5:00	814	651	61	27	20	45	7	3
6:00	1802	1442	136	60	44	99	15	6
7:00	2828	2263	214	94	68	155	24	10
8:00	2557	2046	193	85	62	141	21	9
9:00	2525	2020	191	84	61	139	21	9
10:00	2540	2033	192	84	61	140	21	9
11:00	2524	2019	191	84	61	139	21	9
12:00	2591	2073	196	86	63	142	22	9
13:00	2537	2031	192	84	61	139	21	9
14:00	2526	2021	191	84	61	139	21	9
15:00	2621	2098	198	87	63	144	22	9
16:00	2605	2085	197	86	63	143	22	9
17:00	2606	2086	197	86	63	143	22	9
18:00	2688	2152	203	89	65	148	22	9
19:00	2724	2180	206	90	66	150	23	9
20:00	2300	1841	174	76	56	126	19	8
21:00	1544	1216	124	54	40	90	14	6
22:00	1094	876	83	36	26	60	9	4
23:00	642	514	49	21	16	35	5	2
0:00	417	334	32	14	10	23	3	1
<b>TOTAL</b>	<b>44097</b>	<b>35272</b>	<b>3342</b>	<b>1464</b>	<b>1069</b>	<b>2428</b>	<b>369</b>	<b>153</b>
COMP		80,0%	7,6%	3,3%	2,4%	5,5%	0,8%	0,3%

A continuación se presenta la variación horaria en este tramo de estudio donde se explica de mejor manera el aumento o disminución del tráfico.



**Figura 3. 6:** Variación Horaria del tráfico tramo Quito – Pomasqui

**Fuente:** ASTEC 2010

De acuerdo a la variación horaria, se puede notar claramente que en el transcurso de 6:30 a 8:30 am, el tráfico es mayor que el resto del día en dirección Pomasqui – Quito. Este aumento se debe a las horas pico existentes, puesto que a dicha hora, la movilidad de las personas a sus trabajos y de estudiantes a los diferentes centros educativos es mucho mayor que a cualquier hora del día; así mismo, en el transcurso de viaje de regreso desde las 18:30 hasta las 20:30 aproximadamente, se puede notar un aumento en el tráfico pero en este caso en ruta Quito – Pomasqui.

### **Calculo de TPDA en la Autopista Manuel Córdova Galarza (Tramo Pomasqui – San Antonio)**

En este tramo de estudio, se puede notar que el aumento de vehículos por día es mayormente uniforme que en el tramo anterior, puesto que existe un aumento del número

de vehículos a partir de las 6:00 am y más o menos se mantiene constante hasta las 20:00 pm en los dos sentidos.

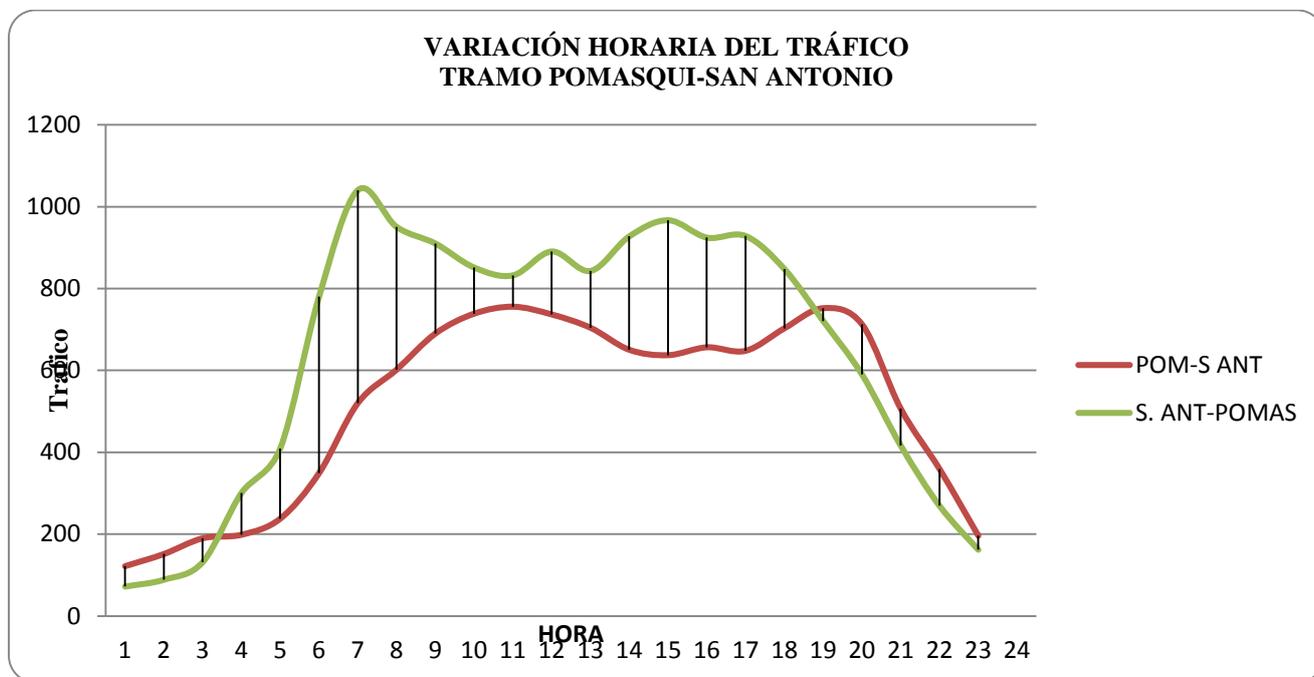
**Tabla 3. 2:** TPDA Av. Manuel Córdova Galarza tramo Pomasqui – San Antonio, en los dos sentidos

**Fuente:** ASTEC 2010

TPDA 2010 AUTOPISTA MANUEL CORDOVA GALARZA TRAMO POMASQUI - SAN ANTONIO									
HORA	TPDA 2010	COMPOSICION DEL TERAFICO							
		LIV	TAXIS	BUS	CAM PEQ	CAM MED	CAM PES	SEMI	REM + REM
1:00	195	155	15	6	5	11	2	1	
2:00	240	192	18	8	6	13	2	1	
3:00	322	257	24	11	8	18	3	1	
4:00	499	399	38	17	12	27	4	2	
5:00	647	518	49	21	16	36	5	2	
6:00	1128	904	85	37	27	62	9	4	
7:00	1561	1249	118	52	38	86	13	5	
8:00	1552	1243	117	51	38	85	13	5	
9:00	1600	1281	121	53	39	88	13	5	
10:00	1589	1273	120	53	38	87	13	5	
11:00	1587	1271	120	53	38	87	13	5	
12:00	1627	1302	123	54	39	89	14	6	
13:00	1546	1238	117	51	37	85	13	5	
14:00	1577	1263	119	52	38	87	13	5	
15:00	1603	1284	121	53	39	88	13	5	
16:00	1579	1265	119	52	38	87	13	5	
17:00	1576	1262	119	52	38	87	13	5	
18:00	1549	1241	117	51	37	85	13	5	
19:00	1473	1179	111	49	36	81	12	5	
20:00	1302	1043	98	43	31	72	11	4	
21:00	924	739	70	31	22	51	8	3	
22:00	628	503	47	21	15	35	5	2	
23:00	355	283	27	12	9	20	3	1	
0:00	236	188	18	8	6	13	2	1	
<b>TOTAL</b>	<b>26895</b>	<b>21532</b>	<b>2031</b>	<b>891</b>	<b>650</b>	<b>1480</b>	<b>223</b>	<b>88</b>	
<b>COMP</b>		80,06%	7,55%	3,31%	2,42%	5,50%	0,83%	0,33%	

En la tabla 3.2 se puede ver que en este tramo de conteo vehicular realizado se tiene un total de 26895 vehículos por día, es decir, aproximadamente 13452 vehículos por cada carril que en comparación con el número de vehículos del tramo anterior disminuye considerablemente.

A continuación se presenta la variación horaria realizada del tramo San Antonio – Pomasqui en la misma que se puede apreciar de mejor manera los horarios en la que existe mayor demanda de transporte.



**Figura 3. 7:** TPDA Av. Manuel Córdova Galarza tramo Pomasqui - San Antonio

**Fuente:** ASTEC 2010

### **Calculo TPDA en la Autopista Manuel Córdova Galarza (San Antonio – La Marca)**

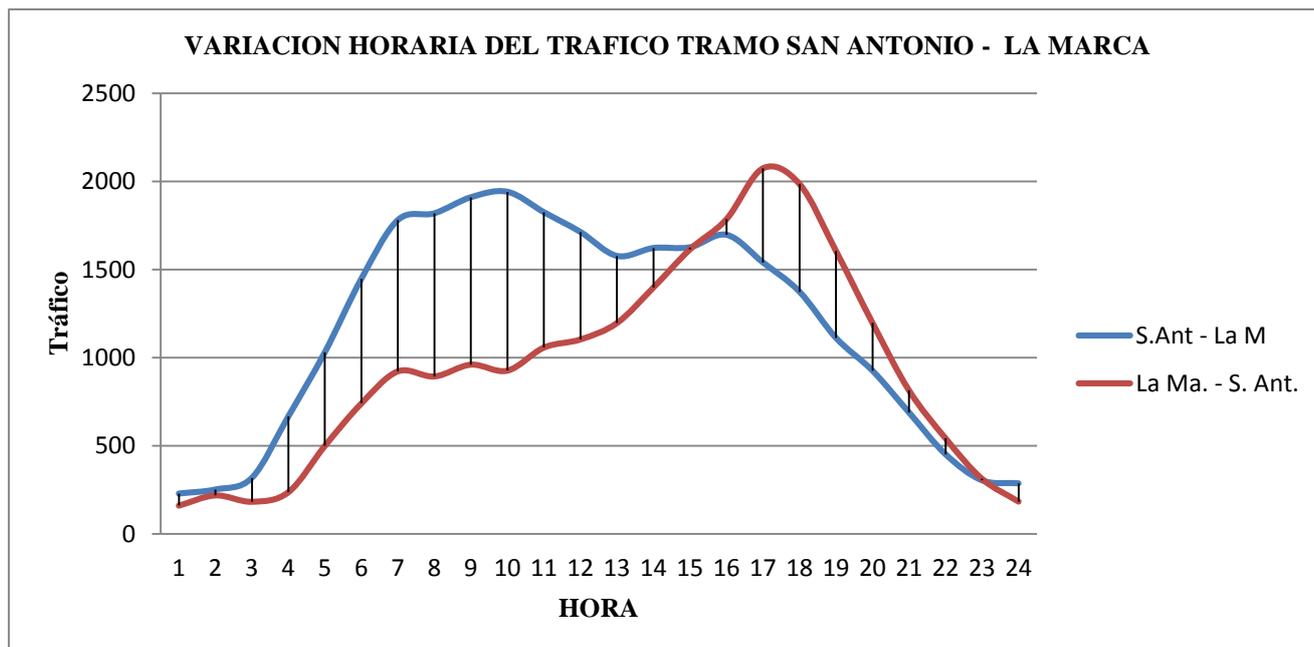
En la actualidad, en este tramo ya no existe mucho tráfico puesto que la mayoría de los vehículos que circulan la avenida Manuel Córdova Galarza, se quedan en el sector de la mitad del mundo, en especial en el sector donde existe el monumento del mismo nombre que es una de las atracciones turísticas muy visitadas diariamente y mucho más en los fines de semana; sin embargo, con la culminación del que será la sede de la UNASUR, es muy seguro que aumentará mucho más el tráfico vehicular por lo que habrá mayor traslado de trabajadores al sector diariamente y su retorno al culminar la jornada laboral.

De esta manera se tiene que en este tramo circulaban alrededor de 7490 vehículos por día en el 2010 (la misma que es mayor en la actualidad), es decir, aproximadamente 3745 vehículos por día por cada carril. De acuerdo a los resultados, se puede notar claramente que a medida se aleja del centro de la ciudad, el número de vehículos disminuye considerablemente, existiendo así una disminución proporcional de vehículos de acuerdo a mayor distancia de la ciudad.

**Tabla 3. 3:** TPDA Av. Manuel Córdova Galarza tramo San Antonio – La Marca, en los dos sentidos

**Fuente:** ASTEC 2010

<b>TPDA 2010 AUTOPISTA MANUEL CORDOVA GALARZA TRAMO SAN ANTONIO - LA MARCA</b>								
<b>HORA</b>	<b>TPDA 2010</b>	<b>COMPOSICION DEL TERAFICO</b>						
		<b>LIV</b>	<b>TAXIS</b>	<b>BUS</b>	<b>CAM PEQ</b>	<b>CAM MED</b>	<b>CAM PES</b>	<b>SEMI REM + REM</b>
1:00	56	46	4	2	1	3	0	0
2:00	70	56	5	2	2	4	1	0
3:00	74	59	6	2	2	4	1	0
4:00	132	107	10	4	3	7	1	0
5:00	225	181	17	7	5	12	2	1
6:00	324	259	24	11	8	18	3	1
7:00	399	320	30	13	10	22	3	1
8:00	400	321	30	13	10	22	3	1
9:00	424	340	32	14	10	23	4	1
10:00	423	339	32	14	10	23	4	1
11:00	425	341	32	14	10	23	4	1
12:00	415	333	31	14	10	23	3	1
13:00	410	328	31	14	10	23	3	1
14:00	448	357	34	15	11	25	4	2
15:00	479	383	36	16	12	26	4	2
16:00	514	412	39	17	12	28	4	2
17:00	533	427	40	18	13	29	4	2
18:00	495	397	37	16	12	27	4	2
19:00	400	321	30	13	10	22	3	1
20:00	314	251	24	10	8	17	3	1
21:00	222	178	17	7	5	12	2	1
22:00	147	118	11	5	4	8	1	0
23:00	91	73	7	3	2	5	1	0
0:00	70	56	5	2	2	4	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>7490</b>	<b>6003</b>	<b>564</b>	<b>246</b>	<b>182</b>	<b>410</b>	<b>63</b>	<b>22</b>
<b>COMP</b>		80,15%	7,53%	3,28%	2,43%	5,47%	0,84%	0,29%



**Figura 3. 8:** Variación horaria de tráfico en el tramo San Antonio – La Marca

**Fuente:** ASTEC 2010

Como se puede notar en la figura 2.4.1.3.1 de la variación horaria, en las horas de la mañana existe un aumento vehicular en sentido San Antonio – La Marca, mientras que en sentido contrario (La Marca – San Antonio) existe un aumento vehicular en las horas de la tarde. A continuación se presenta un resumen total, obtenidos por ASTEC Cía. Ltda., de todos los tipos de vehículos y las mismas que se utilizarán para la obtención del TPDA para el año 2030 para la realización de un rediseño geométrico de la carretera denominada Tramo 1, prolongación de la Avenida de Simón Bolívar.

### **RESUMEN DEL NUMERO DE VEHICULOS OBTENIDOS PARA LA OBTENCION DEL TPDA PARA EL AÑO 2030**

A continuación se presenta tablas de resúmenes para facilitar el cálculo del TPDA del año 2030. El TPDA se calcula dividiendo el número total de vehículos para 24 horas del día.

**Tabla 3. 4:** TPDA Av. Manuel Córdova Galarza los tres tramos**Fuente:** ASTEC 2010

<b>TRAMO: Quito - Pomasqui</b>									
Tiempo (h)	Livianos	Taxis	Bus	Cam.Peq	Cam.Med	Cam.Pes	Semi Rem+Rem	TOTAL	TPDA vehi/dia
24	35272	3342	1464	1069	2428	369	153	<b>44097</b>	<b>1837</b>
%	79.99%	7.58%	3.32%	2.42%	5.51%	0.84%	0.35%		

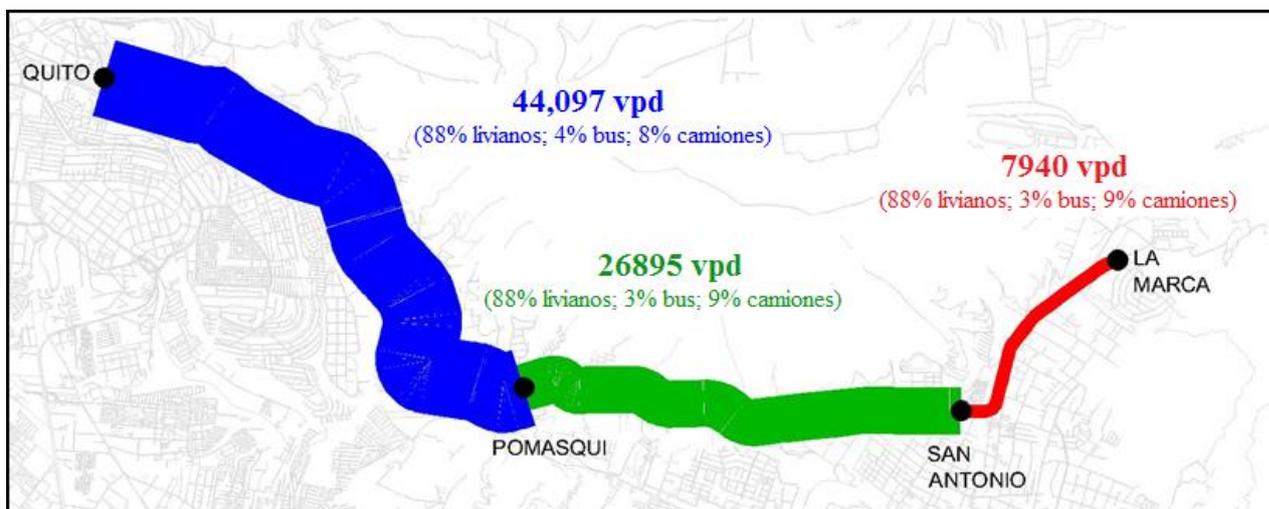
<b>TRAMO: Pomasqui - San Antonio</b>									
Tiempo (h)	Livianos	Taxis	Bus	Cam.Peq	Cam.Med	Cam.Pes	Semi Rem+Rem	TOTAL	TPDA
24	21532	2031	891	650	1480	223	88	<b>26895</b>	<b>1121</b>
%	80.06%	7.55%	3.31%	2.42%	5.50%	0.83%	0.33%		

<b>TRAMO: San Antonio - La Marca</b>									
Tiempo (h)	Livianos	Taxis	Bus	Cam.Peq	Cam.Med	Cam.Pes	Semi Rem+Rem	TOTAL	TPDA
24	6003	566	248	181	412	63	25	<b>7498</b>	<b>312</b>
%	80.06%	7.55%	3.31%	2.41%	5.49%	0.84%	0.33%		

<b>Promedio del TPDA Autopista Manuel Cordova Galarza</b>									<b>1090</b>
---	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------

Se puede notar que los vehículos livianos representa un mayor TPDA de acuerdo a los conteos de vehículos realizados. Finalmente se tiene una gráfica a manera de croquis donde se indica los conteos realizados.

**Figura 3. 9:** TPDA para diferentes tramos de la Autopista Manuel Córdova Galarza

## **CALCULO TPDA INTERSECCIÓN PANAMERICANA NORTE-AV. SIMÓN BOLÍVAR**

El Corredor Nor-Oriental inicia su trayecto en la Carretera Panamericana Norte en el punto de intersección con la Avenida Simón Bolívar. Esta intersección, sin duda es la más conflictiva, ya que los volúmenes de tráfico son altos y la actividad comercial a los lados de la vía también son muy importantes. Aquí se conjugan los tráficos de larga distancia del norte del país que llegan por la carretera Panamericana, los flujos de la Avenida Simón Bolívar y todo el tráfico generado en la extensa zona de Carapungo, Calderón, Llano Chico y Llano Grande y el sector de La Bota.

Cabe recalcar que al momento de la medición de los flujos se pudo haber tenido muchas dificultades por los altos volúmenes de tráfico existentes, así como por los giros y los diferentes carriles por lo que los resultados podrían no ser exactos. Hoy en día, el tráfico en esta zona es muy intenso y la Policía Nacional mantiene su presencia especialmente para controlar el tráfico de las horas pico; sin embargo, a pesar de las diferentes medidas, sigue el problema de la lenta circulación, razón por la cual en el proyecto está previsto la construcción de un intercambiador para resolver dicho problema de circulación; sin embargo, con la habilitación reciente (29 de Julio de 2014) del tramo vial Collas – Tababela que se dirige hacia en nuevo aeropuerto de Quito, el aumento de vehículos es notorio, puesto que muchos han optado circular por dicha ruta para llegar al aeropuerto por el sector norte de la ciudad y no seguir con la ruta por la Avenida Interoceánica anteriormente utilizada. Para tener una mejor comprensión de los conteos de vehículos realizados en el 2010, se presenta un resumen con tramos respectivos y TPDA calculados en un transcurso de 24 horas como en los tramos anteriores.

**Tabla 3. 5:** TPDA en la Intersección Panamericana Norte – Avenida Simón Bolívar**Fuente:** ASTEC 2010.

<b>TRAMO: Carapungo - Quito</b>										
Tiempo (h)	Livianos	Taxis	Bus	Cam.Peq	Cam.Med	Cam.Pes	Semi Rem	Rem	TOTAL	TPDA
24	14991	1716	2784	686	815	262	20	4	<b>21278</b>	<b>886,58</b>
%	70,45%	8,06%	13,08%	3,22%	3,83%	1,23%	0,09%	0,02%		
<b>TRAMO: Quito - Carapungo</b>										
Tiempo (h)	Livianos	Taxis	Bus	Cam.Peq	Cam.Med	Cam.Pes	Semi Rem	Rem	TPDA	TPDA
24	18885	2015	3323	1008	1149	969	117	3	<b>27469</b>	<b>1144,54</b>
%	68,75%	7,34%	12,10%	3,67%	4,18%	3,53%	0,43%	0,01%		
<b>TRAMO: Carapungo - Simon Bolivar</b>										
Tiempo (h)	Livianos	Taxis	Bus	Cam.Peq	Cam.Med	Cam.Pes	Semi Rem	Rem	TOTAL	TPDA
24	14039	449	157	622	617	194	79	121	<b>16278</b>	<b>678,25</b>
%	86,25%	2,76%	0,96%	3,82%	3,79%	1,19%	0,49%	0,74%		
<b>TRAMO: Simon Bolivar - Carapungo</b>										
Tiempo (h)	Livianos	Taxis	Bus	Cam.Peq	Cam.Med	Cam.Pes	Semi Rem	Rem	TOTAL	TPDA
24	10616	560	137	732	700	73	61	92	<b>12971</b>	<b>540,46</b>
%	81,84%	4,32%	1,06%	5,64%	5,40%	0,56%	0,47%	0,71%		
<b>TRAMO: Quito - Simon Bolivar</b>										
Tiempo (h)	Livianos	Taxis	Bus	Cam.Peq	Cam.Med	Cam.Pes	Semi Rem	Rem	TOTAL	TPDA
24	4117	124	166	374	420	102	71	78	<b>5452</b>	<b>227,17</b>
%	75,51%	2,27%	3,04%	6,86%	7,70%	1,87%	1,30%	1,43%		
<b>TRAMO: Simon Bolivar - Quito</b>										
Tiempo (h)	Livianos	Taxis	Bus	Cam.Peq	Cam.Med	Cam.Pes	Semi Rem	Rem	TOTAL	TPDA
24	4927	125	240	361	553	86	97	27	<b>6416</b>	<b>267,33</b>
%	76,79%	1,95%	3,74%	5,63%	8,62%	1,34%	1,51%	0,42%		
<b>TPDA Intersección Panamericana Norte-Av. Simón Bolívar</b>										<b>624,06</b>

Cabe recalcar que actualmente existe mayor cantidad de vehículos, por lo que gran parte de los automotores que se dirigen hacia Quito desde Carapungo toman la alternativa “Giovanni Calles” que sale aproximadamente a menos de un kilómetro de la intersección actual, por lo que fue necesario contar en ese sitio, ya que existe aproximadamente 9000 vehículos por día y aumentando de manera muy rápida cotidianamente.

Otro tema importante es el tráfico del barrio de La Bota donde ASTEC Cía. Ltda., asegura que se identificó un tráfico de aproximadamente 4000 vehículos por día la misma que es mayor actualmente. De esta manera, se presenta el TPDA obtenidos en los sectores de la Giovanni Calles y en el sector de la Bota.

**Tabla 3. 6:** TPDA 2010 en vehículos por día.

**Fuente:** ASTEC 2010.

Sentido	Giovanni Calles		Sector La Bota	
	Carapungo - Quito	Pana Norte - Carapungo	Entra	Sale
<b>Total vehículos</b>	8803	555	2857	2823
<b>Tiempo (h)</b>	24	24	24	24
<b>TPDA</b>	366.79	23.13	119.04	117.63

Para el cálculo de TPDA promedio general se utilizará el resultado del promedio de estos dos sectores analizados la misma que da un resultado de:

$$TPDA_{prom} = \frac{TPDA_{total}}{4} = 157 \text{ vpd}$$

#### **CAPITULO 4: CLASIFICACION DE VIAS Y REDIMENCIONAMIENTO**

El aumento de vehículos en el parque automotor, la facilidad que brindan los concesionarios para la venta vehículos a crédito y la necesidad de la tenencia de un transporte propio por comodidad, rapidez y seguridad, ha hecho que los automotores aumenten descontroladamente en las avenidas y calles hasta llegar en un punto de congestión masivo en especial en intersecciones, desvíos, semáforos, etc., teniendo mayor incidencia en las horas pico. Por ello y por otras razones de la necesidad de movilidad, se hace necesaria la construcción de nuevas vías que brinden accesos rápidos y seguros para facilitar los viajes a los diferentes lugares de la ciudad; sin embargo, el aumento de la población también tiene su impacto para la necesidad de movilidad.

Para la obtención de datos del parque automotor del DMQ se utilizó las previsiones del Plan Maestro de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito que establece una estimación del crecimiento que se muestra en el siguiente cuadro.

**Tabla 4. 1:** Tasa de crecimiento automotor

Fuente: Plan Maestro de Movilidad del DMQ

Año	Parque Automotor DMQ	Población DMQ	Tasa De Crecimiento Promedio Anual Livianos	Tasa De Crecimiento Promedio Anual Buses	Tasa De Crecimiento Promedio Anual Camiones	Suma
2010	464596	2215820	7.94%	1.82%	1.82%	11.58%
2011	502229	2255705				
2012	542909	2296307				
2013	585799	2337641				
2014	631491	2379719				
2015	680748	2424527	7.20%	1.67%	1.67%	10.54%
2016	732485	2465744				
2017	785986	2507662				
2018	841759	2550292				
2019	900682	2593647				
2020	936730	2633748	5.96%	1.54%	1.54%	9.04%
2021	1029263	2673254				
2022	1096165	2713353				
2023	1161935	2754053				
2024	1225842	2795364				
2025	1287134	2843418	4.40%	1.35%	1.35%	7.10%
2026	1351490	2881804				
2027	1419065	2920708				
2028	1490018	2960138				
2029	1549619	3000100				
2030	1596108	3040601				
<b>PROMEDIO DELAUMENTO DEL PARQUE AUTOMOTOR DEL DMQ PARA EL 2030</b>						<b>9.57%</b>

Para averiguar el tipo de vía a construirse (que en lo general son requerimientos de la entidad contratante), seguidamente se procede a la obtención de los promedios de los resultados del TPDA para encontrar la cantidad de vehículos para el año 2030. Es necesario aclarar que para dicho cálculo se utiliza el promedio general de todos los sectores estudiados (Autopista Manuel Córdova Galarza (A), Intersección Panamericana Norte – Simón Bolívar (B), Giovanni Calles y el sector La Bota (C)). De esta manera, para el

diseño del tramo 1 de la vía, se considerará el promedio total de los vehículos existentes en el año 2010. Así, se tiene.

$$Prom = \frac{Vehiculos\ totales}{\#\ de\ muestras} = \frac{A + B}{2} + C = \frac{1090 + 624}{2} + 157 = 1014\ vpd$$

$$Va = 1014\ vehiculos$$

$$Vf = TPDA_{2030} = 1014(1 + 0.0957)^{2030-2010} = 6308\ vehiculos$$

Esto significa que desde el día del inicio de los estudios del proyecto en el año 2010 (**con 1014 vehículos como promedio general**) hasta el año 2030, habrá aumentado a **6308 vehículos** de acuerdo al porcentaje de la tasa de crecimiento en el parque automotor; sin embargo, este valor puede cambiar dependiendo a los diferentes factores económicos del país. Una vez con el dato de vehículos futuros se encuentra las normas de diseño para nuestra carretera.

$$3000 < 6308 < 8000$$

$$Promedio = \frac{3000 + 8000}{2} = 5500$$

6308 > 5500 Entonces **VALORES RECOMENDABLES**

Puesto que el proyecto del Tramo 1 ronda entre los 2300 msnm hasta los 2700 msnm en ciertas partes, y debido a los diferentes fenómenos climáticos, para el diseño se adoptará montañoso el tipo de terreno, ya que a tal altura sobre el nivel del mar, el oxígeno es menos y los automotores necesitan el mismo ya que trabajan a combustión interna cuando entran en circulación. Finalmente se tiene un resumen de las características principales de las curvas para realizar el rediseño horizontal, vertical y las secciones transversales.

**Tabla 4. 2:** Normas de diseño geométrico**Fuente:** Ministerio de obras públicas (MOP)

NOMAS	CLASE I						CLASE II						CLASE III						CLASE IV						CLASE IV							
	3000-8000 TPDA <sup>(1)</sup>						3000-8000 TPDA <sup>(1)</sup>						3000-8000 TPDA <sup>(1)</sup>						3000-8000 TPDA (1)						3000-8000 TPDA (1)							
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA				
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O
Velocidad de diseño (K.P.H)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25	60	50	40	50	35	25		
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20		
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25		
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	656	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110		
Peralte	MAXIMO 10%																		10% (Para V > 50 K.P.H) 8% (Para V < 50 K.P.M)													
Coeficiente "k" para <sup>(2)</sup>																																
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2		
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3		
Gradiente longitudinal <sup>(3)</sup> máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14		
Gradiente longitudinal <sup>(4)</sup> mínima (%)	0.50%																															
Ancho de pavimento (m)	7.3			7.3			7			6.7			6.7			6			6						4							
Clase de Pavimento	Carpeta asfáltica y hormigón						Carpeta asfáltica						Carpeta asfáltica o D.T.S.B						D.T.S.B, Capa granular o Empedrado						Capa granular o Empedrado							
Ancho de espaldones <sup>(5)</sup> estables (m)	3	2.5	2	2.5	2	1.5	3	2.5	2	2.5	2	1.5	2	1.5	1	1.5	1	0.5	0.6 (C.V. Tipo 6 o 7)						----							
Gradiente transversal para pavimento (%)	2						2						2						2.5 (C.V. Tipo 6 o 7)			4.0 (C.V. Tipo 5 o 5E)			4							
Gradiente transversal para espaldones (%)	2.0 (6) - 4.0						2.0 - 4.0						2.0 - 4.0						4.0 (C.V. Tipo 5 o 5E)						----							
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																															
PUENTES	Carga de diseño	HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																														
	Ancho de la calzada (m)	SERÁ LA DIMENSION DE LA CALZADA INCLUIDA LOS ESPALDONES																														
	Ancho de aceras (m)	0.5 mínimo a cada lado																														
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																															
LL = TERRENO PLANO O = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																																

De manera resumida se tiene para este proyecto lo siguiente.

**Tabla 4. 3:** Normas de diseño geométrico

**Fuente:** Ministerio de obras públicas (MOP)

NORMAS	CLASE I
	3000 – 8000 TPDA
	RECOMENDABLE
	MONTAÑOSO
Velocidad de diseño (K.P.H)	80
Radio mínimo de curvas espirales	210
Radio mínimo de curvas circulares	350
Gradiente longitudinal máxima	6%

#### CALCULO DE TANGENTES MÍNIMAS ENTRE CURVAS

Para encontrar la longitud de la tangente mínima ( $L_m$ ) entre las curvas circulares, espirales y entre curvas espirales – circulares se procede a realizar los siguientes cálculos.

Para la longitud de la tangente mínima entre dos **curvas circulares** se utiliza la siguiente igualdad.

$$L_{mc} = \frac{4}{3}L + 2x$$

Para la tangente mínima entre dos **curvas espirales** se utiliza la siguiente fórmula.

$$L_{me} = 4x$$

Finalmente para la obtención de la tangente mínima entre dos **curvas mixtas** (Espiral y circular o viceversa), se utiliza la siguiente igualdad.

$$L_{mce} = \frac{2}{3}L + 3x$$

Una vez con las fórmulas obtenidas, se procede al cálculo numérico de dichas longitudes mínimas mediante la utilización de los valores mínimos de la siguiente tabla.

**Tabla 4. 4:** Tabla para la obtención de las tangentes mínimas entre curvas

<i>Velocidad (km/h)</i>	<i>x</i>		<i>L</i>	
<i>Hasta</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Ideal</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Ideal</i>
59	10	10	22	37
60 – 80	10	13	26	46
81 – 100	16	16	26	56

Para el cálculo de estas longitudes se procede a utilizar la columna de los valores mínimos, puesto que la poca franja que se puede utilizar para el diseño impide utilizar los valores IDEALES, además con estos valores se comprobará si están dentro de las Normas de Diseño de Carreteras 2003. Al realizar los cálculos necesarios se tiene los siguientes resultados.

**Tangente mínima entre circulares.**  $L_m = \frac{4}{3}L + 2x = \frac{4}{3}(26) + 2(10) \approx 55m$

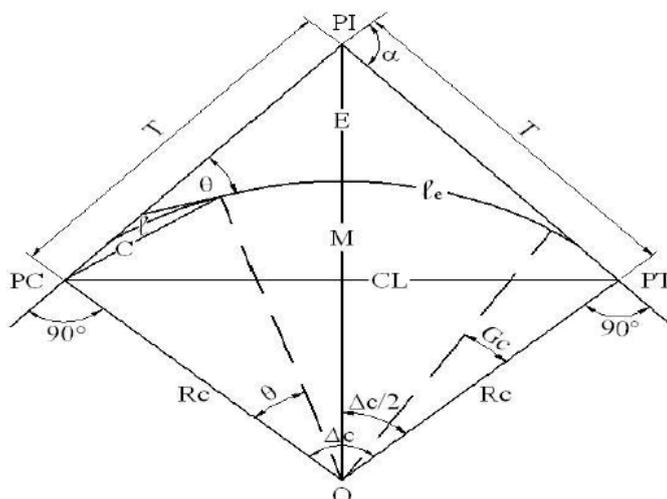
**Tangente mínima entre curvas espirales.**  $L_m = 4x = 4(10) = 40m$

**Tangente mínima entre curvas mixtas.**  $L_m = \frac{2}{3}L + 3x = \frac{2}{3}(26) + 3(10) \approx 47m$

Una vez obtenidos los datos necesarios, se procede al rediseño tomando como guía el trazado original y realizando variantes correspondientes en ciertas partes en las que la topografía u otros factores obliguen a realizar los cambios de la ruta e impida un diseño geométrico eficiente. En este punto cabe recalcar que por razones legales (expropiaciones, etc.) no se tendrá un diseño que cumpla con todas las normas descritas a continuación, es decir, se tendrá que acomodar el diseño salvando propiedades, casas y otros bienes para abaratar costos del costo de la vía pero de una forma segura para no tener tangentes entre curvas muy cortas y tratando de cumplir con la pendiente longitudinal del diseño vertical.

## RESUMEN DE LOS ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES CIRCULARES Y ESPIRALES

A continuación se procede al cálculo de los elementos de curvas horizontales tanto derechas como izquierdas y así como circulares y espirales. Es muy importante aclarar que en este caso, para facilidad al momento de replanteo en el campo y por la facilidad de la faja topográfica, se realizará curvas espirales simétricas, es decir, que la espiral de entrada será igual a la espiral de salida.



**Figura 4. 1:** Elementos de una curva horizontal circular.

Con los datos de Radio de la curva, el ángulo central  $\alpha$  (en curvas circulares simples es igual a la deflexión de las tangentes) se procede de la siguiente manera el cálculo de los elementos de las curvas. Para este caso se calculará de la curva horizontal circular derecha N° 5.

En la cual los datos son:

$$R = 400\text{m}$$

$$\alpha = 22^\circ, 19', 36.04''$$

$$\text{ABSC PI} = 2+556.908\text{m}$$

Primeramente se procede a la transformación del ángulo de grados a radianes.

$$\alpha = \frac{\left(22 + \frac{19}{60} + \frac{36.04}{60 * 60}\right) 2\pi}{360} = 0.3897 \text{ rad}$$

La Tangente de la curva o también llamado subtangente, “es la distancia entre el PI y el PC o entre el PI y el PT de la curva, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa con la letra “T” y su fórmula de cálculo es:” (MOP, 2003 pg. 39)

$$T = R * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 400 * \tan\left(\frac{0.3897}{2}\right) = 78.94 \text{ m}$$

Cuerda media.

$$Cm = R * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 400 * \text{sen}\left(\frac{0.3897}{2}\right) = 77.44 \text{ m}$$

La **cuerda** “es la recta comprendida entre 2 puntos de la curva. Se representa con la letra “C” y su fórmula es:” (MOP, 2003 pg. 40)

$$C = 2 * Cm = 2 * 77.44 \text{ m} = 154.885\text{m}$$

El foco, o también llamado **Ordenada Media** “es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Se representa por la letra “M” y su fórmula de cálculo es:” (MOP, 2003 pg. 39, 40)

$$M = R * \left(1 - \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right) = 400 * \left(1 - \cos\left(\frac{0.3897}{2}\right)\right) = 7.568 \text{ m}$$

La **External** “es la distancia mínima entre el PI y la curva. Se presenta con la letra E y su fórmula es:” (MOP, 2003 pg. 39)

$$E = R * \left( \frac{1}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - 1 \right) = 400 * \left( \frac{1}{\cos\left(\frac{0.3897}{2}\right)} - 1 \right) = 7.714 \text{ m}$$

La **longitud de la curva** que “es la longitud del arco entre el PC y el PT, se lo presenta como  $L_c$  y su fórmula para el cálculo es la siguiente:” (MOP, 2003 pg. 39)

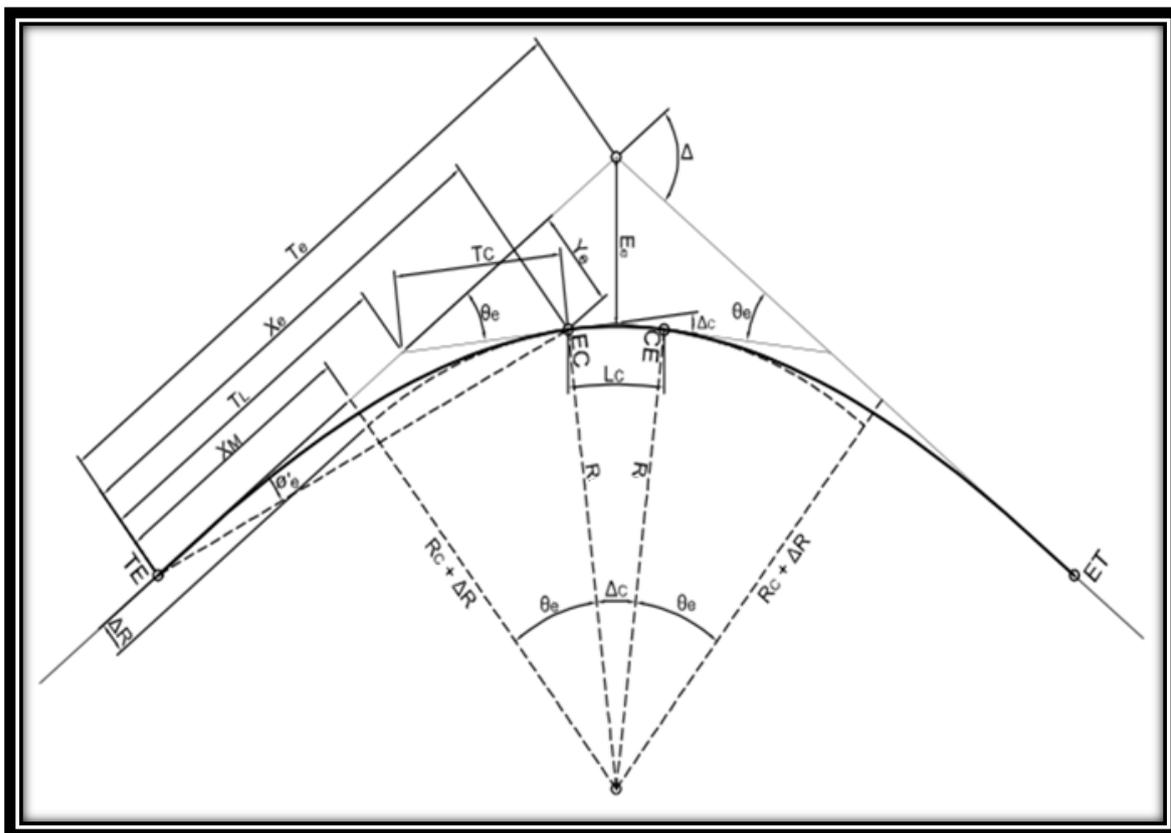
$$L_c = R * \alpha = 400 * 0.3897 = 155.870 \text{ m}$$

Finalmente se tiene un resumen de las curvar horizontales circulares izquierdas y derechas.

**Tabla 4. 5:** Resumen de las curvas horizontales circulares izquierdas y derechas

Nº	TIPO	SENTIDO	R (m)	$\alpha$	L (min)	ABSC INICIO	ABCS PI	ABCS FINAL	Direction	L curva	COORDENADAS DEL PI
10	Curva Circular	D	400	022.3267 (d)		2+478.972m	2+557.908m	2+634.842m		154.885m	(504852.9242m,9990211.5238m)
11	L (min)				112.025m	2+634.842m		2+746.866m	N31° 57' 24.71"E		
12	Curva Circular	I	600	023.4281 (d)		2+746.866m	2+871.274m	2+992.204m		243.632m	(505019.8424m,9990479.0968m)
13	L (min)				122.574m	2+992.204m		3+114.778m	N08° 31' 43.69"E		
14	Curva Circular	D	600	029.6635 (d)		3+114.778m	3+273.661m	3+425.414m		307.178m	(505080.0346m,9990880.4723m)
15	L (min)				129.324m	3+425.414m		3+554.738m	N38° 11' 32.36"E		
16	Curva Circular	I	490	037.9597 (d)		3+554.738m	3+723.265m	3+879.373m		318.731m	(505362.4348m,9991239.4379m)
17	L (min)				292.870m	3+879.373m		4+172.243m	N00° 13' 57.43"E		
18	Curva Circular	I	1000	016.2731 (d)		4+172.243m	4+315.215m	4+456.262m		283.065m	(505364.8885m,9991843.8022m)
19	L (min)				275.081m	4+456.262m		4+731.342m	N16° 02' 25.59"W		
20	L (min)				118.918m	4+731.342m		4+850.260m	N01° 51' 47.15"E		
21	Curva Circular	I	1100	012.5414 (d)		4+850.260m	4+971.132m	5+091.037m		240.297m	(505257.1700m,9992485.2410m)
22	L (min)				101.766m	5+091.037m		5+192.803m	N10° 40' 41.77"W		
23	Curva Circular	D	1250	040.8525 (d)		5+192.803m	5+658.326m	6+084.067m		872.505m	(505129.6580m,9993161.4850m)
24	L (min)				160.710m	6+084.067m		6+244.778m	N30° 10' 27.40"E		
25	Curva Circular	I	1000	007.2954 (d)		6+244.778m	6+308.528m	6+372.106m		127.242m	(505476.4659m,9993757.9764m)
26	L (min)				155.787m	6+372.106m		6+527.893m	N22° 52' 44.14"E		
28	L (min)				207.995m	6+765.438m		6+973.432m	N42° 56' 17.58"E		
30	L (min)				225.842m	7+272.434m		7+498.277m	N04° 55' 53.82"E		
31	Curva Circular	D	600	007.8855 (d)		7+498.277m	7+539.631m	7+580.854m		82.512m	(505972.4876m,9994842.3412m)
32	L (min)				128.539m	7+580.854m		7+709.393m	N12° 49' 01.78"E		
33	Curva Circular	D	800	017.9666 (d)		7+709.393m	7+835.861m	7+960.254m		249.834m	(506038.2326m,9995131.3180m)
34	L (min)				115.287m	7+960.254m		8+075.541m	N30° 47' 01.46"E		
35	Curva Circular	I	2000	007.0412 (d)		8+075.541m	8+198.587m	8+321.324m		245.629m	(506224.9378m,9995444.7211m)
36	L (min)				371.140m	8+321.324m		8+692.463m	N23° 44' 33.25"E		
40	L (min)				179.675m	9+460.863m		9+640.538m	N13° 17' 05.09"E		
41	Curva Circular	I	2000	004.8079 (d)		9+640.538m	9+724.501m	9+808.367m		167.780m	(506841.8458m,9996826.7405m)
42	L (min)				507.620m	9+808.367m		10+315.987m	N08° 28' 36.48"E		
43	L (min)				95.739m	10+315.987m		10+411.725m	N78° 33' 48.74"W		
44	Curva Circular	D	700	008.6061 (d)		10+411.725m	10+464.396m	10+516.868m		105.044m	(506783.5880m,9997441.2883m)
45	L (min)				993.142m	10+516.868m		11+510.011m	N69° 57' 26.93"W		
46	Curva Circular	I	5000	002.6521 (d)		11+510.011m	11+625.749m	11+741.446m		231.415m	(505692.3818m,9997839.3722m)
47	L (min)				241.586m	11+741.446m		11+983.032m	N72° 36' 34.34"W		

Así mismo, seguidamente se procede al cálculo de los elementos característicos de una curva horizontal espiral.



**Figura 4. 2:** Elementos de una curva horizontal espiral.

**Longitud de la espiral:** “es la longitud medida sobre la curva entre el TE y el EC o del CE al ET. Su longitud mínima está expresado por la siguiente formula” (MOP, 2003 pg. 45)

$$Le = \frac{0.072V^3}{RC}$$

Donde

**Le** = Longitud mínima de la espiral (m)

**V** = Velocidad de diseño

**R** = Radio de la curva circular (m)

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

Puesto que en este proyecto se pretende hacer el diseño más eficiente y seguro, entonces se utiliza el valor de la constante “C” igual a 1. Así se tiene el siguiente resultado.

$$Le = \frac{0.072(80)^3}{600} = 61.44m$$

La Norma de Diseño de Carreteras del MOP recomienda que para caminos de **tres carriles**, se aumente en 1 o 2 veces el valor de la longitud de la espiral calculada para un camino de dos carriles; sin embargo, por razones de facilidad para el replanteo en el campo y por razones prácticas, se ha redondeado las curvas espirales a valores enteros en las que supera el valor mínimo recomendado por la Norma del MOP que es:

$$Le = 0.56V = 0.56 * 80 = 44.80m$$

En la siguiente tabla obtenida del manual del MOP, se tiene los valores mínimos a utilizar de acuerdo a la velocidad de diseño del proyecto.

**Tabla 4. 6:** Longitudes mínimas de las espirales de acuerdo a la velocidad de diseño.

**Fuente:** MOP 2003, pg. 47

VALORES MÍNIMOS RECOMENDABLES DE LA LONGITUD DE LA ESPIRAL ( $Le = 0.036 V^3/R$ )														
Vd (Km/h)	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120
Rmin, m.	18	20	25	30	42	56	75	110	160	210	275	350	430	520
Le min, m	30	30	40	52	55	59	60	70	80	90	95	100	110	120

Para este caso se utilizara como mínimo el valor de  $Le$  los 90 metros; sin embargo, por razones de disminuir costos en cuanto a las expropiación, se tendrá un máximo de una curva con una valor de  $Le$  menor a los 90 metros (es este caso).

Seguidamente se procede al cálculo de la **deflexión de la espiral que** “es el ángulo comprendido entre las tangentes a la espiral en sus puntos extremos” (MOP, 2003 pg. 47).

$$\theta_c = \frac{Le}{2R} \text{ rad}$$

$$\theta_c = 28.648 * \frac{90}{600} = 4.30 \text{ rad}$$

A continuación se presenta una tabla resumida de las curvas horizontales espirales izquierdas y derechas con sus elementos en la que se puede notar que se cumple con las normas de los radios así como de los tangentes mínimos entre la unión de diferentes tipos de curvas horizontales espirales.

En el resumen de curvas horizontales de la tabla 2.7.3, se puede ver que únicamente existe una curva espiral con longitud de espiral menor a los 90 metros (80 metros), esto es porque si se aumentaba la longitud de la curva espiral, más adelante se tenía que hacer una expropiación y para evitar esto, se tuvo que disminuir la longitud de la curva logrando el traslado de las laterales.

Nº	TIPO	SENTIDO	R (m)	$\alpha$	L (min)	Le	P	K	A	ABSC INICIO	ABCS PI	ABCS FINAL	Direction	L curva	Total X	Total Y	COORDENADAS DEL PI
1	L (min)				149.932m					0+000.000m		0+149.932m	N21° 55' 47.29" W				
2.1	Curva Espiral	D		004.2972 (d)		90.000m	0.562m	44.992m	232.379m	0+149.932m		0+239.932m			89.949m	2.249m	
2.2	Curva Espiral	D	600	008.3039 (d)						0+239.932m	0+283.488m	0+326.891m		86.883m			(504528.9037m,9988168.4732m)
2.3	Curva Espiral	D		004.2972 (d)		90.000m	0.562m	44.992m	232.379m	0+326.891m		0+416.891m			89.949m	2.249m	
3	L (min)				315.262m					0+416.891m		0+732.153m	N05° 01' 53.40" W				
4.1	Curva Espiral	I		003.5810 (d)		100.000m	0.521m	49.993m	282.843m	0+732.153m		0+832.153m			99.961m	2.083m	
4.2	Curva Espiral	I	800	009.3142 (d)						0+832.153m	0+897.322m	0+962.204m		129.907m			(504463.4638m,9988778.7328m)
4.3	Curva Espiral	I		003.5810 (d)		100.000m	0.521m	49.993m	282.843m	0+962.204m		1+062.204m			99.961m	2.083m	
5	L (min)				150.318m					1+062.204m		1+212.522m	N21° 30' 27.56" W				
6.1	Curva Espiral	D		012.2777 (d)		90.000m	1.605m	44.931m	137.477m	1+212.522m		1+302.522m			89.588m	6.408m	
6.2	Curva Espiral	D	210	054.1841 (d)						1+302.522m	1+409.948m	1+501.117m		191.277m			(504309.4693m,9989266.0866m)
6.3	Curva Espiral	D		012.2777 (d)		90.000m	1.605m	44.931m	137.477m	1+501.117m		1+591.117m			89.588m	6.408m	
7	L (min)				171.620m					1+591.117m		1+762.737m	N57° 13' 54.37" E				
8.1	Curva Espiral	I		010.4174 (d)		100.000m	1.513m	49.945m	165.831m	1+762.737m		1+862.737m			99.670m	6.046m	
8.2	Curva Espiral	I	275	026.7668 (d)						1+862.737m	1+928.167m	1+991.208m		127.306m			(504729.7866m,9989592.6807m)
8.3	Curva Espiral	I		010.4174 (d)		100.000m	1.513m	49.945m	165.831m	1+991.208m		2+091.208m			99.670m	6.046m	
27.1	Curva Espiral	D		005.0930 (d)		80.000m	0.592m	39.989m	189.737m	6+527.893m		6+607.893m			79.937m	2.369m	
27.2	Curva Espiral	D	450	009.8734 (d)						6+607.893m	6+646.761m	6+685.438m		77.449m			(505613.3105m,9994067.2973m)
27.3	Curva Espiral	D		005.0930 (d)		80.000m	0.592m	39.989m	189.737m	6+685.438m		6+765.438m			79.937m	2.369m	
28	L (min)				207.995m					6+765.438m		6+973.432m	N42° 56' 17.58" E				
29.1	Curva Espiral	I		009.5493 (d)		100.000m	1.388m	49.954m	173.205m	6+973.432m		7+073.432m			99.723m	5.545m	
29.2	Curva Espiral	I	300	018.9080 (d)						7+073.432m	7+123.388m	7+172.434m		98.553m			(505922.9291m,9994428.8891m)
29.3	Curva Espiral	I		009.5493 (d)		100.000m	1.388m	49.954m	173.205m	7+172.434m		7+272.434m			99.723m	5.545m	
30	L (min)				225.842m					7+272.434m		7+498.277m	N04° 55' 53.82" E				
37.1	Curva Espiral	D		003.2229 (d)		90.000m	0.422m	44.995m	268.328m	8+692.463m		8+782.463m			89.972m	1.687m	
37.2	Curva Espiral	D	800	005.4988 (d)						8+782.463m	8+820.882m	8+859.242m		76.749m			(506479.1013m,9996013.0001m)
37.3	Curva Espiral	D		003.2229 (d)		90.000m	0.422m	44.995m	268.328m	8+859.242m		8+949.242m			89.972m	1.687m	
38	L (min)				117.924m					8+949.242m		9+067.166m	N35° 41' 13.84" E				
39.1	Curva Espiral	I		004.9111 (d)		120.000m	0.857m	59.985m	289.828m	9+067.166m		9+187.166m			119.912m	3.427m	
39.2	Curva Espiral	I	700	012.5803 (d)						9+187.166m	9+264.324m	9+340.863m		153.389m			(506726.2804m,9996380.9408m)
39.3	Curva Espiral	I		004.9111 (d)		120.000m	0.857m	59.985m	289.828m	9+340.863m		9+460.863m			119.912m	3.427m	
40	L (min)				179.675m					9+460.863m		9+640.538m	N13° 17' 05.09" E				

**Tabla 4. 7:** Resumen de curvas horizontales espiral.

## **REVISION Y REDISEÑO DEL TRAZADO DE LAS CURVAS VERTICALES**

Ahora que ya se tiene la ruta definida mediante la aplicación de las variantes en cuanto al rediseño de las curvas horizontales, se prosigue al trabajo de gabinete analizando el terreno creado para la obtención del perfil de la misma para un correcto rediseño de las curvas verticales. Cabe recalcar que para este caso se intentará diseñar curvas únicamente en abscisas redondas cerradas para facilitar el replanteo en el campo. Para la presentación adecuada de los planos, se trabaja con escalas 1:1000 en horizontal y 1:100 vertical así para tener una visualización perfecta del alineamiento horizontal y vertical.

Los resultados que tendrá el cuadro de registro de las curvas horizontales como verticales, se denomina “guitarra” y también es requisito presentar en el MOP para ser aprobados el proyecto propuesto. En dicho cuadro se detallarán los resultados de: corte, relleno, cota de terreno, cota de proyecto, abscisado cada 20 metros, abscisado cada 100 metros y si es necesario se incluirá los datos de pendientes de las curvas, las tangentes y la indicación del sentido de las curvas, la misma que no consta en los planos originales realizados por ASTEC Cía. Ltda.

Para nuestro caso, la pendiente longitudinal máxima es del 6% y la diferencia de ello no debe ser menor que el 1%, así mismo, en la tabla de normas de MOP, nos menciona que la pendiente longitudinal no puede ser menor al 0.5%, esto es porque debe existir corrimiento de agua, pudiendo llegar fácilmente a los sumideros ubicados a lo largo de la vía y así evitar problemas de acumulación de la misma en las vías en épocas de invierno.

En cuanto a la cantidad de corte y relleno, esta no debe ser mayor a los 150 metros para que exista eficiencia de la maquinaria y así evitar que se disparen los costos en cuanto a la remoción y acarreo del mismo; sin embargo, en ciertos tramos de rediseño en este proyecto, existen lugares donde no es posible cumplir con este requerimiento, ya que al ser

un terreno montañoso, existen sitios en las que es necesario realizar cortes de gran magnitud para intentar mantener la pendiente longitudinal y tratar de cumplir con la norma propuesta por el MOP y de esta manera cumpliendo con el requisito de brindar seguridad al conductor.

## **REDISEÑO DE CURVAS VERTICALES**

Las curvas verticales, también llamadas curvas de redondeamiento o elíptica parabólica, se utilizan para empalmar dos tramos de pendientes constantes determinadas con el fin de suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos, de esta manera brindando confort al conductor al momento de trasladarse a sus destino.

Uno de los aspectos más importantes de una curva vertical es que para el diseño de una carretera se utiliza la parábola simple que se aproxima a una curva circular.

### **Curvas verticales convexas.**

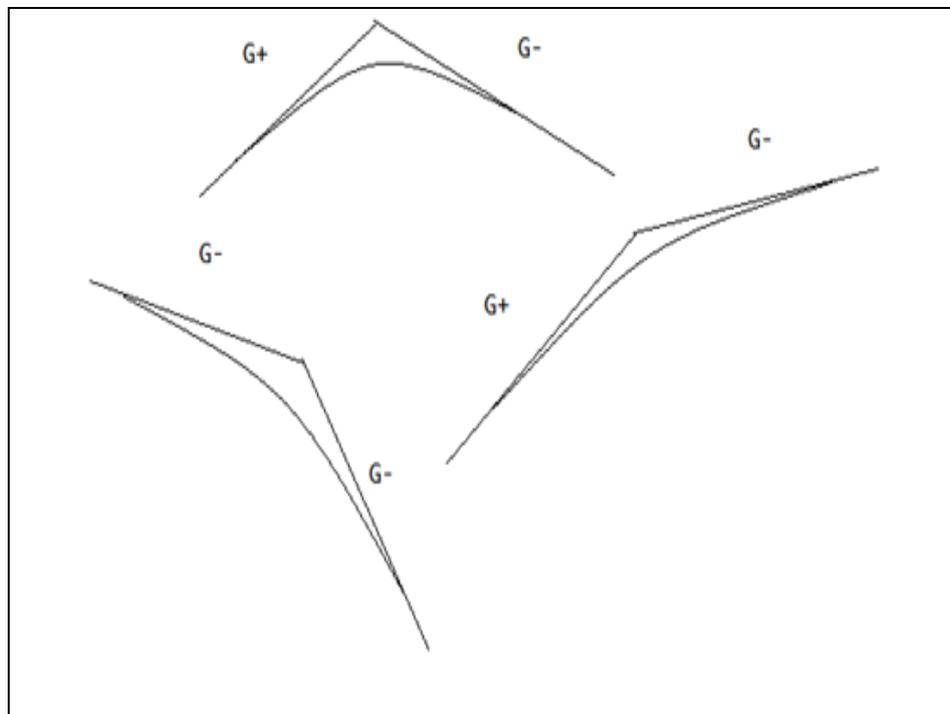
De acuerdo a las normas de diseño, se deben cumplir ciertos parámetros de las curvas verticales convexas. De esta manera, la longitud mínima de las curvas verticales se determina mediante la siguiente ecuación según las Normas de Diseño de Carretera 2003.

$$L_{min} = kA$$

Donde  $k$  es el coeficiente de mayoración que de acuerdo a la Norma de Diseño de Carreteras 2003 se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$k = \frac{s^2}{426}$$

Y  $A$  es el valor absoluto de la diferencia algebraica entre la pendiente de entrada a la curva y la pendiente de salida de la curva.  $A = |G(+)-G'(+)|$



**Figura 4. 3:** Curva convexa (CREST)

Al aplicar la fórmula para el cálculo de la constante  $k$  para las curvas convexas, se tienen los resultados de la tabla 2.9.1 Cabe recalcar que para nuestro caso se utilizó el dato de  $s = 110$  m que es la distancia de visibilidad para parada de acuerdo a las normas que dependen del TPDA calculado y la velocidad de diseño.

**Tabla 4. 8:** Cálculo de la constante  $k$  para curva convexa (CREST)

Fuente MOP 2003

Velocidad de diseño km/h	Coeficiente $k$ $k = \frac{s^2}{426}$		Distancia de visibilidad para parada (m)
	Calculado	Redondeado	
40	4.7	5	45
50	8.4	8	60
60	13.2	13	75
70	19.0	19	90
80	28.4	28	110
90	46	46	140
100	60.0	60	160
110	84.7	85	190

Al realizar el cálculo para la primera curva convexa se tiene los siguientes parámetros.

PIV I CONVEXA		
G (Gradiente ingreso)	2.25	%
G' (Gradiente salida)	-1.17	%
$k$	28	
PCV	0 + 100	
PIV	0 + 200	
PTV	0 + 300	
$L$ MINIMA	95.76	A = 3.4
$L$ MINIMA REDONDEADA	120	

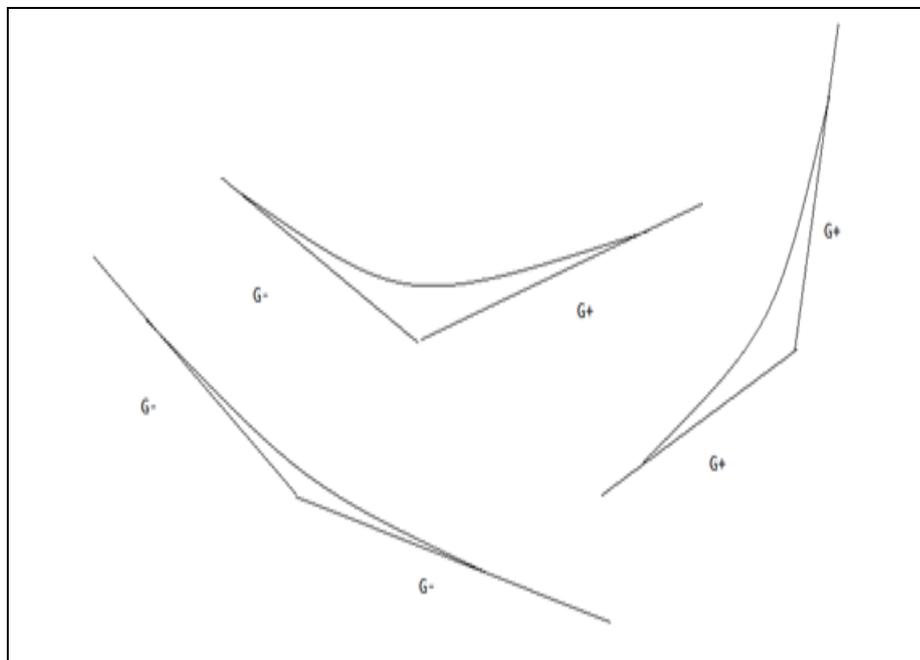
### Curvas verticales cóncavas.

En el caso de las curvas verticales cóncavas, la norma de MOP menciona que “es necesario que estas curvas sean lo suficientemente largas de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sean aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo” (MOP, 2003).

La fórmula dada por la MOP para el cálculo de  $k$  es la siguiente:

$$k = \frac{s^2}{122 + 3.5s}$$

Donde al igual que en el caso anterior,  $s$  es la distancia de visibilidad para parada que es 110 m según la Norma.



**Figura 4. 4:** Curva cóncava (SAG)

De esta manera se tiene la tabla siguiente para la obtención de la constante  $k$  para la realización de nuestro rediseño, como se puede ver es 23.8 para nuestro caso.

**Tabla 4. 9:** Datos de  $k$  para las curvas cóncavas (SAG)

**Fuente** MOP 2003

Velocidad de diseño	Coeficiente $k$ $k = \frac{s^2}{122 + 3.5s}$		Distancia de visibilidad para parada (m)
	Calculado	Redondeado	
40	7.2	7	45
50	10.8	11	60
60	14.6	15	75
70	18.5	18	90
80	23.8	24	110
90	32	32	140
100	37.5	38	160
110	45.9	46	190
120	51.5	52	210

Así mismo, se tiene el siguiente resultado de la longitud mínima para este tipo de curva.

PIV 2 CONCAVA		
G (Gradiente ingreso)	-1.17	%
G' (Gradiente salida)	1.75	%
K	24	
PCV	0 + 500	
PIV	0 + 600	
PTV	0 + 700	
<i>L</i> MINIMA	70.08	A <b>2.9</b>
<b>L MINIMA REDONDEADA</b>	<b>80</b>	

Gracias al software utilizado para la realización de este proyecto, finalmente se procede a realizar un resumen de los elementos de las curvas verticales obtenidas para este proyecto de aproximadamente de 12 km de longitud.

**Tabla 4. 10:** resumen de curvas verticales

No.	PVI ABSC	PVI COTA	Grad. Entrada	Grad. Salida	A	Tipo de curva	Long. Curva	K	Radio de curva
1	0+000.000m	2682.385m		2.25%					
2	0+200.000m	2686.894m	2.25%	-1.17%	3.43%	Crest	200.000m	58.36	5835.956m
3	0+600.000m	2682.205m	-1.17%	1.75%	2.92%	Sag	200.000m	68.473	6847.308m
4	0+960.000m	2688.500m	1.75%	-2.80%	4.55%	Crest	200.000m	43.942	4394.165m
5	1+300.000m	2678.970m	-2.80%	-7.55%	4.75%	Crest	320.000m	67.427	6742.728m
6	1+650.000m	2652.549m	-7.55%	-8.00%	0.45%	Crest	200.000m	443.225	44322.455m
7	2+000.000m	2624.549m	-8.00%	-4.62%	3.38%	Sag	400.000m	118.472	11847.162m
8	2+420.000m	2605.130m	-4.62%	-0.76%	3.87%	Sag	200.000m	51.714	5171.431m
9	2+940.000m	2601.197m	-0.76%	-7.94%	7.18%	Crest	320.000m	44.564	4456.380m
10	3+260.000m	2575.799m	-7.94%	-7.93%	0.01%	Sag	200.000m	17843.54	1784354.017m
11	3+800.000m	2533.000m	-7.93%	-2.01%	5.91%	Sag	160.000m	27.058	2705.784m
12	4+060.000m	2527.767m	-2.01%	-5.99%	3.98%	Crest	200.000m	50.265	5026.481m
13	4+440.000m	2505.000m	-5.99%	-0.88%	5.11%	Sag	200.000m	39.151	3915.080m
14	4+880.000m	2501.115m	-0.88%	-2.06%	1.18%	Crest	200.000m	169.804	16980.405m
15	5+960.000m	2478.858m	-2.06%	-5.19%	3.13%	Crest	200.000m	63.985	6398.525m
16	6+420.000m	2455.000m	-5.19%	0.00%	5.19%	Sag	280.000m	53.986	5398.595m
17	6+820.000m	2455.000m	0.00%	3.44%	3.44%	Sag	160.000m	46.545	4654.545m
18	7+140.000m	2466.000m	3.44%	-6.22%	9.66%	Crest	240.000m	24.845	2484.543m
19	7+590.000m	2438.000m	-6.22%	0.64%	6.86%	Sag	280.000m	40.797	4079.701m
20	7+980.000m	2440.500m	0.64%	-2.86%	3.50%	Crest	200.000m	57.173	5717.277m
21	8+260.000m	2432.500m	-2.86%	-1.83%	1.02%	Sag	120.000m	117.209	11720.930m
22	8+560.000m	2427.000m	-1.83%	-0.50%	1.33%	Sag	120.000m	90	9000.000m
23	8+870.000m	2425.450m	-0.50%	-1.55%	1.05%	Crest	200.000m	189.691	18969.072m
24	9+330.000m	2418.300m	-1.55%	-0.64%	0.91%	Sag	200.000m	218.735	21873.514m
25	9+830.000m	2415.100m	-0.64%	-3.50%	2.86%	Crest	120.000m	41.958	4195.804m
26	10+050.000m	2407.400m	-3.50%	1.04%	4.54%	Sag	120.000m	26.432	2643.172m
27	10+300.000m	2410.000m	1.04%	-5.00%	6.04%	Crest	160.000m	26.49	2649.007m
28	10+600.000m	2395.000m	-5.00%	-0.91%	4.09%	Sag	160.000m	39.166	3916.639m
29	10+970.000m	2391.615m	-0.91%	0.00%	0.91%	Sag	80.000m	87.445	8744.461m
30	11+400.000m	2391.615m	0.00%	0.50%	0.50%	Sag	160.000m	320	32000.000m
31	11+700.000m	2393.115m	0.50%	1.62%	1.12%	Sag	200.000m	178.969	17896.902m
32	11+983.032m	2397.693m	1.62%						

Como se puede ver en los valores. Las Normas para el Diseño de las curvas verticales se han sido respetadas; sin embargo, un diseño eficiente no es aquel diseño que menor costo produce en cuanto a la construcción de la vía, un diseño eficiente es aquel que brinda la mayor seguridad mediante el cumplimiento correcto de las normas o aquel que no exceda en las variaciones muy altas en cuanto a los radios, tangentes, y pendiente, ay que el máximo del mismo puede ser hasta el 8.0% según la Norma de MOP 2003.

#### **REVISION Y REDISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL TIPICA DE LA VIA**

En cuanto a la sección transversal típica de la vía, esta no sufrirá muchos cambios, puesto que en su gran mayoría, los diferentes componentes de la vía como: las ciclo vías,



a cada extremo de la carretera. Entonces, una sección transversal rediseñada como propuesta será de la siguiente manera.



**Figura 4. 6:** Sección transversal modificada de la vía

Los **espaldones**, que provisionan un espacio para el estacionamiento temporal fuera de la superficie de rodadura fija cuando existe un fallo mecánico del vehículo simplemente cuando es necesaria la parada, se variará únicamente dejando al extremo exterior de la vía los 1.50 metros y no como en el diseño original que distribuyen los 0.50 m a extremo interior de la vía y los 1.0 restante al extremo exterior de la vía.

La finalidad de rediseñar el espaldón es para brindar mayor espacio para que exista mayor seguridad si el conductor quiera hacer una parada de emergencia sin detener el tráfico vehicular. Así mismo, la gradiente de los espaldones se utilizará el valor del 4% de acuerdo a la Norma de MOP.

**Tabla 4. 11:** Gradientes de espaldones

Fuente MOP 2003, pg. 234

GRADIENTE TRANSVERSAL PARA ESPALDONES (PORCENTAJES)		
Clase de Carretera	Tipos de Superficie (m)	Gradiente Transversal %
R-I o R-II > 8000 TPDA	Carpeta de concreto asfáltico	4,00
I 3000 a 8000 TPDA	Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o carpeta	4,00
II 1000 a 3000 TPDA	Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o superficie estabilizada	4,00
III 300 a 1000 TPDA	Superficie estabilizada, grava	4,00
IV 100 a 300 TPDA	D.T.S.B. O capa granular	4,00

Para el movimiento de las tierras, se mantendrá los taludes de corte y relleno fijados en los estudios. Es muy importante aclarar que los valores de la remoción de la tierra son costosos, por ello que se presente realizar cortes y rellenos menores posibles y si el terreno cumple las condiciones necesarias, el mismo corte se utilizará para rellenar zonas de barrancos.

**CORTE** 0.75:1 (0.75 horizontal 1.0 vertical)

**RELENO** 1.5:1.0 (1.5 horizontal 1.0 vertical)

Cabe recalcar que debido al fuerte sismo ocurrido el 12 de agosto del 2014, se recomienda realizar un estudio especial de estabilización de taludes a fin de evitar accidentes como lo ocurrido en dicha fecha.

El bombeo a utilizarse para la sección transversal típica será la que recomienda la Norma que de acuerdo al TPDA obtenido es del 2.5%, siendo un tipo de superficie de **grado estructural intermedio.**

**Tabla 4. 12:** Gradientes transversales o bombeo

Fuente MOP 2003, pg. 234

CLASIFICACION DE SUPERFICIES DE RODADURA		
Clase de Carretera	Tipo de Superficie	Gradiente Transversal (Porcentajes)
R-I o R-II > 8000 TPDA	Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón	1,5-2
I 3000 a 8000 TPDA	Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón	1,5-2
II 1000 a 3000 TPDA	Grado estructural intermedio	2
III 300 a 1000 TPDA	Bajo grado estructural: Doble Tratamiento Superficial Bituminoso D.T.S.B.	2
IV 100 a 300 TPDA	Grava o D.T.S.B.	2,5-4 *
V Menos de 100 TPDA	Grava, Empedrado, Tierra	4
* Para caminos vecinales tipo 5 y 5E.		

Finalmente, se procede al cálculo de las dimensiones de la cuneta longitudinal de acuerdo a los estudios hidrológicos obtenidos de los estudios realizados por ASTEC Cía. Ltda.

Para este caso, se tomara la pendiente más pronunciada del proyecto vertical que es del 8.0% (se denomina con la letra **S**) ubicada entre las abscisas 3+260 y 3+800, es decir, 540m. Con los datos obtenidos de los estudios realizados por ASTEC se procede a calcular el caudal.

$$A = 0.24096 \text{ m}^2$$

$$L = 540 \text{ m}$$

Utilizando el valor de 6 como promedio de  $V_e$  del **hormigón** de la siguiente tabla se tiene el valor de tiempo de concentración  $T_c$ .

**Tabla 4. 13:** Velocidad del agua con la que se erosionan los diferentes materiales

Fuente MOP 2003, pg. 234

MATERIAL	VELOCIDAD m/s .	MATERIAL	VELOCIDAD m/s .
Arena fina	0.45	Pizarra suave	2.0
Arcilla arenosa	0.50	Grava gruesa	3.50
Arcilla ordinaria	0.85	Zampeado	3.4-4.5
Arcilla firme	1.25	Roca sana	4.5 - 7.5
Grava fina	2.00	Hormigón	4.5-7.5

$$T_c = 13.61 \text{ min}$$

$$I = 121.70 \text{ mm/h}$$

Para la obtención del coeficiente de escorrentía se utiliza la siguiente tabla.

**Tabla 4. 14:** Velocidad del agua con la que se erosionan los diferentes materiales

Fuente MOP 2003, pg. 238

TIPO DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
Superficie Pavimentada	0.85 - 0.90
Superficie de Grava y Mecada	0.35 - 0.70
Tierra desnuda Ligeramente Permeable	0.50 - 0.85
Tierra con Hierba Ligeramente Permeable	0.30 - 0.70
Tierra Desnuda Moderadamente Permeable	0.25 - 0.50
Tierra con Césped Moderadamente Permeable	0.00 - 0.20

Siendo para nuestro caso  $c = 0.68$ , ya que se toma como promedio el dato de la fila N° 3 (Tierra desnuda ligeramente permeable).

$$Q = \frac{c * I * A}{360} = \frac{0.68 * 0.24096 * 121.70}{360} = 0.0554 \text{ m}^3/\text{s}$$

Aplicando la fórmula de Manning se tiene:

$$Q = A * V$$

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{A}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$A * R^{\frac{2}{3}} = Q * \frac{n}{S^{\frac{1}{2}}}$$

Para utilizar la  $n$  (coeficiente de rugosidad) se usa la siguiente tabla.

**Tabla 4. 15:** Coeficiente de rugosidad para diferentes tipos de recubrimientos.

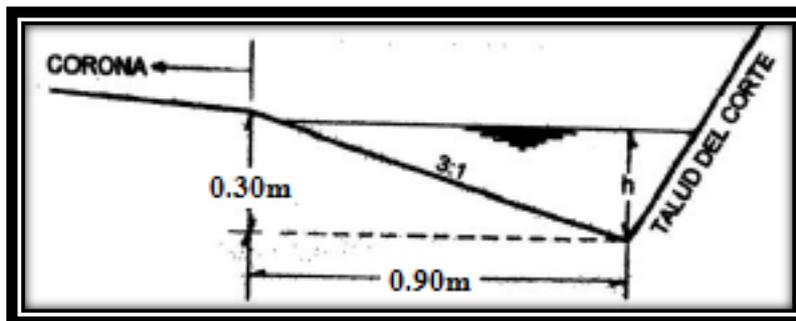
Fuente MOP 2003

Tipo de Recubrimiento	Coefficiente
Tierra Lisa	0.020
Césped con más de 15 cm de profundidad de agua	0.040
Césped con menos de 15 cm de profundidad de agua	0.060
Revestimiento rugoso de piedra	0.040
Cunetas revestidas de Hormigón	0.016

Así se tiene:

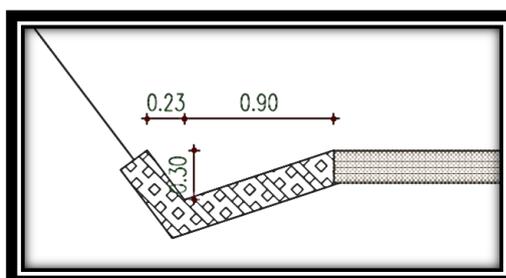
$$A * R^{\frac{2}{3}} = 0.0554 * \frac{0.016}{0.08^{\frac{1}{2}}} = 0.0002444$$

Finalmente, sabiendo que el radio hidráulico (R) es la relación entre el área y el perímetro mojado, la misma que está en función del tirante, se calcula la siguiente expresión  $A * R^{\frac{2}{3}}$  con distintos valores de tirantes hasta obtener un valor cercano al obtenido en la fórmula de Manning y se tiene que con un valor de 20 cm de tirante se acerca al valor buscado de 0.0002444; sin embargo para que exista mayor seguridad en épocas de invierno, se pondrá un valor de 30 cm que es el máximo valor que recomienda la Norma de MOP 2003.



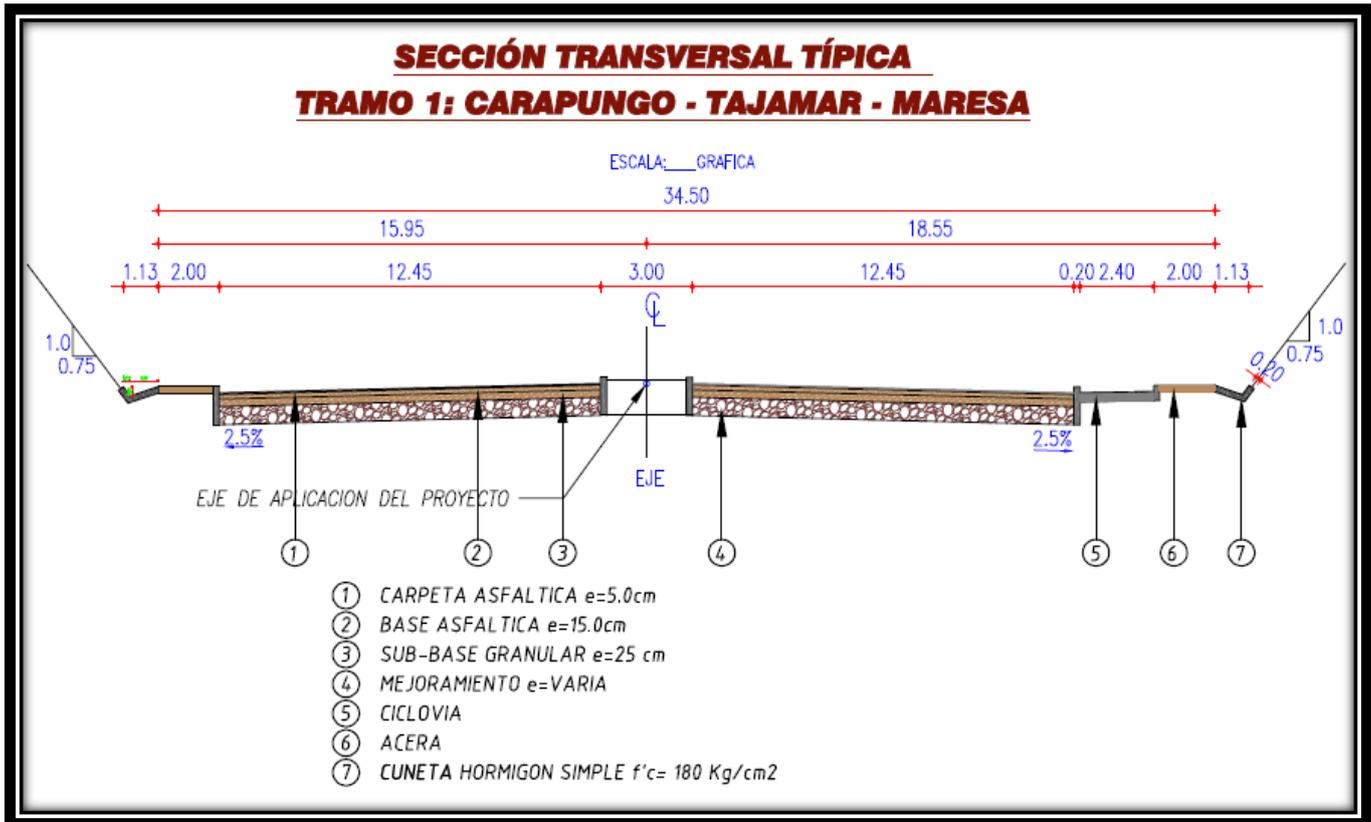
**Figura 4. 7:** Sección transversal de la cuneta

Cabe recalcar que el talud de la cuneta hacia la vía del 3:1 es una recomendación de la norma y el así mismo, el talud de la cuneta hacia el exterior de la vía, seguirá siendo el talud de corte, es decir, 0.75:1.0



**Figura 4. 8:** Sección transversal de la cuneta izquierda

Finalmente, se tiene la sección transversal típica en la que se incluyen los canales longitudinales a construirse a lo largo de la vía de todo el tramo 1.



**Figura 4. 9:** Sección Transversal Típica propuesta

## **CAPITULO 5: CALCULO DE VOLUMENES Y ANALISIS DE COSTOS DEL PROYECTO**

### **VOLUMENES**

Una vez definido la sección transversal típica de la vía del Tramo 1, se procede a la obtención de las cantidades de movimientos de tierra aproximados, puesto que en taludes mayores a los 15 metros se trabajará con pendiente de 0.75:1.0 y 1.5:1.0 en corte y relleno respectivamente, así mismo, para taludes menores a los 15 metros de altura, se trabajará con pendientes de 0.5:1.0 y 1.5:1.0 en corte y relleno respectivamente, ya que en alturas menores a los 15 metros la posibilidad de derrumbos es menor. Cabe recalcar que por facilidad, se ha utilizado como general el dato de 0.75:1.0 y 1.5:1.0 los datos de taludes de corte y relleno respectivamente, y por ello la cantidad real de los movimientos de tierra tendrán una variación de acuerdo a su avance en el trabajo.

Es muy importante mencionar que en este proyecto tampoco se toma en cuenta las cantidades de movimientos de tierras de las alcantarillas, de los estribos y pilas de los puentes, puesto que dicha cantidad de tierra estará dentro del estudio de las estructuras de arte mayor que no se abarcará en este proyecto denominado Tramo 1.

De esta manera, para este caso, los datos del área de corte y relleno, así como los volúmenes se utilizarán los que genere el software. Para este cálculo de volumen, se ha utilizado una distancia cada 20 metros para la obtención de las cantidades de movimiento de tierras; sin embargo, también se pudo haber utilizado distancias menores para de esta manera obtener un cálculo más exacto a la realidad.

Los datos que tendrá la tabla abarcan los siguientes:

**Abscisado:** es la distancia cada 20 metros empezando en el km 0+000

**Área corte:** área de la sección transversal que será necesario cortar

**Volumen corte:** cantidad de tierra en m<sup>3</sup> que es necesario cortar. Se puede utilizar la siguiente fórmula.

$$V_c = \left( \frac{A_{c1} + A_{c2}}{2} \right) * (Ab_{sc2} - Ab_{sc1})$$

Donde

**V<sub>c</sub>** = volumen de corte

**A<sub>c1</sub>** = área de corte en la abscisa anterior

**A<sub>c2</sub>** = área de corte en la abscisa en la cual se está calculado

**Ab<sub>sc2</sub>** = abscisa en la cual se está calculado el volumen

**Ab<sub>sc1</sub>** = abscisa anterior

En este caso (**Ab<sub>sc2</sub> - Ab<sub>sc1</sub>**) siempre será igual a 20 metros.

**Área relleno:** área de la sección transversal que será necesario rellenar

**Volumen relleno:** cantidad de tierra en m<sup>3</sup> que es necesario rellenar. La fórmula a ser utilizada es la siguiente.

$$V_r = \left( \frac{A_{r1} + A_{r2}}{2} \right) * (Ab_{sc2} - Ab_{sc1})$$

Como se puede notar en la fórmula de corte y relleno, los valores que cambian son las áreas que en este caso se utiliza los obtenidos del software.

**Volumen corte acumulado:** es la suma de la cantidad de tierra necesaria de cortar en la abscisa, más la cantidad de tierra necesaria de cortar en la abscisa anterior, es decir, al final se tendrá la suma total de la cantidad de volumen.

**Volumen relleno acumulado:** es la cantidad de tierra necesaria de rellenar en la abscisa, más la cantidad de tierra necesaria rellenar en la abscisa anterior.

**Volumen neto:** es la diferencia entre el volumen de corte acumulado menos el volumen de relleno acumulado

$$V_N = V_{CA} - V_{RA}$$

Es muy importante aclarar que un valor positivo del volumen neto, significa que la cantidad de tierra a ser removida es mayor a la cantidad de tierra a ser rellenada, así mismo, un valor negativo de volumen neto, significa que la cantidad de tierra a ser rellenada, es mayor a la cantidad de tierra a ser removida, finalmente, si el valor de volumen neto es pequeño (cerca a cero) significa que existe un equilibrio entre corte y relleno, es decir, que la tierra removida servirá para rellenar donde sea necesario, obteniendo un desperdicio mínimo que en este proyecto se busca, ya que la calidad de tierra encontrada en el tramo 1 es adecuado según estudios de laboratorio y resultados de densidad de compactación obtenidos en el campo. Para el cálculo de costos de la construcción del proyecto, lo óptimo es que el volumen neto sea próximo o mayor a cero, ya que el rellenar los barrancos resulta mucho más caro en comparación con el corte a realizar en ciertos lugares.

A continuación se presenta las tablas con los volúmenes acumulados en cada kilómetro.

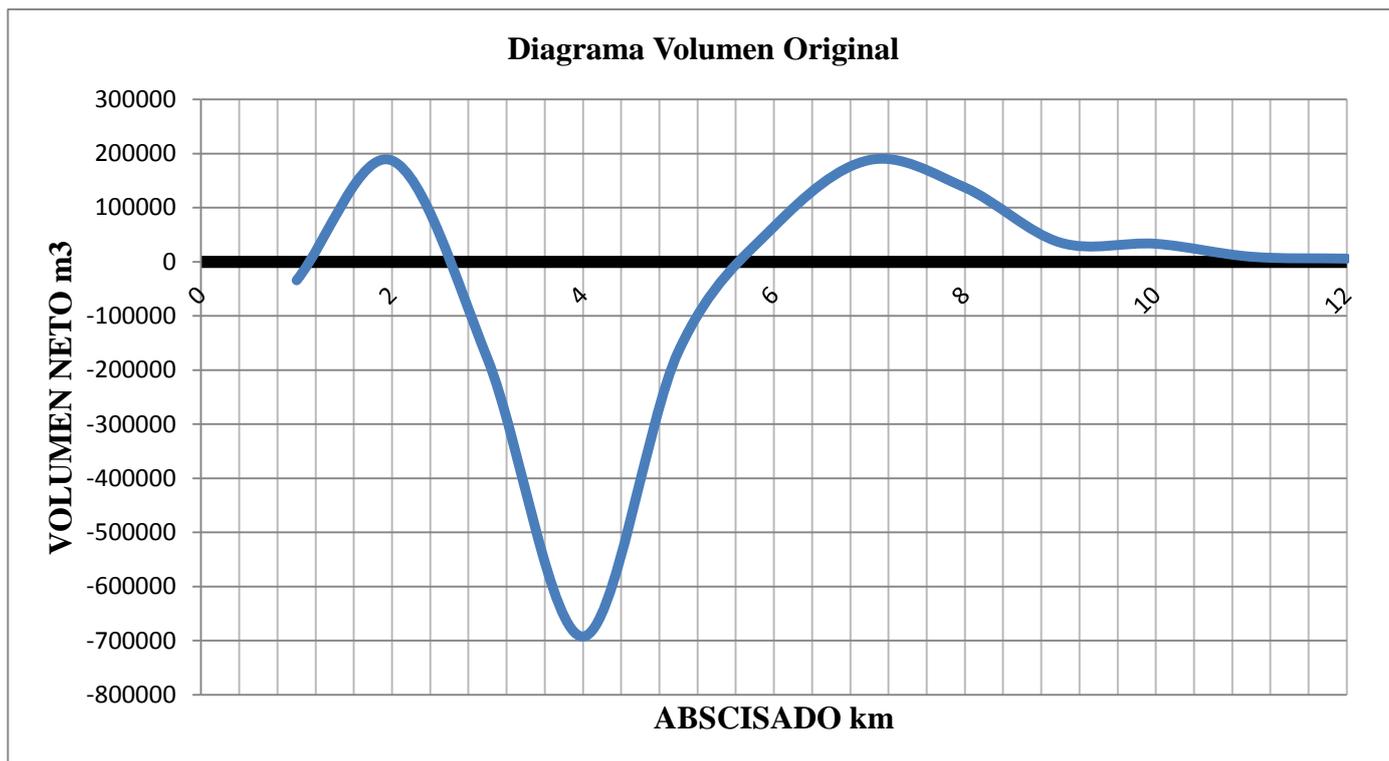
**Tabla 5. 1:** resultado de volumen del tramo 1 del diseño original

Fuente: ASTEC Cía. Ltda.

ABSCISA	CORTE m3	RELLENO m3	Neto m3
0+000 - 1+000	51359.5	85523	-34163.5
1+000 - 2+000	206209.9	19061.6	187148.3
2+000 - 3+000	121119.8	300500	-179380.2
3+000 - 4+000	208263.9	900763	-692499.1
4+000 - 5+000	88720.3	254049.2	-165328.9
5+000 - 6+000	218795.3	154049.2	64746.1
6+000 - 7+000	200940.3	12851	188089.3
7+000 - 8+000	192028.3	54664.7	137363.6
8+000 - 9+000	44867.6	9318.9	35548.7
9+000- 10+000	55060.2	21732.4	33327.8
10+000 - 11+000	9926.7	472.4	9454.3
11+000 - 12+000	14401.52	8462.71	5938.81
<b>TOTAL</b>	<b>1411693.32</b>	<b>1821448.11</b>	<b>-409754.8</b>

En la tabla 4.1.1 se puede ver que de acuerdo a las condiciones propuestas por ASTEC para los taludes de corte, relleno y la sección transversal típica de acuerdo al diseño horizontal y vertical originales, se tiene un resultado de volumen de corte acumulado de 1411693.32 m<sup>3</sup> y de 1821448.11 m<sup>3</sup> de relleno acumulado para los 12 kilómetros dando un volumen neto negativo de - 409754.8 m<sup>3</sup>, la misma sube el costo en el cálculo de cantidades de obra en cuanto al movimiento de tierra, puesto que rellenar resulta muy caro en comparación con el corte.

A continuación se presenta un diagrama de la distribución de volumen donde se puede apreciar que la cantidad de tierra a ser rellenada en las abscisas 2+000m – 5+000m, excede la cantidad de tierra que se tendrá luego de ser removida en las abscisas 1+000 – 2+000 m y 6+000m – 8+000m.



**Gráfico 5. 1:** diagrama de distribución del movimiento de tierras del diseño original

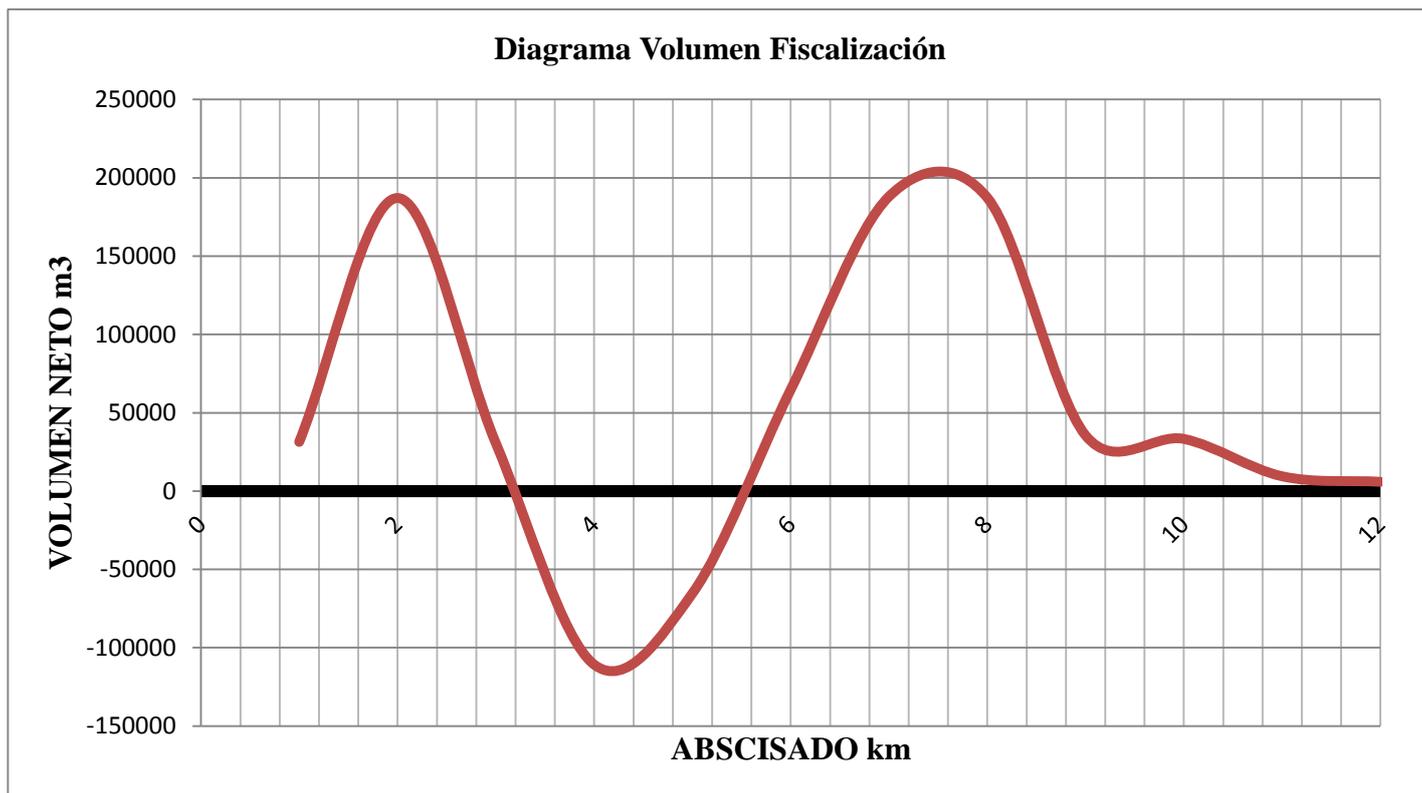
Así mismo, la fiscalizadora presenta un rediseño con variaciones en el diseño horizontal y vertical, optimizando el uso los materiales existentes y de esta manera minimizando el costo. Las cantidades obtenidas son las indicadas en la siguiente tabla.

**Tabla 5. 2:** resultado de volumen del tramo 1 con rediseños por TRZADOS Cía. Ltda.

<b>ABSCISA</b>	<b>CORTE m3</b>	<b>RELLENO m3</b>	<b>Neto m3</b>
0+000 - 1+000	51359.5	19961.2	31398.3
1+000 - 2+000	206209.9	19061.6	187148.3
2+000 - 3+000	121119.8	90484.4	30635.4
3+000 - 4+000	108263.9	219000	-110736.1
4+000 - 5+000	88720.3	154049.2	-65328.9
5+000 - 6+000	218795.3	154049.2	64746.1
6+000 - 7+000	200940.3	12851	188089.3
7+000 - 8+000	192028.3	4664.7	187363.6
8+000 - 9+000	44867.6	9318.9	35548.7
9+000- 10+000	55060.2	21732.4	33327.8
10+000 - 11+000	9926.7	472.4	9454.3
11+000 - 12+000	14401.52	8462.71	5938.81
<b>TOTAL</b>	<b>1311693.32</b>	<b>714107.71</b>	<b>597585.6</b>

Cabe recalcar que los cambios realizados por la fiscalizadora se han mantenido dentro de los lineamientos impuestos por la EPMMOP que en su gran mayoría no son de tipo técnico sino más aún son de tipo social.

El diagrama de configuración de volumen de movimiento de tierras a lo largo de todo el tramo del proyecto obtenido por la fiscalizadora es la siguiente.



**Gráfico 5. 2:** diagrama de movimiento de tierras del rediseño por la fiscalización

**Elaboración:** propias

En el gráfico 5.1, y, en comparación con el gráfico de diagrama de volumen original, claramente se puede notar la reducción del relleno y el aumento de corte, ya que así se busca disminuir los costos. Dichos resultados se obtienen gracias a los cambios realizados en el diseño horizontal y vertical.

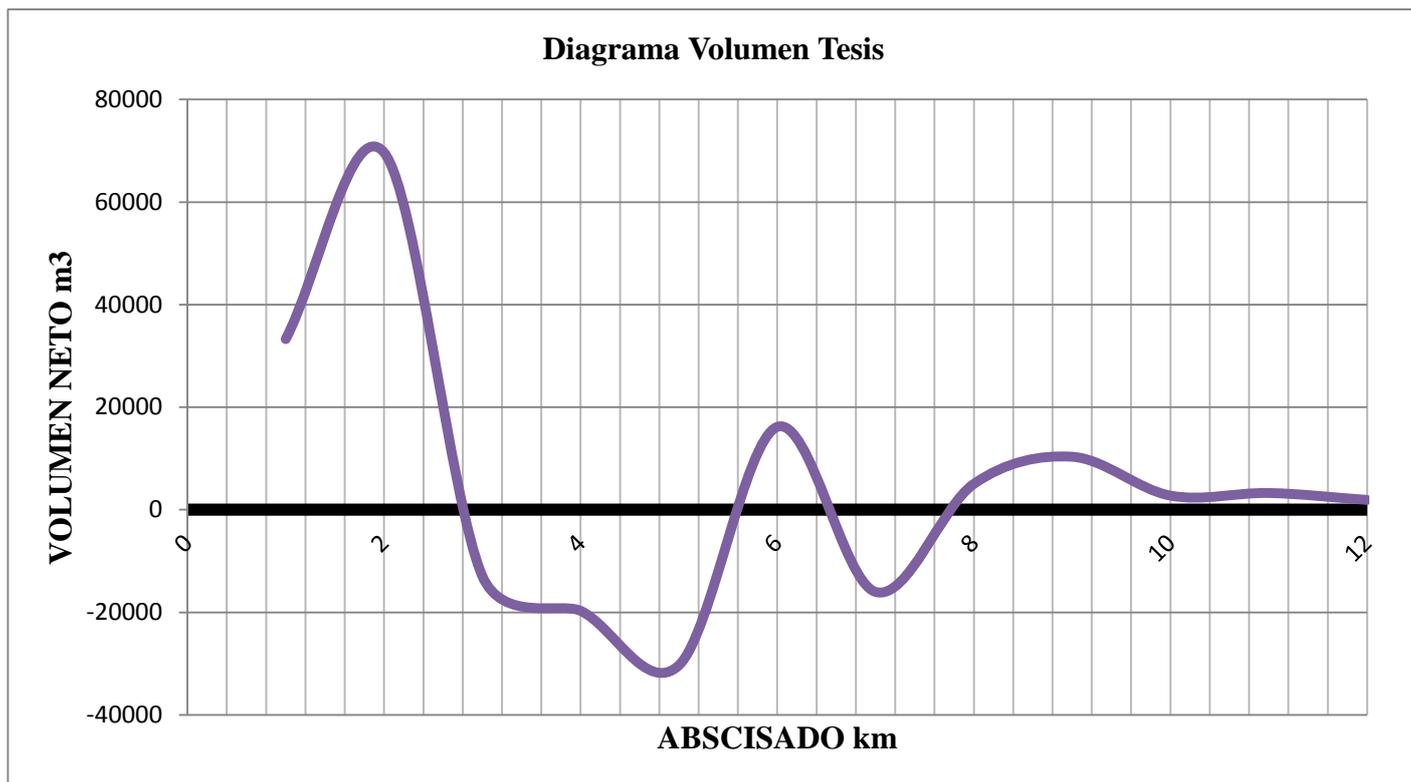
Finalmente, ya que el objetivo de este proyecto es el de revisar y cambiar el diseño geométrico original de manera que el resultado sea un diseño eficiente. A continuación se procede a presentar las cantidades de movimientos de tierras obtenidos de acuerdo a la sección transversal propuesta y de acuerdo a los cambios realizados en este proyecto.

**Tabla 5. 3:** resultado de volumen del tramo 1 con variantes propuestas

<b>ABSCISA</b>	<b>CORTE m3</b>	<b>RELLENO m3</b>	<b>Neto m3</b>
0+000 - 1+000	50383.12	17095.69	33287.43
1+000 - 2+000	97184.18	27500.57	69683.61
2+000 - 3+000	98533.37	111439.49	-12906.12
3+000 - 4+000	94137.55	113828.3	-19690.75
4+000 - 5+000	190497.17	220810.6	-30313.43
5+000 - 6+000	343191.8	327022.2	16169.6
6+000 - 7+000	110682.66	126684.1	-16001.44
7+000 - 8+000	116651.39	111607	5044.39
8+000 - 9+000	31362.64	21017.69	10344.95
9+000- 10+000	45244.96	42472.84	2772.12
10+000 - 11+000	24786.33	21505.15	3281.18
11+000 - 12+000	17568.86	15637.13	1931.73
<b>TOTAL</b>	<b>1220224.03</b>	<b>1156620.76</b>	<b>63603.27</b>

Con los cambios aplicados en cuanto al diseño geométrico del tramo en estudio, se tiene un volumen de corte acumulado de 1220224.03 m<sup>3</sup>, un volumen de relleno acumulado de 1156620.76 m<sup>3</sup>, y un volumen neto de 63603.27 m<sup>3</sup>, notándose así, una clara disminución de movimiento de tierra, cumpliendo las normas vigentes del país y así disminuyendo el costo del proyecto.

Para comprobar si la distribución del movimiento de tierra es notable, a continuación se presenta el gráfico siguiente.



**Gráfico 5. 3:** diagrama de movimiento de tierras del rediseño

**Elaboración:** propias

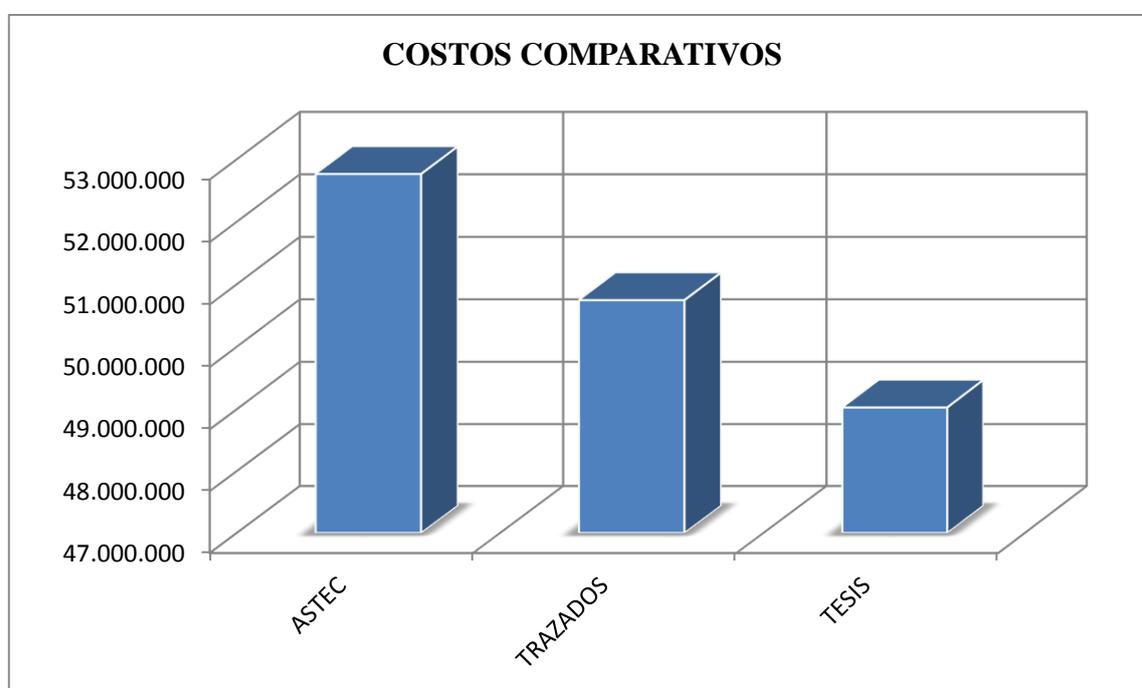
El gráfico 5.3, muestra de manera clara que la distribución de volumen es mucho más uniforme que en los casos anteriores, logrando así un diseño eficiente.

Los resultados muestran que se tiene que existe una disminución en cuanto a los volúmenes obtenidos a pesar de que únicamente se trabajó con una sección transversal, rediseños horizontales como verticales, puesto que si se realiza una diferencia entre la cantidad original propuesta y la cantidad obtenido mediante rediseños y variantes aplicadas, se tiene los siguientes resultados.

En la siguiente sección se podrá ver las variaciones de los costos totales obtenidos gracias a los rediseños aplicados en este proyecto.

## ANÁLISIS DE COSTOS Y PREPARACION DE UNA OFERTA APROXIMADA

Finalmente se tiene un ajuste de los costos de acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a los movimientos de tierras con el nuevo diseño. Cabe recalcar que ente caso se han mantenido los costos que corresponden a aspectos legales como las expropiaciones. También se han mantenido los costos de pasos deprimidos, alcantarillados sanitarios, puentes, etc., ya que dichos costos se deberán hacer reajustes de acuerdo al avance de obra y a las variaciones de los precios al consumidor del país.



**Gráfico 5. 4:** diagrama de comparación de costos

**Elaboración:** propias

De acuerdo a los diseños originales realizados por ASTEC Cía. Ltda., y al diagrama 5.4, se tiene un costo aproximado de **52'764,421.11** USD originalmente; sin embargo, con el propósito de abaratar costos tanto en la construcción como en las expropiaciones, la fiscalizadora TRAZADOS Cía. Ltda., presenta un costo recalculado con nuevas cantidades que desciende a **50'746,006.24** USD, costo en la cual la disminución de la cantidad de

relleno de tierras ha sido disminuido notablemente y así teniendo un ahorro de **2'018,414.87** USD. De lo contrario a las propuestas de TRAZADOS Cía. Ltda., y ASTEC Cía. Ltda., mediante los cálculos en cuanto se refiere a los movimientos de tierras y reduciendo en lo más posible las expropiaciones, en este proyecto se obtiene un costo total aproximado de **49'028,336.56** USD.

De esta manera, en comparación con el diseño original, se tiene un ahorro de **3'736,084.55** USD, ahorro que puede ser utilizado en la construcción de obras complementarias como caminos de acceso como el propuesto en al inicio del tramo que servirá como un acceso seguro para los moradores del condominio Los Eucaliptos al inicio del proyecto Carapungo – Maresa (Tramo 1). Así mismo, en comparación con el diseño presentado por la fiscalizadora y con la de este proyecto (tesis), el ahorro es de **1'717,669.68** USD.

En los anexos se adjuntará todos los análisis de costos. Los análisis de los precios unitarios se han tomado de acuerdo a los costos suministrados por la entidad contratante que en este caso es el Municipio de Quito junto con ASTEC Cía. Ltda., así mismo, los rubros han sido actualizados por la constructora SINOHYDRO CORPORATION LIMITED para obtener con costo total contractual.

Cabe recalcar que a pesar de la aplicación de diferentes variantes como el cambio de ruta, rediseño de la sección transversal mediante los canales longitudinales, etc., la cantidad de costo es menor.

## **CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

Se concluye que la ejecución de este proyecto denominado Tramo 1, de la prolongación de la Avenida Simón Bolívar beneficiará a todo el sector norte de la ciudad de Quito mejorando la calidad de vida de los moradores, puesto que con estas vías, su actividad comercial crecerá significativamente, puesto que los traslados a los diferentes lugares de venta se lo podrá realizar de forma rápida y segura, como resultado de un diseño eficiente geométrico eficiente realizado gracias a todos los datos topográficos georreferenciados obtenidos del campo como: puntos topográficos, datos de caudales de los ríos existentes, etc.

Para la aplicación de las vías de primer orden, se siguió la Norma de Diseño de Carreteras 2003 del Ecuador y de esta manera este diseño se clasifica como una autopista de acuerdo al TPDA obtenido como vehículos futuros para el año 2030. Así, el rediseño cumple con todas las normas tales como: radios mínimos, tangentes mínimos, etc., en curvas horizontales, y pendiente longitudinal mínima así como longitud de curva vertical mínima en curvas verticales.

Se logró comprobar que para la elaboración de todos los diseños, planos horizontal y vertical de la vía, así como de las secciones transversales y cubicación, el mejor que se acopla es el software AutoCAD CIVIL 3D 2014 (versión estudiante), ya que genera resultados aceptables mediante comprobaciones en el campo y el plano obtenido a comparación con otros softwares como el Eagle Point u otros.

Se procedió a analizar el diseño original y realizar las posibles variantes necesarias de acuerdo a las necesidades de la topografía, descartando los cortes y rellenos muy

grandes así como aspectos legales (salvando casas habitadas) la misma que permite la comparación de tres costos que son:

Costo Original propuesto por ASTEC Cía. Ltda.: **52'764,421.11 USD**

Costo Propuesto por TRAZADOS Cía. Ltda.: **50'746,006.24 USD**

Costo Propuesto en la realización de esta tesis: **49'028,336.56 USD.**

Finalmente, como una conclusión general, se ha logrado el diseño eficiente puesto que a pesar de minimizar los costos, el rediseño se han mantenido dentro de las normas, de esta manera asegurando la rapidez al conductor cuando una vez el proyecto sea culminado.

## **RECOMENDACIONES**

Las siguientes recomendaciones son en especial en la etapa del método constructivo.

Es recomendable realizar verificación en el campo de manera muy seguida mientras se están realizando las variantes en la oficina, puesto que no son exactamente perfectos los levantamientos de los lotes y casas que hay que expropiar, ya que existen variaciones al momento de arrastrar las coordenadas desde los puntos base (GPS) puestos por ASTEC Cía. Ltda.

Se recomienda analizar la topografía generada por los topógrafos mediante el recorrido en el campo para tener un resultado de cálculo de volúmenes más exactos.

Se recomienda la colocación de la señalización tanto horizontal como vertical para indicar direcciones, velocidades máximas en las diferentes curvas.

Dejar limpio las alcantarillas y cunetas longitudinales una vez haya finalizado la construcción para evitar acumulación de basuras en épocas de invierno.

Es recomendable promover talleres de información a la población afectada sobre la ruta del proyecto para evitar retrasos al momento del avance de los trabajos cuando se trata de realizar expropiaciones.

## REFERENCIAS

Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (2003). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Quito 2014.

DMQ. (2011). Ordenanza de Zonificación No 0031. Municipio del Distrito

Metropolitano de Quito, Dirección Metropolitana de Planificación Territorial y Servicios Públicos, Quito.

Municipio Del Distrito Metropolitano de Quito. (2008). Plan Maestro de Movilidad

2009-2025. EMMOP, Recuperado, julio 2014, de Municipio del Distrito Metropolitano de Quito: <http://www.quito.gob.ec/quito-por-temas/movilidad>

National Research Council. (2010). HCM 2010: Highway Capacity Manual.

Washington D.C.: Transportation Research Board.

ASTECCía. Ltda. (2010). Estudios para la Construcción de la Prolongación de la Avenida Simón Bolívar.

TRAZADOS Cía. Ltda. (2013). Fiscalización del proyecto de la Prolongación de la Avenida Simón Bolívar.

Jácome E. (2014). Rehabilitación de la Avenida Manuel Córdova Galarza. El Comercio, 2.

Maldonado O. (2011). Tránsito Promedio Diario Anual. TPDA, 1, 1. 2014, De Universidad José Cecilio del Valle Base de datos.

## ANEXOS

Anexo 1: Diseño En Horizontal y Vertical por ASTEC Cía. Ltda. (3 planos)

Anexo 2: Rediseño Horizontal y Vertical por TRAZADOS Cía. Ltda. (4 planos)

Anexo 3: Rediseño Horizontal y Vertical por Marco Guamán (Tesis). (5 planos)