ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA: ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS VÍAS DE ACCESO A LAS PARROQUIAS DE ALANGASÍ Y LA MERCED POR LA TRONCAL DE LA SIERRA (E35).

AUTOR: RUEDA BADILLO, JOE CAMILO

DIRECTOR: ROMERO FLORES, PATRICIO EDUARDO

SANGOLQUÍ

2018

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS VÍAS DE ACCESO A LAS PARROQUIAS DE ALANGASÍ Y LA MERCED POR LA TRONCAL DE LA SIERRA (E35)**, realizado por el señor **JOE CAMILO RUEDA BADILLO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto, me permito acreditarlo y autorizar al señor para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 9 de marzo del 2018

ING. PATRICIO EDUARDO ROMERO FLORES

DIRECTOR

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **JOE CAMILO RUEDA BADILLO**, con cédula de identidad N°1721612735, declaro que este trabajo de titulación autorizo **"ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS VÍAS DE ACCESO A LAS PARROQUIAS DE ALANGASÍ Y LA MERCED POR LA TRONCAL DE LA SIERRA (E35)"** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ellos me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 9 de marzo del 2018

JOE CAMILO RUEDA BADILLO

C.I. 1721612735

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **JOE CAMILO RUEDA BADILLO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **"ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS VÍAS DE ACCESO A LAS PARROQUIAS DE ALANGASÍ Y LA MERCED POR LA TRONCAL DE LA SIERRA (E35)"** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 9 de marzo del 2018

JOE CAMILO RUEDA BADILLO

C.I. 1721612735

DEDICATORIAS

A mis padres, Mario y Dolores,

A mi familia, que lo es todo.

AGRADECIMIENTOS

A mi Mamá y Papá por su apoyo incondicional,
A mis profesores por brindarme sus conocimientos, lecciones y experiencias,
A mi familia que siempre está,
Y a todos los que pusieron un granito de arena para cumplir esta meta,
en especial a NGBA.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD iii
AUTORIZACIÓN iv
DEDICATORIAS v
AGRADECIMIENTOS vi
ÍNDICE DE CONTENIDO vii
ÍNDICE DE TABLAS xi
ÍNDICE DE FIGURAS xii
RESUMEN xiv
ABSTRACT xv
CAPÍTULO I 1
1.1 Introducción 1
1.2 Importancia y Justificación 3
1.3 Ubicación 5
1.4 Objetivos 6
1.4.1 Objetivo General 6
1.4.2 Objetivos Específicos 7
1.5 Metodología 7
CAPÍTULO II 9
2.1 Metodología de estudio 9
2.2 Definición y cálculo de los parámetros de tráfico del proyecto 10
2.2.1 Generalidades 10
2.2.2 Generalidades de las condiciones actuales 11
2.2.3 Obtención de datos en campo 12
2.2.3.1 Levantamiento topográfico del sector de estudio 12
2.2.3.2 Levantamiento actual de las vías 14
2.2.4 Observaciones trascendentes del estado actual de las vías 31
2.2.5 Beneficiarios (Usuarios) 31
2.2.5.1 Peatones 31

2.2.5.2 Conductor 32
2.2.5.3 Vehículos 32
2.2.6 Sistema vial 35
2.2.6.1 Arterias principales 35
2.2.6.2 Arterias secundarias 35
2.2.6.3 Clasificación del sistema vial en el DMQ 36
2.2.7 Aspectos de diseño de vías 38
2.2.8 Tasas de crecimiento 39
2.2.8.1 Tasas de crecimiento para el proyecto 40
2.2.9 Tráfico 42
2.2.10 Estudio de tráfico 43
2.2.10.1 Volumen de tráfico 47
2.2.10.2 Variación horaria de tráfico 48
2.2.10.3 Tráfico promedio diario 49
2.2.10.4 Relación entre el tránsito promedio diario anual (TPDA) y el tránsito promedio diario semanal (TPDS) 51
2.2.10.5 Cálculo y determinación del TPDA 52
2.2.10.6 Composición vehicular 54
2.2.10.7 Hora pico 55
2.2.10.8 Factor de hora pico 56
2.2.10.9 Cálculo del Factor de hora pico 56
2.2.10.10 Proyección de tráfico futuro 57
2.2.10.11 Cálculo de Tráfico futuro 59
2.2.11 Uso de suelo 59
2.2.12 Intersecciones 59
2.2.12.1 Intersecciones a nivel 62
2.2.12.2 Intersecciones a desnivel 62
2.2.13 Rotondas 63
2.2.13.1 Rotondas a desnivel 64
2.2.14 Velocidad de diseño y circulación 65
2.2.14.1 Carriles de aceleración y desaceleración 68

2.2.15 Vehículo de diseño 72
2.2.16 Señalización 75
2.2.17 Criterios del proyecto 76
2.2.17.1 Tráfico 76
2.2.17.2 Seguridad vial 77
CAPÍTULO III 78
3.1 Generalidades de condiciones actuales 78
3.2 Sección y anchos de vía. 78
3.3 Diseño de sistema de drenaje. 79
3.3.1 Condiciones actuales. 79
3.3.2 Cálculos de parámetros por el Método racional. 80
3.3.2.1 Caudal Hidrológico 81
3.3.2.2 Caudal Hidráulico. 83
3.3.2.3 Comprobación del funcionamiento del diseño de drenaje 85
3.4 Diseño geométrico del mejoramiento de las vías de acceso a las parroquias de Alangasí y La Merced por la Troncal de la Sierra E35. 86
3.4.1 Diseño Horizontal. 86
3.4.1.1 Factor de fricción lateral y tasa de sobreelevación o peralte 87
3.4.1.2 Radios mínimos y sus correspondientes grados máximos de curvatura 88
3.4.1.3 Curvas horizontales de transición 89
3.4.1.4 Distancia de visibilidad en curvas horizontales. 89
3.4.2 Diseño Vertical. 92
3.4.2.1 Cuevas convexas 93
3.4.2.2 Curvas cóncavas 94
3.4.2.3 Gradiente (Pendiente) 94
3.5 Diseño geométrico de intersección vehicular en el sector de salida y acceso a las parroquias de Alangasí y La Merced por la Troncal de la Sierra E35. 95
3.5.1 Criterios generales para el diseño de intersecciones 96
3.5.2 Curvatura para giros 97
3.5.3 Islas 98
3.5.3.1 Tipos de islas 98

3.6 Modelo de intercambiador 99
3.6.1 Generalidades y Condiciones actuales 99
3.6.2 Parámetros considerados para el diseño de la intersección. 104
3.7 Señalización 105
3.7.1 Señalización vertical 105
3.7.1.1 Pare (R1-1) 105
3.7.1.2 Ceda el paso (R1-2) 106
3.7.1.5 Parada de bus (R5-6) 107
3.7.1.6 Bifurcación izquierda (P2-15I) – derecha (P2-15D) 107
3.7.1.7 Peatones en la vía (P6-1) 107
3.7.1.8 Anclaje señalización vertical 108
3.7.1.9 Señalización aérea 109
3.7.1.10 Serie de decisión de destino 109
3.7.2 Señalización horizontal 110
3.7.2.4 Línea de separación continua 112
3.7.2.6 Línea de continuidad 112
3.7.2.7 Línea de borde de calzada 112
3.7.2.8 Líneas de pare 113
3.7.2.9 Línea de ceda el paso 113
3.7.2.10 Línea de detención 114
3.7.2.11 Línea de cruce cebra (peatonales) 114
3.7.3 Flechas 115
3.7.4 Chevrones (Señalización de tránsito divergente y convergente) 116
3.7.4.1 Línea de contorno (chevron) 116
CAPÍTULO IV 118
4.1 Antecedentes 118
4.2 Conclusiones 118
4.3 Recomendaciones 119
Referencias 121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Coordenadas UTM de los puntos de interés del proyecto* 5
Tabla 2 *Inventario vial* 31
Tabla 3 *Clasificación peatonal por nivel de servicio* 32
Tabla 4 *Aspectos de diseño del sistema vial urbano en Quito* 38
Tabla 5 *Tasa de crecimiento vehicular en Ecuador* 40
Tabla 6 *Población según censos en la provincia de Pichincha* 41
Tabla 7 *Tasa de venta de combustible diésel en Ecuador* 42
Tabla 8 *Tasas de crecimiento para el diseño del proyecto* 42
Tabla 9 *Conteo vehicular Giro 1 en Lunes* 44
Tabla 10 *Variación Horaria Semana tipo* 48
Tabla 11 *Valores de K para distintos niveles de confiabilidad* 52
Tabla 12 *Flujo diario vehicular en la semana tipo en vía acceso a Alangasí* 52
Tabla 13 *Clasificación Funcional de las vías en base al TPDA* 53
Tabla 14 *Factor de Hora Pico* 57
Tabla 15 *Relación de la velocidad de operación con la velocidad de diseño para carreteras de 2 carriles* 67
Tabla 16 *Mínima longitud de aceleración para terminales de entrada con gradientes del 2% o menos* 69
Tabla 17 *Factores de corrección por gradiente, para carriles de aceleración, para rampas de entrada* 69
Tabla 18 *Mínima longitud de deceleración para terminales de salida con gradiente del 2% o menos* 71
Tabla 19 *Factores de corrección por gradiente en carriles de salida* 71
Tabla 20 *Normativa INEN que interviene en el proyecto* 76
Tabla 21 *Coeficientes de escorrentía* 81
Tabla 22 *Coeficiente de rugosidad de Manning* 84
Tabla 23 *Máximas velocidades medias permitidas según Fortier y Scobey* 85
Tabla 24 *Factor de fricción lateral y tasa de sobreelevación o peralte* 87
Tabla 25 *Pendientes Máximas* 95
Tabla 26 *Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada* 111
Tabla 27 *Relación de señalización para línea de espaciamiento de carril* 111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación parroquias de Alangasí y La Merced....2
Figura 2 Localización geográfica del Ingreso vehicular a las parroquias de Alangasí y La Merced desde la Troncal de la Sierra E35....5
Figura 3 Estación 1 de Levantamiento Topográfico....13
Figura 4 Estación 2 de Levantamiento Topográfico....14
Figura 5 Acceso vehicular a las parroquias de Alangasí y la Merced....15
Figura 6 Ingreso vehicular....16
Figura 7 Parte superior del Ingreso vehicular a las parroquias....17
Figura 8 Existencia de Alcantarillado en la vía Francisco de Orellana (Vía que conduce a Alangasí)....17
Figura 9 Existencia de Agua potable en la vía de acceso....18
Figura 10 Estado actual de la vía a Alangasí....19
Figura 11 Daños en la capa de rodadura....19
Figura 12 Estado de cunetas....20
Figura 13 Mal estado del sistema de recolección de aguas lluvia....20
Figura 14 Falta de mantenimiento en la vía....21
Figura 15 Estado de capa de rodadura....22
Figura 16 Falta de transporte público....22
Figura 17 Transporte público existente....23
Figura 18 Diferencias de cotas considerables....24
Figura 19 Transporte pesado que circula en la vía....24
Figura 20 Entrada a la parroquia de Alangasí....25
Figura 21 Intersección en dirección a la Merced....26
Figura 22 Entrada vía a la Merced....27
Figura 23 Vista de cambio de pendientes en la vía....27
Figura 24 Existencia de servicio de Agua potable....28
Figura 25 Tuberías del sistema de Agua potable....28
Figura 26 Servicio de Transporte público....29
Figura 27 Tramo final de la vía a la Merced....29
Figura 28 Entrada a la parroquia de la Merced....30
Figura 29 Señalización turística....30
Figura 30 Vehículos en el Ecuador....33
Figura 31 Total de vehículos por provincia....34
Figura 32 Posibles giros del acceso a las parroquias....44
Figura 33 Hora pico sentido E35 - Alangasí y Alangasí - E35....49
Figura 34 Carretera de mediana capacidad....54
Figura 35 Composición vehicular (E 35 - Alangasí - La Merced)....55

Figura 36 Elección de tipo de intersección 60
Figura 37 Rotonda elevada (Distribuidor Latacunga - Pujilí) 65
Figura 38 Curvas Flujo - Velocidad – Densidad 68
Figura 39 Rampa de entrada de un carril, diseño de entrada directa 70
Figura 40 Diseño de salida curva 72
Figura 41 Vehículos de diseño 1 de 4 73
Figura 42 Vehículos de diseño 2 de 4 73
Figura 43 Vehículos de diseño 3 de 4 74
Figura 44 Vehículos de diseño 4 de 4 74
Figura 45 Sección Tipo vías de acceso a las Parroquias de Alangasí y la Merced por la Troncal de la Sierra E35 79
Figura 46 Sección tipo de Cuneta "V" 83
Figura 47 Distancia de Visibilidad en las curvas horizontales 90
Figura 48 Componentes de curva circular y espiral 92
Figura 49 Islas Direccionales 98
Figura 50 Islas Separadoras 99
Figura 51 Alternativa 1 de Intersección a nivel 100
Figura 52 Alternativa 2 de Intersección a nivel 101
Figura 53 Giros que se realizan actualmente 102
Figura 54 Giros principales generados por el diseño de la intersección 103
Figura 55 Giros secundarios generados por el diseño de la intersección 104
Figura 56 Señalización vertical 105
Figura 57 Señalización vertical 106
Figura 58 Señalización vertical 106
Figura 59 Señalización vertical 106
Figura 60 Señalización vertical 107
Figura 61 Señalización vertical 107
Figura 62 Señalización vertical 107
Figura 63 Anclaje señalización vertical 108
Figura 64 Señalización aérea tipo pórtico 109
Figura 65 Señalización decisión de destino 109
Figura 66 Señalización decisión de destino del proyecto 110
Figura 67 Línea de para en intersecciones 113
Figura 68 Flechas de Señalización para velocidades mayores a 50 Km/h 115
Figura 69 Chevrones tipo 116
Figura 70 Islas a nivel 117

RESUMEN

El presente proyecto busca realizar un estudio para el mejoramiento de las vías acceso a las parroquias de Alangasí y La Merced, proponiendo la implementación de un intercambiador desde la Troncal de la Sierra E-35, para lo cual inicialmente se realizará el levantamiento topográfico y la inspección de las vías determinando el estado actual de éstas. Posteriormente se procederá al estudio del TPDA donde se podrá evidenciar la cantidad de usuarios que transitan, obteniendo un aproximado de beneficiarios, ya que se propone implantar un Intercambiador vehicular en la zona de acceso a estas vías para el uso en los dos sentidos de la vía principal E35. Con la toma de los datos mencionados se planteará alternativas de mejoramiento en donde se escogerá: dimensiones, velocidades de diseño y todos los parámetros necesarios para un excelente diseño, dichos elementos pueden ser: señalización adecuada, sistema de drenaje y otros que la misma requiera. Cabe recalcar que para lo mencionado se deberá realizar un estudio bibliográfico a la par de un estudio de campo, es importante que el proyecto se ajuste a las normas viales, así como también a ordenanzas municipales. Finalmente, el estudio y diseño servirá para demostrar que lo realizado es una solución a los problemas que se plantean, optimizando el nivel de vida de los usuarios que son los habitantes del sector como también para los usuarios externos, incentivando el turismo y aportando con los objetivos nacionales para el Buen Vivir.

PALABRAS CLAVE:

- **TPDA: TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL**
- **TRÁFICO ACTUAL**
- **TRÁFICO FUTURO**
- **MODELACIÓN INTERCAMBIADOR**
- **DISEÑO GEOMÉTRICO**

ABSTRACT

This project seeks to carry out a study for the improvement of the pathways access to the parishes of Alangasí and La Merced, Proposing the implementation of an road intersection from the Troncal de la Sierra E-35, Initially, the topographic survey and the inspection of the tracks will be carried out determining the current state of these. Later we will proceed to the study of the Annual Average Daily Traffic (AADT) where it will be possible to show the number of users who travel, getting an approximate beneficiary, since it is proposed to implant a vehicle intersection in the zone of access to these routes for the use in the two senses of the main route E35. With the taking of the aforementioned data, there will be alternatives for improvement where it will be chosen: dimensions, design speeds and all the parameters necessary for an excellent design, these elements can be: adequate signage, drainage system and Others that it requires. It should be emphasized that the aforementioned should carry out a bibliographical study on the par of a field study, it is important that the project conform to the road rules, as well as municipal ordinances. Finally, the study and design will serve to demonstrate that what is done is a solution to the problems that arise, optimizing the standard of living of users who are the inhabitants of the sector as well as external users, encouraging tourism and Contributing with national goals for Buen Vivir.

KEYWORDS:

- **AADT: ANNUAL AVERAGE DAILY TRAFFIC**
- **CURRENT TRAFFIC**
- **FUTURE TRAFFIC**
- **ROAD INTERSECTION**
- **GEOMETRIC DESIGN**

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción

Las parroquias de Alangasí y la Merced se encuentran localizadas en la Provincia de Pichincha, en el Distrito Metropolitano de Quito, formando parte del Valle de los Chillos, conformado por las parroquias de Amaguaña, Conocoto, Guangopolo, La Merced, Pintag y Alangasí.

Las parroquias de Alangasí y La Merced cuentan con una superficie aproximada de 29,98 Km^2 y 31,76 Km^2 respectivamente, y de acuerdo con el GAD de las parroquias de Alangasí y La Merced, éstas se encuentran en constante crecimiento poblacional, tomando en cuenta que tendrían una población proyectada de 24251 y 8394 habitantes respectivamente (PDOT de las parroquias Alangasí y la Merced, 2012).

Es importante resaltar que las parroquias de Alangasí y La Merced con el paso del tiempo requerirá un mejoramiento de servicios básicos, transporte y vivienda lo que generará un crecimiento del tráfico vehicular, además que estas parroquias tienen como conexión sectores como, Guangopolo, Tumbaco, Pintag, Conocoto, Cantón Rumiñahui, Sangolquí y San Rafael, incrementando aún más el flujo vehicular.

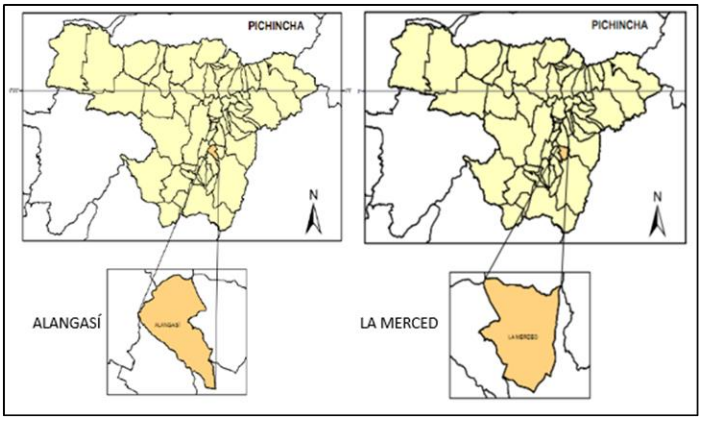


Figura 1 Ubicación parroquias de Alangasí y La Merced
Fuente: (PDOT de las parroquias Alangasí y la Merced, 2012)

Por otra parte, la Troncal de la Sierra E35 es una vía de gran importancia que sostiene la movilidad y conexión de los usuarios entre diferentes puntos del sector del Valle de los Chillos, y es una arteria vial tanto de entrada como de salida de las parroquias de Alangasí y La Merced. Actualmente las vías de acceso a las parroquias mencionadas se encuentran en mal estado y necesitan un adecuado mantenimiento. La vía que conecta la E35 con Alangasí se encuentra en un estado deplorable con diferentes daños en el pavimento existente y no se ha realizado el mantenimiento del mismo, por otro lado, ésta vía interseca un camino hacia la parroquia de La Merced, en este camino solo existen bordillos y la superficie de rodadura es empedrada.

De acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial de las parroquias Alangasí y la Merced (2012) en estas parroquias se están dando asentamientos poblacionales ya que son terrenos en los que ya se evidencian asentamientos legales, urbanizaciones, y una fuerte tendencia para la construcción, pero que no puede todavía considerarse como zonas urbanas debido a la evidente deficiencia de servicios básicos.

Las parroquias no tienen identificadas áreas exclusivas de producción, por lo tanto, las vías que conducen a los asentamientos humanos son las mismas que conectan con las áreas productivas a

baja escala, estas se encuentran la gran mayoría en deficiente estado. El corredor vial que atraviesa las parroquias es la vía Ilaló la misma que se encuentra en regular estado. Las vías locales de los distintos barrios que conforman las parroquias se encuentran en mal estado, las capas de rodadura en suelo natural representan el 30%, empedradas el 40%, adoquinadas el 20% y asfaltadas el 10%. (PDOT de las parroquias Alangasí y la Merced, 2012)

Con los antecedentes mencionados se puede verificar que la población que se encuentra en el sector mencionado, están en la necesidad de que se realice un estudio para el mejoramiento tanto de transporte como movilidad con el objeto de brindar un excelente nivel de servicio a las parroquias de Alangasí y la Merced.

Acogiendo esta iniciativa, es importante la realización de un estudio de tráfico y movilidad del sector ya que proveerá de beneficios como perfeccionar el servicio de transporte, mejorar el nivel de vida de la población, incentivar el turismo, optimización de tiempo de llegada dentro de las mismas parroquias, disminución del tráfico desde Los Chillos hacia la ciudad de Quito, conexión con el parque industrial que está en crecimiento, vía alternativa de salida hacia Quito ante cualquier desastre natural (erupción del volcán Cotopaxi), pensando en un futuro sin problemas para los usuarios.

1.2 Importancia y Justificación

Las parroquias de Alangasí y la Merced tienen como principal vía de acceso y salida la Av. Ilaló, la cual se encuentra en estado deplorable, por lo que es de suma importancia generar alternativas de accesos viales como es la del mejoramiento de las vías de acceso desde la Troncal de la Sierra E 35.

Ya se ha buscado alternativas para la reducción del tráfico como, por ejemplo: la vía que conecta la Autopista General Rumiñahui con la avenida Ilaló, por otra parte, está el proyecto recientemente inaugurado “Construcción de las facilidades de tránsito en la Autopista General Rumiñahui, alternativa Sur sector Armenia 1” que conecta la autopista con varios sectores de San Rafael, Av. Ilaló, Capelo, Conocoto, incluyendo retornos hacia Quito.

También es cierto que las alternativas mencionadas tienen conexión únicamente con la Autopista General Rumiñahui dejando accesos limitados al lugar de estudio y sus límites como son: Norte: Parroquias Guangopolo y Tumbaco, Sur: Parroquia de Pintag y Cantón Rumiñahui, Este: Pintag y Oeste: Parroquia Conocoto y Cantón Rumiñahui.

Es preciso indicar que en el sector existe la necesidad del mejoramiento de las vías de acceso y habilitarlas, esencialmente realizando una conexión con la Troncal de la Sierra E-35 (intercambiador vehicular), ejecutando los estudios correspondientes para efectivizar la funcionalidad del diseño sin generar problemas como congestión vehicular, tomando en cuenta que la demanda de usuarios es creciente. Este intercambiador vehicular tiene como principal función optimar el flujo vehicular tanto de entrada como de salida de la zona de estudio como los son las parroquias de Alangasí y la Merced.

A la vez ésta alternativa vial sería una gran arteria para evacuar a la población que se encuentre aledaña con la carretera Troncal de la Sierra E35 ante posibles desastres naturales como lo es la erupción del volcán Cotopaxi, brindando un punto de fuga hacia la ciudad de Quito.

1.3 Ubicación

La localización del estudio es a partir del acceso vial desde la Troncal de la Sierra E35 hacia la entrada a las parroquias de Alangasí y la Merced, ubicado en el sector de "La Floresta" en el Km 7 desde el redondel de "El Colibrí" en sentido hacia Pintag.

Las coordenadas UTM con su respectiva cota de los tres puntos de interés son los siguientes:

Tabla 1

Coordenadas UTM de los puntos de interés del proyecto

Punto	Este	Norte	Cota (m.s.n.m)
Ingreso a las parroquias desde la E35	789922	9963914	2656
Entrada a Alangasí	787732	9965884	2610
Entrada a la Merced	789490	9966365	2617

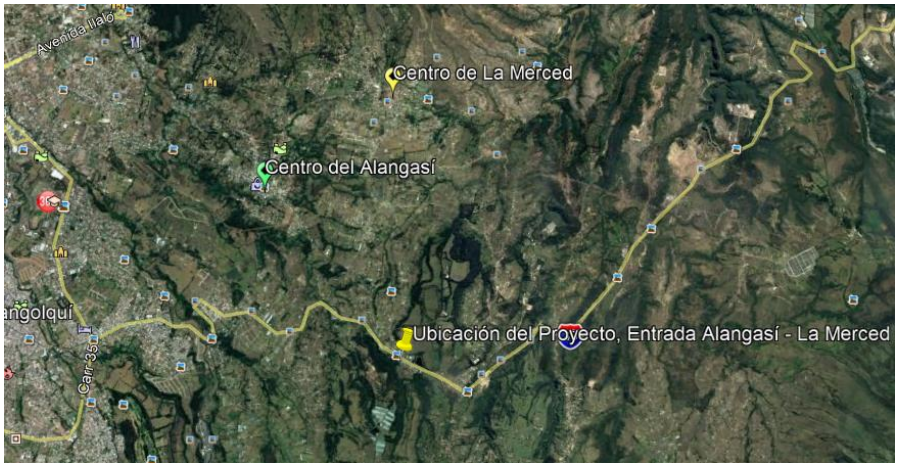


Figura 2 Localización geográfica del Ingreso vehicular a las parroquias de Alangasí y La Merced desde la Troncal de la Sierra E35

Fuente: (Google Earth, 2018)

Es importante destacar que las diferencias de cotas entre los lugares de interés tienen una diferencia considerable para el diseño geométrico ya que existen tramos con pendientes importantes que se tomarán en cuenta tanto para el diseño geométrico de las vías como para el diseño de recolección de aguas lluvias.

El clima es característico de la zona interandina, la temperatura oscila entre los 14,6º C hasta los 16,7º C, con mínimas entre 14,1º y 14,9º C. La precipitación fluctúa entre 128 y 111 mm, que se reparten en dos períodos lluviosos, el primero entre el mes de marzo y el segundo en noviembre. La estación seca es de julio a agosto. (PDOT de las parroquias Alangasí y la Merced, 2012).

En la mayor parte de la parroquia de Alangasí, con un suelo tipo Mollisoles en un 74%, que son suelos oscuros y suaves que se han desarrollado bajo una vegetación herbosa; horizonte superficial rico en humos, que es rico en calcio y en magnesio. Con áreas de tipo Entisol suelo joven; y, Suelo Misceláneo con 3.98% y 3.86% respectivamente y el 18% el afloramiento rocoso; área urbana consolidada y en proceso de urbanización; así como ríos dobles. (PDOT de las parroquias Alangasí y la Merced, 2012)

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Realizar el estudio de tráfico y diseño geométrico, de acuerdo con la normativa correspondiente, para el mejoramiento de las vías de acceso a las parroquias de Alangasí y la Merced por la Troncal de la Sierra (E35) identificando el estado actual de las mismas y definir un diseño óptimo para el mejoramiento de las vías.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar el estudio de tráfico.
- Realizar el diseño geométrico de las alternativas de solución para las vías de acceso.
- Diseñar la implantación de un intercambiador vehicular y peatonal.

1.5 Metodología

Los métodos que se van a utilizar para el presente proyecto serán descriptivos y analíticos, en los cuales tendrán el siguiente modo:

- El método descriptivo influye en la presentación de datos observados sin alteración de variables, describiendo como tal las características del entorno en su estado actual.
  - Se realizará el conteo del TPDA con la respectiva clasificación vehicular, con la ayuda de conteo manual, tomando una semana tipo (5 días laborables y 2 días de fin de semana).
  - El conteo se realizará en la vía de ingreso desde la Troncal de la Sierra, tomando en cuenta que se llega a una intersección tipo "Y" que divide el ingreso hacia las parroquias de Alangasí y la Merced.
  - Se obtendrá la topografía existente de la zona de estudio para realizar un adecuado diseño geométrico de las vías y del intercambiador vehicular.
- Se manejará metodología analítica con el fin de modelar, ya que se debe manipular diferentes variables y operar de forma práctica – teórica para diferentes situaciones que se pueden presentar.
  - El estudio del TPDA es de suma importancia ya que en base a éste se podrá realizar el diseño geométrico para el mejoramiento de la vía, tomando en cuenta el tráfico actual y futuro.

- Para el diseño vial se tomará en cuenta que son vías rurales en desarrollo, por lo que se debe considerar que los usuarios no serán solamente vehículos, sino también peatones.
- En cuanto a normativas vigentes nacionales e internacionales se buscará soluciones afines con el diseño geométrico y de tráfico, bajo los términos de transporte y movilidad urbana.
- Se tomará en cuenta trabajos de investigación similares al tema presentado, así como normativas, web grafía con procedencia respaldada y diferentes datos relacionados de importancia.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA Y DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TRÁFICO

2.1 Metodología de estudio

El diseño para el mejoramiento de las vías de acceso a las parroquias de Alangasí y La Merced por la Troncal de la Sierra E35, inicia con antecedentes del deplorable estado actual de las mismas y del crecimiento poblacional en estos sectores, creando mayor demanda en el uso de los accesos viales y el aumento de tráfico vehicular.

Para desenvolver la hipótesis propuesta, es de suma importancia adquirir datos reales del tráfico vehicular de la vía de acceso, de esta manera obtener una idea sobre el funcionamiento de la misma, para lo cual se seguirá el siguiente procedimiento:

- Realizar la recolección de datos actuales de las vías: estado de la calzada, diseño geométrico, alcantarillado existente, etc., que ayuden a reconocer el comportamiento actual del sistema vial existente, como línea base de partida.
- Obtención de la topografía de la zona de estudio, con esto se tendrá el perfil del terreno para realizar el diseño geométrico del mejoramiento para las vías de acceso a las parroquias.
- Indagación sobre el estudio del TPDA de la vía principal Troncal de la Sierra E35 y las vías de acceso a las parroquias de Alangasí y la Merced, necesario para conocer la demanda de usuarios que tienen estas vías, clasificando el transporte de acuerdo a sus características, determinando el volumen en porcentajes de los usuarios que optan por el uso de las vías de acceso a las parroquias.

- Procesar la información; como se mencionó anteriormente, se determinará el estado actual de las vías y el estudio de tráfico correspondiente.
- Con los datos obtenidos de evaluará para encaminar una solución donde interviene el diseño geométrico de las vías de acceso y de cada elemento del sistema vial utilizando todas las normas vigentes tanto nacionales como internacionales.
- Diseñar el intercambiador vehicular sobre la Troncal de la Sierra E35, así mismo utilizando los recursos mencionados en el ítem anterior.
- Para la última etapa se presentan las alternativas con el diseño optimo del diseño vial, que, como alternativa técnica dé solución al problema planteado, presentando recomendaciones y observaciones de las propuestas.

2.2 Definición y cálculo de los parámetros de tráfico del proyecto

2.2.1 Generalidades

La ingeniería de tránsito y de vialidad, brindan los recursos necesarios para la correcta y cómoda movilización de los usuarios, generando diseños que cubren las demandas de acuerdo con el caso que se presente.

Con el avance de la tecnología se ha podido desarrollar diferentes herramientas como son los vehículos tipos que se utilizan para la proyección vial, a pesar de esto aún se pueden evidenciar diferentes problemas de tránsito, en su mayoría en el futuro.

Para solventar cualquiera de las dificultades mencionadas, es necesaria la ingeniería vial y de tránsito, llevando de la mano una normativa vigente y del respectivo control de las autoridades para generar educación vial en los usuarios desde sus inicios educativos.

2.2.2 Generalidades de las condiciones actuales

La entrada a las vías de acceso hacia las parroquias de Alangasí y La Merced desde la vía primaria Troncal de la Sierra E35, se encuentran ubicadas en el sector de la "Floresta" a 7 Km en dirección El Colibrí – Pintag, y a 500m desde el redondel de Pintag hacia el Colibrí.

El acceso básicamente se compone de dos calles:

1. Francisco de Orellana: que va en dirección y acceso a la parroquia de Alangasí.
2. Flor de Pascua: es la calle que interseca a la vía Francisco de Orellana formando una "Y", que va en dirección a la parroquia de la Merced.

Éstas vías de acceso tienen gran influencia para las parroquias de Alangasí y La Merced ya que se conectan directamente con el corredor arterial de la Red vial Estatal de Ecuador E35, vinculando a las parroquias con varios sectores de importancia, influyendo directamente al desarrollo económico del sector.

Actualmente éstas vías de acceso se encuentran en estado deplorable, sin tener un mantenimiento periódico adecuado, lo que afecta al asfalto y el sistema de recolección de aguas lluvias, ocasionando inconvenientes a los usuarios.

Por otra parte, los usuarios necesitan accesos viales adecuados para su comodidad y optimizar el tiempo de viaje; por lo que es necesario realizar mejoras en el acceso a las parroquias tanto de entrada como de salida.

Existen dos tipos de inconvenientes principales para los usuarios los cuales son:

- De entrada: los usuarios que se dirigen hacia las parroquias desde la E35, deben dirigirse hacia el redondel de Pintag y circunvalar, recorriendo aproximadamente 1,5 Km para ingresar a las parroquias, lo que puede ocasionar molestias y pérdida de tiempo.
- De salida: los usuarios que se dirigen desde las parroquias hacia lugares en dirección a Pintag, realizando un recorrido aún más extenso, ya que deben dirigirse en dirección al Colibrí para retornar en el redondel, y su trayectoria es de 7Km hasta el Colibrí y 7Km más hasta el redondel de Pintag.

2.2.3 Obtención de datos en campo

Para la obtención de datos en campo se realizaron varias visitas y recorridos en las vías de acceso a las parroquias, determinando el estado actual de las vías, observando el tipo de tráfico que circula, examinando la tipología del terreno para realizar el levantamiento topográfico y otros aspectos importantes que intervengan en el diseño del proyecto. También se realizó visitas a diferentes domicilios del sector para obtener opinión de los usuarios sobre las condiciones actuales del servicio de las vías en cuanto al transporte público y servicios básicos.

2.2.3.1 Levantamiento topográfico del sector de estudio

La topografía es dato esencial para el diseño de cualquier obra civil, de modo que el levantamiento topográfico del sector, básicamente de las vías y el sector de acceso a las parroquias de Alangasí y la Merced.

Para la obtención de la topografía se recurrió a dos métodos: el primer método fue el modo clásico de trabajo en campo utilizando Estación Total y GPS para obtener la nube de puntos y trazar la topografía en Autodesk CIVIL3D, el segundo método fue con el modelo digitalizado utilizando Fotogrametría, de esta manera se obtiene la topografía del lugar de estudio que nos proporciona el

departamento de Ciencias de la tierra en el laboratorio de Topografía de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE exportando un documento en formato .dwg para ser utilizando en Autodesk CIVIL3D.

El primer método se utilizó para realizar el levantamiento topográfico del sector del acceso vial a las parroquias desde la avenida principal E 35, lo que se puede evidencias en las figuras a continuación.

Figura 3 Estación 1 de Levantamiento Topográfico

Figura 4 Estación 2 de Levantamiento Topográfico

En las figuras 3 y 4 podemos observar las estaciones que se utilizaron para realizar el levantamiento topográfico en el sector del acceso vial, la estación 1 realiza el levantamiento del pie del talud cubriendo la zona de la E35 y la estación 2 cubre la zona del acceso vial que se encuentra en la cabeza del talud.

Como en el segundo método se puede obtener algún tipo de error por precisión de coordenadas y sobretodo la precisión de cotas, es necesario comprobar la topografía digital en diferentes puntos versus datos obtenidos en campo por GPS demostrando si existe similitud o diferencias.

2.2.3.2 Levantamiento actual de las vías

El levantamiento actual de las vías es otro de los componentes importantes para realizar el diseño del mejoramiento de las vías, por ello se realizaron diferentes visitas de campo, observando las características actuales de los accesos a las parroquias. A continuación, se detallará cada una de

las partes del reconocimiento a las vías, puntualizando las observaciones más considerables que presentan actualmente.

El recorrido se dividió en 3 partes:

1) Reconocimiento del acceso a las parroquias desde la vía principal “Troncal de la Sierra E35” (Longitud de recorrido 500m).

Figura 5 Acceso vehicular a las parroquias de Alangasí y la Merced.

Fuente: (Google Earth, 2018)

El acceso vial a las parroquias de Alangasí y la Merced se encuentra ubicado en el sector de “La Floresta” en el corredor E35, cuenta con su respectiva señalización vertical como horizontal y también posee señalización tanto de entrada como salida de vehículos.

Figura 6 Ingreso vehicular

El acceso vehicular desde la E35 funciona como conexión entre diferentes zonas colindantes como es la parroquia de Pintag, como se puede apreciar en la figura 4, existen paradas de autobús, ya que por el lugar circula transporte público para las zonas aledañas, también circula transporte público que se dirige a zonas alejadas como el Aeropuerto de Quito en Tababela, por ello es importante generar un giro para ir en dirección hacia Pitag, brindando tiempo y comodidad al usuario.

Figura 7 Parte superior del Ingreso vehicular a las parroquias.

En la parte superior del acceso vial, se encuentra una parada de transporte público perteneciente a una cooperativa de camionetas que se dedican al transporte de las personas que se dirigen hacia las parroquias, ya que no existe ningún otro tipo de transporte, sino hasta el sector de la “Cocha” que es la intersección que se dirige a la Merced.

Figura 8 Existencia de Alcantarillado en la vía Francisco de Orellana (Vía que conduce a Alangasí).

Se puede evidenciar en la Figura 6 y 7, que la vía a Alangasí cuenta con el servicio de alcantarillado y agua potable.

Figura 9 Existencia de Agua potable en la vía de acceso.

Como se puede observar en las figuras 6, 7, 8 y 9, la condición del asfalto desde el acceso vial se encuentra en buenas condiciones, a partir de la intersección con la calle Real Audiencia, la vía presenta diferentes daños que se detallarán a continuación en las siguientes partes del reconocimiento de las vías.

2) Recorrido desde el acceso vial de la E 35, hasta la entrada a la parroquia de Alangasí. (Longitud de recorrido 2.6 Km).

Figura 10 Estado actual de la vía a Alangasí

Como se mencionó, a partir de la intersección con la calle Real Audiencia, el tramo de vía hacia Alangasí presenta diferentes tipos de daño en la capa de rodadura, éstos daños se podrán evidenciar a continuación.

Figura 11 Daños en la capa de rodadura

Figura 12 Estado de cunetas

Los estados de las cunetas presentan escombros en su mayoría, obstaculizando el paso de agua lluvia, esto ocasiona que el sistema de recolección falle, causando incomodidad a tanto a los habitantes como a los usuarios de la vía.

Figura 13 Mal estado del sistema de recolección de aguas lluvia

La falta de mantenimiento a la vía ha provocado que la vegetación ingrese a las cunetas, a causa de ello el sistema de recolección de agua lluvia no tiene un buen funcionamiento ocasionando estanques y taponamientos en el alcantarillado.

Figura 14 Falta de mantenimiento en la vía

Es evidente que la vía no tiene un mantenimiento adecuado de las cunetas, además que éstas son escasas en todo el tramo vial ya que en diferentes puntos solo hay en un solo sentido y en otros puntos ni siquiera existen.

Figura 15 Estado de capa de rodadura

El estado del asfalto en todo el tramo de vía se encuentra con algún tipo de daño, por lo que la vía requiere mejoramiento en todos los aspectos, ya que las autoridades responsables optan por seguir bachando los agujeros en la vía, por lo que se nota el desgaste de la capa de rodadura.

Figura 16 Falta de transporte público

En visita de campo se pudo observar que los moradores del sector de la Cocha no tienen un servicio de transporte adecuado, ya que no existe un servicio de transporte público como Buses desde la entrada a la vía hasta intersección hacia la Merced, en la figura 12 podemos ver cómo los

estudiantes se transportan en el balde de las camionetas lo cual es prohibido ya que atenta con la seguridad del usuario y del peatón.

Figura 17 Transporte público existente

El transporte público que se encuentra activo tiene rutas desde la Marín hasta Alangasí, desde Alangasí existe una ruta que pasa por el sector de la Cocha y utiliza la calle Flor de Pascua que es en la intersección hacia la Merced, cabe mencionar que los itinerarios de los buses son largos por lo que el usuario opta por otras formas de transportarse como son las camionetas.

Figura 18 Diferencias de cotas considerables

Existen diferentes puntos en el tramo de la vía con diferencias de cota considerables, ya que esto influye mucho en el diseño geométrico de la vía y el diseño del sistema de recolección de aguas lluvias.

Figura 19 Transporte pesado que circula en la vía

En las visitas de reconocimiento a la vía, se pudo apreciar que ésta es utilizada frecuentemente por transporte pesado en su mayoría por volquetes de diferente número de ejes (ver figura 16), ya que utilizan esta vía como conexión hacia Quito para llevar el material desde la mina de Pintag.

Figura 20 Entrada a la parroquia de Alangasí

Finalmente, la segunda parte del reconocimiento de las vías termina en la entrada a Alangasí, donde se encuentran los conjuntos residenciales “Vista Blanca”. Como se pudo examinar en todo el recorrido, la vía presenta diferentes problemas en todo el tramo, siendo los más visibles las malas condiciones del asfalto y la falta de mantenimiento de la vía por el mal estado de las cunetas.

3) Recorrido desde el sector de “La Cocha”, desvío en dirección a La Merced, hasta la entrada a dicha parroquia. (Longitud de recorrido 1.5 Km desde la intersección con la vía hacia Alangasí, sector de la Cocha).

Figura 21 Intersección en dirección a la Merced

La tercera parte del reconocimiento de las vías de acceso a las parroquias de Alangasí y la Merced, comienza en el sector de la Cocha, la vía que conduce a la Merced tiene por nombre Flor de Pascua, la cual tiene por capa de rodadura un empedrado que en diferentes puntos del trayecto se encuentra en malas condiciones.

En siguientes figuras se puede apreciar las condiciones actuales de la calle Flor de Pascua en dirección a la Merced.

Figura 22 Entrada vía a la Merced

Figura 23 Vista de cambio de pendientes en la vía

Se puede apreciar que la vía que conduce a la parroquia de la Merced, se encuentra en condiciones de una carretera rural, ya que la superficie de rodadura es un empedrado en malas condiciones, aunque hay la presencia de los bordillos que definen el ancho en todo el tramo de la vía.

Figura 24 Existencia de servicio de Agua potable

La vía cuenta con el servicio de agua potable para los habitantes del sector, sin embargo, no existe el servicio de alcantarillado y menos el sistema de drenaje.

Figura 25 Tuberías del sistema de Agua potable

Como se puede apreciar en la figura 23, las cajas de revisión de las tuberías de agua potable se encuentran al descubierto, lo que ocasiona que entre basura y se deba realizar la limpieza y mantenimiento respectivo, lo que evidentemente no se ha hecho.

Figura 26 Servicio de Transporte público

La existencia de transporte público en el sector es escasa, ya que circula un bus cada 45 minutos desde las 8 am hasta las 7pm, lo que genera incomodidad en los usuarios, puesto que no todos cuentan con transporte propio y deben buscar alternativas para trasladarse a sus domicilios si ha pasado la hora de servicio del transporte público.

Figura 27 Tramo final de la vía a la Merced

Figura 28 Entrada a la parroquia de la Merced

Como se mencionó anteriormente, todo el tramo de vía consta de un camino empedrado, tomando en cuenta que cuenta con servicio de agua potable, más no de alcantarillado. En la figura 26 se puede apreciar que al final del tramo existe lo que sería una rejilla que funciona como alcantarilla para aguas lluvias.

Figura 29 Señalización turística

2.2.4 Observaciones trascendentes del estado actual de las vías

Después de realizar la inspección de las vías de acceso a las parroquias de Alangasí y La Merced, se encontraron diferentes observaciones claves para el mejoramiento de las mismas, considerando el estado actual y el funcionamiento que se les dará a futuro. Las más importantes se detallarán en la tabla a continuación:

Tabla 2
Inventario vial

	Vía de acceso	
Observaciones	Vía a Alangasí (Francisco de Orellana)	Vía a La Merced (Flor de Pascua)
Tipo de vía	Camino Secundario	Camino Secundario
Longitud (Km)	2,6	1,5
Ancho (m)	7 a 8	8 (con bordillos)
Drenaje	Parcial	No
Alcantarillado	Si	No
Agua potable	Si	Si
Capa de rodadura	Asfaltado deteriorado	Empedrado
Tipo de terreno	Ondulado	Ondulado
Estado	Bueno - Regular	Regular

2.2.5 Beneficiarios (Usuarios)

2.2.5.1 Peatones

Se considera como peatón a la persona que, sin ser conductor, circula por las vías públicas. También es considerado a los peatones a personas que circulan movilizados por cualquier vehículo que no contiene motor y de dimensiones pequeñas, tomando en cuenta a las personas con discapacidad que usan sillas de ruedas.

Los peatones, en particular son las personas que no adquieren una licencia de conducir, por lo que están obligadas a movilizase a pie o en transporte público, usando vías o pasos peatonales;

también se menciona que: “cuatro de cada diez personas son peatones, fundamento que se obtiene a partir del número total de licencias de conducir”. (Amando, 2000)

El (Transportation Research Board, 2000) indica la siguiente tabla para clasificar al peatón por niveles de servicio.

Tabla 3
Clasificación peatonal por nivel de servicio

NIVEL DE SERVICIO	ESPACIO (m2/peatón)	FLUJO (peatón/min/m)	VELOCIDAD (m/s)
A	>5.6	≤16	>1.30
B	>3.7-5.6	>16-23	>1.27-1.30
C	>2.2-3.7	>23-33	>1.22-1.27
D	>1.4-2.2	>33-49	>1.14-1.22
E	>0.75-1.4	>49-75	>0.75-1.14
F	≤0.75	variable	≤0.75

Fuente: (Transportation Research Board, 2000)

2.2.5.2 Conductor

Para el diseño de una carretera es importante conocer los diferentes comportamientos y habilidades que usa el conductor, cuando el usuario, en este caso el conductor, utiliza un camino debidamente apropiado, los errores de conducir y los accidentes se reducen, lo que resulta ser una operación eficiente, por otro lado, cuando la compatibilidad entre el conductor y la vía es errónea, la posibilidad de generar accidentes aumenta. (AASHTO, 2011)

2.2.5.3 Vehículos

En el Ecuador el parque automotor tiene una gran magnitud, considerando que sigue en constante crecimiento y que las vías urbanas no se encuentran en condiciones para soportar la demanda actual. Ya que las vías no han sido proyectadas para un aumento de volumen de

automotores, las autoridades se han visto en la necesidad de diseñar nuevos sistemas viales en los lugares con más recurrencia de los usuarios.

En la figura a continuación se muestra el número total de vehículos existentes en el país, información que se obtuvo de (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2017)

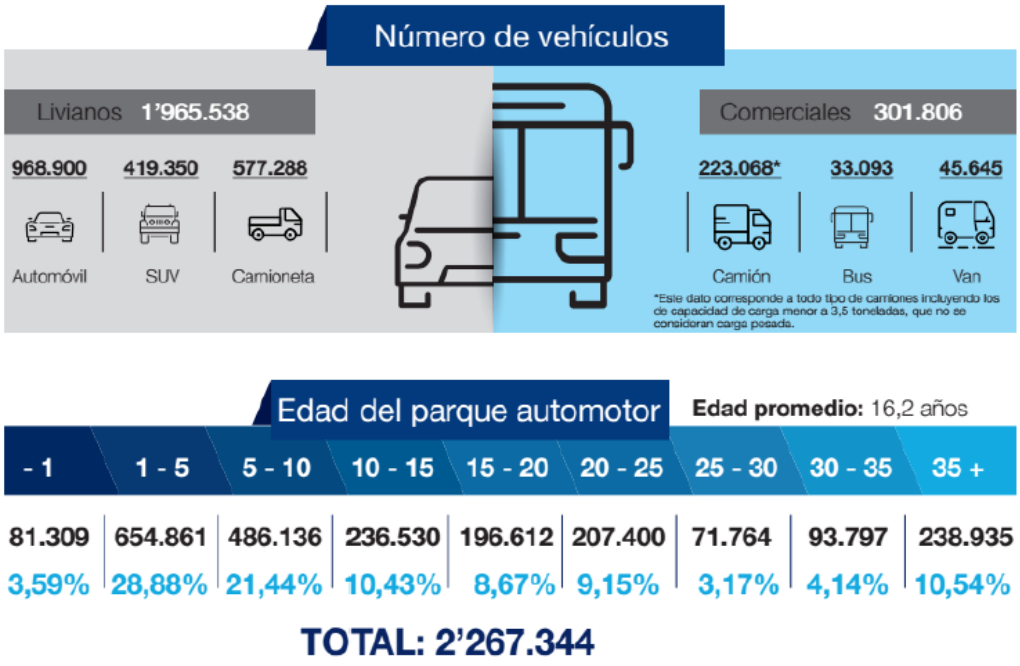


Figura 30 Vehículos en el Ecuador

Fuente: (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2017)

Se evidencia que el sector automotor del país está comprendido principalmente por vehículos livianos, teniendo una **antigüedad promedio de 16.2 años**.

Figura 31 Total de vehículos por provincia

Fuente: (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2017)

En la Figura 31 notamos que el mayor número de vehículos se encuentra en la Provincia de Pichincha con un aproximado de **750 mil automotores**.

La funcionalidad de los vehículos está dada por el peso y tamaño de cada uno, por lo que es considerable tomar en cuenta esta observación en el diseño vial, ya que el transporte pesado utiliza más espacio en las vías que los vehículos livianos, además de que circulan a diferente velocidad.

Por lo que la mayor parte del tránsito, en una carretera semeja a tener gran demanda de flujo vehicular y un mejor nivel de servicio de las vías en cuanto a espacio y funcionalidad.

Resaltando la estructura de tráfico en el país, se clasifican a los vehículos de la siguiente manera. (AASHTO, 2011)

- Vehículos para pasajeros: son todos los autos que pueden transportar peatones como pasajeros.

- Camiones: considerado como transporte pesado, incluyendo buses, camiones de un eje, hasta 3 o más ejes.

2.2.6 Sistema vial

El sistema vial depende básicamente de la cantidad de flujo vehicular existente, de esta manera, existen sistemas viales para diferentes flujos vehiculares, algunos de estos son: colectores, arterias principales, calles locales, etc.

2.2.6.1 Arterias principales

Estas sirven a los principales centros de actividad en las áreas del sistema vial urbano, son los corredores de mayor volumen de tráfico y tiene los tramos de viaje más largos. Este sistema tiene una elevada proporción del total de desplazamientos urbanos, y está integrado internamente entre las principales conexiones rurales. Cada una de estas arterias está distanciada entre una con la otra entre 1.6 km, en las áreas de negocios, a 8 km o más en las franjas urbanas escasamente desarrollada; cabe decir que esto no es una regla, pero en la mayoría de los casos se cumple. (AASHTO, 2011)

2.2.6.2 Arterias secundarias

El Es un sistema vial que conjuntamente forman una arteria principal. Tienen como características que sus distancias de viaje son moderadas, al igual que su nivel de movilidad. Las arterias secundarias por lo general conectan zonas con menor flujo vehicular.

Los anchos de vía y espaciamientos en éstas vías varían de 0,2 a 1 Km en sitios que existe comercio, de 3 a 5 Km en zonas suburbanas, aunque éstas por lo general no superan los 2 Km. (AASHTO, 2011)

2.2.6.3 Clasificación del sistema vial en el DMQ

En la ordenanza 3746 del Consejo Metropolitano, manifiesta las particularidades de cada una de las vías que los sistemas urbanos poseen, para el presente proyecto se mencionará el tipo de vías que le concierne.

- Vías Arteriales. – Enlazan las vías expresas y las vías colectoras. Estas vías deben observar las siguientes características:
  - Articulan las grandes áreas urbanas entre sí.
  - Conectan las vías de acceso a las áreas urbanas.
  - Permiten una velocidad de operación de hasta 50 km/h.
  - Permiten la circulación de trasporte colectivo.
  - Permiten el tráfico pesado mediante regulaciones.
  - Permiten el acceso a predios frentistas.
  - Los cruces en intersecciones se realizan mayoritariamente a nivel e incluyen señalización y semaforización adecuadas.
  - No admiten el estacionamiento de vehículos.
- Vías Colectoras. – Enlazan las vías arteriales y las vías locales. Estas vías deben observar las siguientes características:
  - Articulan sectores urbanos.
  - Permiten una velocidad de operación de hasta 50 km/h.
  - Permiten la circulación de trasporte colectivo.
  - Permiten el tráfico pesado con regulaciones.
  - Permiten el acceso a los predios frentistas.

  - Pueden permitir el estacionamiento lateral.
  - Admiten intersecciones a nivel con dispositivos de control.

- Vías Locales. – Se constituyen en el sistema vial urbano menor y se conectan con las vías colectoras. Estas vías deben observar las siguientes características:
  - Permiten la movilidad al interior de sectores urbanos.
  - Tienen prioridad la circulación peatonal.
  - Permiten una velocidad de operación de hasta 30 km/h.
  - Admiten medidas de moderación de tráfico.
  - Excepcionalmente permiten tráfico pesado de media y baja capacidad.
  - Excepcionalmente permiten la circulación de trasporte colectivo.
  - Dan acceso a los predios frentistas.
  - Todas las intersecciones son a nivel.
  - Permiten el estacionamiento lateral.
- Sistemas de Vías Peatonales. – Estas vías son para uso exclusivo del tránsito peatonal, y deben observar las siguientes características:
  - Permiten la movilidad no motorizada al interior de sectores urbanos.
  - Excepcionalmente permiten el paso de vehículos de residentes para acceso a sus predios.
  - Dan acceso a los predios frentistas.
  - Todas las intersecciones son a nivel.
  - No permiten el estacionamiento de vehículos.
  - Deben permitir el acceso de vehículos de emergencia y de servicio; recolectores de basura, emergencias médicas, bomberos, policía, mudanzas, etc.

2.2.7 Aspectos de diseño de vías

En la siguiente tabla se muestran los aspectos de diseño del sistema vial urbano en Quito. Distinguiéndose por su funcionalidad, explicadas anteriormente en la Clasificación del sistema vial en el DMQ (Concejo Metropolitano de Quito, 2008)

Tabla 4

Aspectos de diseño del sistema vial urbano en Quito

TIPO	N° de carriles por sentido	Ancho de Carril (m)	Parterre (m)	Acera (m2)	Espaldón Interno (m)	Espaldón Externo (m)	N° Carriles Estaciona.
Expresa	3	3.65	6	-	1.05	2.5	-
Semi-Expresa	2	3.65	6	-	0.5	2	-
Arterial	3	3.65	4	5	-	-	-
				Colectoras			
A	2	3.65	4	3.5	-	-	2
B	2	3.5	-	3.5	-	-	2
	Locales				N° total de carriles		
C	2	3	-	3	-	-	2
D	2	3	-	3	-	-	1
E	2	3	-	3	-	-	-
F	**2**	**3**	**-**	**2**	**-**	**-**	**-**
Peatonal	-	-	-	-	-	-	-
Escalinata	-	3	-	-	-	-	-

Continúa →

TIPO	Ancho de Carriles de Estaciona. (m)	Ancho Total (m)	Distancia Paralela entre ejes (m)	Longitud. (m)	Velocidad del Proyecto (km/h)	Velocidad Máx. de Operación (km/h)
Expresa	-	35	3001 o >	variable	90	80
Semi-Expresa	-	25.6	1501-3000	variable	70	70
Arterial	-	35.9	1501-3000	variable	70	60
			Colectoras			
A	2.2	30	501-1500	1001 o >	70	50
B	2.2	25.4	400-500	501 - 1000	50	40
			Locales			
C	2	16	-	401-500	-	Máx. 30
D	2	14	-	301-400	-	Máx. 30
E	-	12	-	101-300	-	Máx. 30
F	**-**	**10**	**-**	**Hasta 100**	**-**	**-**
Peatonal	-	6	-	Hasta 80	-	-
Escalinata	-	-	6	-	-	-

Fuente: (Concejo Metropolitano de Quito, 2008)

Las vías de acceso a las parroquias de Alangasí y la Merced se encuentran en territorio del DMQ, por lo que se debe ajustar a los aspectos de diseño del sistema vial urbano en Quito (Tabla

4), tomando en cuenta esto, las vías se clasifican como **vía local tipo F**, considerando la velocidad de circulación de máx. 60 Km/h, el número de carriles, ancho de carriles, ancho total y resaltando que en la mayor parte de la vía no existe aceras.

2.2.8 Tasas de crecimiento

Como se mencionó anteriormente, para la proyección del tráfico es necesario la obtención de la tasa de crecimiento del tráfico para determinar valores del TPDA futuro, considerando los años conocidos en el estudio.

Es transcendental recurrir a datos para determinar la tasa de crecimiento, para ello se utilizarán fuentes confiables como el INEC o de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, así adquiriendo información de procedencia confiable.

La fórmula para la tasa de crecimiento promedio anual está dada por:

$$i(\%) = 100 * \left[\left(\frac{Pf}{Pa}\right)^{\frac{1}{n}} - 1\right] \quad (1)$$

Donde:

- i: Tasa de crecimiento en porcentaje
- Pa: Valores al inicio del ciclo
- Pf: Valores al final del ciclo
- n: Número de años involucrados

2.2.8.1 Tasas de crecimiento para el proyecto

El incremento de la población es un factor de suma importancia para el diseño de obras viales, ya que refleja la demanda de los usuarios en cuanto al aumento del tránsito y tráfico vehicular.

La tasa de crecimiento poblacional es usada para determinar una estimación de la cantidad de usuarios que podrían generar un tráfico futuro, considerando los años de proyección para el proyecto. Otro factor importante es el tipo de vehículo que se esté analizando, ya que las tasas de crecimiento pueden variar de acuerdo a la tipología del tránsito que circula en el sector de estudio, por lo que es necesario recurrir a datos estadísticos que reflejen la tasa de crecimiento para cada tipo de vehículo que la demanda prefiere utilizar, tomando en cuenta que el entorno en donde se realiza el estudio es apto para la circulación de cualquier tipo de transporte, aunque es lógico que los usuarios en su mayoría utilicen vehículos livianos y de trasporte público.

Los datos a utilizarse en este estudio serán presentados en la tabla y fueron adquiridos del Anuario 2016 de la AEADE.

Tabla 5

Tasa de crecimiento vehicular en Ecuador

TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR	
PERIODO	I%
2001 - 2002	21.81
2002 - 2003	-16.26
2003 - 2004	1.82
2004 - 2005	35.94
2005 - 2006	11.38
2006 -2007	2.48
2007 - 2008	22.78
2008 - 2009	-17.68
2009 - 2010	42.48
2010 - 2011	5.84
2011 - 2012	-13.19

Continúa →

2012 - 2013	-6.29
2013 - 2014	5.49
2014 - 2015	-32.28
2015 - 2016	-21.84

Fuente: (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2017)

En la tabla 5 se puede observar el índice o tasa de crecimiento en periodos anuales desde el año 2001 hasta el 2016, algunos de estos índices presentan valores exagerados que están fuera del rango común, por lo que no se los considerará para el cálculo del promedio de la tasa de crecimiento.

El crecimiento del transporte público también es un indicador importante al momento de analizar la tasa de crecimiento vehicular, por lo que se tomará en cuenta la siguiente razón: A mayor población, mayor es la demanda de trasporte público, de acuerdo con este argumento se tomará en cuenta los siguientes valores proporcionados por el INEC.

Tabla 6

Población según censos en la provincia de Pichincha

	POBLACIÓN SEGÚN CENSOS					
	1974	**1982**	**1990**	**2001**	**2010**	**Tasa de crecimiento**
PICHINCHA	885.078	1.244.330	1.516.902	2.388.817	2.576.287	2.82
DMQ	768.885	1.083.600	1.371.729	1.839.853	2.239,191	1.5
LA MERCED	2.470	3.431	3.733	5.744	8.394	4.21
ALANGASI	4.878	7.530	11.064	17.322	24.251	3.74

Fuente: (INEC, 2010)

Con los valores de la tabla 6 podemos realizar una tasa de crecimiento poblacional promedio entre las parroquias afectadas en el proyecto, resultando una tasa del **3.98%.**

En el Anuario 2016 de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, también se encuentra presente una tabla con los índices de venta de combustible Diésel, lo que nos proporciona información sobre el crecimiento de transporte pesado en el país.

Tabla 7

Tasa de venta de combustible diésel en Ecuador

TASA DE VENDA DE COMBUSTIBLE DIESEL	
PERIODO	CANTIDAD TOTAL
2010 - 2011	14.04
2011 - 2012	7.27
2012 - 2013	5.08
2013 - 2014	5.55
2014 - 2015	2.11
2015 - 2016	1.00
PROMEDIO	5.84

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Hidrocarburos, 2017)

A continuación, en la tabla 8 se detalla las tasas de crecimiento a ser utilizadas para el estudio del proyecto.

Tabla 8

Tasas de crecimiento para el diseño del proyecto

TASAS DE CRECIMIENTO PARA EL DISEÑO DEL PROYECTO	
Livianos	3.91
Transporte público	3.98
Transporte pesado	5.84

2.2.9 Tráfico

Para el estudio de tráfico existen diferentes metodologías, tomando en cuenta la normativa vigente que fue elaborada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, basándose en la más conocida que está expuesta por el AASHTO, por lo que es la referencia más aplicada en el mundo.

Existen otras bases aplicativas en cuanto al tráfico como lo es el Highway Capacity Manual (HCM), una normativa creada en Estados Unidos, la cual diferencia los niveles de servicio, tomando en cuenta diferentes perspectivas de las vías, considerando la movilización del usuario, incluyendo al peatón, ciclistas y demás métodos de desplazamiento que utiliza el usuario.

Para ejecutar procesos de proyección del transporte, es indispensable que la obtención de datos sea tomada con el mayor detalle y precisión posible.

La base del estudio de tráfico está proporcionada por los datos obtenidos en el conteo de tráfico, ya que son utilizados para diferentes cálculos tanto para el diseño de distribución vehicular, como para el diseño geométrico de las vías.

2.2.10 Estudio de tráfico

El estudio de tráfico vehicular tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen delos vehículos que se movilizan por la carretera, así como estimar el origen - destino de los vehículos, elementos indispensables para la evaluación económica de la carretera y la determinación de las características de diseño para cada tramo de la carretera. El tráfico se define como el desplazamiento de bienes y/o personas en los medios de transporte; mientras que, el tránsito viene a ser el flujo de vehículos que circulan por la carretera, pero usualmente se denomina tráfico vehicular. (Rehabilitación de caminos rurales – Departamento de Cajamarca, 2011)

Para el presente proyecto se consideraron 3 posibles trayectorias que el tráfico vehicular utiliza en el sector del acceso vehicular desde la E35; los vehículos también pueden tomar diferente trayectoria en el sector de la Cocha en dirección a la Merced.

En la figura a continuación se puede apreciar los tipos de giros posibles que los usuarios pueden tomar.

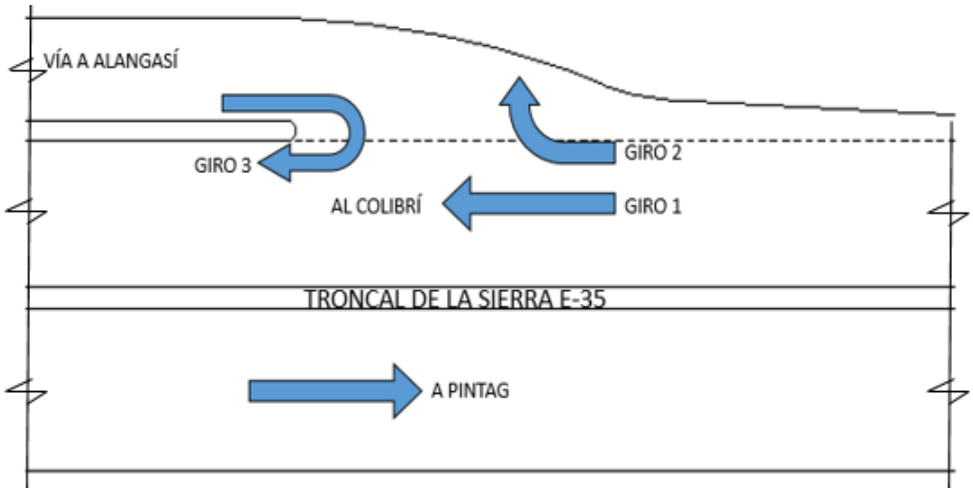


Figura 32 Posibles giros del acceso a las parroquias

Para el estudio de tráfico se realizó el conteo de vehículos en cada uno de los giros mostrados en la figura 32, durante una semana, las 24 horas del día en periodos de 15 minutos, realizando la clasificación de los vehículos que circulan en el sector de estudio, principalmente en las vías de acceso a las parroquias de Alangasí y la Merced.

A continuación, se presentará una tabla ejemplo con los datos del conteo vehicular indicando la fecha y lugar respectivamente. (Para apreciar las tablas de conteo de los demás días y giros ver en Anexo 1).

Tabla 9

Conteo vehicular Giro 1 en Lunes

Ubicación:	Troncal de la Sierra E35, Ingreso a Alangasí						
Fecha:	Lunes, 13 de noviembre de 2017						
Giro 1:	Redondel de Pintag - Colibrí						
Hora	Moto	Liviano	Bus	Pesados			Total
				2E	3E	4E	
0:00 a 0:15	0	14	0	4	3	1	22
0:15 a 0:30	0	22	0	5	5	0	32
0:30 a 0:45	0	18	1	5	4	0	28

Continúa →

0:45	a	1:00	0	12	1	5	1	2	21
1:00	a	1:15	0	17	0	6	6	1	30
1:15	a	1:30	2	16	0	9	4	2	33
1:30	a	1:45	0	20	1	6	6	0	33
1:45	a	2:00	0	25	0	10	5	0	40
2:00	a	2:15	0	21	0	6	6	0	33
2:15	a	2:30	0	16	0	6	3	1	26
2:30	a	2:45	0	27	1	10	3	1	42
2:45	a	3:00	0	22	2	7	1	2	34
3:00	a	3:15	2	33	0	11	4	3	53
3:15	a	3:30	0	42	0	14	8	2	66
3:30	a	3:45	0	38	0	13	7	0	58
3:45	a	4:00	0	40	1	14	3	1	59
4:00	a	4:15	2	46	2	15	7	2	74
4:15	a	4:30	0	49	0	17	6	2	74
4:30	a	4:45	0	29	0	10	7	1	47
4:45	a	5:00	3	47	1	16	3	2	72
5:00	a	5:15	0	43	2	14	1	2	62
5:15	a	5:30	0	36	0	12	5	0	53
5:30	a	5:45	2	57	2	19	6	0	86
5:45	a	6:00	2	47	0	16	9	0	74
6:00	a	6:15	0	62	4	21	4	3	94
6:15	a	6:30	0	72	0	24	4	2	102
6:30	a	6:45	0	61	2	21	7	3	94
6:45	a	7:00	3	87	1	30	5	0	126
7:00	a	7:15	5	81	0	27	4	1	118
7:15	a	7:30	5	59	3	20	1	2	90
7:30	a	7:45	5	36	2	12	6	2	63
7:45	a	8:00	2	56	4	19	7	0	88
8:00	a	8:15	0	47	2	16	5	1	71
8:15	a	8:30	3	91	6	18	0	1	119
8:30	a	8:45	3	55	2	10	2	1	73
8:45	a	9:00	0	74	3	16	4	2	99
9:00	a	9:15	5	57	2	10	3	3	80
9:15	a	9:30	6	88	8	20	6	5	133
9:30	a	9:45	6	65	5	17	2	0	95
9:45	a	10:00	5	66	2	10	2	2	87
10:00	a	10:15	5	92	4	14	2	3	120
10:15	a	10:30	3	83	3	19	0	0	108
10:30	a	10:45	5	61	2	10	2	2	82
10:45	a	11:00	5	39	5	18	6	2	75

Continúa →

11:00	a	11:15	5	59	6	10	5	1	86
11:15	a	11:30	2	49	4	22	2	4	83
11:30	a	11:45	0	59	2	18	6	3	88
11:45	a	12:00	3	49	5	11	4	2	74
12:00	a	12:15	3	94	3	16	5	5	126
12:15	a	12:30	0	57	1	22	3	1	84
12:30	a	12:45	5	77	2	12	2	0	98
12:45	a	13:00	6	60	6	19	2	0	93
13:00	a	13:15	6	91	3	12	0	1	113
13:15	a	13:30	5	68	2	24	3	2	104
13:30	a	13:45	5	69	5	20	7	0	106
13:45	a	14:00	3	95	7	13	6	0	124
14:00	a	14:15	5	86	5	18	2	2	118
14:15	a	14:30	5	64	3	23	6	3	104
14:30	a	14:45	5	42	1	13	6	1	68
14:45	a	15:00	2	61	2	22	6	2	95
15:00	a	15:15	0	52	6	13	4	2	77
15:15	a	15:30	3	62	3	26	2	2	98
15:30	a	15:45	3	51	2	22	2	0	80
15:45	a	16:00	0	78	2	14	0	3	97
16:00	a	16:15	5	57	5	19	4	3	93
16:15	a	16:30	5	59	3	26	6	0	99
16:30	a	16:45	8	81	1	14	5	5	114
16:45	a	17:00	8	73	2	23	7	4	117
17:00	a	17:15	5	55	6	14	3	5	88
17:15	a	17:30	5	36	3	23	5	0	72
17:30	a	17:45	3	53	2	19	2	2	81
17:45	a	18:00	5	46	5	12	0	4	72
18:00	a	18:15	5	53	8	17	3	2	88
18:15	a	18:30	5	44	5	22	7	0	83
18:30	a	18:45	2	66	2	12	6	2	90
18:45	a	19:00	0	49	3	20	2	2	76
19:00	a	19:15	3	51	9	12	6	2	83
19:15	a	19:30	3	44	5	26	6	2	86
19:30	a	19:45	0	61	3	22	6	5	97
19:45	a	20:00	5	56	5	13	2	7	88
20:00	a	20:15	6	42	6	18	0	0	72
20:15	a	20:30	8	27	4	19	4	4	66
20:30	a	20:45	8	39	5	17	9	5	83
20:45	a	21:00	3	34	2	10	8	0	57
21:00	a	21:15	3	40	2	14	3	0	62

Continúa →

21:15 a 21:30	2	33	3	19	9	2	68
21:30 a 21:45	0	49	1	10	6	1	67
21:45 a 22:00	3	38	1	17	7	2	68
22:00 a 22:15	3	35	2	10	3	0	53
22:15 a 22:30	0	49	0	12	0	0	61
22:30 a 22:45	0	44	0	8	5	0	57
22:45 a 23:00	0	33	2	10	6	1	52
23:00 a 23:15	0	22	0	14	10	1	47
23:15 a 23:30	2	31	1	8	4	2	48
23:30 a 23:45	0	22	0	10	7	3	42
23:45 a 0:00	0	20	0	8	9	2	39
Total	250	4834	240	1450	418	162	**7354**

En el Anexo 1 se puede evidenciar el conteo de vehículos realizado durante una semana, las 24 horas del día con sus respectivos giros mostrados en la figura 32. Con esta información se puede realizar el estudio de tráfico de las vías de acceso a las parroquias de Alangasí y la Merced.

2.2.10.1 Volumen de tráfico

El cálculo del volumen es uno de los conceptos básicos por los cuales se encabeza un estudio de tráfico, dado por la siguiente ecuación:

$$q = \frac{M}{\Delta t} \qquad (2)$$

Donde:

- M: Es el número de vehículos en un punto específico.
- Δt: Es el tiempo durante el cual pasan dichos vehículos.

Para el proyecto se ha tomado el día con mayor número de vehículos de la semana tipo siendo el **día sábado con 4204 vehículos** mixtos en un lapso de 24 horas teniendo un volumen igual a **175 vehículos mixtos por hora** en la vía.

2.2.10.2 Variación horaria de tráfico

Para identificar la variación horaria del tráfico u hora pico en la vía de acceso a las parroquias, se han tomado los datos del conteo de toda la semana, sumando 4 periodos de 15 minutos, transformando a periodos horarios respectivamente (Tabla 10), por ello en la figura 33, se la representa como vehículos mixtos que circulan en una semana.

Tabla 10

Variación Horaria Semana tipo

Semana (Veh. Mixtos/h)		
Hora	E35 - Alangasí	Alangasí - E35
0:00 a 0:59	141	122
1:00 a 1:59	184	165
2:00 a 2:59	198	205
3:00 a 3:59	370	361
4:00 a 4:59	432	527
5:00 a 5:59	459	551
6:00 a 6:59	683	772
7:00 a 7:59	594	653
8:00 a 8:59	523	748
9:00 a 9:59	649	750
10:00 a 10:59	644	622
11:00 a 11:59	524	582
12:00 a 12:59	659	763
13:00 a 13:59	712	816
14:00 a 14:59	598	720
15:00 a 15:59	583	708
16:00 a 16:59	667	763
17:00 a 17:59	498	615
18:00 a 18:59	538	675
19:00 a 19:59	521	661
20:00 a 20:59	405	446
21:00 a 21:59	372	437
22:00 a 22:59	322	403
23:00 a 23:59	208	219

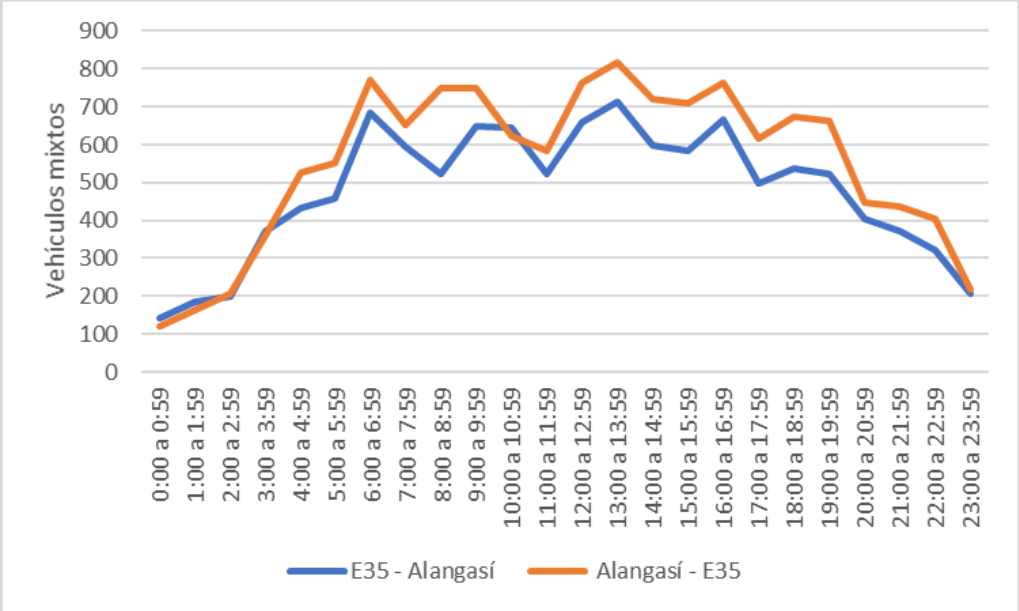


Figura 33 Hora pico sentido E35 - Alangasí y Alangasí - E35

Como se puede apreciar en la figura 33, la variación horaria de tráfico tiene tres puntos elevados para cada sentido, resultando la mismo hora pico para el sentido E35–Alangasí y el sentido contrario.

Las horas pico se despliegan desde las 6h00 hasta las 7h00, en la tarde la hora pico empieza desde las 13h00 hasta las 14h00, y para terminar el día, desde las 16h00 hasta las 17h00, lo que es normal y entendible ya que los horarios que presentan hora pico son los regulares de un día de trabajo, en los cuales los usuarios salen a sus lugares de trabajo, estudio y demás actividades, retornando en la tarde a sus hogares, después del horario laboral del sector.

2.2.10.3 Tráfico promedio diario

El tráfico promedio diario “TPD” (ADT, siglas en inglés); está definido como el total del volumen durante un periodo dado, mayor a un día y menor a un año, dividido para el número de días en ese límite de tiempo. (AASHTO, 2011)

$$TPD = \frac{1d > Volúmen > 1año}{Total\ días} \quad (3)$$

El TPD se puede determinar fácilmente cuando se realiza recuentos volumétricos continuos. Cuando solo se realizan conteos periódicos, el volumen total se lo puede estimar mediante un ajuste de los recuentos usando factores de conteos tales como: estación, mes, o día de la semana. Concierne conocer el TPD para varios propósitos, tales como determinar el uso anual del camino para verificar los gastos planteados o diseñar los elementos de la sección transversal. (AASHTO, 2011)

Sin embargo, no es adecuado usar directamente el TPD en el diseño geométrico vial, excepto de los caminos locales y colectores con volúmenes relativamente bajos, ya que no indica las variaciones de volumen de tránsito que se producen durante los diferentes meses del año, día de la semana, y horas del día. La cantidad en que se supera el volumen de un día normal en ciertos días es considerable y variada. En ubicaciones típicas rurales, el volumen en ciertos días puede ser significativamente mayor que el TPD. Así, un camino diseñado para el tránsito en un día promedio abastece un volumen mayor que el de diseño. (AASHTO, 2011)

Los volúmenes de tráfico se los puede clasificar en lapsos de tiempo como lo son de un año, mes o semana, por lo que se puede clasificar al tránsito de la siguiente manera:

- Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

$$TPDA = \frac{Tráfico\ anual}{365} \quad (4)$$

- Tráfico Promedio Diario Mensual (TPDM)

$$TPDM = \frac{Tráfico\ mensual}{30} \quad (5)$$

- Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS)

$$TPDS = \frac{Tráfico\ semanal}{7} \quad (6)$$

2.2.10.4 Relación entre el tránsito promedio diario anual (TPDA) y el tránsito promedio diario semanal (TPDS)

De acuerdo con el Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Ingeniería de Tráfico (2006), como no es posible disponer de registros de volúmenes a lo largo de un año en todas las vías, se puede estimar el Tránsito Promedio Diario Anual en base al Tránsito Promedio Diario Semanal como se muestra a continuación:

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma \quad (7)$$

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} * \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}\right) \quad (8)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(TD_i - TPDS)^2}{n-1}} \quad (9)$$

Donde:

- TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual
- TPDS = Tránsito Promedio Diario Semanal
- K = número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado
- σ = estimador de la desviación estándar poblacional

- S = desviación estándar de la distribución de los volúmenes de tránsito diario
- n = tamaño de la muestra en número de días de aforo
- N = tamaño de la población en número de días del año
- TDi = volumen de tránsito del día "i"

Tabla 11
Valores de K para distintos niveles de confiabilidad

Nivel de Confiabilidad (%)	*K*
89.6	1.5
90.0	1.64
95.0	1.96
96.0	2.0
98.1	2.5

Fuente: (Tapia J. & Veizaga R., 2006)

2.2.10.5 Cálculo y determinación del TPDA

Se determinó la siguiente tabla para la aplicación de las ecuaciones 7, 8 y 9. Es importante recalcar que se usó la Tabla 11 para elegir el coeficiente de confiabilidad K.

Tabla 12
Flujo diario vehicular en la semana tipo en vía acceso a Alangasí

DÍA	FLUJO DIARIO (veh. mixtos/día)
Domingo	3072
Lunes	3521
Martes	3506
Miércoles	3348
Jueves	3517
Viernes	3682
Sábado	4204
Total	24850

$$TPDS = 24850/7 = 3452$$

Con los datos de la tabla 12 y con un coeficiente de confiabilidad K de 1,96 es posible calcular el TPDA de la vía, en relación al TPDS que se obtiene del conteo vehicular realizado, en consecuencia, el **TPDA** resultó ser de **3550 vehículos mixtos/día**.

La NEVI (2012), nos muestra una tabla de la clasificación funcional de las vías en base al TPDA, la cual usaremos para indicar la descripción del tipo de vía del acceso a las parroquias de Alangasí y la Merced.

Tabla 13

Clasificación Funcional de las vías en base al TPDA

Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA			
Descripción	**Clasificación Funcional**	**Tráfico Promedio diario Anual (TPDA) al año de horizonte**	
		Límite Inferior	**Límite Superior**
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	100	8000
	C2	500	100
	C3	0	500

Fuente: (MTOP, 2013)

Como el TPDA resultó estar en el rango entre los 100 y 8000 vehículos, las vías de acceso se clasifican como carretera de 2 carriles funcional tipo C1 como lo muestra la tabla 13.

A continuación, se presenta la figura con el esquema del tipo de vía C1 correspondiente a una carretera de mediana capacidad.

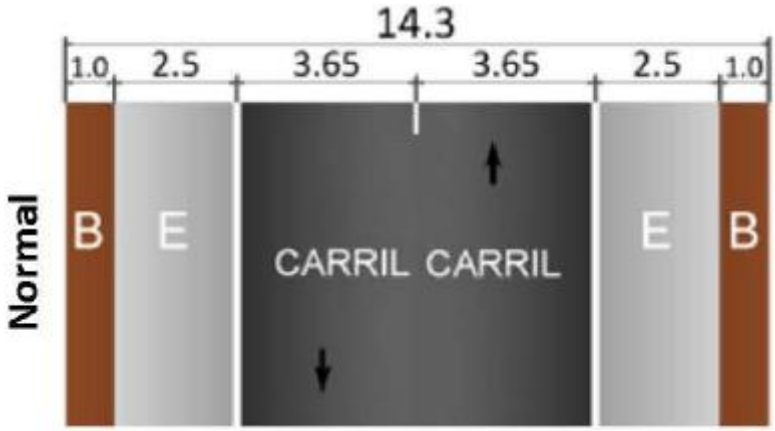


Figura 34 Carretera de mediana capacidad
Fuente: (MTOP, 2013)

2.2.10.6 Composición vehicular

Con el conteo del aforo vehicular realizado se analiza la composición vehicular y de tráfico que circulan en la vía de acceso a las parroquias, en consecuencia, se pudo evidenciar que los usuarios con mayor aforo son de vehículos livianos, siguiéndoles los vehículos pesados de 2 ejes, en su mayor parte volquetes que transportan material de la mina de Pintag hacia Quito o alrededores del sector de estudio.

En la figura 35, se puede apreciar la composición vehicular de la vía de acceso a las parroquias de Alangasí y la Merced.

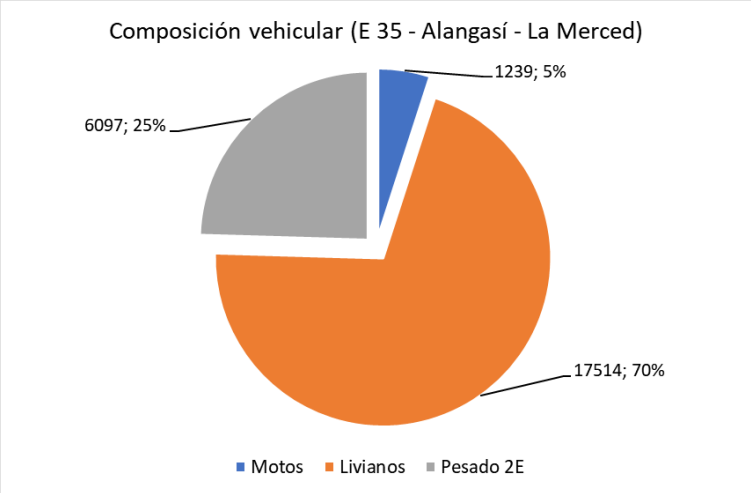


Figura 35 Composición vehicular (E 35 - Alangasí - La Merced)

Siendo la mayoría de los usuarios, se evidencia que la vía cuenta con un aforo de vehículos **livianos en un 70%,** para los vehículos **pesados de 2 ejes el 25%** incluyendo a los buses de transporte público ya que no existe una cantidad considerable para apartar dicho transporte en la composición vehicular de la vía, finalmente las **motos tienen un 5%** de aportación en el total del volumen vehicular.

2.2.10.7 Hora pico

Un factor clave para el diseño vial son los volúmenes de aforo vehicular, por lo que, a estos volúmenes se los analiza en diferentes horarios, para determinar el comportamiento de tráfico en cualquier zona o área que se necesite.

La (AASHTO, 2011), nos indica que el volumen de tráfico que circula en una hora determinada, deberá ser un valor que no se sobrepase con regularidad, ya que, de no ser así, el tráfico no es constante y la hora pico no se aplicaría. (AASHTO, 2011)

Es recomendable que el aforo de volumen de tráfico horario (en una hora), sea la hora 30 con el volumen de tráfico más elevado del año, de ser así, si en ese horario la demanda vehicular es alta, se puede usar los volúmenes en horarios inferiores a la hora 30. (AASHTO, 2011)

2.2.10.8 Factor de hora pico

Para determinar el nivel de servicio de una hora en particular, el HCM (2000) indica que existen lapsos o periodos dentro en una hora donde el tráfico es mayor, por lo que se considera analizar el congestionamiento cada 15 minutos. (Transportation Research Board, 2000)

Éste factor se lo expresa como la relación que tiene el volumen total de vehículos en una hora, con el mayor flujo de vehículos que circulan en un período de 15 minutos multiplicado por cuatro, el FHP no debe ser mayor a 1 y generalmente se encuentra entre 0.75 y 0.95. (AASHTO, 2011)

Para calcular el factor de hora pico, existe la siguiente expresión. (Reyes C. & Cárdenas J, 1994):

$$PHF = \frac{VHMD}{4(q_{max15})} \qquad (10)$$

Donde:

- VHMD: Volumen de máxima demanda
- q_{max15}: Flujo máximo dentro de 15min.

2.2.10.9 Cálculo del Factor de hora pico

La definición y factor de hora pico ya se explicaron anteriormente, por lo que se aplicará la ecuación 11 para determinar lo que también es llamado Factor Horario de máxima demanda en los 7 días de la semana.

Tabla 14

Factor de Hora Pico

Factores de Hora Pico	
Lunes	0,836
Martes	0,802
Miércoles	0,813
Jueves	0,846
Viernes	0,767
Sábado	0,872
Domingo	0,859

Se observa en los resultados obtenidos que mientras el valor del FHP se aproxima a la unidad, existe una distribución uniforme del flujo vehicular.

2.2.10.10 Proyección de tráfico futuro

Comúnmente, el diseño geométrico de caminos nuevos o el mejoramiento de los existentes no deben basarse solamente en los volúmenes de tránsito actuales, sino que deben considerarse los probables volúmenes futuros. Los caminos deben diseñarse para acomodar el volumen de tránsito que probablemente ocurra en su vida de diseño. (AASHTO, 2011)

Es difícil predecir la durabilidad de una vía, ya que el diseño está basado en periodos de retorno o en normativas que nos proponen tiempos de durabilidad de acuerdo al servicio que va a brindar la carretera.

Por lo que, al momento de diseñar una vía, se considera que ésta va a solventar problemas con el crecimiento de volúmenes de tráfico en el futuro, por otro lado, se debe considerara el aspecto económico, ya que es imprudente realizar diseños viales que no consideren el aumento de tráfico de futuro, siendo así proyectos desperdiciados que más bien crearán conflictos.

Para efectuar las proyecciones de tráfico, es conveniente referirse con tasas de otros factores como la tasa de crecimiento de la población, el aumento de vehículos en el país, la venta de combustibles, etc.

Si no se cuenta con la información estadística mencionada anteriormente, las proyecciones de tráfico se determinarán en base a la tasa de crecimiento poblacional o al consumo de combustible. (MTOP, 2003)

Por otra parte, tenemos que de acuerdo a la NEVI-12 (Norma Ecuatoriana de Vialidad, 2013), se define como años de operación (n); al tiempo comprendido entre la inauguración del proyecto hasta el término de su vida útil, teniendo las siguientes consideraciones:

- **Proyectos de rehabilitación y mejoras, n= 20años**.
- Proyectos especiales de nuevas vías, n= 30años.
- Mega proyectos nacionales, n= 50años.

Con las referencias mencionadas tenemos que la fórmula para determinar el tráfico futuro en función del tráfico actual y de las tasas de crecimiento es la siguiente:

$$Tf = Ta(1 + i)^n \qquad (11)$$

Siendo:

- Tf: Tráfico futuro
- Ta: Tráfico actual.
- i: Tasa de crecimiento del tráfico (en caso de no contar con datos, utilizar la tasa de crecimiento poblacional o de combustibles)

- n: Número de años proyectados

2.2.10.11 Cálculo de Tráfico futuro

Para determinar el tráfico futuro se tomará en cuenta una proyección de 20 años y se utilizarán las tasas de crecimiento conocidas en la tabla 8.

Con el conocimiento del Tráfico actual de 3550 vehículos mixtos/día (considerando los dos sentidos de la vía), se aplicará la ecuación 11, determinando el tráfico futuro para las 3 tasas de crecimiento: Livianos, Transporte público y pesados, obteniendo los siguientes resultados:

- Tráfico futuro para livianos: 7645 vehículos mixtos/día.
- Tráfico futuro para transporte público: 7749 vehículos mixtos/día.
- Tráfico futuro para pesados: 11047 vehículos mixtos/día.

Realizando un promedio del tráfico futuro con los datos obtenidos de cada tipo de transporte, podemos decir que la **proyección del tráfico a 20 años en la vía es de: 8813 vehículos mixtos/día,** por lo que basándonos en la NEVI 12, la vía debe ser una Autovía o Carretera multicarril AV1.

2.2.11 Uso de suelo

De acuerdo con el (Concejo Metropolitano de Quito, 2016), el uso del suelo se puede hacer bajo dos perspectivas, para uso principal de residencias en general, implantación de industrias, equipamiento, y, para actividades que brinden servicios y promuevan el comercio. (Concejo Metropolitano de Quito, 2016)

2.2.12 Intersecciones

Se define como intersección al área donde dos o más vías se intersectan o cruzan, considerando todos los elementos que incluyan en las mismas, como son la calzada e instalaciones de borde de

la carretera para los movimientos del tráfico. Cuando dos caminos se cruzan lo más común es que formen una intersección de 4 ramales, la AASHTO (2011), recomienda que una intersección no debería tener más de 4 ramales. (AASHTO, 2011)

Generalmente existen 3 tipos de intersecciones o cruces de vías, las cuales son: intersecciones a nivel, pasos a desnivel y los distribuidores o intercambiadores vehiculares. (AASHTO, 2011)

Las intersecciones a nivel son elementos que, al momento de diseñar se debe considerar diferentes puntos de vista y que, son las más utilizadas en el medio urbano, por lo que se deben ubicar en zonas con alta visibilidad, ya que es donde se generan conflictos de tránsito en la mayoría de casos. (AASHTO, 2011)

El MTOP propone mediante la figura 36, alternativas de intersecciones mediante el cálculo del TPDA Fututo. (MTOP, 2003)

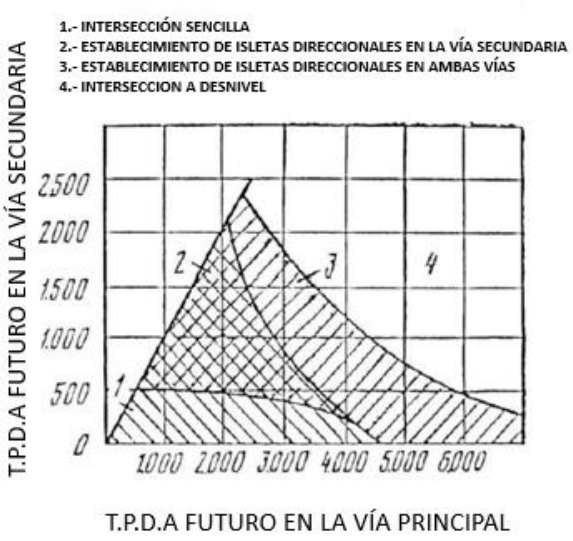


Figura 36 Elección de tipo de intersección

Fuente: (MTOP, 2003)

En una intersección debe constar todos los parámetros necesarios para que los usuarios circulen con orden, comodidad y seguridad, por ello al diseñar una intersección se toma en cuenta pasos peatonales, aceras, carriles auxiliares, señalización adecuada.

El AASHTO (2011), nos menciona diferentes características para el díselo de intersecciones:

- Foco de actividad: las zonas aledañas a la intersección por lo general son concentraciones de destinos de viajes. (AASHTO, 2011)
- Movimientos conflictivos: son los diferentes movimientos o actividades que se generan alrededor o dentro de la intersección. (AASHTO, 2011)
- Manejo de tránsito: para la correcta movilización de los usuarios, es necesario asignar señalización para guiar a los usuarios, en ocasiones éstas señales generan incomodidad para los usuarios que se trasladan en los caminos que se intersecan. (AASHTO, 2011)
- Capacidad: la capacidad está definida por el número de usuarios que transita en la intersección, en donde el control de tráfico limita esta capacidad de las vías. (AASHTO, 2011)

La línea base del proyecto radica en la obtención, análisis e interpretación de una serie de datos abarcados en el estudio del proyecto, esto conlleva a que se consideren distintos factores que permitan elegir un tipo de intersección adecuada para las circunstancias actuales.

Para el diseño de intersecciones es importante considerar 4 componentes que facilitan la operación correcta de las mismas, éstos 4 elementos básicos son: Factores humanos, clasificación del tráfico, factores físicos que afecten el área de la intersección, y por último factores económicos. (AASHTO, 2011)

2.2.12.1 Intersecciones a nivel

Los tipos de intersecciones a nivel constan generalmente de 3 ramales, 4 ramales, multirramales y rotondas. Cada tipo de intersección se diseña en base al número de ramales, el tipo de terreno o topografía, el aforo de tráfico, peatones y velocidades para el tipo de operación que se desea. (AASHTO, 2011)

Considerando lo anteriormente mencionado, para diseñar una intersección a nivel se debe tomar en cuenta los siguientes elementos para diseño de intersecciones a nivel. (AASHTO, 2011)

- Alineamientos de la rasante
- Distancias de visibilidad de la intersección
- Radios de giro y canalización
- Carriles de seguridad y auxiliares
- Giros izquierdos, indirectos y de retorno en U.
- Redondeles o rotondas
- Pasos adicionales como peatonales, de ferrocarril y otros caminos.

2.2.12.2 Intersecciones a desnivel

Cuando existe un flujo vehicular alto, y las condiciones de las carretera no abastece los volúmenes de tránsito, se deben eliminar interferencias de flujo, para lo cual se debe establecer y diseñar intercambiadores vehiculares a desnivel, utilizando el espacio aéreo disponible que generalmente despende de la topografía del lugar.El MTOP sugiere que las intersecciones a nivel se deben ubicar en carreteras donde el TPDA es superior los 4 mil vehículos mixtos al día. (MTOP, 2003)

Existen diferentes tipos de intersecciones a desnivel, ya que todo depende el espacio disponible y del punto de vista ingenieril, para analizar la funcionalidad de la intersección como es: nivel de servicio que presta, giros que genera, y solventar el flujo vehicular. Se debe estudiar y analizar el tráfico que utiliza la intersección, para determinar volúmenes de vehículos y sus destinos, de esta menara evitar futuros problemas como embotellamientos y congestión de tránsito. (MTOP, 2003)

2.2.13 Rotondas

La rotonda moderna representa un mejoramiento sustancial, en términos de eficiencia operativa y la reducción de frecuencia de accidente, en comparación con motores rotativos mayores y los círculos de tránsito. (AASHTO, 2011)

Una rotonda es una intersección con una isleta central en torno al cual el tránsito debe viajar hacia la izquierda y en el que el tránsito que entra debe ceder el paso al tránsito que circula. (AASHTO, 2011). No todas las intersecciones circulares se pueden clasificar como rotondas. De hecho, hay por lo menos cuatro tipos distintos de intersecciones circulares:

- Rotatorias son intersecciones circulares de estilo antiguo comunes a los EUA antes de la década de 1960. Rotatorias se caracterizan por gran diámetro (superior a 100 m). Este gran diámetro típicamente resulta en velocidades de desplazamiento en la calzada circulatoria que exceden 50 km/h. Ellos dan poca o ninguna desviación horizontal de las rutas de tránsito directo e incluso pueden funcionar de acuerdo con la "a ceder el derecho de" regla tradicional, es decir, el tránsito que circula cede el tránsito al tránsito entrante. (AASHTO, 2011)

- Los círculos de tránsito semaforizados son intersecciones circulares de estilo antiguo en el que se usan semáforos para controlar uno o más puntos de entrada en circulación y por lo tanto tienen muy diferentes características operativas que las rotondas con control de Ceda el paso. (AASHTO, 2011)
- Los círculos de tránsito vecinales se construyen típicamente en las intersecciones de las calles locales para calmar el tránsito y/o la estética. Las aproximaciones de intersección pueden ser rendimiento controlado, no controlada, o una parada controlada, y el diámetro de intersección es típicamente entre 15 y 30 m. Ellos no incluyen típicamente canalización en relieve en el camino que entra para guiar el conductor que se aproxima al camino circulatorio. En algunos círculos de tránsito, algún movimiento de izquierda de inflexión se permite que se produzca la altura de la isleta central, lo que podría entrar en conflicto con el resto del tránsito circulante. (AASHTO, 2011)
- Las rotondas son intersecciones circulares con un diseño específico y las características de control de tránsito, que incluyen:
  - Rendimiento de control para todo el tránsito de entrada.
  - Aproximaciones canalizadas.
  - Curvatura apropiada diseñada en la geometría de la intersección para que las velocidades de desplazamiento en la calzada circulatoria son típicamente menos de 50 km/h.

2.2.13.1 Rotondas a desnivel

La rotonda a desnivel o elevada, presenta diferentes soluciones para permitir la circulación a velocidades mayores para los vehículos que no necesitan realizar giros en alguna intersección de

la vía, permitiendo una rápida conexión y distribución del tráfico, de esta manera la rotonda elevada actúa como solución de distribución del tráfico y una forma rápida de circulación.

En la siguiente figura se puede apreciar un claro ejemplo de rotonda elevada en el Ecuador.

Figura 37 Rotonda elevada (Distribuidor Latacunga - Pujilí)

Fuente: (Google Earth, 2018)

2.2.14 Velocidad de diseño y circulación

La velocidad de diseño está asociada con los aspectos o circunstancias geométricas que conforma la carretera, ya que es un factor importante para el transporte, siendo un elemento que depende de las habilidades del conductor y la del vehículo, de las características de la carretera, condiciones del tiempo y de la presencia de otros vehículos en la carretera.

La velocidad de diseño es un parámetro que se define a partir de la topografía y con ello el diseño vertical y horizontal de las vías, también influyen otros aspectos como el espacio existente, velocidades de circulación adecuadas, etc.

Para permitir la circulación a velocidades mayores a las del resto del viario urbano estas travesías urbanas y vías de ronda deben estar segregadas del resto de calles de la ciudad, pero a la vez deben permitir la conexión con las más importantes de estas calles. En la mayoría de los casos la disposición de estas vías rápidas se ha realizado a distinto nivel (generalmente más bajo que el de las calles circundantes), esto ha llevado a la búsqueda de soluciones compatibles para resolver el problema de conexión. (MTOP, 2013)

Para permitir la circulación a velocidades mayores a las del resto del viario urbano estas travesías urbanas y vías de ronda deben estar segregadas del resto de calles de la ciudad, pero a la vez deben permitir la conexión con las más importantes de estas calles. En la mayoría de los casos la disposición de estas vías rápidas se ha realizado a distinto nivel (generalmente más bajo que el de las calles circundantes), esto ha llevado a la búsqueda de soluciones compatibles para resolver el problema de conexión. (MTOP, 2013)

Velocidad de operación o de circulación es la velocidad de un vehículo en un tramo específico de la carretera; su valor se obtiene dividendo la distancia recorrida por el tiempo en que el vehículo se mueve para recorrer el tramo Esta es la velocidad que permite medir el nivel y servicio que ofrece la carretera, permitiendo estimar la comodidad para los usuarios. (MTOP, 2013)

Tabla 15

Relación de la velocidad de operación con la velocidad de diseño para carreteras de 2 carriles

VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h	VELOCIDAD DE OPERACIÓN PROMEDIO-Km/h VOLUMEN DE TRÁNSITO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
40	38	35	33
50	47	42	40
60	56	52	45
70	63	60	55
80	72	65	60
100	88	75	-
120	105	85	-

Fuente: (MTOP, 2003)

En la figura a continuación se observa la relación que existe entre la velocidad, densidad y flujo, los cuales son los parámetros que indican el funcionamiento del tráfico en una vía; entre los tres parámetros, se aprecia que mientras la densidad y velocidad aumentan, el flujo se comporta de una manera estable hasta llegar a un punto límite, en el cual el flujo tiende a reducirse. Por otra parte, si relacionamos la velocidad con la densidad no encontramos que, mientras la velocidad acrecienta, la densidad se reduce.

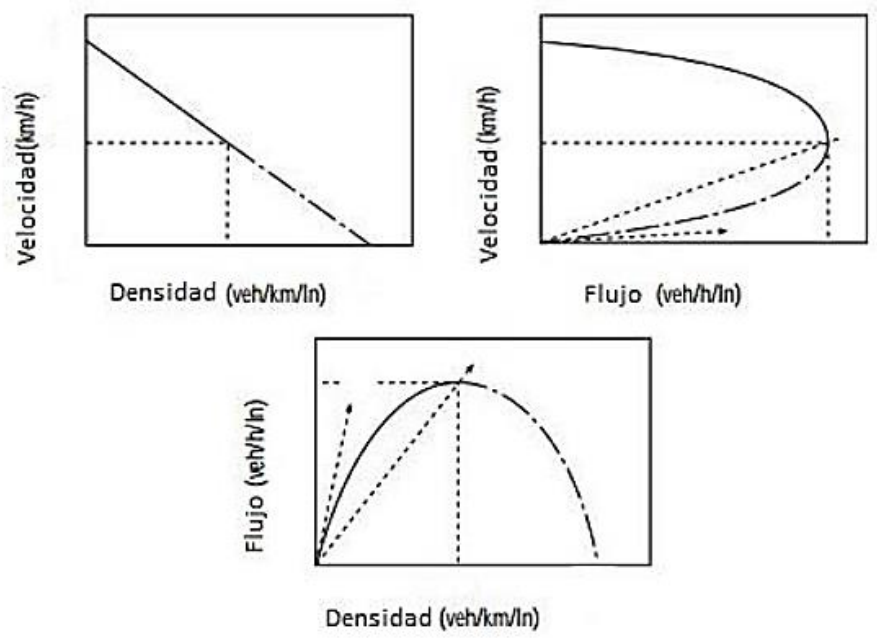


Figura 38 Curvas Flujo - Velocidad – Densidad
Fuente: (AASHTO, 2011)

El Concejo Metropolitano de Quito en su ordenanza 3746, menciona que la velocidad de diseño es la que establece la geometría del terreno, comprendida por: carriles de aceleración, radios de curva, longitudes, factores de corrección por gradiente, etc. (Concejo Metropolitano de Quito, 2008)

2.2.14.1 Carriles de aceleración y desaceleración

Normalmente, para que lo vehículos ingresen a un ramal de salida o de enlace con otro tipo de intersección, tiene que bajar su velocidad para incorporarse de una manera adecuada, o acelerar para integrarse a la vía principal y adecuarse a la velocidad de diseño de esta vía. (MTOP, 2013)

El carril de aceleración tiene la finalidad de incorporar a los vehículos a la vía principal que los interseca, ya que deben hacerlo con una velocidad similar a la de los vehículos que transitan por ésta. (MTOP, 2013)

Los carriles de aceleración deben estar paralelos a la carretera principal, dando comodidad para integrarse sin problemas al tránsito. (MTOP, 2013)

Tabla 16

Mínima longitud de aceleración para terminales de entrada con gradientes del 2% o menos

LONGITUD DE LOS CARRILES DE ACELERACIÓN L(m)										
Carretera		Velocidad de Diseño en la Curva (kph)								
Velocidad de Diseño (kph)	Velocidad Alcanzada, Va (kph)	0	25	35	40	50	55	65	75	80
		Velocidad Inicial, V´a (kph)								
		0	22	30	35	42	50	60	65	70
50	37	60	–	–	–	–	–	–	–	–
65	50	115	100	75	70	45	–	–	–	–
80	65	230	215	195	180	150	115	50	–	–
100	75	360	340	330	300	280	240	180	120	50
115	85	480	470	460	430	405	375	310	250	180

Fuente: (Concejo Metropolitano de Quito, 2008)

Tabla 17

Factores de corrección por gradiente, para carriles de aceleración, para rampas de entrada

Carriles de Aceleración					
Velocidad de Diseño de la Carretera (kph)	Factor de Corrección a la Longitud Requerida para una Gradiente del 0%				
	Velocidad de Diseño de la Rampa de Entrada (kph)				
	20	30	40	50	Para Cualquier Velocidad
	gradientes de +3% a +4%				gradiente de -3% a -4%
65	1.3	1.3	-	-	0.7
80	1.3	1.4	1.4	-	0.65
100	1.4	1.5	1.5	1.6	0.6
115	1	1.6	1.7	1.8	0.6
	gradientes de +5% a +6%				gradientes de -5% a -6%
65	1.5	1.5	-	-	0.6
80	1.5	1.7	1.9	-	0.55
100	1.7	1.9	2.2	2.5	0.5
115	2	2.2	2.6	3	0.5

Fuente: (Concejo Metropolitano de Quito, 2008)

En las siguientes figuras se puede observar cómo se debe diseñar los carriles de aceleración, para rampas de entrada.

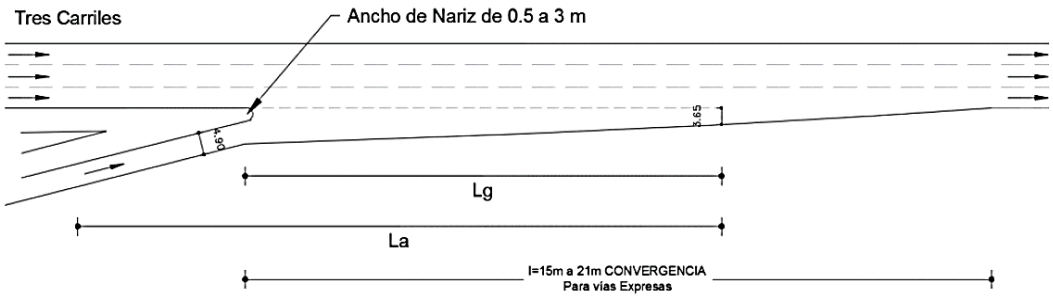


Figura 39 Rampa de entrada de un carril, diseño de entrada directa
Fuente: (Concejo Metropolitano de Quito, 2008)

En la figura anterior tenemos lo siguiente:

- L = es la longitud de recorrido para llegar a una velocidad adecuada en la rampa
- Lg = es la distancia necesaria para ingresar al flujo de tráfico. Esta longitud deberá estar entre 90 a 150 m dependiendo del ancho de la nariz
- La = es la distancia de entrada a la rampa. Debe ser mayor para La y Lg.

El Concejo Metropolitano de Quito, indica los criterios de diseño para carriles de salida o de aceleración, así mismo para carriles de deceleración. (Concejo Metropolitano de Quito, 2008)

Tabla 18

Mínima longitud de deceleración para terminales de salida con gradiente del 2% o menos

LONGITUD DE LOS CARRILES DE ACELERACIÓN L(m)										
Carretera		Velocidad de Diseño en la Curva (kph)								
Velocidad de Diseño (kph)	Velocidad Alcanzada, Va (kph)	0	25	35	40	50	55	65	75	80
		Velocidad Inicial, V´a (kph)								
		0	22	30	35	42	50	60	65	70
50	37	70	55	50	45	-	-	-	-	-
65	50	95	90	80	70	55	45	-	-	-
80	65	130	125	115	110	95	85	70	55	-
100	75	160	150	150	140	130	125	105	90	75
105	90	175	165	160	150	145	130	115	100	85

Fuente: (Concejo Metropolitano de Quito, 2008)

Tabla 19

Factores de corrección por gradiente en carriles de salida

FACTORES DE CORRECIÓN POR GRADIENTE (CARRILES DE DECELERACIÓN)		
Velocidad de Diseño de la Carretera (kph)	Carriles de Deceleración	
	Factor de Corrección a la Longitud Requerida para una Gradiente del 0%	
Para cualquier Velocidad	gradientes de +3% a +4%	gradiente de -3% a -4%
	0,9	1,2
Para cualquier Velocidad	gradientes de +5% a +6%	gradientes de -5% a -6%
	0,8	1,35

Fuente: (Concejo Metropolitano de Quito, 2008)

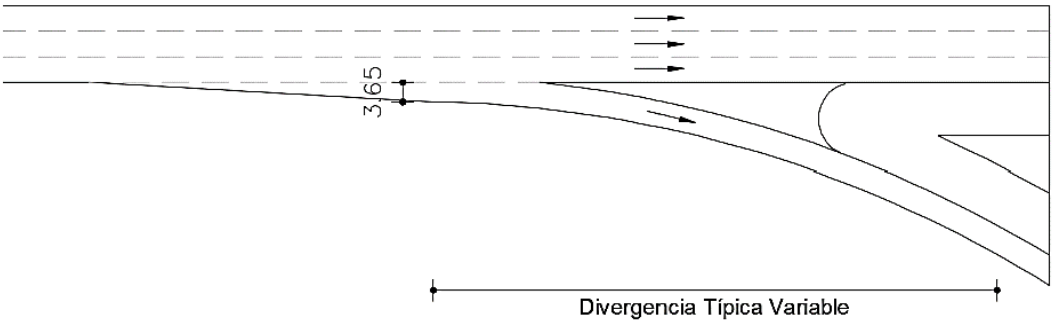


Figura 40 Diseño de salida curva
Fuente: (Concejo Metropolitano de Quito, 2008)

2.2.15 Vehículo de diseño

Para el diseño vial, es importante tener en cuenta las diferentes particularidades de operación que tiene cada tipo de vehículo, ya que se diversifican en tamaños, peso, tipo de terreno, carga que lleva (pueden ser peatones en el caso de transporte público), lo que permiten establecer varias clases de transporte. (MTOP, 2013)

La NEVI 12 (2013) menciona que, en general existen dos clases de vehículos automotes, estableciendo a los vehículos livianos y pesados.

En el Ecuador la Norma Ecuatoriana de Vialidad (2013), despliega las siguientes figuras con los vehículos que normalmente circulan en el país:

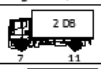
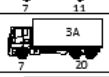
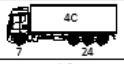
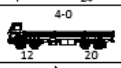
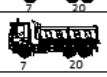
CUADRO DEMOSTRATIVOS DE TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES							
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN		PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
					Largo	Ancho	Alto
2 D			CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO	7	5,00	2,60	3,00
2DA			CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50
2DB			CAMIÓN DE 2 EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10
3-A			CAMIÓN DE 3 EJES	27	12,20	2,60	4,10
4-C			CAMIÓN DE 4 EJES	31	12,20	2,60	4,10
4-0			CAMIÓN CON TAMDEM DIRECCIONAL Y TAMDEM POSTERIOR	32	12,20	2,60	4,10
V2DB			VOLQUETA DE DOS EJES 8 m³	18	12,20	2,60	4,10
V3A			VOLQUETA DE TRES EJES 10-14 m³	27	12,20	2,60	4,10
VZS			VOLQUETA ZS DE 3 EJES 16 m³	27	12,20	2,60	4,10
T2			TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES	18	8,50	2,60	4,10

Figura 41 Vehículos de diseño 1 de 4
Fuente: (MTOP, 2013)

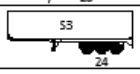
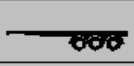
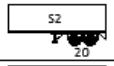
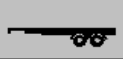
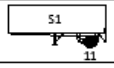
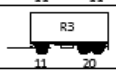
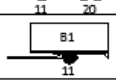
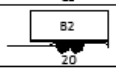
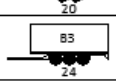
CUADRO DEMOSTRATIVOS DE TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES							
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN		PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
					Largo	Ancho	Alto
T3			TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES	27	8,50	2,60	4,10
S3			SEMIREMOLQUE DE 3 EJES	24	13,00	3.00	4,30
S2			SEMIREMOLQUE DE 2 EJES	20	13,00	3.00	4,30
S1			SEMIREMOLQUE DE 1 EJE	11	13,00	3.00	4,30
R2			REMOLQUE DE 2 EJES	22	10,00	3.00	4,30
R3			REMOLQUE DE 3 EJES	31	10,00	3.00	4,30
B1			REMOLQUE BALANCEADO DE 1 EJE	11	10,00	3.00	4,30
B2			REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES	20	10,00	3.00	4,30
B3			REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES	24	10,00	3.00	4,30

Figura 42 Vehículos de diseño 2 de 4
Fuente: (MTOP, 2013)

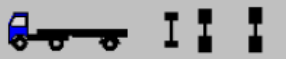
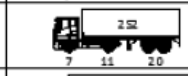
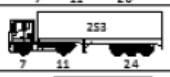
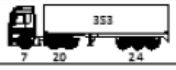
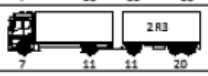
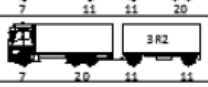
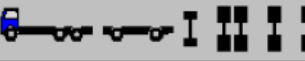
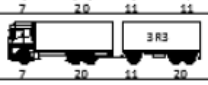
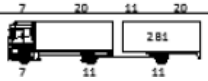
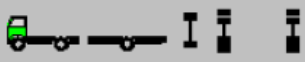
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN		PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
					Largo	Ancho	Alto
2S1			TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMI REMOLQUE DE 1 EJE	29	20,50	2,60	4,30
2S2			TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMI REMOLQUE DE 2 EJES	38	20,50	2,60	4,30
2S3			TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMI REMOLQUE DE 3 EJES	42	20,50	2,60	4,30
3S1			TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 1 EJE	38	20,50	2,60	4,30
3S2			TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES Y SEMI REMOLQUE DE 2 EJES	47	20,50	2,60	4,30
3S3			TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES Y SEMI REMOLQUE DE 3 EJES	48	20,50	2,60	4,30
2R2			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES	40	20,50	2,60	4,30
2R3			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 3 EJES	48	20,50	2,60	4,30
3R2			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES	48	20,50	2,60	4,30
3R3			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE DE 3 EJES	48	20,50	2,60	4,30
2B1			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 1 EJES	29	20,50	2,60	4,30

Figura 43 Vehículos de diseño 3 de 4
Fuente: (MTOP, 2013)

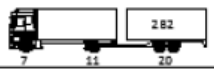
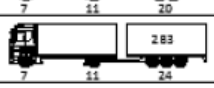
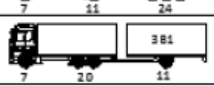
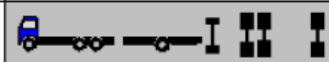
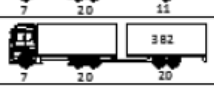
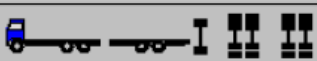
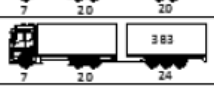
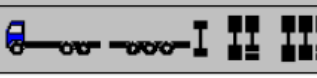
CUADRO DEMOSTRATIVOS DE TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES							
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN		PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
					Largo	Ancho	Alto
2B2			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES	38	20,50	2,60	4,30
2B3			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES	42	20,50	2,60	4,30
3B1			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 1 EJES	38	20,50	2,60	4,30
3B2			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES	47	20,50	2,60	4,30
3B3			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES	48	>20,50	3.00	4,30

Figura 44 Vehículos de diseño 4 de 4
Fuente: (MTOP, 2013)

De acuerdo al tipo de vehículos pesados que circulan por la vía se debería considerar al vehículo tipo V3A como vehículo de diseño.

2.2.16 Señalización

En las calles y avenidas del Distrito Metropolitano de Quito, son colocadas señales de tránsito indispensables para la convivencia en la vía pública, que informan y orientan a la ciudadanía (conductores, peatones, ciclistas, motociclistas, entre otros.) al momento de sus desplazamientos. (MTOP, 2013)

Estas señales pueden ser:

- Señales verticales: preventivas, regulatorias e informativas.
- Señales horizontales: marcas viales.

Las señalizaciones longitudinales en el pavimento están definidas de acuerdo a diferentes colores de la siguiente manera:

Delineamiento con líneas amarillas:

- Disgregación de tráfico en sentidos opuestos.
- Limitaciones de paso.
- Margen izquierdo de la vía, en caso de tener parterre.

Delineamiento de líneas blancas:

- Utilizada para separar flujos en la misma trayectoria.
- Delinear bermas.
- Indicar espacios de estacionamiento.
- Indica aproximación a un cruce cebra o paso peatonal.

Los Reglamentos Técnicos Ecuatorianos INEN y las normas técnicas vigentes del año 2012 nos indican en la siguiente tabla los diferentes estándares y recomendaciones, para un correcto diseño del sistema de señalización y seguridad vial.

Tabla 20

Normativa INEN que interviene en el proyecto

Normativa INEN que Interfiere en el Proyecto				
(1)	RTE INEN	004: Parte 1 (1R):2011	2011	Señalización Vertical
(2)	RTE INEN	004: Parte 2 (1R):2011	2011	Señalización Horizontal
(3)	RTE INEN	1042:2009	2009	Pintura para señalamiento de tráfico
(4)	RTE INEN	2473:2013	2013	Perfiles corrugados y postes de acero para guardavías

Fuente: (Hidalgo, 2017)

De acuerdo a la normativa del INEN, la nomenclatura a usarse para la tipificación de la señalización es la siguiente: Regulatorias (R), Preventivas (P), Informativas (I), Especiales (D), Trabajos viales (T), Escolares (E), De riesgo (SR).

2.2.17 Criterios del proyecto

Con la aplicación de Ingeniería de tránsito, se puede determinar el nivel y tipo de servicio que brinda la vía de acceso a las parroquias, resaltando los parámetros que intervienen en la vía como los son el tráfico y seguridad vial.

2.2.17.1 Tráfico

Para el estudio del tráfico de la vía, se determinará la tasa de flujo, el volumen horario y la densidad vehicular, basándonos en los datos obtenidos, principalmente del análisis del aforo vehicular. El cálculo de los parámetros anteriormente mencionados, están fundamentados en la cantidad de vehículos registrados que circulan en la hora pico con intervalos de 15 minutos.

La tasa de flujo vehicular se determina a partir de la ecuación 1, tomando el número de vehículos que circulan en la hora pico con más aforo vehicular de la semana, resultando ser 868 vehículos por hora, siendo un valor aceptable para las condiciones actuales de la vía.

Para el cálculo del volumen horario se sumarán las cantidades de vehículos de los 4 periodos de 15 minutos, obteniendo un volumen horario de 217 vehículos mixtos por hora.

Por último, la densidad se encuentra alrededor de 41,76 vehículos por kilómetro, calculados a partir del volumen horario y la longitud de la vía que es de 2.6 Km, en vista que la densidad es el número de vehículos que circulan por kilómetro de la vía.

2.2.17.2 Seguridad vial

En cuanto a la seguridad vial existen aspectos relevantes que infringen en un diseño adecuado de la vía, destacado la ausencia de señalética tanto vertical como horizontal, son escasas y no existe evidencia de un mantenimiento de las mismas.

Por otro lado, existe un deficiente sistema de drenaje, ya que las cunetas se encuentran en mal estado, lo que ocasiona problemas cuando existen precipitaciones.

Los anchos de carriles se encuentran entre los 3,60 metros lo que está dentro de los parámetros, aunque no existe áreas peatonales a lo largo de las vías sino hasta llegar a las entradas de las parroquias, lo que impide la movilidad del peatón.

No está demás mencionar que la capa de rodadura se encuentra en malas condiciones para el ingreso a Alangasí y empedrado para el ingreso a la Merced. (ver apartados 2.2.3.2 Levantamiento actual de las vías).

CAPÍTULO III

DISEÑO GEOMÉTRICO

3.1 Generalidades de condiciones actuales

A lo largo del proyecto se han ido identificando cuales son las condiciones actuales en las que se encuentra tanto el estado de las vías de acceso como las necesidades de los usuarios en el sector del acceso a las parroquias.

En cuanto a las vías de acceso, el diseño geométrico se basará en el alineamiento horizontal y vertical existente de las vías, verificando que la geometría cumpla con las normativas vigentes.

Por otro lado, la necesidad del diseño de un intercambiador vehicular en el sector de salida y acceso a la parroquia de Alangasí, es evidente, ya que los usuarios tienen la necesidad de transportarse directamente hacia destinos como Pintag y Alangasí, optimizando su tiempo y brindando comodidad.

Para realizar el mejoramiento del diseño geométrico de las vías y el intercambiador, es indispensable tener en cuenta diferentes parámetros que se tendrán que usar, los cuales se detallarán en este capítulo; como secciones y anchos de vías, sistema de drenaje, diseño geométrico vertical y horizontal. También se usan datos obtenidos a lo largo del proyecto como es el TPDA, velocidad de diseño, tráfico futuro, etc.

3.2 Sección y anchos de vía.

Basándose en las condiciones actuales y bajo todo el análisis que se ha desarrollado a lo largo del proyecto, la sección de la vía está fundamentada en el TPDA actual y una velocidad de diseño de 100 Km/h.

Con los datos mencionados la NEVI 12 clasifica a las vías de acceso a las parroquias de Alangasí y la Merced como carretera de 2 carriles funcional tipo C1, correspondiente a una carretera de mediana capacidad por lo que se adopta la siguiente sección con sus respectivos anchos de vía.

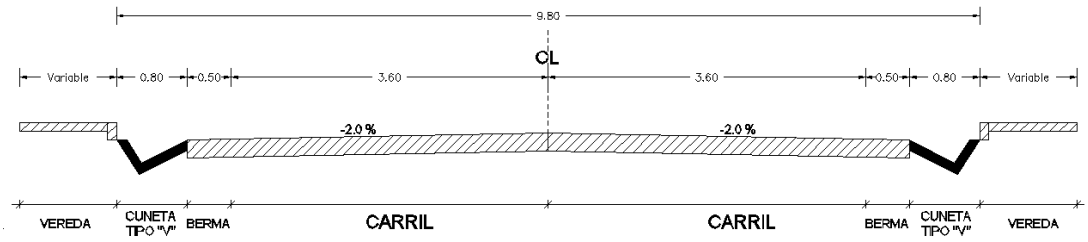


Figura 45 Sección Tipo vías de acceso a las Parroquias de Alangasí y la Merced por la Troncal de la Sierra E35

Cabe mencionar que el ancho de veredas es variable ya que el trazado del mejoramiento de la vía debe adaptarse al espacio disponible, por lo que en diferentes tramos el ancho de acera puede variar.

3.3 Diseño de sistema de drenaje.

3.3.1 Condiciones actuales.

Uno de los problemas más evidente en las vías de acceso a las parroquias, es que no existe un sistema de drenaje adecuado, lo cual es un aspecto importante ya que las vías deben contar con un apropiado sistema de recolección de aguas lluvia para su buen funcionamiento y mantenimiento.

Las circunstancias actuales de las vías nos permitirán determinar un sistema de drenaje adecuado. Un aspecto a ser considerado en el diseño del sistema de drenaje de las vías, es que la vía que conduce a la parroquia de Alangasí cuenta con sistema de alcantarillado, mientras que la

vía que conduce a la Merced no tiene, por ello, se considerará el mismo diseño de sistema de drenaje para las dos vías ya que se encuentran en el mismo sector y el tipo de suelo es similar, excluyendo los sumideros ya que se diseñan a partir de la topografía.

3.3.2 Cálculos de parámetros por el Método racional.

El método racional es utilizable en cuencas pequeñas menores a 25 Km^2. Supone que el escurrimiento máximo generado por una tormenta es proporcional a la lluvia caída, supuesto que se cumple en forma más rigurosa en cuencas mayoritariamente impermeables o en la medida en que la magnitud de la lluvia crece y el área aportante se satura. El caudal máximo para un determinado período de retorno se calcula mediante la siguiente expresión. (MTOP, 2013)

$$Q = \frac{C * i * A}{360} \qquad (12)$$

Donde:

- Q: caudal en m^3/s
- C: coeficiente de escorrentía, adimensional
- I: intensidad de la lluvia de diseño en mm/hora
- A: área de aporte en Km^2

Aplicando el método racional podremos obtener el Caudal Hidráulico y el Caudal Hidrológico, que son los parámetros que nos indicarán si el diseño de las cunetas (Caudal Hidráulico) es el apropiado para captar la intensidad de lluvias en el sector (Caudal Hidrológico).

3.3.2.1 Caudal Hidrológico

Para cálculo del caudal hidrológico se utilizan los parámetros indicados en el Método Racional los cuales son:

- Coeficiente de escorrentía:

Los coeficientes de escorrentía dependen de las características del terreno, uso y manejo del suelo y condiciones de infiltración, requiriéndose un criterio técnico adecuado y experiencia de El Consultor para seleccionar un valor representativo. (MTOP, 2013)

La NEVI 12 (2013), nos proporciona la siguiente tabla para escoger el coeficiente de escorrentía de acuerdo al tipo de terreno que se tiene.

Tabla 21
Coeficientes de escorrentía

Tipo de terreno	Coeficiente de escorrentía
Pavimentos de adoquín	0,50 - 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 - 0,95
Pavimentos de hormigón	0,80 - 0,95
Suelo arenoso con vegetación y gradiente 2% - 7%	0,15 - 0,20
Suelo arcilloso con pasto y gradiente 2% - 7%	0,25 - 0,65
Zonas de cultivo	0,20 - 0,40

Fuente: (MTOP, 2013)

En nuestro caso tomaremos como **Coeficiente de Escorrentía 0.8** ya que la vía de acceso a Alangasí es pavimentada, a pesar de que la vía a la Merced es empedrada, se tomará los mismos parámetros de diseño ya que la sección de mejoramiento propuesta es considerada para una capa de rodadura de pavimento.

- Intensidad de lluvia:

La intensidad de la lluvia de diseño corresponde a aquella con la duración igual al tiempo de concentración del área y con una frecuencia o período de retorno compatible con la importancia y trascendencia de la obra. (MTOP, 2013)

Para el cálculo de la intensidad de lluvias se usará la información proporcionada por el INAMHI, que realizó un estudio de lluvias intensas en el periodo de 1990 al 2010. Para el caso del presente proyecto utilizaremos los datos de la estación M-003 IZOBAMBA que es la más cercana a la zona de estudio, siendo la ecuación representativa de la estación pluviométrica: $I_{TR} = 121.48 * t^{-0.4723} * Id_{TR}$.

Para aplicar la ecuación de la estación pluviométrica, es necesario obtener la Id_{TR}(Intensidad diaria para un periodo de retorno dado en mm/h) y t (tiempo de duración de la lluvia en minutos), lo cual obtenemos del estudio de lluvias intensas del INAMHI (1999), en consecuencia, $Id_{TR} = 2.5$ para periodo de retorno de 20años y se utiliza un t= 10min ya que la ecuación de la estación se encuentra en el rango de 5min ≤ 70min.

Aplicando los datos obtenidos en la ecuación de la estación pluviométrica obtenemos una $\boldsymbol{I_{TR} = 102.36}$ mm/h.

- Área de aporte de la vía:

El área de aporte para el diseño del sistema de drenaje se la medirá en el software AUTOCAD CIVIL 3D, midiendo toda el área de la vía; en base a lo mencionado, el Área de aporte es de 27274.5 m2.

Con los resultados obtenidos aplicamos la ecuación 12 para la obtención del Caudal Hidrológico que resulta: **Q Hidrológico = 0.663 $\boldsymbol{m^3/s}$.**

3.3.2.2 Caudal Hidráulico.

Para el cálculo del caudal hidráulico usaremos como base la sección de cunetas que se encuentran actualmente en las vías, lo cual se muestra en la figura a continuación:

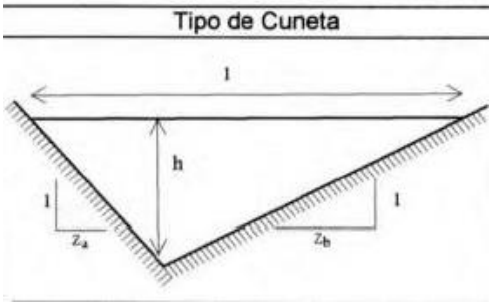


Figura 46 Sección tipo de Cuneta "V"

Fuente: (MTOP, 2013)

En la sección tipo de cuneta “V” existen las siguientes ecuaciones para calcular el caudal Hidráulico: (MTOP, 2013)

- Ancho superficial (l):

$$l = (Z_a + Z_b) * h \qquad (13)$$

- Area (A):

$$A = (Z_a + Z_b) * \frac{h^2}{2} \qquad (14)$$

- Perímetro mojado (P):

$$P = \left(\sqrt{1 + Z_a^2} + \sqrt{1 + Z_b^2}\right) * h \qquad (15)$$

- Radio Hidráulico (R):

$$R = \frac{(Z_a + Z_b) * h}{2 * \left(\sqrt{1 + Z_a^2} + \sqrt{1 + Z_b^2}\right)} \qquad (16)$$

Si utilizamos las dimensiones de la sección de cunetas actuales en las vías tenemos los siguientes datos: Za= 3; Zb= 0.5; h= 0.23m.

Ingresando los datos anteriores en las ecuaciones 14, 15, 16, 17 obtenemos los siguientes resultados: l= 0.80; A= 0.0926m2; P=0.9845m; R=0.0940m.

Con los resultados obtenidos, aplicamos la siguiente ecuación para calcular el Caudal Hidráulico y la velocidad.

- Caudal Hidráulico:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} \qquad (17)$$

Donde n es el coeficiente de rugosidad de Manning para el material de las cunetas, el cual lo elegiremos de la siguiente tabla:

Tabla 22
Coeficiente de rugosidad de Manning

Cunetas y Canales revestidos	
Hormigón	0,013-0,017
Hormigón revestido con gunita	0,016-0,022
Encachado	0,020-0,030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0,017-0,020
Paredes encachadas, fondo de grava	0,023-0,033
Revestimiento bituminoso	0,013-0,016

Fuente: (S.M. Woodward and C. J Posey, 1949)

Ya que el material de las cunetas es de hormigón, trabajaremos con un **coeficiente de rugosidad = 0.015**, así obteniendo un **Q Hidráulico de 1.27 m^3/s.**

- Velocidad media en canales (Manning):

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{S} \qquad (18)$$

Donde S es la pendiente que oscila entre el 2%. Aplicando la ecuación 18, obtenemos una Velocidad de 1.95 m/s.

Tabla 23
Máximas velocidades medias permitidas según Fortier y Scobey

Velocidades medias máximas admisibles del agua en canales revestidos (m/s)	
Hormigón de cemento moldeado a pie de obra	2.5
Hormigón de cemento prefabricado	2.0
Piedras	1.6-1.8
Bloques de cemento	1.6
Ladrillos	1.4-1.6
Membrana de plástico sumergida	0.6-0.9

Para comprobar que la Velocidad media no cause daño a las cunetas, se comprueba el valor obtenido en la tabla 23 donde nos muestra las máximas velocidades medias permitidas según Fortier y Scobey para canales abiertos revestidos.

3.3.2.3 Comprobación del funcionamiento del diseño de drenaje

Para asegurarnos que el diseño de drenaje cumple con el funcionamiento adecuado se debe cumplir la siguiente condición: **Q Hidráulico > Q Hidrológico**, ya que el volumen de agua que recoge el sistema de drenaje debe ser superior al volumen de agua de la intensidad de lluvia para que pueda abastecer y funcionar correctamente.

En base a lo mencionado anteriormente verificamos si la condición cumple:

- Q Hidráulico = 1.27 m3/s. **>** Q Hidrológico = 0.663 m3/s. **(CUMPLE)**

Como la condición cumple, la sección tipo de cuneta “V” escogida funcionará sin problemas.

3.4 Diseño geométrico del mejoramiento de las vías de acceso a las parroquias de Alangasí y La Merced por la Troncal de la Sierra E35.

Para lograr que la operación sea segura, las carreteras se deben diseñar aplicando las mejores técnicas de la ingeniería. Los aspectos de seguridad que se pueden aplicar a una carretera determinada se debe aplicar desde la construcción original; la utilización de especificaciones altas generalmente redunda en un numero bajo de accidentes. (MTOP, 2013)

Para el diseño geométrico del mejoramiento de las vías, se tomará como referencia el eje de actual de la vía, por lo que el diseño del mejoramiento está basado en verificar si el trazado de la vía cumple con lo especificado en la normativa vigente.

El trazado de la vía se lo realiza en el software AutoCad Civil 3D, el cual facilita al momento de verificar tanto el diseño vertical como horizontal sustentándose en la AASHTO (2011), lo cual se puede apreciar en el apartado de Anexos de planos.

Los parámetros a ser utilizados para verificar si el trazado actual de las vías es el correcto, se explica en este capítulo a en los apartados a continuación.

3.4.1 Diseño Horizontal.

La NEVI 12 (2013), señala que en el diseño de curvas horizontales se deben considerar dos casos: 1) Tangente seguida por curva horizontal, 2) Alineamiento compuesto de tangente y curva horizontal y vertical.

Para dar seguridad y economía a la operación de tránsito, se han introducido factores limitantes en los métodos de diseño de alineamiento horizontal, como el radio mínimo de curva o grado

máximo de curvatura, la tasa de sobreelevación máxima o peralte máximo, los factores de fricción y las longitudes de transición mínima cuando se pasa de una tangente a una curva. (MTOP, 2013)

La expresión matemática desarrollada para tomar en cuenta estos factores y la velocidad de diseño es la siguiente. (MTOP, 2013)

$$e + f = \frac{V^2}{127 * R} \qquad (19)$$

Donde:

- e, tasa de sobreelevación en fracción decimal
- f, es el factor de fricción lateral
- V, la velocidad de diseño en km/h
- R, es la radio de curva en metros.

3.4.1.1 Factor de fricción lateral y tasa de sobreelevación o peralte

Dado que las condiciones meteorológicas y topográficas imponen condiciones particulares e los diseños, se recomiendan para diseño los siguientes factores de sobreelevación para diferentes tipos de área donde se localicen las carreteras. (MTOP, 2013)

Tabla 24
Factor de fricción lateral y tasa de sobreelevación o peralte

Tasa de Sobreelevación "e" en (%)	Tipo de Área
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: (AASHTO, 2011)

3.4.1.2 Radios mínimos y sus correspondientes grados máximos de curvatura

Una vez establecido el máximo factor de sobreelevación, los radios mínimos de curvatura horizontal se pueden calcular utilizando la fórmula presentada como: "Curvatura Horizontal y Sobreelevación", que es la siguiente. (MTOP, 2013)

$$R = \frac{V^2}{127 * (e + f)} \qquad (20)$$

Donde:

- e, tasa de sobreelevación en fracción decimal
- f, es el factor de fricción lateral, que es la fuerza de fricción dividida por la masa perpendicular al pavimento
- V, la velocidad de diseño en km/h
- R, es el radio mínimo de curva en metros.

El grado de curvatura (Gc) es el ángulo sostenido desde el centro de una circunferencia de radio R por un arco de veinte metros. Para nuestro país, que se rigen por el sistema métrico, se utiliza la siguiente expresión para el cálculo de Gc. (MTOP, 2013)

$$Gc = \frac{1145.92}{R} \qquad (21)$$

En la NEVI 12 (2013), se pueden encontrar las tablas para los radios mínimos y grados máximos de curvatura para diferentes velocidades de diseño, aplicando la fórmula de Gc, específicamente en la NEVI 12 tabla 2A.204-03.

3.4.1.3 Curvas horizontales de transición

Existen varios métodos para calcular la longitud de la curva de transición en espiral. El primero fue desarrollado por Shortt en 1909, para aplicarse al diseño de curvas horizontales para ferrocarriles, aplicándose después al diseño de curvas de carreteras. La longitud mínima de transición de la espiral (Le), se expresa de la siguiente forma. (MTOP, 2013)

$$Le = 0.072\frac{V^3}{RC} \qquad (22)$$

Donde:

- V, la velocidad de diseño en km/h
- R, es el radio mínimo de curva en metros
- C, tasa de incremento de la aceleración centrípeta en m/seg3

Éste último parámetro es un valor empírico igual a la unidad en el diseño de ferrocarriles, pero cuyos valores varían entre 1 y 3 para aplicaciones en carreteras. (MTOP, 2013). Normalmente el MTOP acepta C=2.

En la NEVI 12 (2013), se han preparado las tablas para carreteras tipo AV1, C1, C2, C3 de dos y cuatro carriles, las longitudes mínimas de transición en función del radio de curva, la sobreelevación con valores máximos de 6, 8, 10 y 12 por ciento, y la velocidad de diseño.

3.4.1.4 Distancia de visibilidad en curvas horizontales.

Obstrucciones a la visibilidad, localizadas en el interior de las curvas horizontales, tales como edificaciones, muros, árboles o boques, barreras longitudinales, taludes en cortes y otros similares,

deben ser tomados en cuenta para aplicarles el tratamiento de despeje que acompaña a un buen diseño. (MTOP, 2013)

La línea de vista es la cuerda de la curva y la distancia de visibilidad de parada se mide a lo largo de la línea central del carril interior de la referida curva. Se requiere que la ordenada media desde el centro de la curva hasta la obstrucción, no obstaculice la visibilidad de parada requerida en sus valores alto y bajo, para satisfacer las necesidades del conductor. (MTOP, 2013)

La existencia de obstáculos laterales, tales como murallas, taludes en cortes, edificios, etc., sobre el borde interno de las curvas, requiere la provisión de una adecuada distancia de visibilidad. (MTOP, 2003)

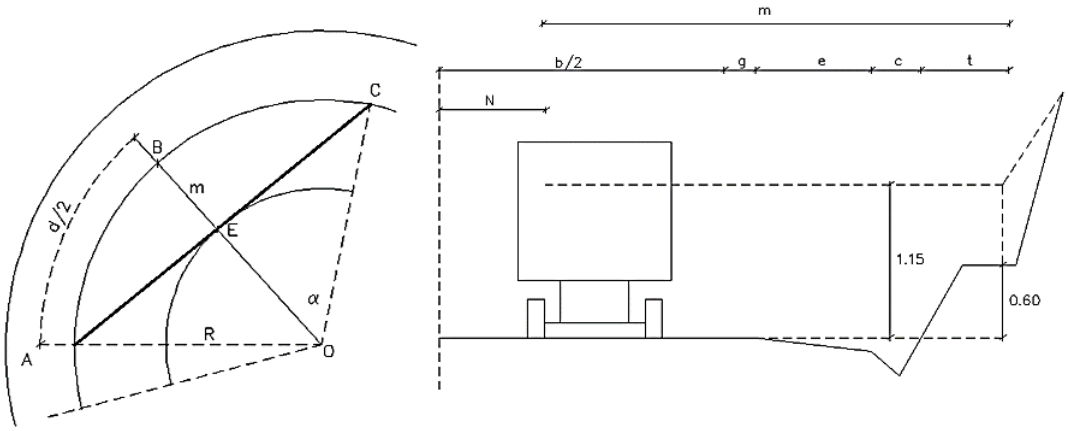


Figura 47 Distancia de Visibilidad en las curvas horizontales

Fuente: (MTOP, 2003)

Del análisis del arco ABC de la figura (47), se desprende que el mismo representa la distancia de visibilidad de parada “d” y corresponde a la curva de radio R, que recorre al vehículo. Por otro lado, la recta AC representa la visual del conductor que pasará tangente al talud en el punto asumido a una altura de 1,15 m. sobre el nivel de la calzada. (MTOP, 2003)

Aproximando el semiarco AB a una recta, de los triángulos ABE y AEO se desprende:

$$AE^2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 - m^2 = R^2 - (R - m)^2 \qquad (23)$$

$$R = \frac{d^2}{8m} \qquad (24)$$

El valor de "m" depende de la sección transversal diseñada o adoptada para el camino en estudio:

$$m = \frac{b}{2} + g - N + e + c + t \qquad (25)$$

En donde:

- m = Distancia visual horizontal en la curva, m.
- b/2 = Semiancho de la calzada, m
- g = Sobreancho de la curva, m
- N = Distancia del eje de la vía al ojo del conductor, mínimo = 0,80 m
- e = Valor del espaldón, m.
- C = Ancho generado por la cuneta, m.
- t = Ancho generado por el talud medido desde el nivel de la calzada a 1,15 m de altura, m.

El valor de m así calculado se comprueba con la ecuación 25 que corresponde a la sección transversal adoptada. De no cumplirse esta condición, o se varía el valor del radio ó se prevé una banqueta de visibilidad en el talud a 0.60 m del nivel de la calzada. (MTOP, 2003)

A continuación, la NEVI 12 (2013), presenta una figura con los componentes y las posiciones de secciones tipo para curvas circulares y curvas espirales.

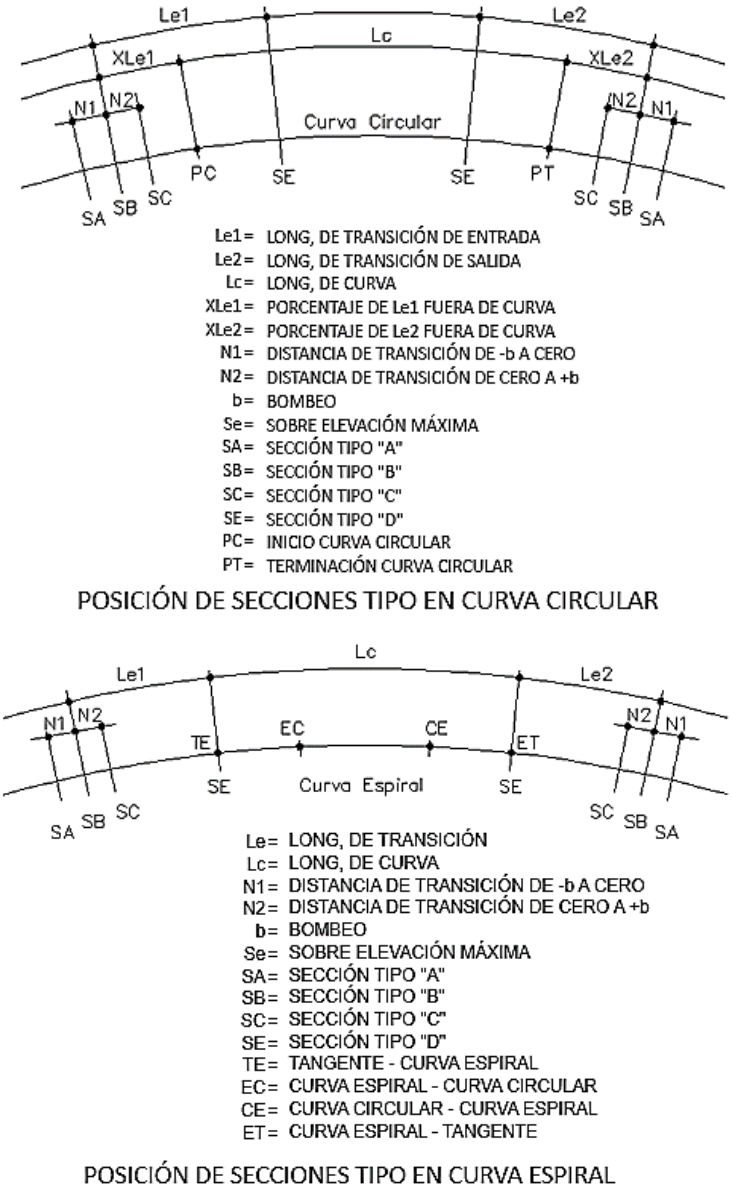


Figura 48 Componentes de curva circular y espiral

Fuente: (MTOP, 2013)

3.4.2 Diseño Vertical.

En el diseño vertical, existen dos tipos de curvas: cóncavas y convexas; el perfil longitudinal conforma la rasante que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales dichas rectas son tangentes. (MTOP, 2013)

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante. El diseño de estas curvas asegurará distancias de visibilidad adecuadas. (MTOP, 2013)

Para la determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionará el Índice de Curvatura K. La longitud de la curva vertical será igual al índice K multiplicado por el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes. (MTOP, 2013)

Los valores de los índices K se muestran en las tablas 2A.204.10, para curvas convexas y en la tabla 2A.204.11 para curvas cóncavas. (MTOP, 2013)

3.4.2.1 Cuevas convexas

El AASHTO (2011), determina a la longitud vertical mínima dada por la siguiente fórmula:

$$L = \frac{A * S^2}{100 * (\sqrt{2h1} + \sqrt{2h2})^2} \qquad (26)$$

Donde:

- A, es la diferencia algébrica de las pendientes
- S, es la distancia de visibilidad de parada
- h1, la altura de visión del conductor
- h2, altura del objeto

La AASHTO (2011), indica que la distancia de visibilidad de parada en una carretera con velocidad de diseño 60km/h es de 85m.

La variable h1 será de 1.15 m, que es la recomendada en la MOP (2003). Para h2, se asume un valor de 1.35m ya que es la altura de promedio de un vehículo liviano.

3.4.2.2 Curvas cóncavas

La ecuación para determinar las longitudes de este tipo de curvas está planteada de la siguiente manera. (AASHTO, 2011)

$$L = (2 * S) - \frac{120 + 3.5 * S}{A} \qquad (27)$$

Donde:

- A, es la diferencia algébrica de las pendientes
- S, es la distancia de visibilidad de parada

3.4.2.3 Gradiente (Pendiente)

Por otra parte, otro aspecto importante a considerar es la gradiente, por ello la NEVI 12 (2013) nos indica en la tabla a continuación, las pendientes máximas en función a la velocidad de diseño que es de 60 Km/h y a la orografía que en este caso es de terreno ondulado, indicándonos así una gradiente máxima del 8%

Tabla 25
Pendientes Máximas

GRADIENTES MÁXIMAS (%)				
Orografía	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
Velocidad (Km/h)				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	**8**	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7
90	6	6	6	6
100	6	5	5	5
110	5	5	5	5

Fuente: (MTOP, 2013)

3.5 Diseño geométrico de intersección vehicular en el sector de salida y acceso a las parroquias de Alangasí y La Merced por la Troncal de la Sierra E35.

La solución de una intersección vial depende de una serie de factores asociados fundamentalmente a la topografía del sitio, a las características geométricas de las carreteras que se cruzan y a las condiciones de su flujo vehicular. Como generalmente existen varias soluciones, los ingenieros deben proponer alternativas para ser evaluadas y con sus resultados seleccionar la más conveniente. (MTOP, 2013)

La NEVI 12 (2013), nos anuncia que en su normativa no se restringen tipos de solución para casos particulares de intersección. Los ingenieros, con su creatividad y buen juicio, podrán proponer las alternativas que consideren adecuadas para las condiciones particulares del proyecto.

Solo con el propósito de presentar en forma ordenada los criterios geométricos básicos requeridos para el diseño de los diferentes elementos que integran una intersección como son las isletas, carriles de aceleración, desaceleración y giro a la izquierda, entrecruzamiento, ramales, etc. (MTOP, 2013)

3.5.1 Criterios generales para el diseño de intersecciones

Para obtener el diseño más conveniente, es importante tomar en cuenta los siguientes criterios generales que nos propone la NEVI 12 (2013), optando por la solución más sencilla y clara para los usuarios.

- Priorización de los movimientos

Los movimientos o giros más importantes deben tener preferencia, esto obliga a limitar los movimientos secundarios con señalización adecuada. El giro con mayor importancia en una intersección es el giro izquierdo, ya que tiene diferentes "puntos negros" que son los que se intersecan entre los giros a la izquierda y los giros en dirección de la vía.

- Consistencia con los volúmenes de tránsito

La mejor solución para una intersección vial es la más consistente entre el tamaño de la alternativa propuesta y la magnitud de los volúmenes de tránsito que circularán por cada uno de los elementos del complejo vial. (MTOP, 2013)

- Sencillez y claridad

Las intersecciones que se prestan a que los conductores duden son inconvenientes, pues la canalización no debe ser excesivamente complicada ni obligar a los vehículos a movimientos molestos o recorridos demasiados largos. (MTOP, 2013)

- Visibilidad

La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención total. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto debe existir como mínimo la distancia de parada. (MTOP, 2013)

3.5.2 Curvatura para giros

Los parámetros más importantes que se utilizan en el diseño geométrico de las intersecciones son el vehículo de diseño, el ángulo de giro, el radio de los bordillos, el ancho de los carriles y el tamaño o área de la isla, cuando exista el propósito de construir una intersección canalizada. (MTOP, 2013)

En el mercado existen diferentes softwares que resultan de gran utilidad para el profesional del diseño de carreteras, ya que le permite simular rápida y en forma simple las maniobras de giro de los vehículos en dibujos CAD o de otro tipo. Se utilizan estas herramientas para el diseño de intersecciones, áreas de carga, estacionamientos, estaciones de servicio y otras instalaciones que requieran facilitar el movimiento de vehículos automotores. El programa escoge el vehículo de diseño, simula movimientos hacia adelante y de retroceso para uno o varios vehículos a la vez, y describe la trayectoria del vehículo en los alineamientos proyectados en intersecciones y otros lugares críticos. (MTOP, 2013)

3.5.3 Islas

Las islas son elementos básicos para el manejo y separación de conflictos y áreas de maniobras en las intersecciones. Las isletas son zonas definidas situadas entre carriles de circulación, cuyo objeto es guiar el movimiento de los vehículos, servir de refugio a los peatones y proporcionar una zona para la ubicación de la señalización y la iluminación. Las isletas pueden estar físicamente separada de los carriles o estar pintadas en el pavimento. (MTOP, 2013)

3.5.3.1 Tipos de islas

- Direccionales: de forma triangular, sirven de guía al conductor a lo largo de la intersección indicándole la ruta por seguir. (MTOP, 2013)

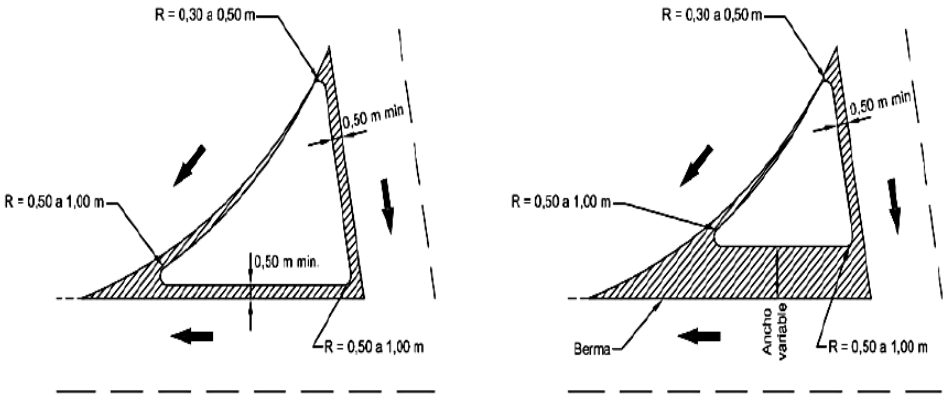


Figura 49 Islas Direccionales

Fuente: (MTOP, 2013)

- Separadoras: tienen forma de lágrima y se usan principalmente en las cercanías de las intersecciones, en carreteras no divididas. (MTOP, 2013)

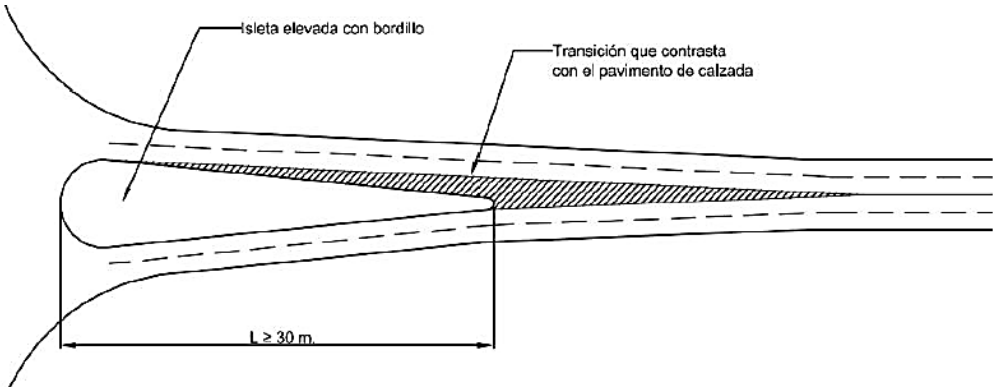


Figura 50 Islas Separadoras

Fuente: (MTOP, 2013)

3.6 Modelo de intercambiador

3.6.1 Generalidades y Condiciones actuales

La necesidad de diseñar una intersección en la zona de ingreso y salida de las parroquias de Alangasí y la Merced por la Troncal de la Sierra E35, surge de dos principales necesidades de los usuarios, las cuales son:

- De entrada: los usuarios que se dirigen hacia las parroquias desde la E35 en sentido Colibrí-Alangasí, deben dirigirse hasta el redondel de Pintag y circunvalar, recorriendo aproximadamente 1,5 Km para ingresar a las parroquias, lo que puede ocasionar molestias, pérdida de tiempo y desperdicio de recursos.
- De salida: los usuarios que se dirigen desde las parroquias hacia lugares en dirección a Pintag, deben realizar un recorrido aún más extenso por no tener un giro izquierdo, ya que deben dirigirse en dirección a Sangolquí, para retornar en el redondel del Colibrí, tomando una trayectoria de 7 Km hasta el Colibrí y 7 Km más hasta el redondel de Pintag.

Considerando las necesidades actuales y los criterios generales para el diseño geométrico de intersecciones, se opta por realizar los siguientes diseños como alternativas de solución, mostrado en las figuras a continuación:

- Alternativa 1.

Figura 51 Alternativa 1 de Intersección a nivel

La figura 51 muestra el diseño geométrico de la Alternativa N°1 con una intersección a nivel en la zona de ingreso a las parroquias de Alangasí y la Merced por la troncal de la sierra E35, para mejorar la movilidad de los usuarios. La intersección cuenta con una isla central tipo “ojo”, la cual permite distribuir el tránsito como una rotonda, es importante mencionar que el radio de giro es de 15m y el carril de giro tiene un ancho de 6m, lo suficiente para un vehículo de transporte pesado de hasta 3 ejes, que es el transporte que regularmente utiliza la entrada y salida de la intersección.

- Alternativa 2.

Figura 52 Alternativa 2 de Intersección a nivel

En la figura 52 se puede apreciar la Alternativa N°2 con una intersección a nivel tipo “ojo” que cumple la misma función que la alternativa 1 con la diferencia que presta un nivel de seguridad mejor, ya que la isla central cuenta con un carril adicional de aceleración para comodidad de los usuarios al momento de salir del giro izquierdo. Éste carril adicional de aceleración que brinda seguridad tiene un ancho de 2,50 m, lo suficiente para que un vehículo pueda salir del giro en la intersección.

La isla central es la misma para las 2 alternativas, ésta tiene un ancho de 15 m como lo es del radio de giro, y un largo de 30 metros, dicha distancia es la suficiente para que el usuario tenga la visibilidad para salir de la intersección con seguridad.

Otro aspecto importante a mencionar es que el diseño de las 2 alternativas fue realizado utilizando los mejores criterios de la ingeniería, como lo es de utilizar el espacio disponible de la mejor manera, por lo que se puede apreciar en las figuras 51 y 52, que no se realiza ningún tipo de obstrucción con propiedades aledañas, como lo es el caso de la estación de gasolina, que se ve afectada en lo mínimo en cualquiera de las alternativas propuestas.

Las isletas separadoras de carril tipo “lágrima” tienen una longitud de 70 y 80 metros en las 2 alternativas respectivamente, tomando en cuenta que la intersección tiene la suficiente visibilidad, por seguridad de los usuarios se ha dejado las esquinas que salen de los giros izquierdos con un pequeño radio de giro para comodidad de salida hacia el carril de la vía principal.

Analizando las dos alternativas, se observa que cualquiera de ellas tiene una excelente funcionalidad, generando una solución al problema planteado del proyecto; cabe mencionar que la alternativa 2 tiene mejor resguardo en la seguridad del usuario ya que cuenta con el carril de seguridad funcionando a la vez como carril de aceleración, por ello, la alternativa 2 es la solución a elegir ya que la seguridad del usuario es el factor más importante.

En las figuras a continuación se pueden apreciar los Giros que se pueden realizar en la intersección, clasificando a los giros de la siguiente manera:

- Giros existentes:

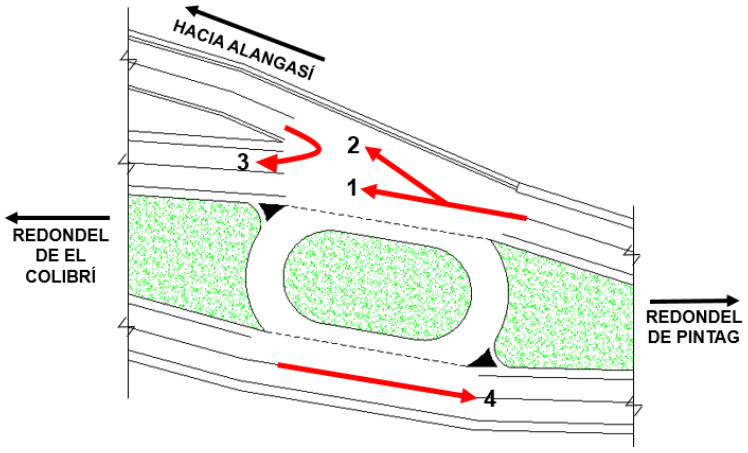


Figura 53 Giros que se realizan actualmente

La figura 53 nos muestra los 4 giros que los usuarios realizan con regularidad en la zona de estudio.

- Giros generados en el diseño de la intersección:
    - Giros principales

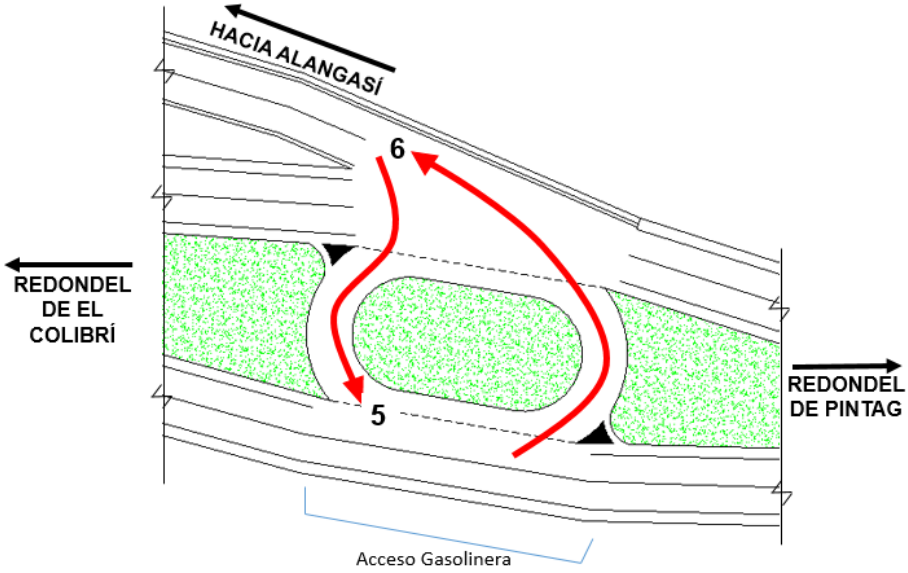


Figura 54 Giros principales generados por el diseño de la intersección

La figura 54 indica los giros 5 y 6 que genera el diseño de la intersección, siendo estos dos giros los más importantes, ya que son los que permiten al usuario realizar un recorrido óptimo, generando comodidad y ahorro de recursos como son el tiempo, combustible, etc.

- Giros secundarios

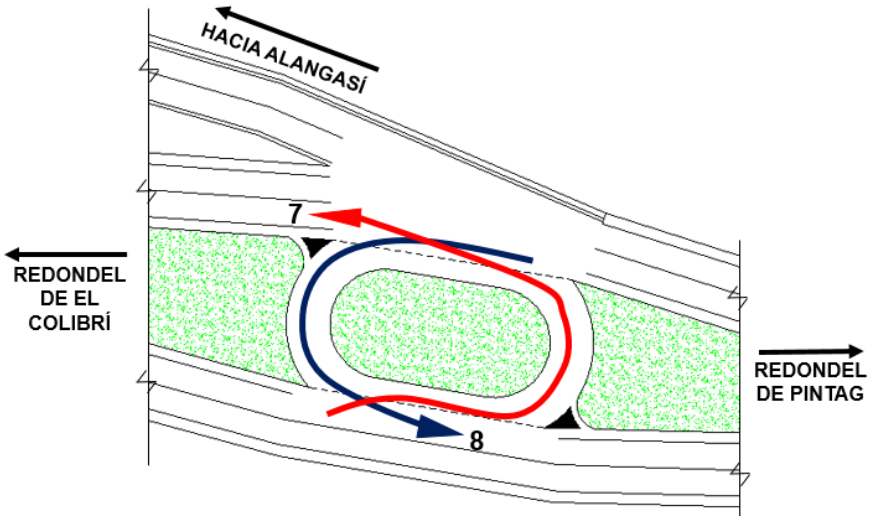


Figura 55 Giros secundarios generados por el diseño de la intersección

Los giros "secundarios" generados por el diseño de la intersección, son particularmente los que se utilizan en una rotonda, como se puede apreciar en la figura 55, los giros 7 y 8.

3.6.2 Parámetros considerados para el diseño de la intersección.

Los parámetros para diseñar la intersección fueron los siguientes:

- Topografía: la topografía de la zona del diseño es ondulado en su mayoría, pero en la zona del intercambiador es llano con gradiente normal de hasta 8%, ya que se encuentra sobre la carretera E35, a excepción del ingreso hacia las parroquias que se pronuncia con una diferencia de nivel de 4 a 5 metros sobre la vía principal E35 con una gradiente 4,3%. Otro factor importante que interviene en la topografía es el de las construcciones cercanas al sector de diseño de la intersección; en este caso existe una estación de gasolina, para lo cual se realizó un diseño que afecte en lo mínimo a la geometría del lugar.

- Características geométricas de las vías que se intersecan: ya que la vía principal E35 es una vía de alta capacidad interurbana, tiene dimensiones de ancho de vía de 27 metros, que es el espacio en donde se va a ubicar la intersección.
- Visibilidad de la intersección: el conductor que se aproxima a una intersección a nivel, debe tener una visión sin obstáculos de la intersección completa y de suficiente longitud de la carretera que intercepta, para tener el control necesario del vehículo que le evite colisiones con otros vehículos. (MTOP, 2013)

3.7 Señalización

Para realizar la señalización del diseño del mejoramiento de las vías y de la intersección para el ingreso de las parroquias de Alangasí y la Merced por la vía principal Troncal de la sierra E35, se aplicaron las normas descritas en el apartado 2.2.16. A continuación se detallará la señalización a ser utilizada tanto vertical como horizontal.

3.7.1 Señalización vertical

La señalización vertical a ser usada en este proyecto se encuentra con más detalle en la Norma INEN 004-1:2011. A continuación, se indican las señales de tránsito.

3.7.1.1 Pare (R1-1)

Código No.	Dimensiones (mm)	Dimensiones (mm) y serie de letras
R1 - 1A	600 x 600	200 Ca
R1 –1B	750 x 750	240 Ca
R1 – 1 C	900 x 900	280 Ca

Figura 56 Señalización vertical

Fuente: (INEN, 2011)

3.7.1.2 Ceda el paso (R1-2)

Código No.	Dimensiones (mm)	Dimensiones (mm) y serie de letras	
		Línea 1	Línea 2
R1 - 2A	750	120 En	100 Da
R1 - 2B	900	140 En	120 Da
R1 - 2C	1200	160 En	140 Da

Figura 57 Señalización vertical

Fuente: (INEN, 2011)

3.7.1.3 Límite máximo de velocidad (R4-1)

Código No.	Dimensiones (mm)
R4-1 A	600 x 600
R4-1 B	750 x 750
R4-1 C	900 x 900

Figura 58 Señalización vertical

Fuente: (INEN, 2011)

3.7.1.4 Reduzca la velocidad (R4-4)

Código No.	Dimensiones (mm)
R4-4 A	750x600
R4-4 B	900x1200
R4-4 C	1500x1200

Figura 59 Señalización vertical

Fuente: (INEN, 2011)

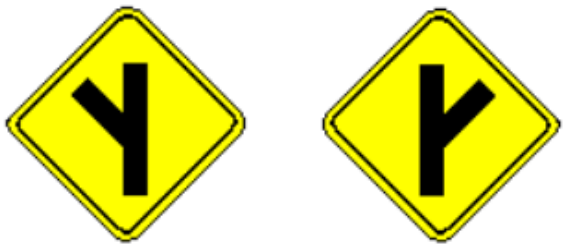
3.7.1.5 Parada de bus (R5-6)

Código No.	Dimensiones (mm)
R5-6	450 X 600

Figura 60 Señalización vertical

Fuente: (INEN, 2011)

3.7.1.6 Bifurcación izquierda (P2-15I) – derecha (P2-15D)



Código No.	Dimensiones (mm)
P2-15A (*I ó D*)	600 x 600
P2-15B (*I ó D*)	750 x 750
P2-15C (*I ó D*)	900 x 900

Figura 61 Señalización vertical

Fuente: (INEN, 2011)

3.7.1.7 Peatones en la vía (P6-1)

Código No.	Dimensiones (mm)
P6-1A	600 x 600
P6-1B	750 x 750
P6-1C	900 x 900

Figura 62 Señalización vertical

Fuente: (INEN, 2011)

3.7.1.8 Anclaje señalización vertical

Figura 63 Anclaje señalización vertical

Fuente: (INEN, 2011)

La señal debe estar anclada al piso, empotrada con concreto de 180 kg/cm2, y soldada en el extremo superior e inferior para que le permita anclarse mejor.

3.7.1.9 Señalización aérea

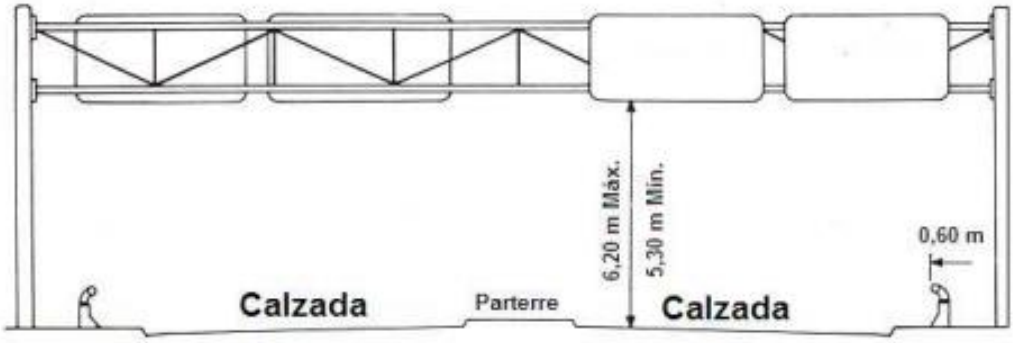


Figura 64 Señalización aérea tipo pórtico

Fuente: (INEN, 2011)

3.7.1.10 Serie de decisión de destino

Figura 65 Señalización decisión de destino

Fuente: (INEN, 2011)

Para el caso del presente proyecto se utilizará los tipos I1-2c y I1-2b, de la siguiente manera:

Figura 66 Señalización decisión de destino del proyecto

3.7.2 Señalización horizontal

La señalización horizontal consiste en brindar la suficiente información al usuario de las condiciones de servicio en las que se encuentra la vía, sirven también para otorgar ordenes al conductor, y trasmitir la reglamentación aplicada, utilizando señalización y delineación horizontal.

Este tipo de señalización cuenta con líneas de color amarilla y blancas. Las delineaciones de color amarillo limitan los carriles para que el flujo vehicular se movilice en direcciones opuestas, también indican restricciones y líneas de margen.

En el diseño del proyecto se utilizó los siguientes tipos de líneas que nos muestra la Norma INEN 004-2:2011.

3.7.2.1 Línea segmentada de circulación opuesta.

Son líneas de color amarillo, indican que la vía permite rebasar utilizando el carril de dirección opuesta.

El ancho de esta señalización depende de la velocidad máxima, por lo que para este proyecto se usará un ancho de línea de 150 mm ya que la velocidad máxima de la vía es de 60 km/h.

Tabla 26

Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada

Velocidad máxima de la vía (km /h)	Ancho de la línea (mm)	Patrón (m)	Relación señalización brecha
Menor o igual a 50	100	12,00	3 - 9
Mayor a 50	150	12,00	3 - 9

Fuente: (INEN, 2011)

3.7.2.2 Doble línea continua (de barrera)

Son líneas para separación de carriles que circulan en dirección opuesta, de color amarillo y se emplea en carreteras con doble carril y la visibilidad de rebase es reducida. Se emplean con anchos de 100 a 150 mm.

3.7.2.3 Líneas para separación de carril segmentada

De color blanco y con un ancho de 100mm, indica y ordena al tránsito para que los vehículos circulen por el espacio o carril asignado, separando los flujos de tráfico que van en la misma dirección.

En la siguiente tabla podemos revisar el ancho de la línea, longitud de línea pintada y el espaciamiento de línea que nos recomienda la norma INEN.

Tabla 27

Relación de señalización para línea de espaciamiento de carril

Velocidad máxima de la Vía (km/h)	Ancho de la línea (mm)	Longitud de línea pintada (m)	Espaciamiento de línea (m)
Menor o igual a 50	100	3,00	9,00
Mayor a 50	150 min.	3,00	9,00

Fuente: (INEN, 2011)

3.7.2.4 Línea de separación continua

Éstas líneas prohíben a los usuarios que se dirigen en la misma dirección, cambiarse de carril, ya que se utilizan para separar carriles asignados para ciclistas (ciclovía) y paradas de bus. Son de color blanco y generalmente de 100mm de ancho.

3.7.2.5 Líneas de carriles en intersecciones

Se usan para dirigir correctamente al usuario, facilitando la circulación para que exista un flujo ordenado y brinde seguridad, son de color blanco y deben estar dentro de la intersección con una longitud de 1 m señalizado, seguido de 1 m sin señalizar. Esta señalización no debe contener señalización complementaria.

3.7.2.6 Línea de continuidad

Son líneas segmentadas, que tiene un ancho de 150 a 200 mm, deben ser pintadas con longitud de 1 m y con espaciamiento entre ellas de 3 m. Sirven para indicar el bordillo de la vía asignada al tránsito que circula en una dirección, delimitando el cruce del tráfico que circula en la intersección o proviene de carriles auxiliares.

3.7.2.7 Línea de borde de calzada

Indican al usuario en donde inicia el borde la calzada, para la correcta ubicación y circulación, especialmente se ubican al borde de las vías donde las condiciones de visibilidad son reducidas, son de color blanco y tiene un ancho de 100 mm.

3.7.2.8 Líneas de pare

Son líneas demarcadas en un carril donde se aproxima a un dispositivo para control de tráfico, son continuas ya que los vehículos deben detenerse, para vías con velocidad mayor a 50 Km/h el ancho de la línea es de 600 mm.

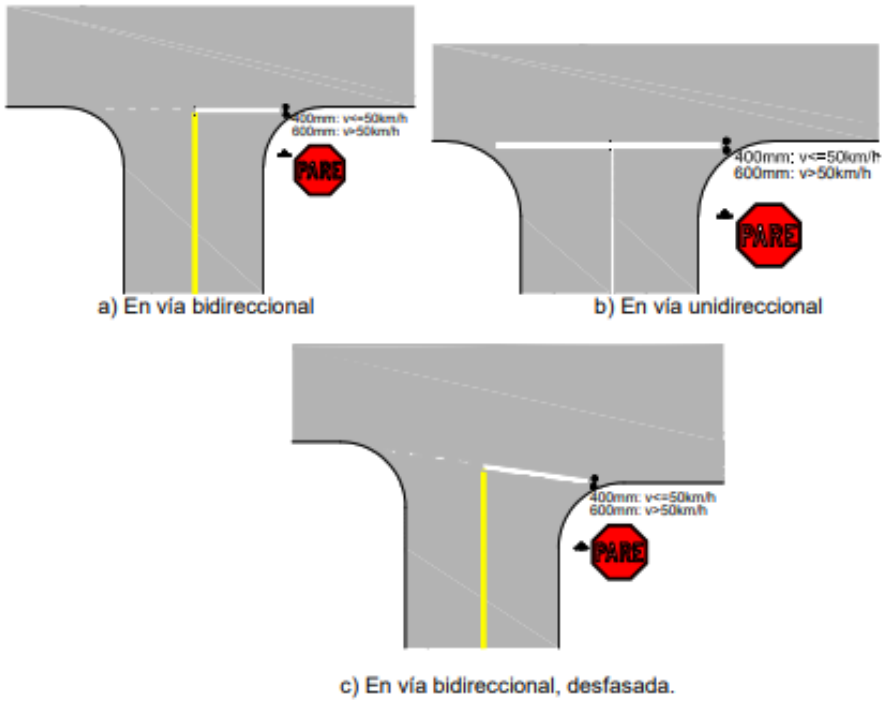


Figura 67 Línea de para en intersecciones

Fuente: (INEN, 2011)

3.7.2.9 Línea de ceda el paso

Ésta línea indica al conductor que se detenga (si es necesario) en una posición segura en donde pueda brindar el paso de la circulación que interseca, para vías que teinen velocidad de circulación mayor a 50 Km/h el ancho es 600 mm.

3.7.2.10 Línea de detención

Son líneas que indican al conductor el lugar donde detenerse para virar en una intersección y ceder el paso a los transeúntes, es de color blanco y segmentada con dimensiones de 600mm de longitud y 200 mm de ancho, el espaciamiento entre ellas es de 600 mm.

3.7.2.11 Línea de cruce cebra (peatonales)

Son líneas o bandas paralelas al eje de la vía, de color blanco y tienen una longitud de 3 a 8 m, con un ancho de 450 mm, separadas entre sí 750 mm. Sirven para delimitar la zona de cruce del peatón, obligando al conductor a detenerse.

3.7.3 Flechas

Las fechas son un componente especial de señalización en las vías, ya que indica la dirección en que se pueden movilizar los usuarios, para este proyecto se utilizó la norma INEN 004-2:2011, donde indican las características y dimensiones de las flechas para velocidades mayores a 50km/h.

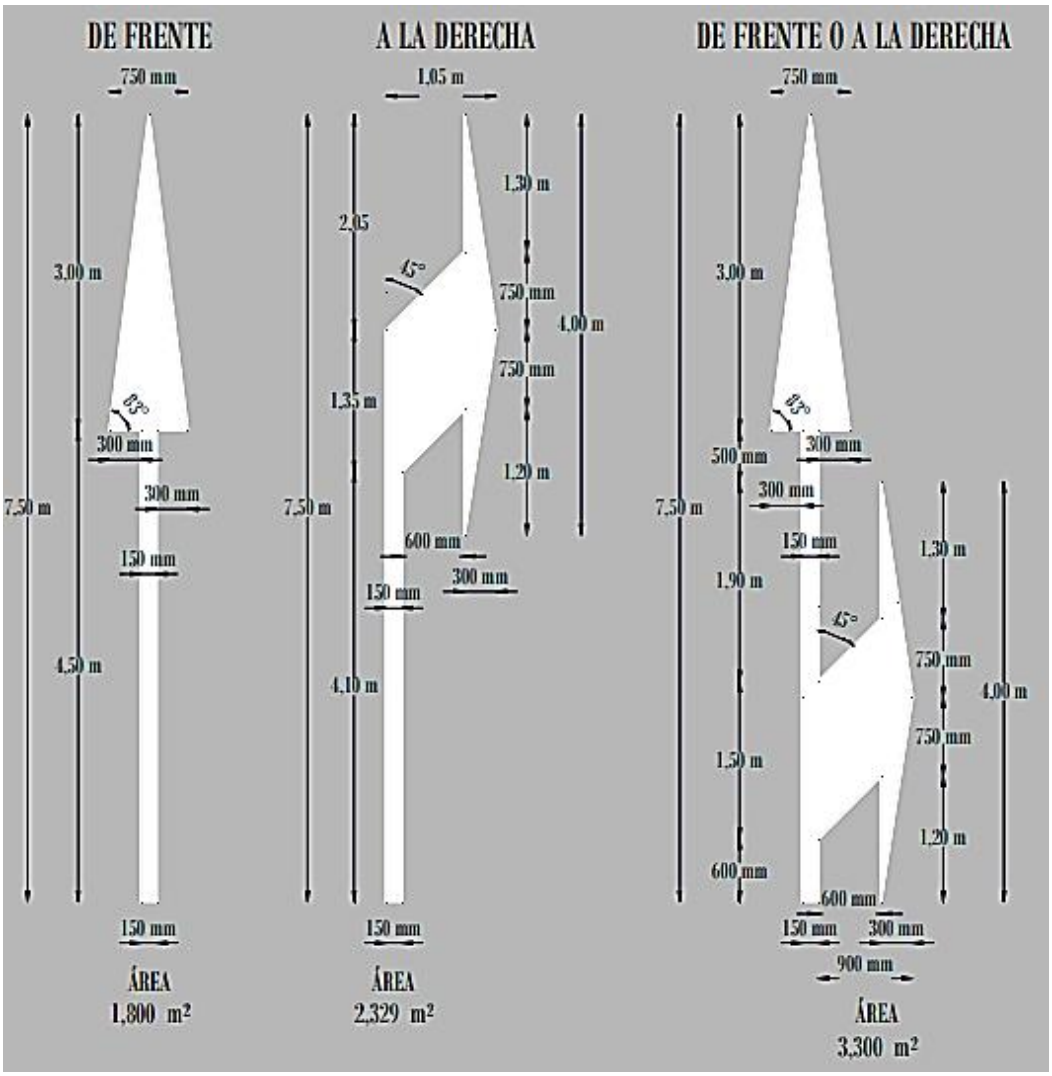


Figura 68 Flechas de Señalización para velocidades mayores a 50 Km/h
Fuente: (INEN, 2011)

3.7.4 Chevrones (Señalización de tránsito divergente y convergente)

Esta señalización indica si el tránsito diverge o converge, lo que generalmente ocurre en accesos o enlaces, canalizaciones e isletas, ayudando a los usuarios a integrarse a una vía de forma segura.

3.7.4.1 Línea de contorno (chevron)

Tienen una línea de contorno blanco entre los 50 y 150 mm dependiendo de la velocidad de circulación, para este caso es de 150 mm ya que la velocidad de circulación es mayor a los 50 Km/h.

El ángulo entre los chevrones debe ser máximo de 45°, reduciendo éste para vías de alta velocidad a los 30°.

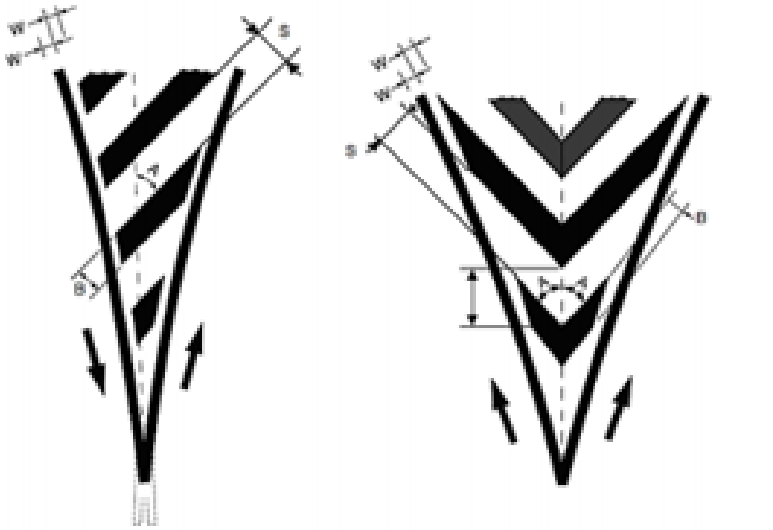


Figura 69 Chevrones tipo

Fuente: (INEN, 2011)

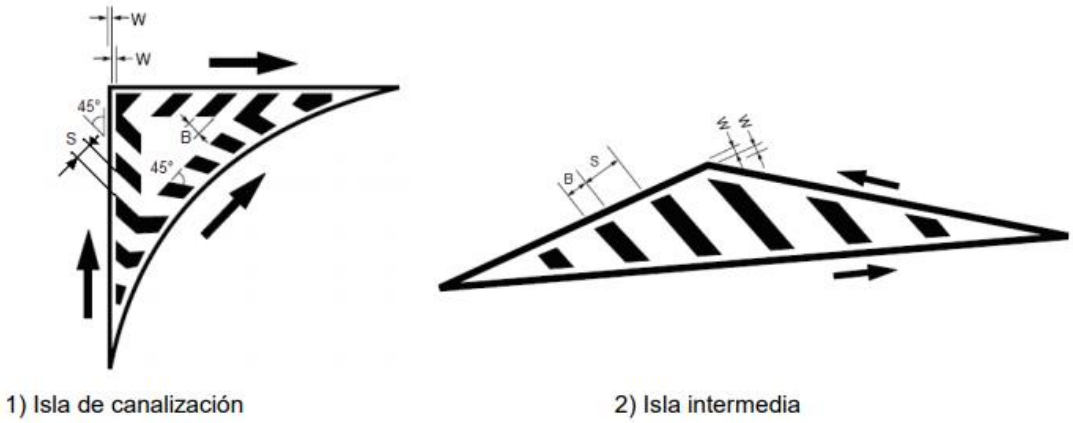


Figura 70 Islas a nivel

Fuente: (INEN, 2011)

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Antecedentes

Al realizar el estudio de campo con las inspecciones a las vías de acceso a las parroquias de Alangasí y la Merced por la Troncal de la Sierra E35, se encontró diferentes anomalías y necesidades, tanto para la vía como para los usuarios.

Es innegable mencionar que el acceso a las parroquias en las condiciones actuales, genera incomodidad para los usuarios, ya que no pueden movilizarse como ellos quisieran, por otra parte, el estado actual de las vías tiene problemas de mantenimiento por lo que se encuentra deteriorada y el sistema de drenaje no se halla en las mejores condiciones.

Para determinar la cantidad de beneficiarios se realizó el conteo vehicular, ejecutando un estudio de tráfico de las vías de acceso, determinando un TPDA de 3550 vehículos, de esta manera se evidenció el comportamiento del tráfico en la semana tipo.

4.2 Conclusiones

Concluido el estudio de tráfico y el levantamiento topográfico, es concluyente decir que el espacio para el diseño de un intercambiador vehicular en la zona de acceso a las parroquias no es tan amplio como se esperaba, aunque el área es la suficiente para realizar un diseño óptimo, sencillo y viable.

Para lo cual, se realizó el diseño de dos alternativas con el propósito de mejorar el acceso a las parroquias, eligiendo la segunda alternativa como solución definitiva, brindando seguridad que es lo más importante para las personas, ya que cuenta con un carril de resguardo y aceleración en

el “ojo” de la intersección, lo que permite al conductor incorporarse a la vía principal con seguridad y comodidad, solucionando el acceso desde y hacia la E35 con giros en los dos sentidos seguros.

El rediseño geométrico de las vías de acceso a las parroquias, mejora la funcionalidad del ingreso y salida hacia éstas; con la implantación de la intersección se hace más atractiva la movilidad del usuario, pensando en la seguridad vial y otorgando facilidad al conductor en la toma de decisiones, ayudado por la correcta instalación de señalización horizontal y vertical, para evitar accidentes y que los usuarios tengan el resguardo para desplazarse hacia sus lugares de destino.

4.3 Recomendaciones

En cualquier estudio para el diseño de obras civiles, se recomienda realizar distintas visitas de campo para entender la situación actual de los usuarios y sus necesidades.

El diseño de un intercambiador vehicular, depende de distintos factores que se prevén a lo largo del proyecto, y otros que, surgen al momento de realizar el estudio, por ello, se debe considerar las normativas vigentes para este tipo de proyectos.

Siempre es recomendable utilizar el mejor criterio ingenieril, realizando diseños que resguarden la seguridad del usuario, y pensando en la sostenibilidad y vialidad del proyecto, teniendo en cuenta el factor económico y pensando en afectar lo menor posible al medio ambiente.

Uno de los problemas más evidente en las vías de acceso a las parroquias, es que no existe un sistema de drenaje adecuado, lo cual es un aspecto importante ya que las vías deben contar con un apropiado sistema de recolección de aguas lluvia para su buen funcionamiento y mantenimiento.

Para que un proyecto vial funciona adecuadamente y brinde seguridad, tiene que contar con la señalética apropiada, por lo que se propone realizar el uso de las normativas INEN para señalización vial, tanto vertical como horizontal.

Referencias

AASHTO. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.* Washington D.C.: American Association of State Higway and Trasportation.

Agencia de Regulación y Control de Hidrocarburos. (2017). Boletín 2016. Quito: ARCH.

Amando, M. d. (2000). *Los Peatones Y el Tráfico Urbano.* Madrid: MAPFRE.

Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. (2017). *Anuario 2016.* Quito: Grupo El Comercio C.A.

Concejo Metropolitano de Quito. (2008). *Ordenanza N°3746.* Quito.

Concejo Metropolitano de Quito. (2016). *Plan de Uso y Ocupación del Suelo.* Quito: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

Google Earth. (2018).

Hidalgo, R. (2017). Modelación y rediseño vial de la intersección Av. Isaac Albéniz y Av. Galo Plaza Lasso. Sangolqui, Ecuador.

INEC. (2010). Fascículo Provincial Pichincha. *Resultados de Censo 2010*. Quito: INEC.

INEN. (2011). *RTE INEN 004-1:2011. Señalización vial. Parte 1. Señalizacion Vertical.* Quito.

INEN. (2011). *RTE INEN 004-2:2011. Señalización vial. Parte 2. Señalizacion Horizontal.* Quito.

MOP. (2002). *Manual de Carreteras.* Santiago de Chile: Gobierno de Chile.

MTOP. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras.* Quito: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

MTOP. (2013). Quito, Ecuador: MTOP.

PDOT de las parroquias Alangasí y la Merced. (Agosto de 2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial de las parroquias Alangasí y la Merced.*

Rehabilitación de caminos rurales – Departamento de Cajamarca. (2011). Rehabilitación de caminos rurales. Cajamarca.

Reyes C. & Cárdenas J. (1994). *Ingeniería de Trásito.* México: Alfaomega.

S.M. Woodward and C. J Posey. (1949). *Hydraulics of steady flow in open channels.* New York: Wiley.

Tapia J. & Veizaga R. (Septiembre de 2006). Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Ingeniería de Tráfico. Cochabamba, Bolivia.

Transportation Research Board. (2000). *Highway Capacity Manual (Vol. 2000).* Washington D.C.: National Research Council.