

# UNIVERSIDAD DE CUENCA



Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

## ANÁLISIS Y REFORMA GEOMÉTRICA DE LA INTERSECCIÓN ENTRE CIRCUNVALACIÓN SUR Y LA VÍA MONAY- BAGUANCHI

PROYECTO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

**Director:**

**Ing. Juan Marcelo Avilés Ordoñez MSc.**

**C.I: 0103872503**

**Autor:**

**Janelia Carolina Jaramillo Gonzaga**

**C.I: 0106051980**

Cuenca-Ecuador

2017



## RESUMEN

### ANÁLISIS Y REFORMA GEOMÉTRICA DE LA INTERSECCIÓN ENTRE CIRCUNVALACIÓN SUR Y LA VÍA MONAY- BAGUANCHI

Para analizar la funcionalidad de una intersección, se hacen análisis de conteos de tráfico, así como también el análisis de su topografía. En este proyecto, la topografía fue levantada en un radio de 200 metros aproximadamente, en cambio los conteos fueron realizados en las aproximaciones a la intersección que es del tipo redondel, en diciembre del año 2015.

Para el estudio de los datos de tránsito recogidos en campo se siguen los procedimientos del Highway Capacity Manual (HCM 2010) y con los resultados se obtiene la capacidad, demoras y niveles de servicio de la intersección con los volúmenes actuales y futuros. Para la proyección de los volúmenes futuros hasta el año 2035, se determina el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) en base a los datos de consumo de combustible del parque automotor en Azuay del año 2015.

Debido a que según los resultados el redondel presenta un nivel de servicio F en la actualidad, y que cada cinco años su calidad de servicio decrece, entonces la intersección en estudio necesita una reforma geométrica ya que se debe reformar para brindar un mejor nivel de servicio atendiendo a la demanda de vehículos en la zona.

Se plantean dos soluciones a los problemas de congestión presentes:

1. Intercambiador tipo Trébol de tres hojas.
2. Intercambiador tipo Diamante con dos Redondeles adyacentes en el sentido Norte-Sur.

Se escoge la segunda opción como la opción más viable, y se procede al diseño geométrico según las Normas Ecuatorianas de Vialidad (NEVI). Se calculan los niveles de servicio en el intercambiador Diamante y los valores obtenidos son mejores a los obtenidos en la intersección actual.

**Palabras Claves:** Intersecciones, Nivel de servicio, Redondel, TPDA, Reforma geométrica, HCM 2010.



## ABSTRACT

### ANALYSIS AND GEOMETRIC REFORM OF THE INTERSECTION BETWEEN CIRCUNVALACIÓN SUR AND MONAY- BAGUANCHI WAY

In order to analyze the functionality of an intersection, an analysis was done by performing a traffic count and a topography survey. The topography was performed on a 200-meter radius, while the traffic count was done in all roundabout entering, on December 2015.

For field data processing, the Highway Capacity Manual (HCM 2010) procedures were followed, in order to obtain: capacity, delays, and level of service of the intersection, for current and future volumes. For the projection of future traffic volume, until the year 2035, the Average Daily Traffic was determined; based on 2015's fuel consumption data for Azuay's automotive park.

It was found that the roundabout's current level of service is: F, and decreasing every five years. Therefore, geometric improvements were needed in order to enhance its level of service.

Two solutions to the current congestion problems were posed.

1. Three Leaf Clover type interchange
2. Diamond shaped interchange with adjacent roundabouts on the northern and southern sides.

The second option was chosen as the most viable option, and a geometric design was drawn in accordance to the Ecuadorian Road Normative. The levels of service for the proposed diamond interchange are better. .

**Words Keys:** Intersections, Level of Service, Roundabout, TPDA, Geometric Reform, HCM 2010.



## CONTENIDO

RESUMEN.....	2
ABSTRACT .....	3
AGRADECIMIENTO .....	11
DEDICATORIA.....	12
CAPITULO I. ANTECEDENTES.....	13
1.1 Problemática.....	13
1.2 Objetivos .....	13
CAPITULO II. RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO .....	14
2.1 Área de Estudio .....	14
2.1.1 Topografía .....	14
2.1.2 Tránsito.....	24
CAPITULO III. MARCO TEÓRICO.....	42
3.1 Términos básicos.....	42
3.2 Red Vial y Peatonal .....	46
3.2.1 Peatón .....	46
3.2.2 Ciclistas .....	48
Accidentalidad .....	48
3.3 Intersecciones .....	49
3.3.1 Rotondas o Redondeles.....	49
3.4 Evaluación funcional de una Intersección .....	53
3.5 Diseño Geométrico .....	53
3.5.1 Intersecciones.....	54
CAPITULO IV. METODOLOGÍA .....	77
4.1 HCM 2010 .....	77
4.1.1 Determinación de índices de flujo en rotundas.....	77
4.1.2 Ajustes por flujo mixto de vehículos .....	79



---

4.1.3 Capacidad de entrada.....	79
4.1.4 Efecto de los peatones sobre las operaciones vehiculares en la entrada....	80
4.1.5 Relación volumen-capacidad .....	81
4.1.6 Control de demora .....	81
4.1.7 Nivel de servicio.....	82
4.1.8 Longitud de cola.....	83
4.2 NEVI-12-MTOP .....	83
4.3 Impacto Vial del Proyecto .....	84
4.3.1 Cálculo y proyección del Tráfico Promedio Diario Anual .....	85
4.3.2 Seguridad .....	98
4.3.3 Estudio de los Accidentes de tránsito.....	98
4.4 Metodología basada en software y validación.....	101
<b>CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>103</b>
5.1 Resultados de Análisis.....	103
5.1.1 TPDA.....	103
5.1.2 Nivel de Servicio del Redondel IEES .....	107
5.2 Análisis de la Problemática.....	110
5.3 Desarrollo de Propuestas y Medidas Correctivas.....	111
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>131</b>
6.1 Conclusiones .....	131
6.2 Recomendaciones .....	133
6.3 Datos Complementarios .....	133
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>136</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>137</b>
Detalles de cálculo .....	137
Hitos de Segundo Orden para Georeferenciar.....	137
Plantilla Conteo Volumétrico .....	139
Resumen de Cruce Peatonal en T .....	140

---



---

Plantilla Registro de Placas .....	141
Vehículos Matriculados en el Azuay 1998-2014.....	142

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 ÁREA DE ESTUDIO.....	15
ILUSTRACIÓN 2 UBICACIÓN DE LA INTERSECCIÓN .....	16
ILUSTRACIÓN 3 UBICACIÓN DE ESTACIONES PARA TOPOGRAFÍA.....	17
ILUSTRACIÓN 4 TOPOGRAFÍA RESULTANTE GEO REFERENCIADA .....	18
ILUSTRACIÓN 5 UBICACIÓN DE SECCIONES TRANSVERSALES .....	19
ILUSTRACIÓN 6 SECCIÓN TRANSVERSAL 1-1.....	20
ILUSTRACIÓN 7 SECCIÓN TRANSVERSAL 2-2.....	21
ILUSTRACIÓN 8 SECCIÓN TRANSVERSAL 3-3.....	22
ILUSTRACIÓN 9 SECCIÓN TRANSVERSAL 4-4.....	23
ILUSTRACIÓN 10 FOTOGRAFÍAS TOMADAS EN CAMPO .....	25
ILUSTRACIÓN 11 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTEO MANUAL .....	26
ILUSTRACIÓN 12 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL .....	35
ILUSTRACIÓN 13 IMPLANTACIÓN INTERSECCIÓN TIPO REDONDEL Y TIPO T .....	40
ILUSTRACIÓN 14 ESKEMA REDONDEL Y T.....	41
ILUSTRACIÓN 15 CARACTERÍSTICAS DE UNA ROTONDA TÍPICA .....	50
ILUSTRACIÓN 16 VISIBILIDAD EN INTERSECCIONES .....	55
ILUSTRACIÓN 17 ESKEMA DE UN CARRIL DE ACCELERACIÓN .....	55
ILUSTRACIÓN 18 ESKEMA DE CARRILES DE DESACELERACIÓN .....	56
ILUSTRACIÓN 19 FLUJOS DE TRÁNSITO EN UNA ENTRADA DE ROTONDA.....	57
ILUSTRACIÓN 20 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS BÁSICOS DE UNA ROTONDA.....	59
ILUSTRACIÓN 21 DESPLAZAMIENTO DEL ALINEAMIENTO HACIA LA IZQUIERDA DEL CENTRO .....	62
ILUSTRACIÓN 22 ALINEAMIENTO A TRAVÉS DEL CENTRO DE LA ROTONDA .....	62
ILUSTRACIÓN 23 ALINEAMIENTO A LA DERECHA DEL CENTRO.....	63
ILUSTRACIÓN 24 RAMALES PERPENDICULARES.....	64
ILUSTRACIÓN 25 ÁNGULO GRANDE ENTRE RAMALES.....	65
ILUSTRACIÓN 26 ENSANCHAMIENTO DE APROXIMACIÓN MEDIANTE ADICIÓN DE UN CARRIL.....	66
ILUSTRACIÓN 27 ENSANCHAMIENTO DE APROXIMACIÓN MEDIANTE ABOCINAMIENTO DE ENTRADA.....	66
ILUSTRACIÓN 28 TRASLAPO DE TRAYECTORIAS VEHICULARES DE ENTRADA.....	67
ILUSTRACIÓN 29 ALINEAMIENTO DESEABLE DE TRAYECTORIA VEHICULAR .....	68
ILUSTRACIÓN 30 DIMENSIONES MÍNIMAS DE LA ISLETA PARTIDORA .....	69
ILUSTRACIÓN 31 RADIOS Y RETRANQUEOS MÍNIMOS DE NARIZ DE UNA ISLETA PARTIDORA.....	69
ILUSTRACIÓN 32 CONFLICTO SALIENTE-CIRCULANTE CAUSADO POR UNA GRAN SEPARACIÓN ENTRE RAMALES.....	70
ILUSTRACIÓN 33 CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO DE DISEÑO.....	71
ILUSTRACIÓN 34 CAMINO DE RADIO GIRO MÍNIMO DE VEHÍCULO DE DISEÑO .....	72
ILUSTRACIÓN 35 DISTANCIA VISUAL DE DETENCIÓN EN LA APROXIMACIÓN .....	73
ILUSTRACIÓN 36 DISTANCIA VISUAL DE DETENCIÓN EN LA CALZADA CIRCULATORIA .....	73
ILUSTRACIÓN 37 LA DISTANCIA VISUAL DE PASO PEATONAL EN LA SALIDA.....	74
ILUSTRACIÓN 38 LONGITUD CALCULADA DE LADO CONFLICTIVO DE TRIÁNGULO VISUAL DE INTERSECCIÓN.....	75
ILUSTRACIÓN 39 EJEMPLO DE TRATAMIENTO DE VEREDA .....	75



---

ILUSTRACIÓN 40 CÁLCULO DEL FLUJO CIRCULANTE .....	78
ILUSTRACIÓN 41 CÁLCULO DEL FLUJO DE SALIDA.....	78
ILUSTRACIÓN 42 EQUIVALENCIAS DE LOS VEHÍCULOS DE PASAJEROS.....	79
ILUSTRACIÓN 43 MODELO LOGÍSTICO PARA VEHÍCULOS LIVIANOS .....	96
ILUSTRACIÓN 44 TASA DE MOTORIZACIÓN .....	96
ILUSTRACIÓN 45 PROYECCIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS .....	96
ILUSTRACIÓN 46 TASAS DE CRECIMIENTO PARA LIVIANOS, BUSES Y CAMIONES.....	97
ILUSTRACIÓN 47 TPDA 2015-2035 .....	97
ILUSTRACIÓN 48 PUNTOS DE CONFLICTO EN INTERSECCIONES Y ROTONDAS MODERNAS.....	98
ILUSTRACIÓN 49 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ACCIDENTES.....	100
ILUSTRACIÓN 50 ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA ZONA DE ESTUDIO 2014 .....	100
ILUSTRACIÓN 51 ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA ZONA DE ESTUDIO 2015 .....	101
ILUSTRACIÓN 52 ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA ZONA DE ESTUDIO 2016 .....	101
ILUSTRACIÓN 53 RESULTADOS TPDA 2015-2035 .....	106
ILUSTRACIÓN 54 ESKEMA Movimientos de GIRO REDONDEL IESS 2015.....	107
ILUSTRACIÓN 55 ESKEMA Movimientos de GIRO REDONDEL IESS 2020.....	107
ILUSTRACIÓN 56 ESKEMA Movimientos de GIRO REDONDEL IESS 2025.....	108
ILUSTRACIÓN 57 ESKEMA Movimientos de GIRO REDONDEL IESS 2030.....	108
ILUSTRACIÓN 58 ESKEMA Movimientos de GIRO REDONDEL IESS 2035.....	109
ILUSTRACIÓN 59 CONTEO DE PEATONES EN HORA PICO VEHICULAR 7-8 AM.....	109
ILUSTRACIÓN 60 ELECCIÓN DEL ESKEMA O TIPO DE INTERSECCIÓN .....	112
ILUSTRACIÓN 61 PRIMERA PROPUESTA: TRÉBOL.....	113
ILUSTRACIÓN 62 SEGUNDA PROPUESTA: DIAMANTE .....	114
ILUSTRACIÓN 63 ESKEMA NS TRÉBOL.....	116
ILUSTRACIÓN 64 ESKEMA NS DIAMANTE .....	118
ILUSTRACIÓN 65 FOTOS TOMADAS EN CAMPO DE VEREDAS HOSPITAL IEES .....	121
ILUSTRACIÓN 66 VOLÚMENES REDONDEL NORTE 2015 .....	122
ILUSTRACIÓN 67 VOLÚMENES REDONDEL SUR 2015 .....	123
ILUSTRACIÓN 68 ESKEMA DESVÍOS EN CONSTRUCCIÓN .....	126
ILUSTRACIÓN 69 ELEVACIÓN BARANDA .....	127
ILUSTRACIÓN 70 SECCIÓN SUPERESTRUCTURA .....	128
ILUSTRACIÓN 71 SECCIÓN TRANSVERSAL VIGA .....	128
ILUSTRACIÓN 72 ESKEMA EN PLANTA DE PILA-ZAPATA.....	128

---



---

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 COORDENADAS UTM Y COTAS DE ESTACIONES .....	14
TABLA 2 GRADIENTES Y PENDIENTES TRANSVERSALES.....	16
TABLA 3 DENOMINACIÓN DE CARRETERAS POR CONDICIONES OROGRÁFICAS.....	18
TABLA 4 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS CONSTITUTIVOS.....	19
TABLA 5 ESTACIONES DE CONTEO MANUAL EN T Y REDONDEL.....	25
TABLA 6 RESUMEN DE CONTEO MANUAL.....	27
TABLA 7 MATRIZ ORIGEN - DESTINO .....	29
TABLA 8 VARIACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA DE FLUJO OBSERVADO.....	31
TABLA 9 PORCENTAJE DE VEHÍCULOS A TOMAR DADO UN FLUJO OBSERVADO.....	31
TABLA 10 TAMAÑO DE LA MUESTRA A RECOGER POR ACCESO SEGÚN EL NÚMERO DE VEHÍCULOS DEL CONTEO MANUAL.....	32
TABLA 11 TAMAÑO DE LA MUESTRA A RECOGER POR SALIDA SEGÚN EL NÚMERO DE VEHÍCULOS DEL CONTEO MANUAL.....	32
TABLA 12 VALIDACIÓN DE DATOS EN ACCESOS .....	32
TABLA 13 VALIDACIÓN DE DATOS EN SALIDAS.....	33
TABLA 14 LÍMITES DE VOLUMEN PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE CARRILES DE ENTRADA REQUERIDOS .....	58
TABLA 15 DISTANCIA VISUAL DE DETENCIÓN .....	73
TABLA 16 CRITERIOS DE NIVELES DE SERVICIO .....	83
TABLA 17 CONTEO AUTOMÁTICO PARA REDONDEL.....	86
TABLA 18 CONTEO AUTOMÁTICO PARA INTERSECCIÓN TIPO T.....	87
TABLA 19 FACTOR HORARIO .....	89
TABLA 20 FACTOR DIARIO .....	89
TABLA 21 FACTOR SEMANAL .....	90
TABLA 22 CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL PARQUE AUTOMOTOR-AZUAY-2015 .....	90
TABLA 23 TPDA 2015 REDONDEL.....	92
TABLA 24 TPDA 2015 EN T .....	93
TABLA 25 NÚMERO APROXIMADO DE VEHÍCULOS EN UN AÑO .....	93
TABLA 26 CENSO AZUAY 1950-2010 .....	94
TABLA 27 RESULTADOS NIVEL DE SERVICIO SOFTWARE.....	102
TABLA 28 TPDA EN T 2015-2035 .....	106
TABLA 29 RESULTADOS HCM 2010 VS SOFTWARE .....	110
TABLA 30 NIVEL DE SERVICIO SEGÚN HCM. TRÉBOL 2015-2035.....	115
TABLA 31 NIVEL DE SERVICIO SEGÚN HCM. DIAMANTE 2015-2035 .....	117
TABLA 32 NIVEL DE SERVICIO GENERAL PARA CADA PROPUESTA.....	119
TABLA 33 COSTES DE LOS USUARIOS DE LAS CARRETERAS 2015 .....	120
TABLA 34 NIVELES DE SERVICIO REDONDEL NORTE.....	123
TABLA 35 NIVELES DE SERVICIO REDONDEL SUR.....	124
TABLA 36 RESUMEN DE CRUCE PEATONAL EN T (06:00 A 09:00 Y 12:00 A 15:00) .....	140

---

## LISTA DE PLANOS

1. Emplazamiento de Primera Propuesta: Trébol
2. Proyecto Horizontal de Segunda Propuesta: Diamante
3. Proyecto Vertical de Segunda Propuesta: Diamante
4. Señalización Horizontal y Vertical: Diamante
5. Plano de Expropiación



*Janelia Carolina Jaramillo Gonzaga*, autora del Trabajo de Titulación "Análisis y Reforma Geométrica de la intersección entre Circunvalación Sur y la Vía Monay- Baguanchí", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 8 de Mayo de 2017

A handwritten signature in blue ink.

*Janelia Carolina Jaramillo Gonzaga*

C.I: 0106051980



*Janelia Carolina Jaramillo Gonzaga*, autora del Trabajo de Titulación "Análisis y Reforma Geométrica de la intersección entre Circunvalación Sur y la Vía Monay- Baguanchí", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniera Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 8 de Mayo de 2017

Janelia Carolina Jaramillo Gonzaga

C.I: 0106051980



## AGRADECIMIENTO

A la Universidad de Cuenca por brindarme la oportunidad de ser una profesional, un especial reconocimiento a la Facultad de Ingeniería, a los profesores por compartir sus conocimientos durante toda mi vida universitaria.

Mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización de la presente tesis, en especial al Ing. Juan Avilés, tutor de este trabajo de titulación, por su asesoría, paciencia y ayuda en los meses que duró este proyecto. Agradezco también a todas las personas que me ayudaron en la recolección de datos que fueron de vital importancia, especialmente a los estudiantes de séptimo ciclo del semestre de octubre/2015-febrero/2016 de la Escuela de Ingeniería Civil.

Quiero también hacer extensiva mi gratitud al Ing. Jaime Guzmán por su valioso aporte y por la motivación a mi trabajo de graduación.

Al ECU911 y a la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) por la colaboración y la recopilación de información.

**Janelia.**



## DEDICATORIA

A mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida, en especial a mi madre *Julia* por ser la fuerza para lograr mis metas y apoyarme en todo momento. A *Joe* por la paciencia y por su cariño.

**Janelia.**



## CAPITULO I. ANTECEDENTES

### 1.1 Problemática

La convergencia de calles que están funcionando sobre su capacidad, están constantemente generando congestionamiento y pérdidas de tiempo para los usuarios; entonces este problema deja de ser local de tránsito, y se torna en un problema de movilidad de la zona, entonces se debe analizar la funcionalidad de la misma así como también los puntos de conflicto que se generan en ella para plantear una posible solución que mejore el nivel de servicio de dicha intersección disminuyendo así las demoras y devolviendo a los ciudadanos tiempo para producir o dedicarle a sus familias.

Este problema, que muchas veces comienza en una sola intersección, puede extenderse a las intersecciones aledañas.

En la intersección del tipo redondel ubicada entre las calles Circunvalación Sur y la vía Monay-Baguanchi, sector del IESS, se aprecian colas de vehículos, por lo tanto, se generan demoras en sus viajes, esto es un síntoma de que la intersección no brinda un buen nivel de servicio a sus usuarios y que necesita una reforma.

El presente proyecto proporciona una solución de diseño geométrico que mejora la capacidad de la intersección ante la creciente demanda vehicular. Comprobando que el redondel ya no cumple con la función para la que fue diseñada, se plantea alternativas para lograr cubrir la demanda existente.

### 1.2 Objetivos

El objetivo general de este proyecto es plantear una reforma geométrica para solucionar los problemas que presenta la intersección en estudio a nivel de la red vial.

Cabe recalcar que al plantear una reforma geométrica se busca facilitar la fluidez del tráfico en el sector del redondel y que las alternativas se presentan según la demanda vehicular, aprovechando en lo posible la infraestructura vial actual.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Hacer un análisis sobre la señalización actual de la intersección
- Hacer una evaluación funcional de la intersección en el estado actual y futuro
- Proponer alternativas de solución y hacer un análisis comparativo entre la condición actual y las posibles soluciones, mediante el uso de un software aplicable
- Elegir la alternativa más viable en términos de nivel de servicio



## CAPITULO II. RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO

### 2.1 Área de Estudio

El área de estudio está delimitada de la siguiente manera: al norte con la Av. 24 de Mayo, al sur con la vía a Rayoloma y al este con la vía a Azogues, tomando como un punto de referencia el hospital del Seguro Social. (Ilustración 1)

En el presente trabajo no se delimitará el área de influencia, porque los viajes que llegan a la zona pueden venir de cualquier parte de la ciudad. También hay que considerar que la mayoría de vehículos que se acercan al redondel llegan desde la Av. 24 de mayo y desde la Autopista sentido [O-E]; y que hay actividades de servicio a la comunidad como el Hospital José Carrasco Arteaga.

#### 2.1.1 Topografía

El levantamiento topográfico se lo realizó a detalle tanto de veredas, letreros, parterres, bordillos de las calles, taludes, edificaciones e infraestructura urbana paisajística. La Ilustración 2 muestra la ubicación de la intersección a estudiar.

Previo a realizar el levantamiento topográfico se hizo una visita de campo para reconocer el lugar de estudio y en base a ello poder ubicar puntos estratégicos para la ubicación de las estaciones (Ilustración 3, Tabla 1) y poder divisar el máximo número de puntos posibles.

Tabla 1 Coordenadas UTM y Cotas de Estaciones

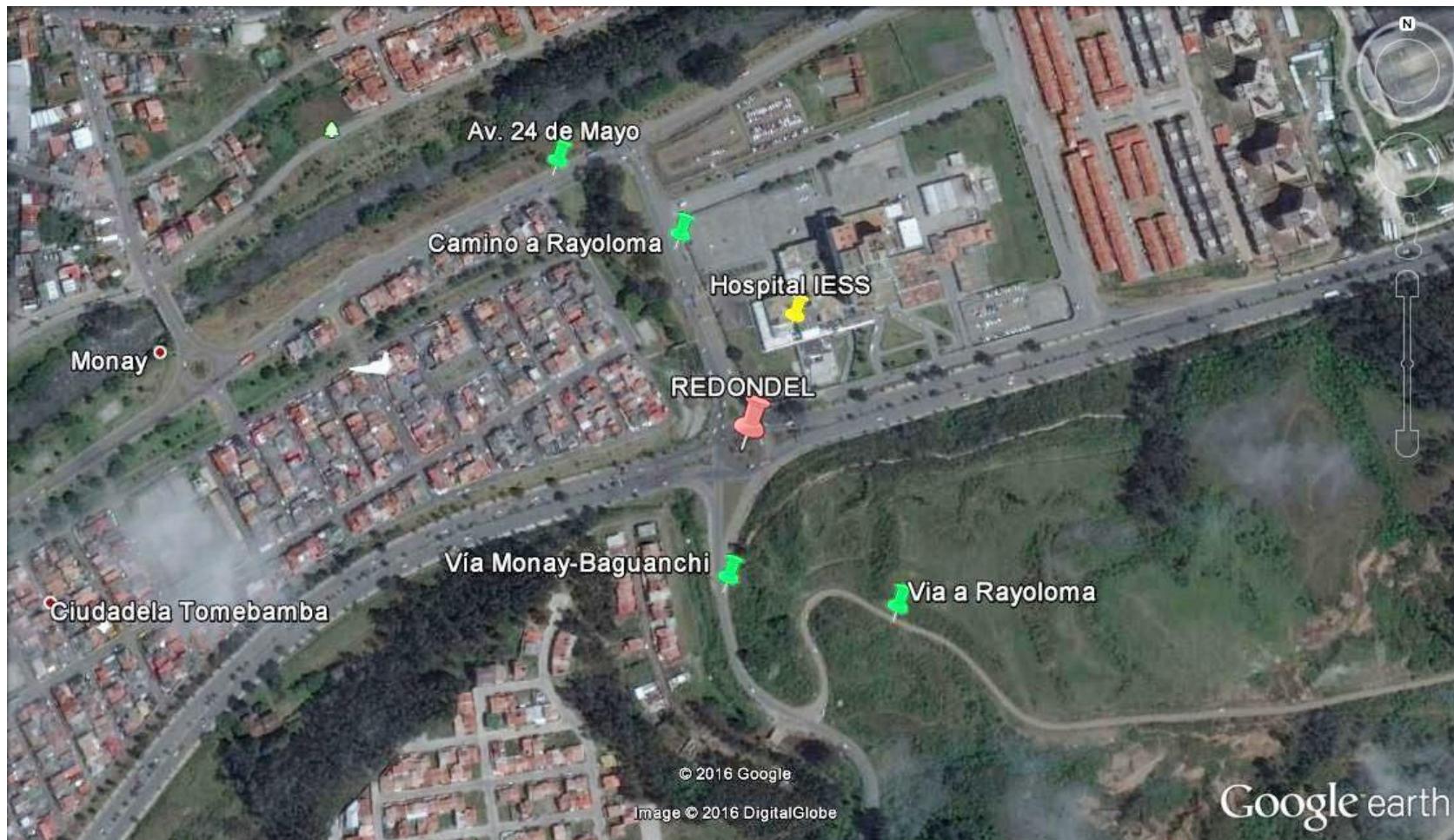
Estación	Norte [m]	Este [m]	Cota [m]
1	9679247.127	725526.254	2464.005
2	9679219.461	725492.678	2462.953
3	9679193.271	725461.738	2462.812
4	9679295.814	725496.082	2462.303

Este levantamiento se hizo tomando en cuenta la zona del redondel con sus isletas: 200 metros en los sentidos Este-Oeste y Oeste-Este y 150 metros en los sentidos Norte-Sur y Sur-Norte, dando en su totalidad 1.9 hectáreas.

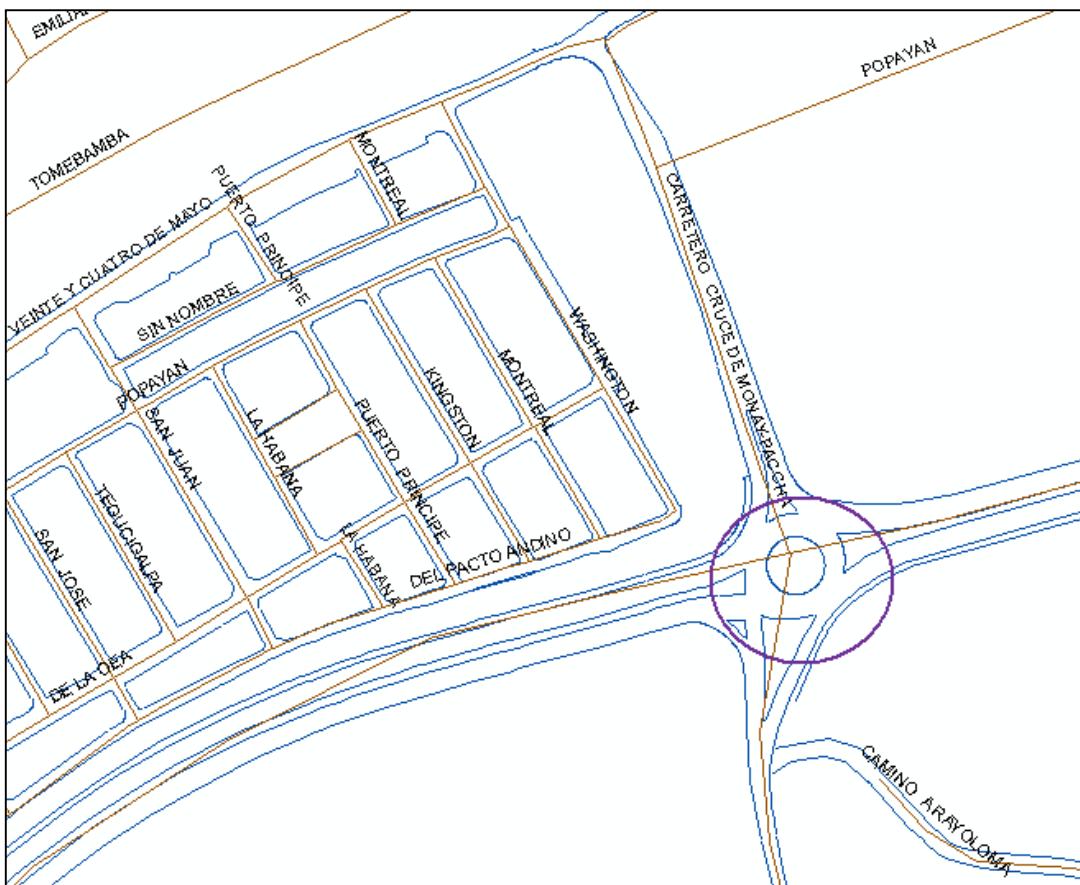
En la zona del levantamiento se encuentran dos hitos de segundo orden, los cuales fueron ubicados y levantados para posteriormente poder georeferenciar la topografía resultante (Ilustración 4). Las coordenadas de los hitos se obtuvieron de la base de datos de la Empresa Pública de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA EP). El anexo 7.1.1 muestra estas coordenadas con sus respectivos croquis.



Ilustración 1 Área de Estudio



Fuente: Google Earth, 2016

**Ilustración 2 Ubicación de la Intersección**

**Fuente:** Municipio de Cuenca

**Tabla 2 Gradientes y Pendientes Transversales**

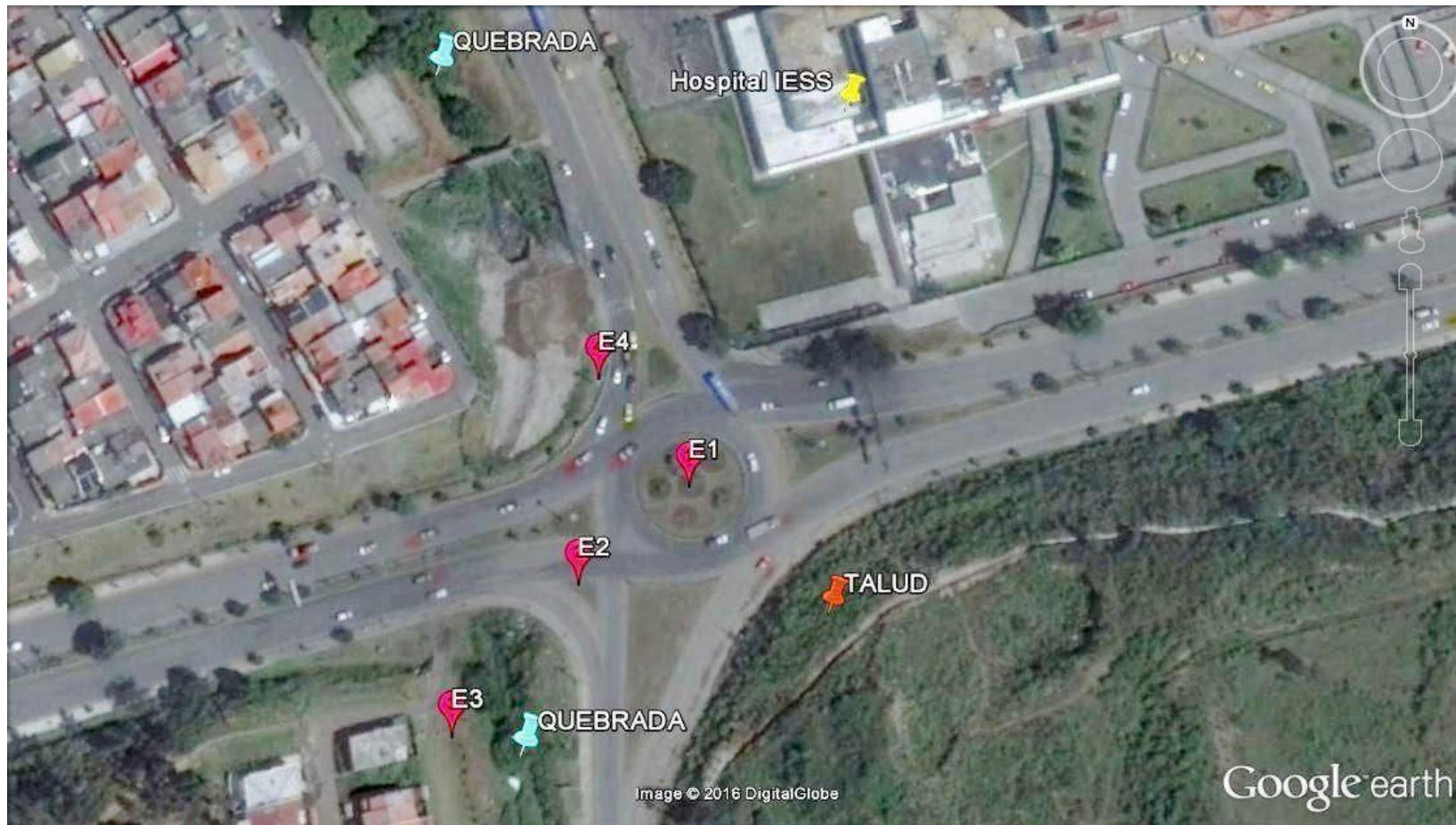
Calles	Pendiente [%]	Pendiente Transversal [%]	Superficie Rodadura
Desde Redondel hacia ambos lados de Autopista	- 0.005	5.1(O-E) y 1.8(E-O)	Pavimento
Desde Redondel hacia 24 de Mayo (Vía Monay-Baguanchi Sector IESS)	-1.2	2.4	Pavimento
Desde Redondel hacia Baguanchi (Sector Cam Rayoloma)	-0.64	2	Pavimento

La definición de pendiente longitudinal se mide en el sentido del eje de la vía y que se obtiene de la diferencia de cotas de dos puntos ubicados en la misma sobre la longitud horizontal de dichos puntos.

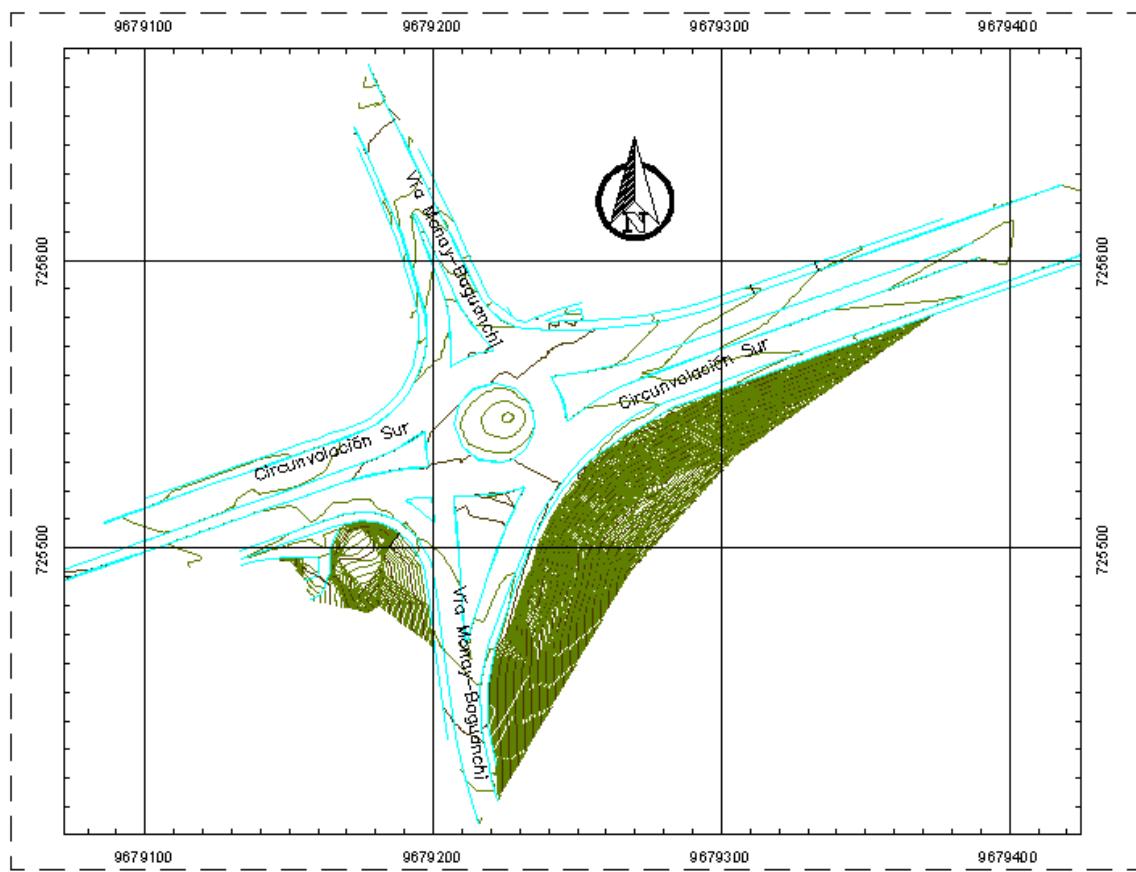
La pendiente transversal se refiere a la carpeta de rodadura de la vía que es la inclinación natural del terreno, medida normalmente al eje de la vía, y fue medida solo en los accesos hacia el redondel. Los valores de las pendientes son necesarios para el cálculo del nivel de servicio de las calles involucradas.



Ilustración 3 Ubicación de Estaciones para topografía



Fuente: Google Earth, 2016

**Ilustración 4 Topografía Resultante Geo referenciada**


La clasificación de los terrenos se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 3 Denominación de Carreteras por Condiciones Orográficas**

TIPO DE RELIEVE	MÁXIMA INCLINACIÓN MEDIA
Llano	$i \leq 5$
Ondulado	$5 < i \leq 15$
Accidentado	$15 < i \leq 25$
Muy accidentado	$25 < i$

Fuente: NEVI, Volumen 2A

En base a la Tabla 3 y al estudio topográfico realizado se concluye que el terreno pertenece al tipo de relieve llano. Clasificación importante para poder analizar el nivel de servicio que presenta cada calle o carretera.

### Limitaciones del Alcance

La topografía levantada al inicio del análisis de este proyecto, no es suficiente para cubrir el espacio que requiere una alternativa que acarree altos volúmenes de tránsito, por lo que el plano civil de Cuenca, fue otorgado por la Municipalidad de la ciudad,



para completar la topografía y haciendo uso del mismo como material netamente didáctico.

### ELEMENTOS GEOMÉTRICOS CONSTITUTIVOS

Estos elementos son: el número de carriles por sentido, ancho de carril, de veredas, el ancho del parterre central, gradientes y pendientes transversales.

Tabla 4 Elementos Geométricos Constitutivos

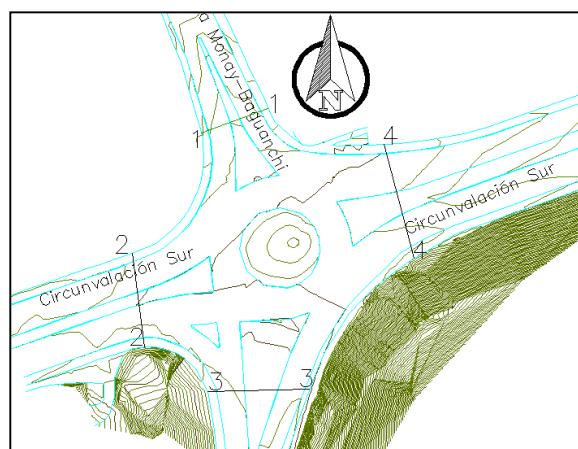
Calle	Sentido	Dirección	Ancho vía [m]	Número de Carriles	Gradiente [%]	Pendiente Transversal [%]
1 Vía Monay-Baguanchi (IESS)	N-S	Acceso	8.33	2	1.2	2.4
	S-N	Salida	7.83	2		2.5
2 Circunvalación Sur o Autopista	O-E	Acceso	11.71	3	0.005	5.1
	E-O	Salida	10.57	3		2.8
3 Vía Monay-Baguanchi (Camino a Rayoloma)	S-N	Acceso	9.72	2	0.64	2
	N-S	Salida	9.72	2		2
4 Circunvalación Sur o Autopista	E-O	Acceso	13.76	3	0.005	1.8
	O-E	Salida	11.41	3		1.75

### SECCIONES TRANSVERSALES ACTUALES

En la intersección de estudio se tiene cuatro secciones transversales que corresponden a cada sentido de cada vía o carretera próxima al redondel.

Las secciones transversales fueron tomadas antes de la zona de curvatura próxima al redondel y tomando como referencia el centro de la isleta circular. Las secciones transversales atienden al siguiente esquema:

Ilustración 5 Ubicación de Secciones Transversales

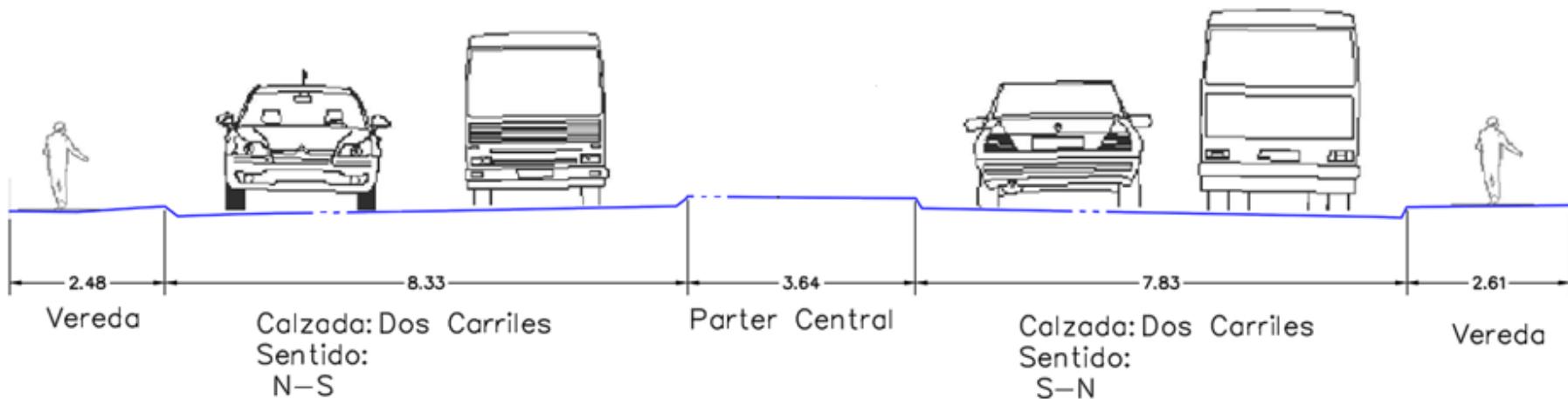




Calle Vía Monay-Baguanchi, entre Avenida 24 de Mayo y Circunvalación Sur

Sentido N-S y S-N

Ilustración 6 Sección Transversal 1-1



Sentido N-S: Los vehículos llegan desde la avenida 24 de Mayo y/o calle Popayán y se dirigen hacia el sur a hacer uso del redondel.

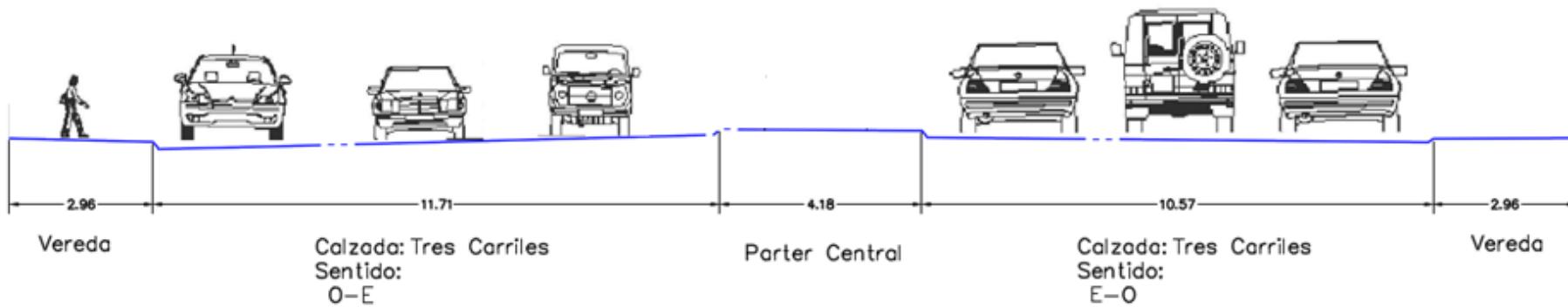
Sentido S-N: Los vehículos llegan desde el redondel y se dirigen al norte a la avenida 24 de Mayo.



Circunvalación Sur, en intersección con Vía Monay-Baguanchi

Sentido O-E y E-O

Ilustración 7 Sección Transversal 2-2



Sentido O-E: Los vehículos llegan desde la ciudad de Cuenca, hacen uso del redondel y se dirigen a cualquier dirección.

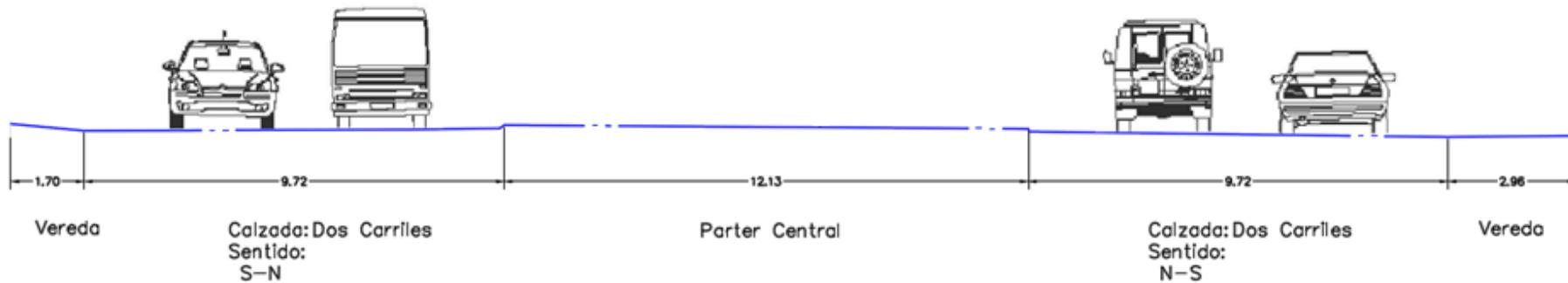
Sentido E-O: Los vehículos llegan desde el redondel y se dirigen al este, entrando a la ciudad de Cuenca.



Vía Monay-Baguanchi en intersección con Circunvalación Sur

Sentido S-N y N-S

Ilustración 8 Sección Transversal 3-3



Sentido S-N: Los vehículos llegan desde Baguanchi y/o zonas aledañas, hacen uso del redondel y se dirigen a cualquier dirección.

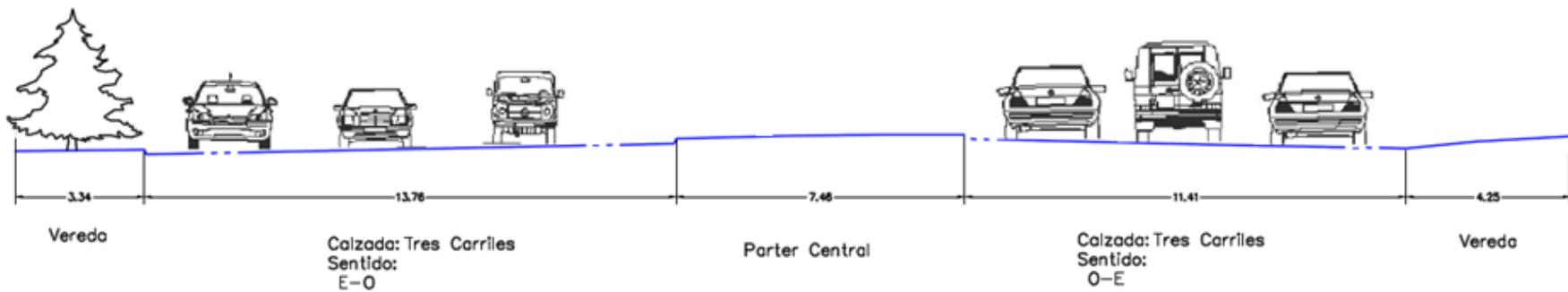
Sentido N-S: Los vehículos llegan desde el redondel y se dirigen hacia Baguanchi y/o zonas aledañas.



Circunvalación Sur, en intersección con Vía Monay-Baguanchi

Sentido E-O y O-E

Ilustración 9 Sección Transversal 4-4



Sentido E-O: Los vehículos llegan desde la vía Azogues, hacen uso del redondel y se dirigen hacia cualquier sentido.

Sentido O-E Los vehículos llegan desde el redondel y se dirigen a la vía Azogues.



## 2.1.2 TRÁNSITO

Tránsito es un fenómeno causado por el flujo de vehículos en una determinada vía, calle o autopista que conjuntamente con otros elementos conforman un sistema vial. Dicho sistema vial está sometido a diferentes volúmenes de tráfico que en su mayor parte dependerá de la ubicación y demanda del sector donde es analizado, las poseen características espaciales y características temporales<sup>1</sup>.

El presente estudio determina las condiciones de tránsito en la intersección tipo redondel ubicada entre Circunvalación Sur y la vía Monay – Baguanchi, con el objetivo de conocer la situación actual de funcionamiento, las características de señalización y cuantificar los volúmenes vehiculares.

El conteo vehicular también se aplicó en la intersección tipo T ubicada en la avenida 24 de Mayo y la vía Monay- Baguanchi, por ser una intersección aledaña.

### CONTEO DE TRÁFICO

Es importante para la determinación de las condiciones funcionales de la intersección, cual es la cantidad de usuarios del sistema, esto nos permitirá saber si la capacidad actual de infraestructura es suficiente y en caso de no serlo nos dará pistas de que es lo que hay cambiar para mejorar el servicio brindado a los usuarios.

Una observación importante es la clasificación que el tráfico posee, es decir, la forma en que el tráfico está compuesto, considerando los diversos tipos de vehículos que hacen uso de la vía.

Por medio del desarrollo de este proyecto se quiere llegar a la obtención de datos que permitan conocer la demanda de tráfico en el redondel y en la intersección tipo T, con la finalidad de facilitar la planificación para la optimización y desarrollo de éstas.

Se emplearon dos metodologías para registrar el volumen de tráfico vehicular que circula por las intersecciones, las cuales son: Conteo Manual y Conteo Automático.

Los resultados provenientes del conteo automático se muestran en el acápite del cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA), debido a que no es información que se ha recolectado en esta tesis.

Es importante entender que los vehículos no son los únicos usuarios del sistema por lo que se cuantificó otros modos de transporte con este objeto se contaron peatones.

No solo es importante conocer los volúmenes de vehículos, es necesario también conocer cuáles son los orígenes y destinos de los viajeros, con este fin en mente se realizó una compatibilización de placas.

<sup>1</sup> Cal y Mayor, R. & Cárdenas, J. (2010). Ingeniería de Tránsito. México: Alfaomega.



## CONTEO MANUAL

El tráfico observado (TO) se obtiene a través de los datos del conteo manual (CM). Se recomienda cumplir al menos uno de los siguientes requisitos:

1. Debe ser por lo menos de una semana, las 24 horas diarias
2. Debe ser de 4 días, dos entre semana y un día de fin de semana (consecutivos)
3. Debe ser por lo menos de 12 horas.

Son conteos útiles para giros de intersecciones, para conteos clasificados que sirven para complementar y calibrar la información de los métodos automáticos.

Un aforador puede anotar para niveles de tráfico entre 500 y 600 vehículos por hora. Los conteos manuales son caros por los costos de personal, por lo que para períodos largos de conteo, es conveniente emplear los métodos automáticos.

Debido a que en esta intersección los volúmenes son altos, se ubicó un grupo de aforadores en cada sentido de circulación.

En el conteo manual el enumerador contabiliza los vehículos cada quince minutos a diferencia del conteo automático que registra un total de vehículos cada hora. En el anexo 7.1.2 se puede observar el formulario usado para el conteo manual, tanto para flujo de entrada como flujo de salida.

**Tabla 5 Estaciones de Conteo Manual en T y Redondel**

Intersección	Calle	Estación	Dirección	Simbología	
<b>Redondel</b>	Camino a Rayoloma	1	[S-N] y [N-S]	E	Estación
<b>Redondel</b>	Circunvalación Sur	2	[O-E] y [E-O]	V	Conteo Volumétrico
<b>T</b>	Av. 24 de Mayo	3	[O-E] y [E-O]	G	Placas
<b>T</b>	Av. 24 de Mayo	4	[E-O] y [O-E]	P1	Peatones [N-S] y [S-N]
	Popayán	5	[E-O]	P2	Peatones [E-W] y [W-E]
<b>Redondel</b>	Circunvalación Sur	6	[E-O] y [O-E]		

**Ilustración 10 Fotografías tomadas en campo**



Características del censo en T y Redondel:

- Se realizó el día lunes 7 de Diciembre de 2015

- Duró 12 horas de 7h00- 19h00.
- Los vehículos censados en el redondel fueron los que entraban y salían por Circunvalación Sur en sentido Oeste-Este y Este-Oeste y por la vía Monay-Baguanchi (Camino a Rayoloma).
- Los vehículos censados en T, fueron los que usaron la Av. 24 de Mayo.

Ilustración 11 Ubicación de las Estaciones de Conteo Manual



En la intersección tipo T, la Vía Monay-Baguanchi, en el sentido Norte-Sur y Sur-Norte, que va desde y hacia la Av. 24 de Mayo respectivamente, no cuenta con un conteo vehicular directo, por lo que el volumen en la hora pico de este tramo depende de la matriz origen-destino.



Tabla 6 Resumen de Conteo Manual

	E1								E2								E3								E4								E5								E6							
	[S-N]				[O-E]				[O-E]				E-O				E-O				E-O				E-O				E-O				E-O															
	P	Bi	M	L	B	C	P	Bi	M	L	B	C	P	Bi	M	L	B	C	P	Bi	M	L	B	C	P	Bi	M	L	B	C	P	Bi	M	L	B	C	P	Bi	M	L	B	C						
07:00-07:15	0	0	5	122	2	3	9	0	5	434	5	20	13	0	8	295	7	4	1	0	2	156	0	0	0	0	42	6	1	5	0	1	385	2	28													
07:15-07:30	2	1	6	128	3	3	11	0	4	466	3	10	2	0	2	290	8	2	4	1	0	144	1	1	0	0	0	48	4	0	1	1	6	322	3	33												
07:30-07:45	2	0	7	158	2	3	7	0	10	427	2	24	7	2	8	247	10	6	2	1	4	162	0	1	0	1	0	55	5	0	2	0	3	504	1	29												
07:45-08:00	0	1	12	137	3	4	19	0	11	453	3	13	9	0	9	196	9	4	3	0	2	190	1	2	0	0	0	40	6	2	4	0	3	400	3	52												
08:00-09:00	0	1	25	386	7	29	0	3	23	1437	5	115	0	2	30	790	33	26	0	0	9	479	5	9	0	0	2	110	23	0	0	0	7	913	5	123												
09:00-10:00	0	1	13	256	8	28	0	1	23	1153	3	123	0	0	20	768	34	39	0	0	8	389	2	5	0	0	3	121	26	1	0	2	10	941	3	134												
10:00-11:00	0	1	8	254	8	33	0	0	20	1009	2	109	0	3	19	773	30	46	0	1	9	366	2	9	0	0	2	120	25	4	0	0	20	616	1	163												
11:00-12:00	0	0	9	215	10	36	0	0	27	1073	3	133	0	0	9	683	26	29	0	0	18	454	2	13	0	0	0	124	23	6	0	2	15	749	3	129												
12:00-13:00	0	0	14	333	7	26	0	0	21	1279	5	123	0	0	31	808	26	24	0	2	7	430	4	9	0	0	3	124	22	2	0	0	23	1073	2	117												
13:00-14:00	0	0	16	274	9	23	0	1	20	1598	6	112	0	0	29	1019	30	21	0	1	9	403	2	6	0	0	1	133	21	4	0	1	21	1205	13	107												
14:00-15:00	0	1	14	365	7	32	0	0	20	1146	3	111	0	0	24	727	32	30	0	0	6	432	6	3	0	1	1	101	23	2	0	1	15	1035	9	122												
15:00-16:00	0	0	9	319	5	27	0	0	15	1147	0	135	0	0	17	651	26	26	0	0	9	394	5	7	0	0	2	174	25	6	0	0	20	1285	3	134												
16:00-17:00	0	1	10	275	10	34	0	0	25	1085	2	113	0	0	29	805	25	26	0	2	11	353	3	7	0	1	1	160	21	5	0	0	21	1195	5	148												
17:00-18:00	0	2	18	308	10	28	0	1	34	1385	8	125	0	0	22	886	26	21	0	1	18	491	2	9	0	1	1	111	23	2	0	2	36	1402	7	65												
18:00-19:00	0	0	20	337	8	19	0	0	34	1629	4	87	0	1	19	960	25	18	0	2	14	562	1	12	0	0	1	107	22	1	0	1	39	1405	9	59												
Total	4	9	186	3867	99	328	46	6	292	15721	54	1353	31	8	276	9898	347	322	10	11	126	5405	36	93	0	4	17	1570	275	36	12	10	240	13430	69	1443												
Total vehículo	4294						17128						10567						5534						1881						14942																	
[%]	7.90						31.52						19.44						10.18						3.46						27.50																	

**Simbología:** P=Peatones; Bi=bicicletas; M=motos; L=livianos; B=buses y C=camiones + tráileres.



Con respecto a los volúmenes de peatones, de la intersección tipo T, se tomarán en cuenta los datos obtenidos en el proyecto de Plan de Movilidad y Espacios Públicos de Cuenca (Anexo 7.1.3).

El conteo de peatones se hace en el redondel, se contabilizó sólo en la hora pico de vehículos, ya que en el análisis se necesita la cantidad de peatones en los quince minutos más altos de la hora pico vehicular.

Según la tabla 6, se contabilizó un total de 54 346 vehículos en doce horas, cantidad total sin contabilizar motos y bicicletas. La tabla muestra también el detalle de la hora pico cada 15 minutos, de 07:00 a 08:00.

Nota: El conteo de peatones es sólo de la hora pico vehicular.

### COMPATIBILIZACIÓN DE PLACAS DE LOS VEHÍCULOS EN REDONDEL

---

Es un método muy utilizado para determinar los movimientos giratorios en las intersecciones y para estudios muy pequeños que usualmente se emplean en el área de la gerencia de tráfico. Los números de las placas y los tiempos de los vehículos pasando la posición de la observación son anotados luego estos datos son compatibilizados para determinar los orígenes, destinos y tiempo de viaje. Los vehículos no son demorados durante la recolección de los datos y es posible determinar los viajes que terminan y comienzan en el área de estudio y, los que pasan directo a través del área.

Sin embargo, si el flujo del tráfico es alto, no siempre es posible grabar todos los vehículos, por ella la identificación de una muestra adecuada de vehículos debe ser cuidadosamente seleccionada.

En el anexo 7.1.4 se puede observar el formulario usado para anotar las placas de los vehículos.

Las estaciones para el registro de placas no son las mismas que para el conteo volumétrico de vehículos en el redondel y en T, ya que se tomaron datos en la entrada y salida.

El registro de placas se llevó a cabo cada 30 minutos, en tres intervalos que corresponden a horas pico: de 07:00-09:00, 12:00-14:00 y de 16:00-18:00 horas, registrando los vehículos livianos rojos, blancos y taxis; los buses y camiones. Se copiaron los 4 últimos dígitos de cada placa. Los intervalos fueron escogidos basándose en las tendencias de viajes de los usuarios.

Con los datos de las placas registradas se obtiene una matriz de origen-destino [O-D] (Tabla 7), que indica la cantidad de vehículos que forman el par origen-destino.



Tabla 7 Matriz Origen - Destino

Accesos/Salidas	MATRIZ [O-D]					Total
	E1[N-S]	E2[E-O]	E3[E-O]	E4[O-E]	E6[O-E]	
E1[S-N]	32	30	55	11	54	182
E2[O-E]	6	10	41	14	253	324
E3[O-E]	48	18	123	116	103	408
E4[E-O]	6	6	183	48	49	292
E5[E-O]	5	11	44	28	13	101
E6[E-O]	8	105	36	18	43	210
Total	105	180	482	235	515	1517

En la estación cinco (E5) se registró los datos de una calle de un solo sentido [E-O]. En total se registraron 1517 compatibilizaciones entre las placas. Por medio de una validación de datos sabremos si la cantidad de placas registradas es suficiente para empezar un análisis.

## VALIDACIÓN DE DATOS<sup>2</sup>

Cabe recalcar que hay que estar seguros que la cantidad de datos usados es suficiente para que un estudio sea válido y aplicable. Por esta razón se hace una validación en los datos registrados en la compatibilización de placas de vehículos.

Supongamos un punto de control donde  $N$  carros pasen y deseamos tomar una muestra de  $n$  vehículos para estudiar. Supongamos también que de estas  $n$ ,  $X_1$  vehículos viajan entre el par origen-destino  $O - D_1$ . En este caso se puede demostrar que  $X_1$  tiene una distribución híper geométrica  $H(N, N_1, n)$ , donde  $N_1$  es el número total de viajeros entre par  $O - D_1$ , y que su valor esperado y la varianza son dados por:

$$E(X_1) = np \text{ with } p = \frac{N_1}{N}$$

$$V(X_1) = np(1-p)\left(1 - \frac{n}{N}\right)$$

Usando una aproximación normal (basado en el teorema del límite central) la distribución de  $X_1$  es:

$$X_1 \sim N(np, (np(1-p)\left(1 - \frac{n}{N}\right))$$

---

<sup>2</sup> Ortúzar, J. D. & Willumsen, L.G. (2011). Data and Space. En John Wiley & Sons, Modelling Transport. Chapter 3. (p. 55-137). New Jersey: Wiley, traducido del inglés



Y un estimador para  $p$  es:

$$\hat{p} = \frac{X_1}{n}$$

Por lo tanto

$$\hat{p} \sim N(p, \frac{p(1-p)(1-\frac{n}{N})}{n})$$

Y un intervalo de confianza aproximado  $100(1-\alpha)\%$  para  $p$  está dada por:

$$\left[ \hat{p} - z \sqrt{\frac{p(1-p)(1-\frac{n}{N})}{n}}, \hat{p} + z \sqrt{\frac{p(1-p)(1-\frac{n}{N})}{n}} \right]$$

Donde  $z$  es el valor normal estándar para el nivel de confianza requerido (1,96 para el nivel del 95%). Por lo general requieren que el error absoluto  $e$  asociado con  $\hat{p}$  no exceda de un valor especificado previamente (por lo general 0,1), es decir:

$$E = z \sqrt{\frac{p(1-p)(1-\frac{n}{N})}{n}} \leq e$$

Trabajando en forma algebraica esta expresión se obtiene:

$$n \geq \frac{p(1-p) \left(1 - \frac{n}{N}\right)}{(e/z)^2}$$

O de manera equivalente:

$$n \geq \frac{p(1-p)}{(e/z)^2 + \frac{p(1-p)}{N}}$$

#### Ecuación 1

Se puede observar que, para un valor  $N$  dado, el valor  $p = 0.5$  se obtiene el valor más alto (es decir, más conservadora) que para  $n$  en (Ecuación 1). Tomando este valor y teniendo en cuenta  $e = 0.1$  (es decir, un error máximo de 10%) y, obtenemos  $z = 1.96$ , obtenemos los valores de la tabla 8.

**Tabla 8 Variación del tamaño de la muestra de flujo observado**

<i>N</i> (passengers/period)	<i>n</i> (passengers/period)	<i>n/N (%)</i>
100	49	49.0%
200	65	32.5%
300	73	24.3%
500	81	16.2%
700	84	12.0%
900	87	9.7%
1100	88	8.0%

**Fuente:** Modelling Transport de Ortúzar & Willumsen. (2011).

Una examinación de los datos históricos durante los trabajos preparatorios para un registro en carretera revela que el flujo que atraviesa la estación a estudiar varía enormemente a lo largo del día. Teniendo en cuenta esto, se consideró demasiado complejo para tratar de poner en práctica la estrategia de la tabla 8 en el campo. Por lo tanto se desarrolló la siguiente tabla simplificada:

**Tabla 9 Porcentaje de vehículos a tomar dado un flujo observado**

Estimated observed flow (passengers/period)	Sample size (%)
900 o more	10.0 (1 en 10)
700 a 899	12.5 (1 en 8)
500 a 699	16.6 (1 en 6)
300 a 499	25.0 (1 en 4)
200 a 299	33.3 (1 en 3)
1 a 199	50.0 (1 en 2)

**Fuente:** Modelling Transport de Ortúzar & Willumsen. (2011).

El procedimiento de trabajo de campo requiere detener al azar el número correspondiente de vehículos, entrevistando a todos sus pasajeros y pidiendo origen, destino y propósito de viaje. En el caso de los viajes de transporte público, teniendo en cuenta las dificultades prácticas asociadas con la detención de vehículos durante el tiempo necesario para entrevistar a todos los pasajeros, las encuestas pueden realizarse con los vehículos en movimiento. Para ello, es necesario definir los tramos de carretera en lugar de las estaciones y el número de entrevistadores para ser utilizados depende de los factores de ocupación del vehículo observados en las secciones. Sin embargo, incluso este enfoque puede ser impracticable si se sobrecargan los vehículos.

Tomando en cuenta el análisis anterior y aplicándolo a este estudio, tenemos las siguientes tablas:

**Tabla 10 Tamaño de la muestra a recoger por acceso según el número de vehículos del conteo manual**

<b>Accesos a las Intersecciones</b>			
<b>Estación</b>	<b>N</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
E1[S-N]	568	82.00	14.44%
E2[O-E]	1860	91.00	4.89%
E3[O-E]	1078	88.00	8.16%
E4[E-O]	658	84.00	12.77%
E5[E-O]	209	66.00	31.58%
E6[E-O]	1762	91.00	5.16%

**Tabla 11 Tamaño de la muestra a recoger por salida según el número de vehículos del conteo manual**

<b>Salidas de las Intersecciones</b>			
<b>Estación</b>	<b>N</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
E1[N-S]	294	72.00	24.49%
E2[E-O]	1332	90.00	6.76%
E3[E-O]	1227	89.00	7.25%
E4[O-E]	783	86.00	10.98%
E6[O-E]	1785	91.00	5.10%

Los datos de las tablas 10 y 11 indican que el máximo tamaño de la muestra a obtener es del 31.58% en accesos y el 24.49% en salidas, mostrando una tendencia de que mientras más vehículos pasen por un punto menor es el porcentaje para el tamaño de la muestra.

Pero también se sabe que el flujo puede variar mucho a lo largo del día y usando como guía la tabla 9, se hace un análisis para saber si las placas registradas para este proyecto cumplen con un mínimo del porcentaje del flujo obtenido en el conteo volumétrico de cada estación.

**Tabla 12 Validación de Datos en Accesos**

<b>Accesos</b>	<b>Conteo</b>	<b>Placas Registradas</b>	<b>%</b>	<b>¿Cumple %?</b>
E1[S-N]	568	260	45.8%	Si
E2[O-E]	1860	560	30.1%	Si
E3[O-E]	1078	510	47.3%	Si
E4[E-O]	658	322	48.9%	Si
E5[E-O]	209	129	61.7%	Si
E6[E-O]	1762	581	33.0%	Si

**Tabla 13 Validación de Datos en Salidas**

Salidas	Conteo	Placas Registradas	%	¿Cumple %?
E1[N-S]	294	228	77.6%	si
E2[E-O]	1332	754	56.6%	si
E3[E-O]	1227	565	46.0%	si
E4[O-E]	783	236	30.1%	si
E6[O-E]	1785	777	43.5%	si

Según los resultados mostrados en las tablas 12 y 13, la cantidad de placas registradas para este proyecto son suficientes para poder estudiar los movimientos de giro y así analizar con confianza y validar la solución que se presente.

## SEÑALIZACIÓN

La señalización vial corresponde a los dispositivos, signos y demarcaciones de tipo oficial colocados por la autoridad con el objeto de regular, advertir o encauzar el tráfico y se utilizan para ayudar al movimiento seguro y ordenado del tránsito de peatones y vehículos. Además de proporcionar información acerca de rutas, direcciones, destinos y puntos de interés. Los medios empleados para transmitir información, constan de una combinación de mensaje, forma y color.

Los dispositivos de control de tráfico están constituidos por las señales verticales, señales horizontales. Estos dispositivos tienen como funciones básicas:

- El informar al conductor de las condiciones que reúne aquello que le rodea.
- Informar al conductor para que sepa dónde está, cual es el mejor camino para alcanzar su destino o cuando ha llegado a él.
- Regular el uso de la vía en cada momento.
- El avisar los posibles peligros que pueda encontrar el conductor.
- Aconsejar en qué forma debe conducirse para sacar el mejor partido posible del vehículo y de la vía, sin sobrepasar los límites de seguridad.
- Informar al conductor de los servicios adicionales que se encuentran a lo largo de la ruta.

Dentro de las características de estos dispositivos están la uniformidad, lo que asegura la correcta interpretación de los mismos.

Este criterio se aplica también al diseño y se apega a las normas que a continuación se indican:

1. Las inscripciones que llevan las señales deberán ser uniformes en cuanto se refiere a su texto, forma y color. Es importante mantener los estándares de las señales actualmente instaladas, ya que una variación en los diseños provocaría confusión a los usuarios.
2. Conviene emplear el menor número de señales y nunca deberá recargarse la atención del conductor.
3. En caso de duda, deberá instalarse la señal que imponga una menor restricción.



- 
4. Es mejor que repetir la señal de peligro el incluir una señal complementaria de regulación. De esta manera por el mismo costo se da una mayor información. En cada poste deberá colocarse una sola señal y nunca bajo ningún concepto se colocarán más de dos. Sin embargo bajo cada señal se puede colocar una placa complementaria indicando restricción de velocidad, distancia al peligro, o su significado escrito.

Se tiene cuatro consideraciones básicas, para garantizar que los dispositivos de control sean efectivos, entendibles y satisfagan los requisitos básicos mencionados.

**Proyecto:** La combinación de las características tales como forma, tamaño, color, contraste, composición, iluminación o efecto reflejante, deberá llamar la atención del usuario y transmitir un mensaje simple y claro.

**Ubicación:** El dispositivo de control deberá estar ubicado dentro del cono visual del conductor, para llamar la atención, facilitar su lectura e interpretación, de acuerdo con la velocidad de su vehículo y dar el tiempo adecuado para una respuesta apropiada.

**Uniformidad:** Los dispositivos de control o similares deberán aplicarse de manera consistente, con el fin de encontrar igual interpretación de los problemas de tránsito a lo largo de una ruta.

**Conservación:** Se procurará que los dispositivos se mantengan física y funcionalmente conservados, esto es, limpios y legibles, lo mismo que deberán colocarse o quitarse tan pronto como se vea la necesidad de ello.

Las guías para la señalización se han tomado del Reglamento Técnico Ecuatoriano del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Señalización Vial. Parte 1: Señalización Vertical y Parte 2 Señalización Horizontal.

El levantamiento de la señalización horizontal y vertical existente en la intersección en estudio se realizó mediante fotografías tomadas en campo.

### SEÑALES HORIZONTALES.

Se refiere a demarcaciones en pavimento de líneas, símbolos, letras u otras tales como tachas ubicadas sobre la superficie de la calzada. Todas las vías pavimentadas deben contar con este tipo de señales.

#### Líneas longitudinales

Se emplean para determinar carriles y calzadas; para indicar zonas con o sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar, y, para carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos.

#### Líneas transversales

Se emplean en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse y para señalizar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas.



---

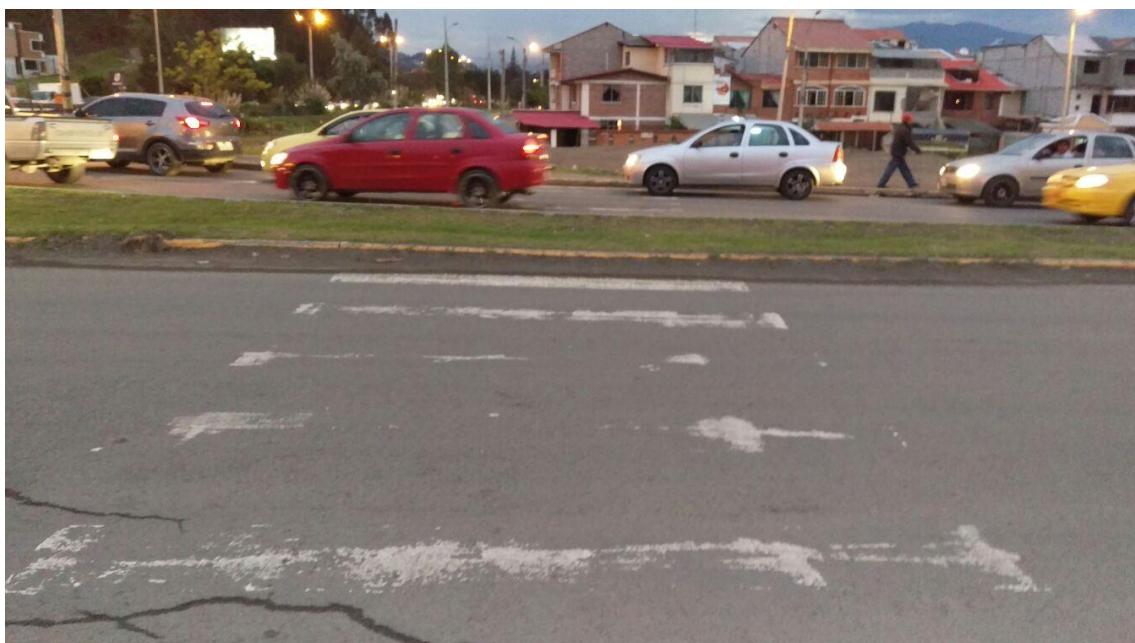
## Símbolos y Leyendas

Se emplean tanto para guiar y advertir al usuario como para regular la circulación. Se incluye: flechas, triángulos, ceda el paso y leyendas tales como Pare, bus, carril exclusivo, solo trole, taxis, parada bus, entre otros.

### Otras señalizaciones

Como chevrones.

Ilustración 12 Señalización Horizontal





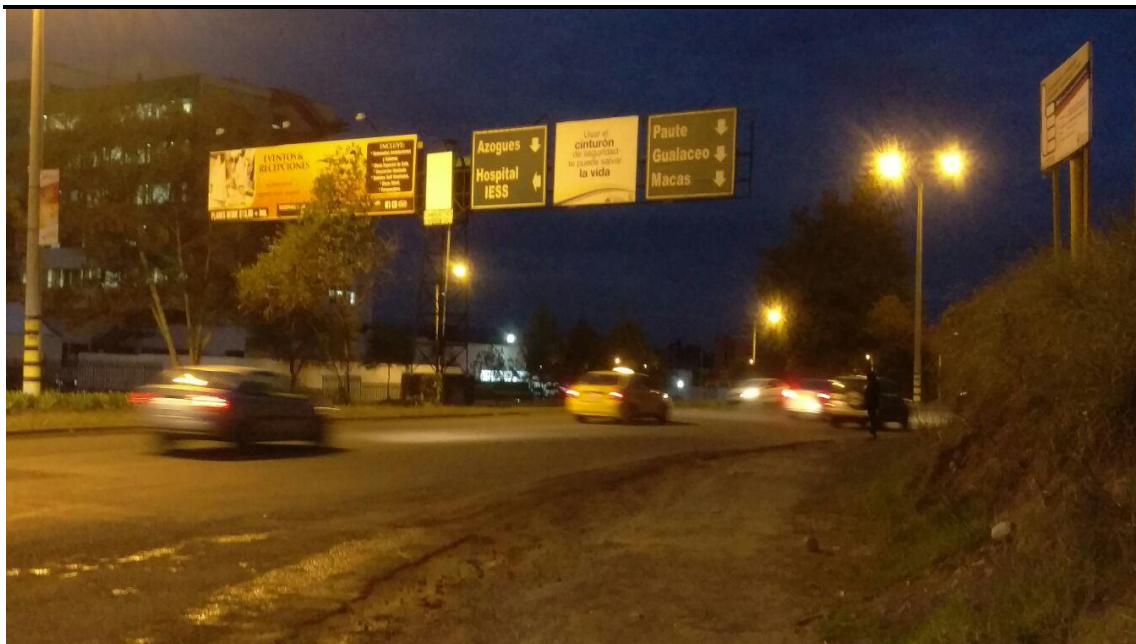
Las fotografías anteriores muestran una señalización horizontal degradada en las intersecciones en T y el redondel, las líneas longitudinales son escasas, mientras que en la zona directa con el redondel las líneas transversales para cruce de peatones muestran una señalización clara y mejorada. Además, se nota una ausencia de leyendas para parada de buses.

### SEÑALES VERTICALES.

Son dispositivos instalados a los lados o sobre un camino, presentando letreros que alertan al usuario. Pueden ser regulatorias, preventivas de información, delineadoras o para trabajos y propósitos especiales.

#### Señales de Información

Estas informan a los usuarios de la vía de las direcciones, distancias, destinos, rutas, ubicación de servicios y puntos de interés turístico.



## Señales Preventivas

Las señales de advertencia o preventivas tienen como función en llamar la atención de los conductores de vehículos, debido a la existencia de un potencial peligro. Esta placa exige generalmente al conductor una reducción de la velocidad con el objetivo de aumentar su seguridad.

Las placas de prevención se colocan en los casos:

- En situaciones peligrosas de alineación vertical u horizontal
- Curvas reversas o sinuosas separadas por pequeñas tangentes
- Existencia de un dispositivo de control de tráfico
- Aproximación a Intersecciones
- Ocurrencia de condiciones peligrosas



---

La aplicación de las placas depende del examen de las condiciones locales o del comportamiento de los usuarios de la vía.

Todas las señales tienen forma de rombo a excepción de las señales preventivas de la Serie Complementaria, y otras especificadas en el Reglamento INEN y su suplemento. Cabe señalar que el uso excesivo o indiscriminado de señales de advertencia es desaconsejado, ya que se genera un alto grado de desobediencia.

La localización de la señal de advertencia tiene como factor determinante la velocidad prevaleciente en la vía y la existencia de condiciones potencialmente peligrosas.





## Señales Regulatorias

Son aquellas que regulan el movimiento del tránsito e indican cuando se aplica un requerimiento legal, la falta de cumplimiento de sus instrucciones constituye una infracción de tránsito.



## Señales especiales delineadoras

Delinean al tránsito que se aproxima a un lugar con cambio brusco (ancho, altura y dirección) de la vía, o la presencia de una obstrucción en la misma.

## Señales para trabajos en la vía y propósitos especiales

Advierten, informan y guían a los usuarios viales a transitar con seguridad sitios de trabajos en las vías y aceras además para alertar sobre otras condiciones temporales y peligrosas que podrían causar daños a los usuarios.

Para la conservación y mantenimiento de las señales se recomienda tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Mantenerlas en su posición correcta
- Superficies limpias y legibles
- Reemplazo de señales defectuosas
- Retiro de señales que no cumplen su función o porque ha cesado las condiciones que obligaron a instalarlas.



### IMPLANTACIÓN DE LAS VÍAS Y LA INTERSECCIÓN

En el proceso de análisis se consideró pertinente crear una nueva nomenclatura para identificación de puntos, estaciones y sitios claves, con el objetivo de que el lector tenga una visión más clara del análisis de los datos, se ha elaborado la ilustración 13 donde pueden apreciarse la nomenclatura usada para la presentación de resultados.

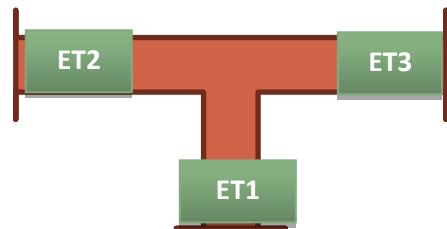
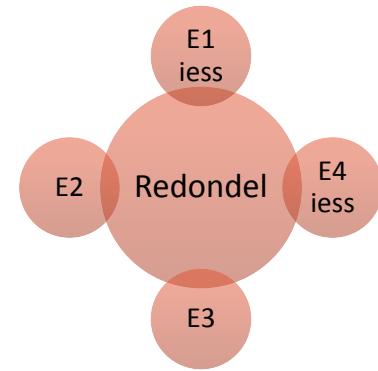
Ilustración 13 Implantación Intersección Tipo Redondel y Tipo T





En la sección 4.3 los cálculos con respecto al volumen en cada intersección, se hacen por separado, teniendo así cada intersección su propio esquema que servirá como guía para las orientaciones de cada acceso hacia sus respectivas intersecciones.

Ilustración 14 Esquema Redondel y T





## CAPITULO III. MARCO TEÓRICO

### 3.1 TÉRMINOS BÁSICOS

Para analizar una intersección, es importante en primer lugar conocer conceptos generales de tránsito y posteriormente adentrarse en conocimientos sobre el funcionamiento y operación de los tipos de intersección.

En el libro de Fundamentos y Aplicaciones de Ingeniería de Tránsito<sup>3</sup> de Cal y Mayor, se encuentran los conceptos básicos necesarios para introducir el tema de las intersecciones. A continuación se presentan los mismos:

#### Análisis operacional

El análisis produce indicadores operacionales tales como demoras o longitud de cola para la comparación de alternativas. Los datos de entrada a los procedimientos metodológicos, deben ser detallados con base a mediciones de campo, por lo que el uso de los valores estandarizados o por defecto que recomienda la metodología debe ser analizado muy cuidadosamente porque se puede cometer errores graves.

#### Volumen o flujo

Se define como volumen de tránsito el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado.

El término volumen es usado mejor para referirse al total de vehículos pasando por cierto punto durante un intervalo de tiempo relativamente largo, por ejemplo un mes. En cambio el flujo de tráfico implica en sí, la cantidad de vehículos en un espacio, controlado sobre un período relativamente corto de tiempo, por ejemplo una hora.

El flujo es un factor muy importante en la ingeniería de tráfico, ya que a menudo se requiere saber: La relativa importancia de una ruta, las fluctuaciones de los flujos en el tiempo, la distribución del tráfico en un sistema de rutas, las tendencias en el uso de una ruta, etc.

#### Composición del flujo del tráfico

En los estudios de volúmenes de tránsito muchas veces es útil conocer la composición y variación de los distintos tipos de vehículos. La composición vehicular se mide en términos de porcentajes con respecto al volumen total. Por ejemplo, porcentaje de automóviles, de autobuses y camiones.

<sup>3</sup> Cal, R. & Reyes, M. (1994). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. (p. 354-364). México: Alfaomega.



---

### **Vehículos livianos equivalentes, [veq]**

Diferentes flujos del tráfico tendrán una composición diferente de tipos de vehículos, para un mismo número de unidades. Es necesario introducir el concepto del vehículo liviano equivalente [veq], que sirve para comparar los flujos con diferente composición vehicular, aplicando los factores de conversión apropiados. En términos de [veq], no es muy correcto hacer predicciones para el tráfico futuro, ya que diferentes clases de vehículos crecerán con diferentes tasas.

#### **Demanda**

Es una medida del número de vehículos (o personas) que esperan ser servidos, distinto de los que son servidos (volumen) y de los que pueden ser servidos (capacidad).

Cuando la demanda es menor que la capacidad, el volumen es igual a la demanda, porque los conteos o aforos que se realicen, son mediciones de la demanda existente.

#### **Demora, saturación y longitud de cola**

En los períodos de máxima demanda, el movimiento vehicular se va tornando deficiente, con pérdidas de velocidad, lo que hace que el sistema tienda a saturarse, hasta llegar a funcionar a niveles de congestionamiento altos con las consiguientes demoras asociadas.

Las demoras pueden causarlas los dispositivos para el control de tránsito al interrumpir el flujo, y las ocasionadas por la misma corriente vehicular en situaciones de flujo continuo.

La influencia de todas estas demoras puede medirse como una relación de demora, que consiste en la diferencia entre la relación del movimiento observado y la relación del movimiento considerada como normal para diferentes tipos de vías urbanas.

Los congestionamientos conducen a la formación de colas en las rampas de entrada y de salida de los caminos de acceso controlado, en las intersecciones señalizadas y sin señalamiento, y en las calles troncales donde pueden crearse colas en movimiento. Para un análisis apropiado de los efectos de las colas, es esencial una comprensión de los procesos que conducen a la formación de este tipo de colas y de las consiguientes demoras en las carreteras.

#### **Autopistas**

Las autopistas son las que facilitan el movimiento de grandes volúmenes de tránsito entre áreas, a través o alrededor de la ciudad o área urbana. Son divididas, con control total de sus accesos y sin comunicación directa con las propiedades colindantes. Una autopista tiene separación total de los flujos conflictivos.



---

### ***Capacidad y Niveles de Servicio***

Existen ciertas relaciones entre las diferentes variables que componen el tráfico. También existe alguna posibilidad de análisis matemático, conducido por las investigaciones que han realizado los ingenieros de tráfico norteamericanos, al ser el país que más problemas tienen con la circulación de vehículos. En bases a estas investigaciones, se concluye que el estudio del tráfico debe hacerse atendiendo a dos componentes: la capacidad y el nivel de servicio.

#### **Capacidad**

Es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto durante un tiempo específico. Es una característica del sistema vial, y representa su oferta. En un punto, el volumen actual nunca puede ser mayor que su capacidad real, sin embargo, hay situaciones en las que parece que esto ocurre precisamente debido a que la capacidad es estimada o calculada mediante algún procedimiento y no observada directamente en campo. Se expresa en vehículos mixtos por hora para cada tramo de la carretera o calle.

#### **Nivel de Servicio**

Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

El Manual de Capacidad Vial HCM 2010 del Transportation Research Board of the National Academies (TBR)<sup>4</sup> ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E, F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua.

La capacidad se define para condiciones prevalecientes, que son factores que al variar la modifican, estos se agrupan en tres tipos generales:

#### **1. Condiciones de la infraestructura vial**

Son las características físicas de la carretera o calle (de tránsito continuo o discontinuo, con o sin control de accesos, dividida o no, de dos o más carriles, etc.), el desarrollo de su entorno, las características geométricas (ancho de carriles y acotamientos, obstrucciones laterales, velocidad de proyecto, restricciones para el rebase, carriles exclusivos y características de los alineamientos), y el tipo de terreno donde se aloja la infraestructura vial.

---

<sup>4</sup> Transportation Research Board of the National Academies. (2010). Highway Capacity Manual 2010. Washington. DC.



---

## 2. Condiciones del tránsito

Se refiere a la distribución de tránsito en el tiempo y en el espacio; a su composición en tipos de vehículos como livianos, camiones, autobuses y vehículos recreativos.

## 3. Condiciones de los controles

Hace referencia a los dispositivos para el control del tránsito, tales como los semáforos (fases, longitudes de ciclo, repartición de verdes, etc.), las señales restrictivas (alto, ceda el paso, no estacionarse, solo vueltas a la izquierda) y las velocidades límites.

- **Niveles de Servicio de Segmentos Básicos de Autopista**

Son secciones de uno o más carriles por sentido con control total de accesos, que no son afectados ni por los movimientos se convergencia o divergencia en rampas de enlace cercanas ni por maniobras de entrecruzamientos.

Las condiciones de operación de los niveles de servicio para segmentos básicos de autopista son:

### 1. Nivel de servicio A

Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente.

### 2. Nivel de servicio B

Está aún dentro del rango de flujo libre, aunque se empieza a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior, porque la presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

### 3. Nivel de servicio C

Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo de dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

### 4. Nivel de servicio D

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños



---

incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso son formación de pequeñas colas.

### 5. Nivel de servicio E

El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

### 6. Nivel de servicio F

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los “cuellos de botella”.

## 3.2 RED VIAL Y PEATONAL

Las interacciones de los peatones con el tráfico son una consideración importante en la planificación y diseño de la carretera.

Los peatones son una parte de cada entorno de la carretera, y se debe prestar atención a su presencia en las zonas rurales, así como las zonas urbanas. El peatón urbano, siendo mucho más frecuente, más a menudo influye en las características de diseño del camino que el peatón rural. Debido a las exigencias del tráfico de vehículos en las zonas urbanas congestionadas, a menudo es muy difícil hacer provisiones adecuadas para los peatones. Sin embargo, conviene prever que, debido a los peatones son el alma de nuestras áreas urbanas, sobre todo en el centro y otras zonas comerciales o sociales. En general, las zonas comerciales más exitosas son las que proporcionan la mayor comodidad y placer para los peatones. Las instalaciones para peatones incluyen paradas de autobús u otro tipo de carga, sobre las aceras, pasos a desnivel y las escaleras, escaleras mecánicas, ascensores o relacionados con estas instalaciones.

### 3.2.1 PEATÓN

Según el Manual de Infraestructura Peatonal Urbana<sup>5</sup>, el peatón es un factor muy importante en cualquier problema de circulación urbana, especialmente desde el punto de vista de su seguridad, siendo sus actitudes más diversas que las de los conductores, obedeciendo con menor rigor las normas específicas y la señalización,

---

<sup>5</sup> Jerez, S.M. & Torres, L. P. Manual de Diseño de Infraestructura Peatonal Urbana p. 5 (Tesis de Pregrado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Bogotá.



---

por lo que hace más difícil ordenar sus movimientos y mejorar su seguridad. Éste tiene características propias del ser humano difíciles de percibir ya que posee libertad de desplazamiento, transita y atraviesa la vía por donde mejor le parece, cambia de rumbo sin previo aviso, vacila en muchos caos entre continuar su movimiento o cambiarlo parcial o totalmente.

Para este estudio fue necesario contabilizar peatones debido a que es un factor necesario en el momento de calcular el nivel de servicio del redondel a pesar de ser un sector de alta movilidad vehicular.

### **Intersecciones**

Cuando los peatones se encuentran con una intersección, hay una interrupción importante en el flujo de peatones. La acera debe proporcionar suficiente área de almacenamiento para los que están esperando para cruzar, así como un área para el tráfico peatonal transversal.

Una vez que a los peatones se les da la indicación de cruzar, la anchura y la longitud del paso de peatones se vuelven importantes.

Los pasos de peatones debe ser lo suficientemente amplia para acomodar el flujo de peatones en ambas direcciones dentro de la duración de la fase de la señal de peatones. Cuanto más amplia sea la calle, más tiempo tarda un peatón a cruzar. Además, mientras más largo es el tiempo de paso de peatones, más larga es la exposición a los posibles conflictos peatones/vehiculares.

Si la intersección no es señalizada o si las señales de alto no controlan el tráfico de vehículos, los peatones tienen que esperar las brechas adecuadas en el tráfico para cruzar. Cuanto más amplia sea la calle, mayor es el tiempo de cruce de peatones. En condiciones urbanas, los tiempos de cruce de peatones se pueden reducir mediante el uso de carriles más estrechos. Sin embargo, la seguridad del tráfico y las necesidades de la calzada y que la capacidad de la intersección tiene que ser razonable, aún se deben cumplir cuando se considera la reducción de los tiempos de cruce.

### **Redondeles**

En las rotundas donde se provea acceso peatonal, los peatones se acomodan en los cruces peatonales alrededor del perímetro de la rotonda. Al proporcionar espacio para hacer una pausa en la isleta partidora, los peatones pueden considerar un sentido de tránsito en conflicto a la vez, lo que simplifica la tarea de cruzar la calle.

La rotonda debe diseñarse como para disuadir a los peatones de cruzar la isleta central. Los cruces peatonales se retiran hacia atrás de la línea ceda el paso por una o varias longitudes de vehículo para:

- Acortar la distancia de cruce en comparación con lugares adyacentes al círculo inscrito,
- Separar puntos de conflicto vehículo-vehículo y vehículo-peatón, y
- Permitir al segundo conductor que entre prestar atención a los peatones que cruzan mientras espera que el conductor de adelante entre en la calzada circulatoria.



---

La relativamente baja velocidad de los vehículos y un menor número de puntos de conflicto son las dos razones principales por las que las rotundas son más seguras que la mayoría de las otras intersecciones. Las bajas velocidades combinadas con cruces bien definidos e isletas partidoras resultan en índices relativamente altos de conductores que ceden el paso a los peatones en la mayoría de rotundas, lo que facilita el cruce de los peatones.

---

### 3.2.2 CICLISTAS

#### Redondeles

La seguridad y facilidad de uso de las rotundas o redondeles para los ciclistas depende de los detalles del diseño de la rotonda y las disposiciones especiales para los ciclistas. Desde la típica velocidad de recorrido ciclista de 19 a 32 km/h, las rotundas que están diseñadas para limitar las velocidades de los vehículos motorizados a valores similares, reducirán al mínimo la velocidad relativa entre los ciclistas y los conductores y mejorando así la seguridad y facilidad de uso para los ciclistas.

Al igual que con los peatones, una de las dificultades para dar cabida a los ciclistas es su amplia gama de habilidades y niveles de comodidad en un tránsito mixto. Algunos ciclistas menos expertos elegirán transitar por las veredas a lo largo de las calles fuera y en las rotundas. Dado que estos ciclistas se comportan como peatones rodantes, no son necesarios tratamientos específicos en las rotundas, además de los provistos para los peatones. En general, los ciclistas que tienen los conocimientos y habilidades para montar con eficacia y seguridad en los caminos pueden circular por las rotundas de un carril de baja velocidad sin mucha dificultad. Los ciclistas más experimentados y capacitados en camino se sientan cómodos viajando a través de todas las rotundas, tal como los otros vehículos, incluso en las rotundas de varios carriles.

Se debe tener cuidado al seleccionar una rotonda de varios carriles en lugar de una rotonda de un solo carril en el corto plazo, aun cuando las predicciones de tránsito a largo plazo sugieran que una rotonda de varios carriles pueda ser deseable. Además, el uso de una rotonda con entradas y salidas de dos carriles en el camino principal, y entradas y salidas de un carril en el secundario puede ser una buena solución para reducir la complejidad para los ciclistas, donde se proponga una rotonda en una intersección entre una calle principal multicarriles y una calle secundaria.

---

### ACCIDENTALIDAD

Los peatones cuentan con las condiciones más desfavorables ya que no poseen una armadura como lo es el auto para el conductor y se tienen que desplazar enfrentando todo tipo de obstáculos. Así mismo la ausencia o mal estado en que se encuentran las señales y demarcaciones sobre vías empeoran la situación de este, lo que genera que tanto el conductor como el peatón no puedan guiarse ni reconocer sus respectivas zonas de prioridad, ni responder a los controles de manera adecuada.



---

La mayoría de dispositivos viales no cuentan con la infraestructura adecuada, son poco llamativos y/o ubicación no satisface las necesidades de éste, es importante recuperar y reubicar los espacios públicos para generar conciencia y sentido de pertenencia en la gente.

La concentración de movimientos de peatones en intersecciones o en cruces peatonales los convierte en sitios críticos para la red vial y peatonal, por lo que se debe tener especial cuidado en el momento de llevar a cabo en este cualquier tipo de infraestructura.

Las glorietas o redondeles (punto crítico de accidentalidad peatonal) no cuentan con un adecuado manejo peatonal, constituyen un peligro permanente para los usuarios, presentando problemas como<sup>6</sup>:

- Carencia en reductores de velocidad en riesgo al usuario
- Presentan problemas de geometría y excentricidades excesivas
- No cuentan con soluciones al tráfico peatonal ni tiene áreas protegidas para la espera
- Presentan la menor accesibilidad para discapacitados, en su mayoría no cuentan con la infraestructura adecuada
- Deficiencia de seguridad

### 3.3 INTERSECCIONES

Los tres tipos generales de los cruces de carreteras son intersecciones a nivel, pasos a desnivel sin rampas, e intercambiadores. Dentro de las intersecciones a nivel, están las rotondas o redondeles, y dentro de los intercambiadores existen los más conocidos que son: el intercambiador tipo Diamante y el tipo Trébol. Se detalla a continuación el tipo de intersección en estudio.

#### 3.3.1 ROTONDAS O REDONDELES

Para el rediseño de las intersecciones se ha usado el libro, Roundabouts: An Informational Guide, del TRB.<sup>7</sup>

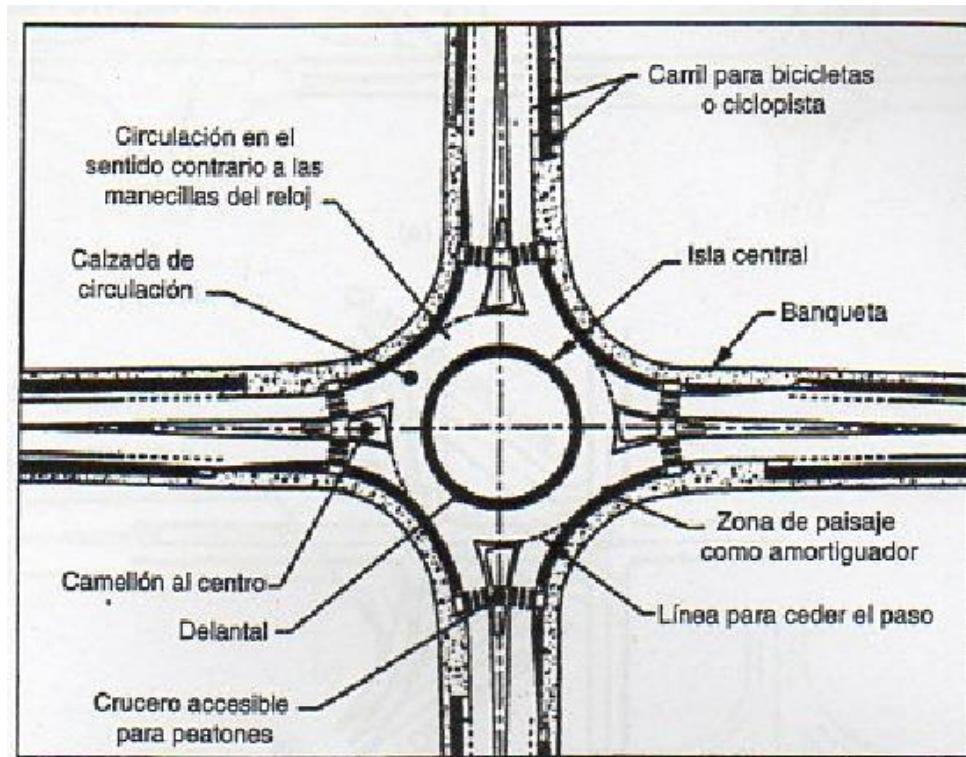
Una rotonda es una forma de intersección circular en la que el tránsito gira hacia la derecha en torno de una isleta central y en la que el tránsito entrante debe ceder el paso al tránsito en la calzada circulatoria. Las isletas partidoras tienen múltiples funciones: separar el tránsito entrante del saliente, desviar y lentificar el tránsito entrante, y refugiar a los peatones. La Ilustración 15 es un dibujo de una rotonda típica, con anotaciones para identificar las características clave.

---

<sup>6</sup> Jerez, S.M. & Torres, L. P. Manual de Diseño de Infraestructura Peatonal Urbana p. 10. (Tesis de Pregrado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Bogotá.

<sup>7</sup> Transportation Research Board of the National Academies. (2010). Introduction. 2nd Ed. Roundabouts: An Informational Guide (p. 1-19). Washington. DC.

Ilustración 15 Características de una Rotonda Típica



Fuente: Ingeniería de Tránsito y Carreteras, Garber & Hoel, Tercera edición

## DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS CLAVE DE LAS ROTONDAS

### Isleta o isla central

La isleta central es la zona elevada en el centro de una rotonda en torno de la cual circula el tránsito. La isleta central no necesariamente tiene que ser de forma circular.

### Isleta partidora

Una isleta partidora es una zona elevada o pintada en un acceso de aproximación a la rotonda, utilizada para separar los tránsitos entrante y saliente, desviar y identificar el tránsito entrante, y permitir a los peatones cruzar el camino en dos etapas.

### Calzada circulatoria

La calzada circulatoria es la trayectoria curva utilizado por los vehículos para viajar en sentido contrario al reloj alrededor de la isleta central.

### Cruces accesibles a los peatones

En las rotondas diseñadas con sendas peatonales, típicamente ellas se ubican retiradas hacia atrás de la línea de entrada, y la isleta partidora suele cortarse para permitir que los peatones, sillas de ruedas, cochecitos de niños y bicicletas pasen a través.



## ROTONDAS MULTICARRILES

---

Las rotundas de varios carriles tienen por lo menos una entrada con dos o más carriles. En algunos casos, pueden tener un diferente número de carriles en una o más aproximaciones (por ejemplo, entradas de dos carriles en la calle principal y entradas de un solo carril en la calle secundaria). También incluyen rotundas con entradas en una o más aproximaciones que se abocinan desde uno hasta dos o más carriles.

Estas requieren calzadas circulatorias más anchas para acomodar más de un vehículo circulando lado a lado. La velocidad en la entrada, calzada circulatoria, y la salida son similares o pueden ser ligeramente superiores a las de las rotundas de un solo carril. El diseño geométrico incluirá isletas partidoras ajardinadas, isleta central no traspasable, y adecuada deflexión de entrada.

Debido al creciente aumento del número de movimientos conflictivos e interacciones, las rotundas multicarriles no pueden alcanzar los mismos niveles de mejoramiento de la seguridad que sus contrapartes de un solo carril. Las decisiones del conductor son más complejas en las rotundas multicarriles; la más importante es seleccionar el carril adecuado antes de entrar en la intersección. Los peatones enfrentan potenciales conflictos de múltiples amenazas al cruzar más de un carril de tránsito a la vez. Los ciclistas viajan mientras los vehículos deben seleccionar el carril correcto para circular y, si se desplazan como los peatones, deben enfrentar los mismos conflictos que los otros peatones.

### Conductores

Los conductores que se acercan a una rotonda de un solo carril tienen dos decisiones básicas con respecto a otros usuarios: seleccionar el carril adecuado (según corresponda) para su destino, y ceder el paso a quienes tienen el derecho de paso. La toma de decisiones de navegación es generalmente más compleja que para otros tipos de intersecciones, principalmente porque el conductor no puede ver siempre la salida o destino y porque la intersección curvada obliga a los conductores a cambiar gradualmente la dirección, lo que puede desorientar a un conductor en cuanto a su origen y destino. Como consecuencia, el proyectista puede necesitar dar orientación adicional en forma de señales y marcas para ayudar a la navegación del conductor.

### Peatones

El diseño de una rotonda permite a los peatones cruzar un sentido de tránsito por vez en cada ramal de la rotonda. Esto es mucho más simple que las intersecciones controladas por la señal vertical de *pare* en dos sentidos, donde los peatones cruzan paralelos con la calle principal y lidian con posibles conflictos por delante y por detrás de ellos (por ejemplo, giros a izquierda y derecha en la calle principal). Aunque las intersecciones semaforizadas puede proporcionar una indicación de cuándo los peatones tienen el derecho de paso (a través de una indicación de *camine*), los posibles conflictos pueden provenir de múltiples direcciones: giros a la izquierda en verde, giros a la derecha en verde, giros a la derecha en rojo y los vehículos directos que cruzan en rojo.



---

## Ciclistas

Las decisiones de los ciclistas en las rotundas dependen de cómo el ciclista decide viajar a través de la intersección. Si viaja como un vehículo, como suele ser el caso de los ciclistas experimentados y en entornos de bajo volumen y velocidad, el proceso de decisión es similar al de los vehículos motorizados. Si viaja en calidad de peatón, como suele ser el caso de ciclistas menos experimentados y en ambientes de mayor volumen, el proceso de decisión es similar al de los peatones.

## Operaciones de Tránsito

La operación del tránsito vehicular en una rotonda está determinada por la aceptación de claros: los vehículos que entran buscan y aceptan claros en la circulación de tránsito. Las bajas velocidades de la rotonda le facilitan este proceso de aceptación de claros. Por otra parte, la eficiencia operativa (capacidad) de las rotundas es mayor a velocidad de circulación baja, debido a los dos fenómenos siguientes:

1. A mayor velocidad del tránsito, más grandes serán los claros que el tránsito entrante aceptará con comodidad. Esto se traduce en menos claros aceptables y, por lo tanto, más casos de vehículos que entran quieren entrar, detenidos en la línea de *ceda el paso*.
2. El tránsito entrante y que primero estuvo detenido en la línea de *ceda el paso* requiere claros más grandes aún en el tránsito circulante para acelerar y convergir con el tránsito que circula. A mayor velocidad del tránsito, más grande debe ser el claro. Esto se traduce en menos claros aceptables y, por lo tanto, en demoras mayores para el tránsito que entra.

## Demora de vehículo y almacenamiento de colas

Habitualmente, cuando operan en capacidad las rotundas funcionan con demoras de los vehículos inferiores que en otras formas de intersección y tipos de control. En una rotonda no es necesario que el tránsito se detenga totalmente cuando no hay conflictos presentes. Cuando hay colas en uno o más accesos, por lo general el tránsito en las colas sigue avanzando, y esto suele ser más tolerable para los conductores que estar detenido.

## Demora de los movimientos principales

Dado que todos los movimientos de la intersección en una rotonda tienen la misma prioridad, los movimientos de las calles más importantes se pueden retrasar más de lo deseado.

Las rotundas tienden a tratar por igual a todos los movimientos en una intersección, sin dar prioridad a los movimientos principales sobre los secundarios. Todas las aproximaciones vehiculares tienen la obligación de ceder el paso al tránsito de circulación, independientemente de si la aproximación es por una calle local o arterial principal. Esto puede resultar en más demoras de los movimientos principales de lo que podrían desear. Este problema es más agudo en la intersección de calles principales de altos volúmenes con calles secundarias de volúmenes bajos a medianos. Por lo tanto, antes de seleccionar una rotonda o intersección controlada con pare debe considerarse la clasificación general y jerarquía del sistema de calles. Las



---

demoras dependen del volumen de los movimientos de giro y deben analizarse individualmente para cada acceso.

### **Apaciguamiento de Tránsito**

Las rotundas pueden apaciguar el tránsito vial al reducir la velocidad de los vehículos mediante el diseño geométrico, en lugar de dispositivos de control de tránsito o volumen de tránsito. En consecuencia, la reducción de velocidad se puede realizar a cualquier hora del día y en calles y caminos de cualquier volumen de tránsito.

Es difícil para el conductor circular a alta velocidad a través de una rotonda adecuadamente diseñada, que fuerce físicamente a los vehículos a cambiar de dirección. El efecto apaciguador del tránsito de las rotundas identifica la velocidad y refuerza la noción de un cambio significativo en el entorno de conducción.

## **3.4 EVALUACIÓN FUNCIONAL DE UNA INTERSECCIÓN**

Detrás de un proyecto vial lo que se pretende conocer es la demanda de tráfico que puede tener la construcción de una nueva vía o la que tiene una vía ya en uso, de donde la finalidad es la de facilitar la planificación para la optimización y desarrollo de la vía. La necesidad de realizar una serie de estudios para un proyecto vial surge de la importancia de la integración de sitios geográficamente distantes y mejorar los tiempos de viaje.

En una corriente de tránsito, dentro de un sistema vial, funciona bien cuando la magnitud del flujo, circulando a una velocidad razonable, es menor que la capacidad del sistema; en otras palabras cuando el sistema tiene la suficiente capacidad (oferta) para alojar el flujo vehicular presente (demanda), sin demoras excesivas para el usuario. Cuando los valores de los flujos vehiculares están muy próximos a los de la capacidad, el tránsito se torna inestable y la congestión se hace presente. Los flujos vehiculares inferiores a la capacidad, que circulan a velocidades bajas y densidades altas, presentan condiciones de operación forzada, que pueden llegar a detenciones momentáneas de tránsito, produciendo niveles bajos de operación. Por otro lado las mejores condiciones de operación se logran con la presencia de algunos vehículos circulando en el sistema vial a velocidades de flujo libre.

Para determinar la capacidad de un sistema vial, no solo es necesario conocer sus características físicas o geométricas, sino también las características de los flujos vehiculares, haciendo énfasis en la hora pico, ya que en la hora más crítica es cuando la intersección debe proporcionar un buen servicio.

## **3.5 DISEÑO GEOMÉTRICO**

Esta sección del capítulo trata en forma general sobre el diseño geométrico de intersecciones según la Normativa Ecuatoriana Vial (NEVI), ya que en el siguiente capítulo se explica con más detalle el diseño de estas, porque es la normativa que rige el diseño geométrico.



---

De manera específica, para el diseño geométrico de redondeles, se detallan los pasos a seguir en esta sección, siguiendo los lineamientos de la publicación “Roundabout: An Informational Guide”, ya que para saber el nivel de servicio que ofrece una intersección (Capítulo IV) hay que tener siempre presente las características geométricas que la intersección en estudio posee, así como también las características óptimas que debería presentar la misma si queremos que tenga una buena calidad de servicio para un tráfico dado o proyectado.

---

### 3.5.1 INTERSECCIONES

NEVI corresponde a las siglas de la Norma Ecuatoriana Vial, en este acápite nos referiremos al volumen número 2-Libro A, que corresponde a las normas para estudios y diseños viales. Presenta los criterios geométricos básicos para el diseño de los elementos que forman parte de una intersección:

#### Criterios generales

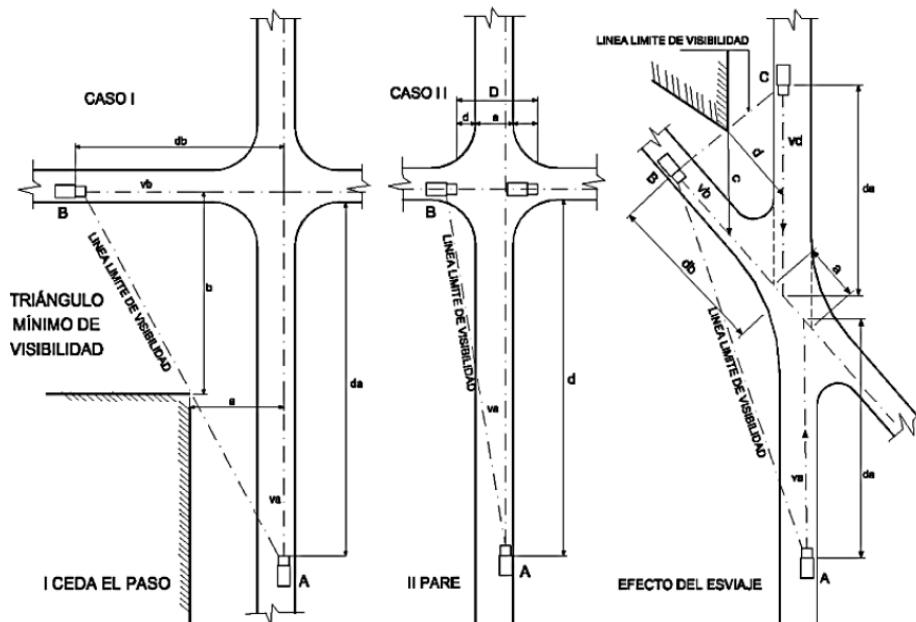
- Priorización de los movimientos  
Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios.
- Consistencia con los volúmenes de tránsito  
La mejor solución es la más consistente entre el tamaño de la alternativa propuesta y la magnitud de los volúmenes de tránsito que circularan por cada uno de los elementos del complejo vial.
- Sencillez y claridad  
La canalización no debe ser excesivamente complicada ni obligar a los vehículos a movimientos molestos o largos.
- Perpendicularidad de las trayectorias  
Las intersecciones en ángulo recto son las que proporcionan las mínimas áreas de conflicto.

#### Visibilidad en las intersecciones

La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso a la detención total.

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 del vehículo que le evite colisiones con otros vehículos.

Cada conductor dispone de tres posibilidades, acelerar, reducir la velocidad y detenerse. Para cada caso, la relación espacio-tiempo-velocidad determinará el triángulo de visibilidad libre de obstrucciones que debe existir. Cualquier objeto dentro del triángulo de visibilidad mostrado en la ilustración 16, que sea suficientemente alto sobre la elevación de la carretera adyacente, como para ser un obstáculo visual, debe ser removido o reducido su altura.

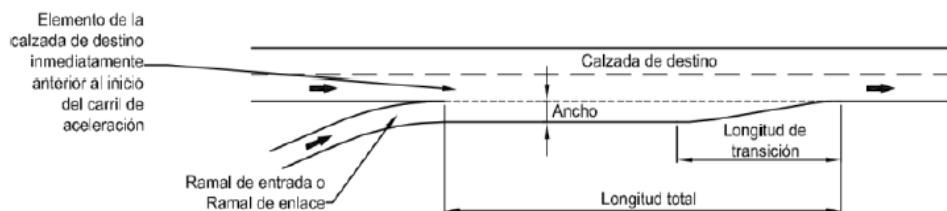
**Ilustración 16 Visibilidad en intersecciones**

**Fuente:** NEVI-12-MTOP

Cualquier vehículo que se ha detenido en una intersección, debe contar con suficiente distancia de visibilidad hacia uno y otro lado, formando un triángulo de visión completa e irrestricta, para realizar una maniobra segura dentro de la zona de la intersección, sea que desee cruzar la otra vía o se desee integrar a la corriente del tránsito en dicha vía.

### Diseño de carriles de cambio de velocidad en carreteras

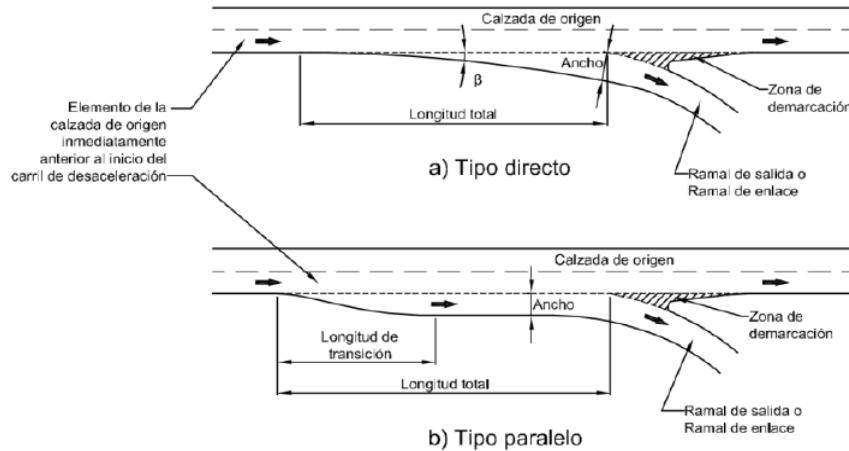
Antes de entrar en un ramal de salida (o de enlace en el caso de intersecciones a desnivel), los vehículos tienen que frenar, así como acelerar al salir de un ramal de entrada (o de enlace en el caso de intersecciones a desnivel), ya que su velocidad es inferior a la de la vía principal. Para que estos cambios de velocidad no generen fuertes perturbaciones al tránsito, se deben habilitar carriles especiales, que permitan a los vehículos hacer sus cambios de velocidad fuera de la calzada.

- Carriles de aceleración

**Ilustración 17 Esquema de un carril de aceleración**


- Carriles de desaceleración

Ilustración 18 Esquema de carriles de desaceleración



### Curvatura para giros

Los parámetros más importantes que se utilizan en el diseño geométrico de intersecciones son el vehículo de diseño, el ángulo de giro, el ancho de los carriles y el tamaño o área de la isla, en el caso de una intersección canalizada.

### Veredas

Son superficies tratadas, adyacentes a la calzada, que son de uso exclusivo de los peatones.

### Islas

Son elementos básicos para la separación de conflictos y áreas de maniobras en las intersecciones. Están situadas entre carriles de circulación, con el propósito de guiar el movimiento de los vehículos, servir como refugio a los peatones y para proporcionar una zona para la ubicación de señalización e iluminación. Existiendo así islas de tipo direccionales y separadoras.

#### 3.5.1.1 REVISIÓN DE NORMATIVA PARA REDONDELES: ROUNDABOUT: AN INFORMATIONAL GUIDE

Para el diseño geométrico de un redondel, el manual “Roundabout: An Infomational Guide” (Redondeles: Una Guía Informativa), es una guía que indica paso a paso lo que hay que considerar a la hora de diseñar, la misma que se basa en la publicación de “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets” de la AASHTO.

### REDONDEL

La capacidad y el tamaño están relacionados entre sí en función del número de carriles que serán necesarios para dar cabida a los volúmenes de tránsito previstos.

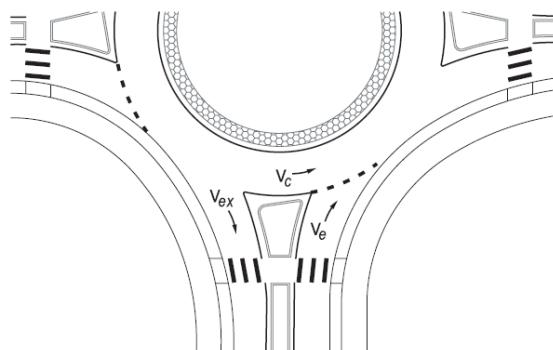
En general, las rotundas de un solo carril tienen una serie de beneficios sobre las rotundas más grandes de varios carriles, incluyendo el mejor funcionamiento de seguridad, una desplazamiento más sencillo para usuarios peatones y bicicletas, huellas más pequeñas, y facilidad de uso para los automovilistas. Por lo tanto, los profesionales deberían reconsiderar la técnica de planeamiento de transporte tradicional de la utilización de un horizonte de tránsito de 20 años para el dimensionamiento de una rotonda. Si los volúmenes de tránsito al año de diseño indican la necesidad de una rotonda de varios carriles, pero esta necesidad es probable que no se produzca durante varios años, se debe considerar la implementación de la rotonda en fases de modo tal que pueda ser construida inicialmente como una rotonda de un solo carril. Sin embargo, también debería diseñarse para ser fácilmente ampliable a una rotonda de varios carriles, si los volúmenes de tránsito en realidad aumentan como se predice.

La capacidad de una rotonda, en general está dada por la cantidad de tránsito en conflicto (vehículos que viajan a lo largo de la calzada circulatoria) que está presente en cada entrada de la rotonda. Un alto volumen en conflicto reduce el número de oportunidades para que los vehículos entren a la rotonda y por lo tanto reduce la capacidad de un determinado ramal de aproximación. En cambio, cuando hay un bajo volumen de tránsito en conflicto, el ramal de aproximación tendrá una mayor capacidad y permitirá que entren a la rotonda un mayor número de vehículos.

Cada ramal de aproximación de la rotonda se evalúa individualmente para determinar el número de carriles de entrada que se requieren basado en la tasa de flujo en conflicto. El número de carriles en la calzada circulatoria es el número de carriles necesarios para garantizar la continuidad de carriles a través de la intersección. Asignaciones de carriles más detalladas y mejoras de las configuraciones de carril se pueden determinar más adelante a través de un análisis de las operaciones más formal.

La suma de los volúmenes de tránsito de entrada ( $V_e$ ) y en conflicto ( $V_c$ ), como se muestra en la Ilustración 19, se puede utilizar para evaluar el número de carriles necesarios en la entrada.

Ilustración 19 Flujos de tránsito en una entrada de rotonda



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, TBR, 2010



Si la suma de los volúmenes que entran y en conflicto es inferior a 1.000 [veh/h], entonces una rotonda de un solo carril se puede suponer que opera dentro de su capacidad. La Tabla 14 proporciona requerimientos adicionales de carriles a nivel de planeamiento para varias combinaciones de volúmenes de entrada y circulación.

**Tabla 14 Límites de volumen para determinar el número de carriles de entrada requeridos**

Volume Range (sum of entering and conflicting volumes)	Number of Lanes Required
0 to 1,000 veh/h	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Single-lane entry likely to be sufficient</li></ul>
1,000 to 1,300 veh/h	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Two-lane entry may be needed</li><li>▪ Single-lane may be sufficient based upon more detailed analysis.</li></ul>
1,300 to 1,800 veh/h	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Two-lane entry likely to be sufficient</li></ul>
Above 1,800 veh/h	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ More than two entering lanes may be required</li><li>▪ A more detailed capacity evaluation should be conducted to verify lane numbers and arrangements.</li></ul>

Source: New York State Department of Transportation

**Fuente:** Roundabouts: An Informational Guide, TBR, 2010

## Consideraciones de diseño

Las consideraciones fundamentales de diseño deben ser evaluadas desde el principio en un nivel de planeamiento para producir una mejor comprensión de la magnitud y el impacto potencial de la alternativa rotonda. Al final, el diseño de una rotonda, consiste en determinar el equilibrio óptimo entre la seguridad, el funcionamiento operacional, y dar cabida a los vehículos de diseño apropiados dados los parámetros y limitaciones específicas para el emplazamiento en evaluación.

### Seguridad

El uso de rotondas es una probada estrategia para mejorar la seguridad de las intersecciones al eliminar o alterar conflictos, reducir la gravedad de los choques, e incitar a los conductores a reducir la velocidad a medida que avanzan hacia y a través de las intersecciones. La disminución de la velocidad de los vehículos también disminuye las diferencias de velocidad con otros usuarios. Comprender la sensibilidad a la seguridad de los diversos elementos de diseño geométricos y la exposición al tránsito ayuda al proyectista a optimizar la seguridad de todos los ocupantes de vehículos, peatones y ciclistas.

La frecuencia de accidentes en una intersección se relaciona con el número de puntos de conflicto en una intersección, y con la magnitud de las corrientes conflictivas en cada punto de conflicto. Un punto de conflicto es un lugar donde las trayectorias de dos vehículos automotores, o vehículo automotor / bicicleta o peatón divergen, convergen o se cruzan. Los puntos de conflictos ocurren donde un vehículo cruza, converge o diverge con una trayectoria, o forma cola detrás de la trayectoria de otro vehículo, peatón o ciclista.

## ROTONDAS MULTICARRILES

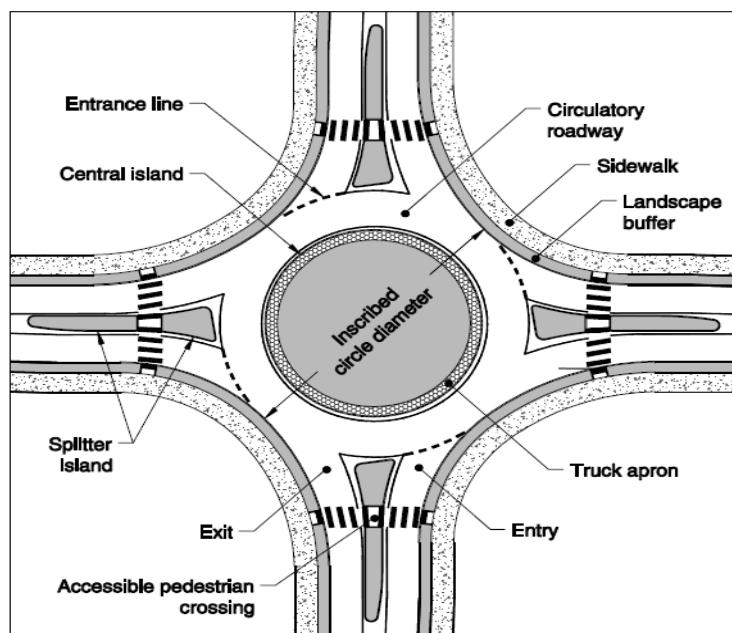
El diseño geométrico de una rotonda requiere el equilibrio de objetivos de diseño contrapuestos. Las rotondas operan con mayor seguridad cuando su geometría fuerza al tránsito a entrar y circular a bajas velocidades. Se halló que una geometría deficiente impacta negativamente en las operaciones de la rotonda, al afectar la elección de carril por parte del conductor, y todo el comportamiento. Muchos parámetros geométricos se rigen por los requerimientos de maniobra del vehículo de diseño. El diseño de una rotonda es un proceso de determinar el equilibrio óptimo entre la seguridad, comportamiento operacional y acomodamiento del vehículo de diseño.

Muchas de las técnicas de diseño son sustancialmente diferentes para rotondas de un solo carril que para rotondas con dos o más carriles.

Estos principios debe ser la meta de cualquier diseño de la rotonda:

- Proveer baja velocidad de entrada y velocidades coherentes mediante la deflexión.
- Proveer el número y asignación de carriles para obtener capacidad adecuada, balance del volumen de carriles, y continuidad de carril.
- Proveer canalización suave que sea intuitiva para los conductores y que resulte en vehículos usando en forma natural los carriles previstos.
- Proveer acomodamiento adecuado a los vehículos de diseño.
- Diseñar para satisfacer las necesidades de peatones y ciclistas.
- Proveer distancia visual y visibilidad adecuadas para el reconocer la intersección y los usuarios conflictivos.

Ilustración 20 Elementos geométricos básicos de una rotonda



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, TBR, 2010



---

La Ilustración 20 proporciona una revisión de las características geométricas básicas y las dimensiones clave de una rotonda.

### **Administración de la velocidad**

Obtener adecuadas velocidades vehiculares de entrada y circulación a través de la rotonda es un objetivo de diseño fundamental, ya que tiene un fuerte impacto en la seguridad de todos los usuarios; también facilita usar las rotondas y ser más cómoda para peatones y ciclistas. Una rotonda bien diseñada reduce la velocidad del vehículo a la entrada y logra la coherencia de las velocidades relativas entre los flujos de tránsito en conflicto, forzando a los vehículos a maniobrar a lo largo de una trayectoria curva.

En las rotondas multicarriles se recomiendan velocidades máximas de entrada de 40 a 48 km/h sobre la base de la trayectoria teórica más rápida para lograr un buen desempeño a la seguridad, suponiendo que los vehículos ignoran todas las líneas de carril. Estas velocidades están influidas por una variedad de factores, incluyendo la geometría de la rotonda y las velocidades de operación de los caminos se aproximan. Como resultado, a menudo el control de la velocidad es una combinación controlar las velocidades en la propia rotonda y en los caminos de aproximación.

Además de conseguir una adecuada velocidad de diseño para los movimientos más rápidos, otro objetivo importante es lograr velocidades compatibles para todos los movimientos. Junto con las reducciones generales de la velocidad, la coherencia de velocidad puede ayudar a minimizar la tasa de choques entre corrientes conflictivas de vehículos. Este principio tiene dos implicaciones.

- Debe minimizarse la velocidad relativa entre elementos geométricos consecutivos
- Debe minimizarse la velocidad relativa entre los flujos de tránsito en conflicto

### **Números y disposiciones de carriles**

El Capítulo IV establece las metodologías para el análisis operativo de una rotonda. Uno de los resultados de este análisis es el número necesario de los carriles de entrada para servir a cada uno de los accesos a la rotonda. Para garantizar la continuidad de carril, en las rotondas multicarriles se debe tener el cuidado de asegurar que el diseño también proporcione el número apropiado de carriles en la calzada circulatoria y en cada salida.

Los movimientos permitidos asignados a cada carril de entrada son la clave para el diseño general. Trazados de marcación del pavimento deben considerarse integralmente en el proceso de diseño preliminar para asegurar la continuidad de carril.

En algunos casos, una rotonda diseñada para dar cabida a los volúmenes de tránsito del año de proyecto, puede resultar en muchos más carriles para entrar, salir, circular y carriles que los necesarios en los primeros años de operación.



---

Las rotundas multicarriles tienen por lo menos dos carriles en las entradas y salidas. El número de carriles puede variar de una aproximación a otra, siempre y cuando estén debidamente asignados por señales y marcas.

Hay algunas variables de diseño que pueden producir desequilibrios de carriles, como entradas, alineamientos de salida, o patrones de giro mal diseñados. También es necesario reconocer posibles variables del sistema corriente abajo, tales como un importante generador de viajes, ramas de distribuidores, o cuello de botella en la intersección corriente abajo. Todas estas variables pueden influir en la elección de carril en una rotonda.

### **Diámetro de círculo inscrito**

El diámetro del círculo inscrito debe ser lo suficientemente grande para acomodar el vehículo de diseño mientras se mantiene una velocidad más lenta de los vehículos pequeños

Para una rotonda de dos carriles, el diámetro mínimo círculo inscrito es normalmente de 46 m. Diámetros en el rango de 49 a 55 m son comunes puntos de partida para diseñar la rotonda de dos carriles

El diámetro del círculo inscrito es la distancia a través del círculo inscrito por el cordón exterior (o borde) de la calzada circulatoria. Es la suma del diámetro de la isleta central y el doble del ancho de calzada circulatoria. El diámetro del círculo inscrito se determina atendiendo a una serie de objetivos, incluido el acomodamiento del vehículo de diseño y el control de velocidad, y puede requerir la experimentación iterativa.

El ancho de la calzada circulatoria, los anchos de entrada y salida, los radios de entrada y salida, y los ángulos de entrada y salida también juegan un papel significativo para acomodar al vehículo de diseño y proveer desviación.

En las rotundas multicarriles, generalmente el tamaño de la rotonda está determinado por el equilibrio entre la necesidad de obtener deflexión y la de proporcionar trayectorias vehiculares naturales. Normalmente, el logro de estos objetivos críticos de diseño requiere un diámetro ligeramente superior al utilizado para las rotundas de un solo carril.

En general, el diámetro del círculo inscrito de una rotonda multicarriles varía desde 46 m hasta 76 m.

### **Alineamiento de las aproximaciones**

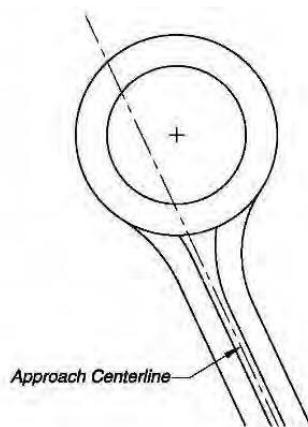
El alineamiento de los ramales de aproximación juega un papel importante en el diseño de una rotonda. El alineamiento afecta la cantidad de desviación (control de velocidad), a la capacidad para adaptar el vehículo de diseño, y a los ángulos de visibilidad de los ramales adyacentes. Generalmente, el tamaño y posición de la rotonda gobiernan el alineamiento óptimo de las aproximaciones.

Opciones para los alineamientos de las aproximaciones:



**Principio de Diseño:** El alineamiento no tiene por qué pasar por el centro de la rotonda; Ilustración 22, sin embargo, tiene un efecto primario sobre el diseño de entrada/salida. El alineamiento óptimo permite un diseño de entrada que proporcione una desviación adecuada y controle la velocidad, al tiempo que proporcione ángulos visuales adecuados para los conductores y equilibre los impactos/costos sobre la propiedad.

**Ilustración 21 Desplazamiento del alineamiento hacia la izquierda del centro**



#### 1. VENTAJAS:

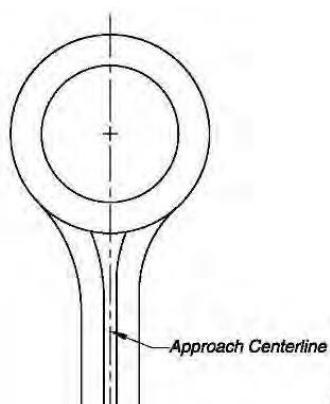
- Permite mayor desviación
- Beneficioso para acomodar los camiones grandes con un círculo inscrito de diámetro pequeño, permite un radio de entrada más grande, mientras que mantiene el control y de la velocidad y desviación
- Puede reducir los impactos en el lado derecho del camino

#### SOLUCIÓN DE COMPROMISOS

- El aumento del radio de salida o la salida tangencial reduce el control de las velocidades de salida y de la aceleración por la zona de cruce peatonal
- Puede crear mayores impactos en el lado izquierdo de la calzada

Otra alternativa frecuentemente aceptable es desplazar la línea central de la aproximación hacia la izquierda (es decir, la línea central pasa a la izquierda del punto central de la rotonda, Ilustración 21). Típicamente, este alineamiento aumentará la deflexión alcanzada en la entrada para mejorar el control de velocidad.

**Ilustración 22 Alineamiento a través del Centro de la rotonda**



## 2. VENTAJAS:

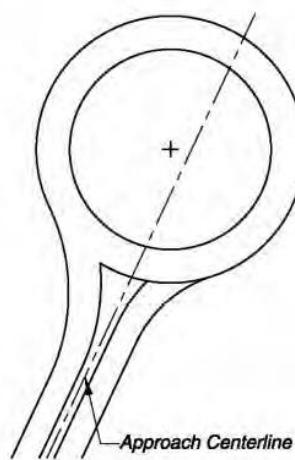
- a. Reduce la cantidad de cambios de alineamiento a lo largo de la camino de aproximación para mantener el impacto más localizados a la intersección
- b. Permite una cierta curvatura de salida para animar a los conductores a mantener velocidades más lentes a través de la sal

### SOLUCIÓN DE COMPROMISOS

- a. El aumento del radio de salida reduce el control de las velocidades/acceleraciones de salida a través de la zona de cruce peatonal
- b. Puede requerir un diámetro de círculo inscrito ligeramente mayor (comparado con el diseño de desplazamiento a la izquierda) para proporcionar el mismo nivel de control de velocidad

Un punto de partida común en el diseño es centrar la rotonda para que las líneas centrales de los ramales pasen por el centro del círculo inscrito (alineamientos radiales). Normalmente, esta ubicación permite que la geometría de una rotonda de un solo carril se diseñe adecuadamente, de tal forma que los vehículos circulen a baja velocidad tanto a través de entradas y salidas. El alineamiento radial también refuerza notablemente la isleta central para los conductores que se acercan, y minimiza la modificación requerida corriente arriba de la intersección de la intersección.

Ilustración 23 Alineamiento a la derecha del centro



## 3. VENTAJAS:

- a. Puede utilizarse para rotondas de gran diámetro de círculo inscrito donde los objetivos de control de velocidad aún pueden cumplirse
- b. Aunque no es de uso general, esta estrategia puede ser apropiada en algunos casos (siempre que se cumplan los objetivos de velocidad) para minimizar los impactos, mejorar ángulos de visión, etc.

### SOLUCIÓN DE COMPROMISOS

- a. A menudo, más difícil de alcanzar los objetivos de control de velocidad, sobre todo en rotondas de diámetro pequeño
- b. Aumenta la curvatura de salida que debe maniobrarse



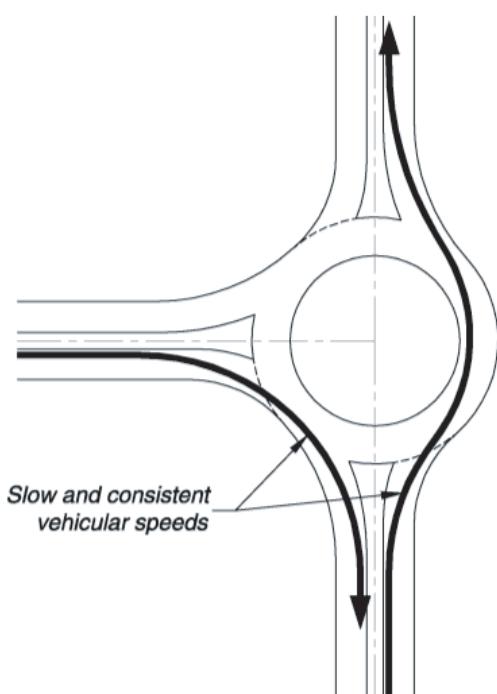
---

En general, los alineamientos de aproximación desplazados hacia la derecha del punto central no logran resultados satisfactorios, debido principalmente a la falta de desviación y la falta de control de velocidad que resultan de este alineamiento.

### Ángulo entre ramales de aproximación

El ángulo entre los ramales puede afectar la capacidad de alcanzar velocidades lentes en la trayectoria más rápida, puede afectar la conducción de los vehículos de gran tamaño, y complicar la señalización y marcación. En general, será más fácil alcanzar los objetivos de diseño si los ramales de aproximación son casi perpendiculares entre sí. Se pueden obtener diseños aceptables con ángulos oblicuos entre las aproximaciones con los ajustes correspondientes de otros componentes del diseño.

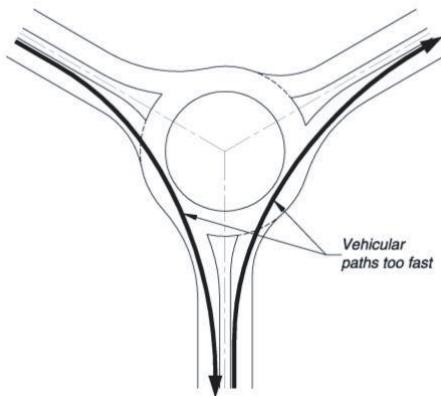
Ilustración 24 Ramales perpendiculares



En general, los ángulos rectos entre aproximaciones proporcionarán velocidades lentes y uniformes si se usan en combinación con otras características de diseño adecuadamente dimensionadas. A menudo es más fácil obtener velocidades aceptables de trayectorias rápidas con un ángulo de aproximación recto que con una oblicuidad.

Cuando la intersección de los caminos es oblicua bajo las condiciones actuales, para alcanzar un estado ideal sería necesario realinear uno o más ramales de aproximación. La posibilidad de realinear un ramal puede depender de otras limitaciones del lugar y puede no ser posible en todos los casos. Generalmente es deseable realinear para alcanzar un ángulo lo más cercano a 90° como sea práctico.

---

**Ilustración 25 Ángulo grande entre ramales**

En situaciones que implican un gran ángulo entre los ramales, es conveniente volver a alinear uno o más ramales para tratar de lograr una condición más perpendicular. Los ángulos grandes dificultan proveer la desviación adecuada y pueden resultar en altas velocidades de los vehículos, especialmente para los giros a la derecha.

Las opciones para obtener el control de velocidad adecuada sin realinear las aproximaciones incluyen pero no están limitados a:

- Cambiar el diámetro del círculo inscrito
- Desviar el eje de la aproximación hacia la izquierda del centro de la rotonda
- Reducir los anchos y radios de entrada

### **Isleta central**

La isleta central de una rotonda es el área elevada, generalmente no traspasable rodeada por la calzada circulatoria. También puede incluir un delantal de camiones traspasable. Una isleta central circular es preferible porque la calzada circulatoria de radio constante ayuda a promover velocidades constantes alrededor de la isleta central.

El tamaño de la isleta central juega un papel clave para determinar la cantidad de desviación impuesta a la trayectoria directa del vehículo. Sin embargo, su diámetro depende del diámetro del círculo inscrito y el ancho requerido por la calzada circulatoria

### **Ancho de entrada**

El ancho necesario de entrada para cualquier diseño dado depende del número de carriles y vehículo de diseño. Un ancho de entrada típico para entradas de dos carriles varía entre 7.3 a 9.1 m para entradas de dos carriles, y entre 11 y 13.7 para entrada de tres carriles. Los anchos típicos de carriles individuales en la entrada varían entre 3,7 y 4,6 m.

Generalmente, donde se requiera capacidad de entrada adicional hay dos opciones:

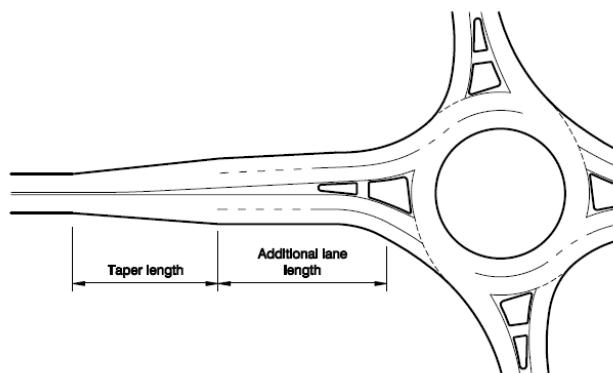
1. Adicionar un carril corriente arriba de la rotonda y mantener carriles paralelos a través de la geometría de entrada; o

- 
2. Ampliar gradualmente la aproximación (abocinamiento) a través de la geometría de la entrada.

Las ilustraciones 26 y 27 muestran dos opciones de ensanchamiento:

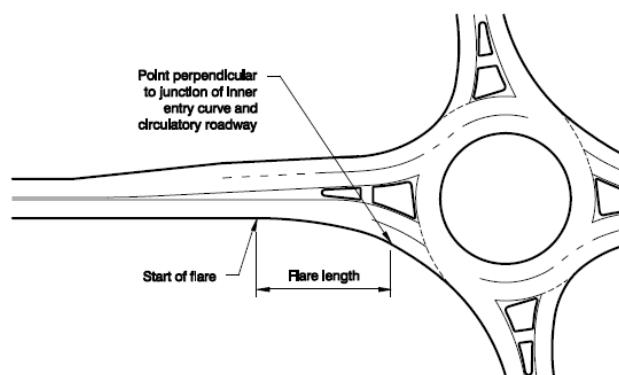
El abocinamiento de la aproximación puede proporcionar un medio eficaz para aumentar la capacidad sin requerir tanta zona de camino como la adición de un carril adicional.

**Ilustración 26 Ensanchamiento de aproximación mediante adición de un carril**



**Fuente:** Roundabouts: An Informational Guide, TBR, 2010

**Ilustración 27 Ensanchamiento de aproximación mediante abocinamiento de entrada**



**Fuente:** Roundabouts: An Informational Guide, TBR, 2010

### Anchos de la calzada circulatoria

El ancho de la calzada circulatoria suele estar regido por los criterios de diseño relacionados con los tipos de vehículos que pueden necesitar ser alojados adyacentes a través de una rotonda multicarriles. La combinación de los tipos de vehículos que pueden alojarse lado-a-lado depende de las condiciones específicas de tránsito de lugar.

Típicamente, los anchos de carril de la calzada circulatoria multicarriles varían entre 4.3 y 4.9 m. Estos valores resultan de un ancho total de calzada circulatoria de 8.5 a 9.8 m para calzada circulatoria de dos carriles, y de 12.8 a 14.6 para ancho de calzada circulatoria de tres carriles.

En las rotundas multicarriles, el ancho calzada circulatoria puede ser variable en función del número de carriles y los requerimientos para girar del vehículo de diseño. No es necesario una anchura constante a lo largo de toda la calzada circulatoria, y es deseable proporcionar sólo el ancho mínimo necesario para servir a las configuraciones de carriles requeridos en parte específica de la rotonda.

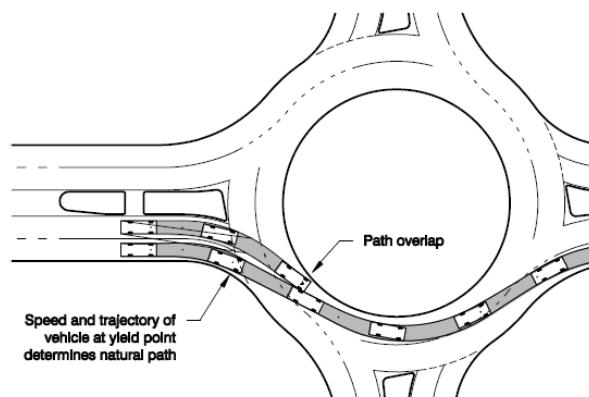
### Geometría de la entrada

En las rotundas multicarriles, el diseño de la curvatura de entrada debe equilibrar objetivos contrapuestos de control de velocidad, alineamiento adecuado de las trayectorias naturales, y la necesidad de líneas de visibilidad adecuadas. A menudo, esto requiere varias iteraciones de diseño para determinar los adecuados tamaños, ubicación, y alineamientos de aproximación.

Normalmente, los radios de entrada para las rotundas multicarriles deben superar los 20 metros para fomentar adecuadas trayectorias naturales y evitar colisiones laterales en la entrada. Los radios de entrada demasiado pequeños (menos de 13,7 m) pueden ocasionar conflictos entre corrientes de tránsito adyacentes, lo que puede resultar en pobre uso de carriles pobres y reducción de la capacidad.

El traslapo de las trayectorias de los vehículos es un tipo de conflicto que se produce cuando las trayectorias naturales de carriles adyacentes se cruzan entre sí. Ocurre más comúnmente en las entradas, donde la geometría del carril derecho (exterior) tiende a conducir vehículos hacia el carril de la izquierda (interior). El traslapo de trayectorias también puede ocurrir en las salidas, donde la geometría tiende a conducir a los vehículos del carril de la izquierda hacia el carril de salida de la derecha.

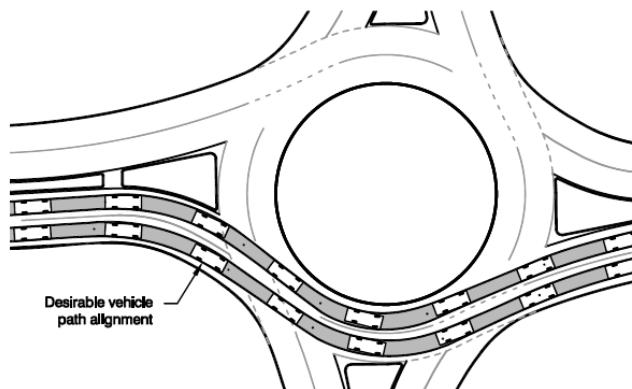
Ilustración 28 Traslapo de trayectorias vehiculares de entrada



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, TBR, 2010

El resultado buscado al diseñar la entrada es que el vehículo de diseño se alinee naturalmente en su carril correcto en la calzada circulatoria.

Ilustración 29 Alineamiento deseable de trayectoria vehicular



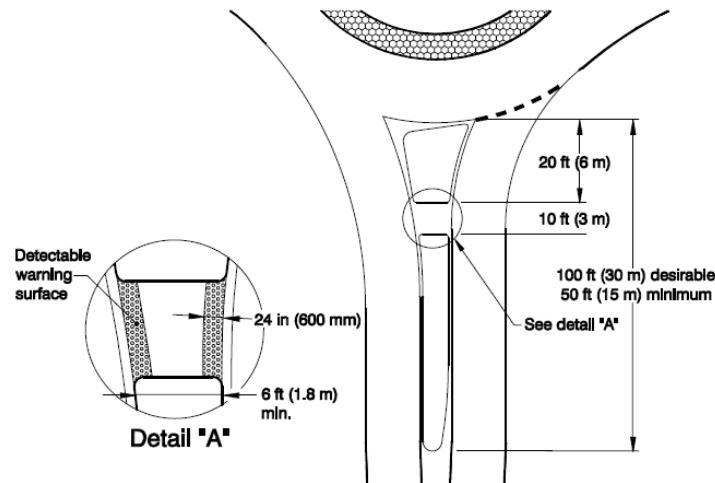
Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, TBR, 2010

Los radios de curva de entrada comúnmente varían aproximadamente entre 20 a 35 m y se retranquean por lo menos 6 m desde el borde de la calzada circulatoria. Entonces, una recta o curva de gran radio [más de 45 m] se instala entre la curva de entrada y el borde exterior de la calzada circulatoria.

### Isletas partidoras

Las isletas partidoras (también llamadas separadoras, divisorias o de mediana) se deben proveer en todas las rotondas. Su propósito es refugiar a los peatones, ayudar a controlar la velocidad, guiar al tránsito en la rotonda, separar físicamente los flujos que entran y salen, impedir los movimientos equivocados y proveer un lugar para erigir señales. Se desarrolla la isleta partidora junto con el diseño de la salida; la isleta partidora debe proporcionar un ancho adecuado para refugiar a los peatones y ubicar señales.

Generalmente, la longitud total de la isleta elevada debe ser por lo menos de 15 m, aunque es conveniente de 30 m para proteger a los peatones y alertar a los conductores acerca de la geometría de la rotonda. En los caminos de mayor velocidad, a menudo son beneficiosas isletas partidoras de 45 m o más. Además, la isleta partidora debe extenderse más allá del final de la curva de salida para evitar que el tránsito saliente invada accidentalmente la trayectoria del tránsito opuesto. El ancho de la isleta partidora debe tener un mínimo de 1,8 m en el cruce peatonal para proveer adecuado refugio a los peatones, incluidos los usuarios en sillas de ruedas, a quienes empujan un cochecito, o caminan al lado de su bicicleta.

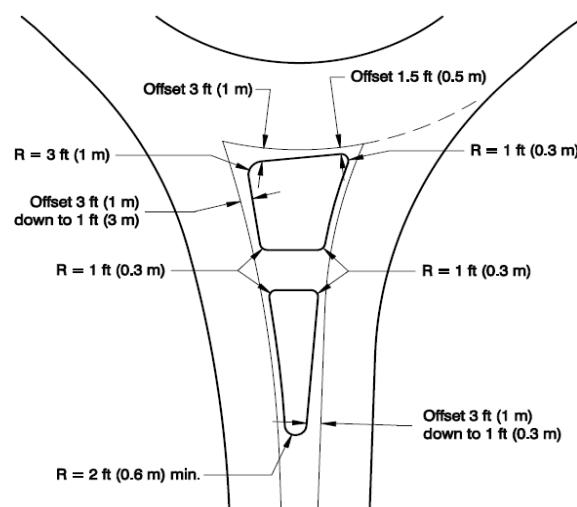
**Ilustración 30 Dimensiones mínimas de la isleta partidora**

**Fuente:** Roundabouts: An Informational Guide, TBR, 2010

La ilustración 30 muestra las dimensiones mínimas para una isleta partidora en una rotonda, incluida la ubicación del paso de peatones.

Las guías de AASHTO para diseñar isletas deben seguirse para la isleta partidora, lo cual incluye el uso de radios de nariz más grandes en las esquinas de aproximación para maximizar la visibilidad de las isletas y retirar las líneas de cordón para crear un efecto de embudo.

El tratamiento de embudo también ayuda a reducir las velocidades de los vehículos que se acercan a la rotonda. La ilustración 31 muestra típicos radios mínimos de narices de isleta partidora, y las dimensiones de los retranqueos desde las calzadas de entrada y salida.

**Ilustración 31 Radios y retranqueos mínimos de nariz de una isleta partidora**

**Fuente:** Roundabouts: An Informational Guide, TBR, 2010

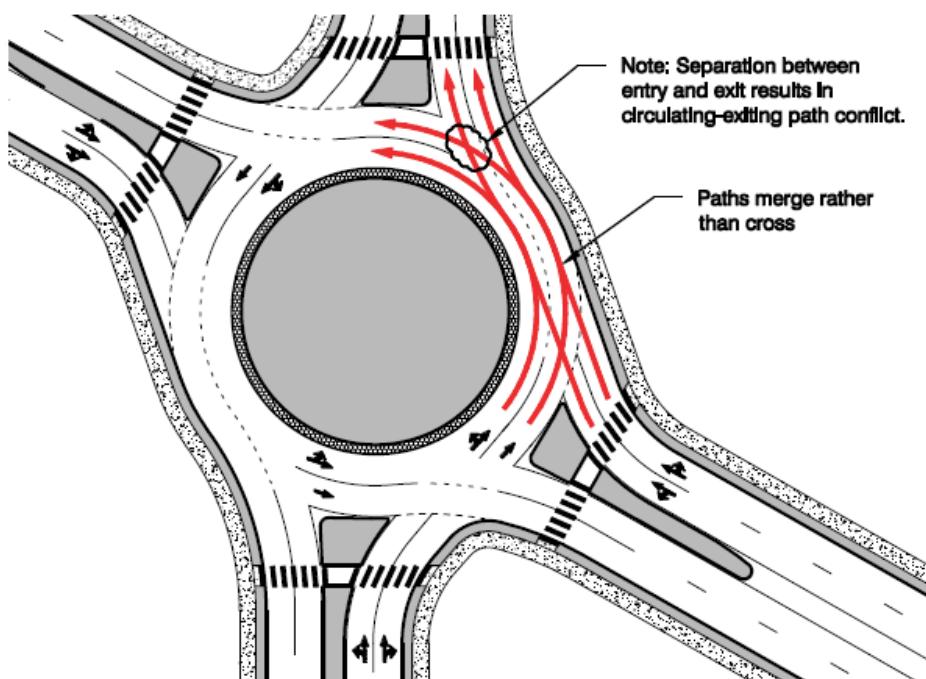
## Curvas de salida

Si no se asignan adecuadamente los carriles, los conflictos pueden ocurrir entre los vehículos que salen y circulan. El inadecuado diseño horizontal de las salidas también puede resultar en traslapo de las trayectorias de salida, similar al que se produce en las entradas. Comúnmente, los radios de las curvas de salida son más grandes que los de entrada, como consecuencia de otros factores (alineamiento de entrada, diámetro, etc.); los radios más grandes de las curvas de salida se suelen utilizar para promover un buen alineamiento de la trayectoria vehicular. Sin embargo, el diseño debe equilibrarse para mantener velocidades bajas en los cruces peatonales de la salida.

Si el radio de salida en una salida multicarriles es demasiado pequeño, el tránsito en el interior de la calzada circulatoria tenderá a salir hacia el carril de salida exterior sobre un radio de giro más cómodo.

También pueden surgir problemas si el diseño permite la separación excesiva entre entradas y salidas siguientes. Las grandes separaciones entre los ramales causa que los vehículos entrantes se unan al lado del tránsito que circula, el cual puede tener la intención de salir en el ramal siguiente, más que cruzar la trayectoria de los vehículos que salen. Esto puede crear conflictos en el punto de salida entre los vehículos que salen y que circulan, ilustración 32.

**Ilustración 32 Conflicto saliente-circulante causado por una gran separación entre ramales**



**Fuente:** Roundabouts: An Informational Guide, TBR, 2010

Una posible solución de bajo costo que implica modificaciones en las disposiciones carril, utilizando una combinación de líneas de pintura y modificaciones físicas. Esto



puede ser aceptable si los volúmenes de tránsito son compatibles. Una mejor solución comprende el realineamiento de los ramales de aproximación para que las trayectorias de los vehículos entrantes crucen las trayectorias del tránsito circulante (más que convergir) para eliminar el conflicto.

## CONSIDERACIONES DEL VEHÍCULO DE DISEÑO

La elección de los vehículos de diseño variará dependiendo de los tipos de calzada de aproximación y de las características del uso de la tierra circundante. El vehículo de diseño del proyecto es el 2S2:

Ilustración 33 Características del vehículo de diseño

TIPO	Distribución máxima de carga por eje	DESCRIPCIÓN	Peso Bruto Vehicular PBV (Toneladas)	Peso Vehículo Vacío (Promedio)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (METROS)		
					Largo	Ancho	Alto
2S2		TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 2 EJES	38,00	15,00	18,50	2,60	4,10

Fuente: NEVI-12 MTOP

El tamaño de los vehículos de diseño a menudo tiene un efecto directo sobre el tamaño del diámetro del círculo inscrito necesario.

En general, las rotundas más grandes se utilizan a menudo para dar cabida a vehículos de gran tamaño, manteniendo bajas velocidades para vehículos de pasajeros.

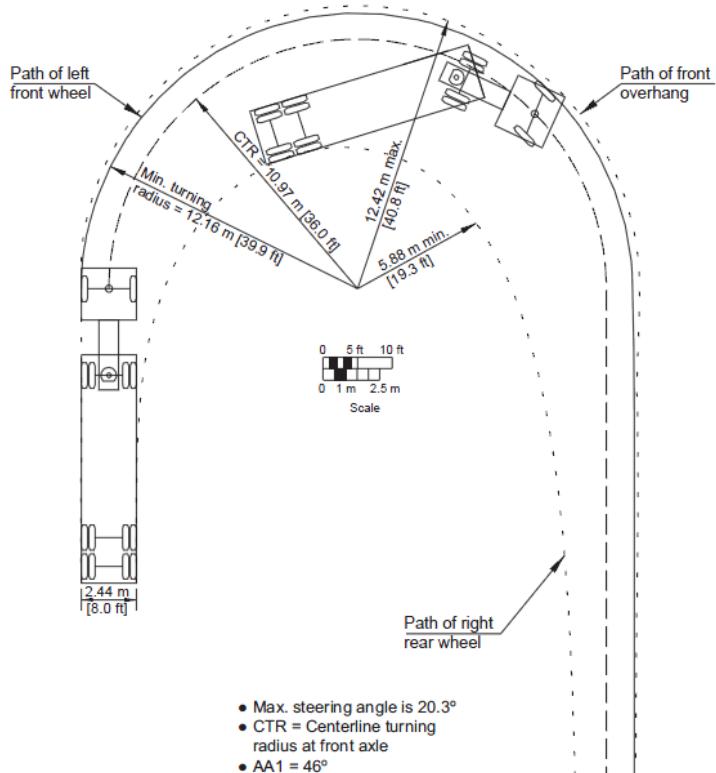
Donde haya necesidad de acomodar grandes vehículos de diseño en su propio carril, hay una serie de consideraciones que entran en juego. Pueden ser necesarios un diámetro de círculo inscrito y radios de entrada/salida más grandes para mantener el control de velocidad y acomodar al vehículo de diseño.

Una técnica para acomodar el vehículo de diseño en la calzada circulatoria es utilizar un ancho de carril más ancho para el carril exterior y un ancho de carril más angosto para el carril interno.

### Trayectoria natural

La consideración clave al dibujar la trayectoria natural es recordar que los conductores no pueden cambiar instantáneamente la dirección o velocidad de su vehículo. Esto significa que la trayectoria natural no tiene cambios bruscos de curvatura, tiene transiciones entre tangentes y curvas consecutivas y entre las curvas reversas.

Ilustración 34 Camino de radio giro mínimo de vehículo de diseño



**Fuente:** A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2011

En segundo lugar, significa que las curvas consecutivas deben ser de radios similares. Si una segunda curva tiene un radio mucho más pequeño que la primera curva, el conductor estará viajando demasiado rápido para maniobrar el giro, y no podrá ser capaz de mantenerse dentro del carril. Si el radio de una curva se dibuja significativamente más pequeño que el radio de la curva anterior, debe ajustarse la trayectoria.

### Distancia visual

Los dos aspectos más relevantes de la distancia visual de las rotundas son la distancia visual de detención y la distancia visual de intersección.

- Distancia visual de detención

La distancia visual de detención es la distancia a lo largo de un camino necesaria para un conductor perciba y reaccione ante un objeto en el camino y se detenga completamente antes de llegar al objeto. Debe proporcionarse en todos los puntos de una rotonda, y en cada aproximación de entrada y salida.



Tabla 15 Distancia Visual de Detención

Velocidad (km/h)	Computarizada Distancia * (m)
10	8.1
20	18.5
30	31.2
40	46.2
50	63.4
60	83.0
70	104.9
80	129.0
90	155.5
100	184.2

\* Supone la percepción 2.5 s de tiempo de frenado, el  $3.4 \text{ m/s}^2$  la desaceleración del conductor.

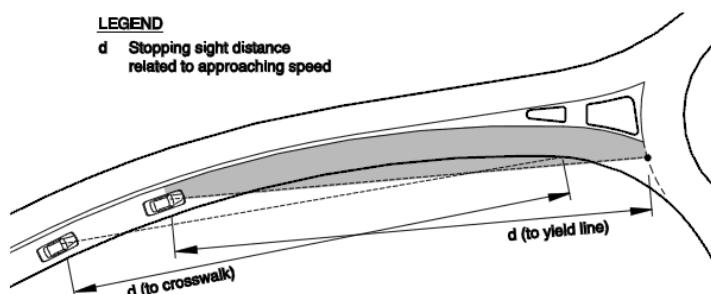
**Fuente:** Roundabouts: An Informational Guide, TBR, 2010

La distancia visual de detención se medirá con una altura supuesta de los ojos del conductor de 1.08 m y una altura supuesta de objeto de 0,6 m, de conformidad con la AASHTO.

En tres lugares críticos debe revisarse la distancia visual de detención:

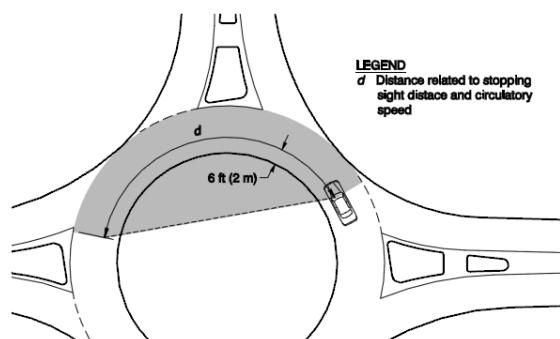
1. Distancia visual de aproximación

Ilustración 35 Distancia visual de detención en la aproximación



2. Distancia visual de calzada circulatoria

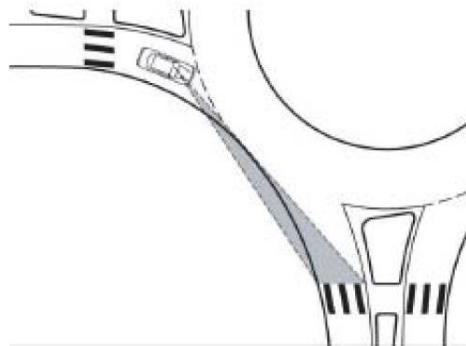
Ilustración 36 Distancia visual de detención en la calzada circulatoria



---

### 3. Distancia visual a cruce peatonal en la salida

Ilustración 37 La distancia visual de paso peatonal en la salida



- Distancia visual de intersección

Es la distancia requerida para un conductor sin derecho de paso para percibir y reaccionar ante la presencia de vehículos en conflicto. Se obtiene mediante el establecimiento de los *triángulos visuales* que permitan a un conductor ver y reaccionar con seguridad a los vehículos potencialmente conflictivos. En las rotondas, los únicos lugares que requieren una evaluación de la distancia visual de intersección son las entradas.

La distancia visual de intersección se medirá usando una supuesta altura de los ojos del conductor de 1.08 m y una altura supuesta de objeto de 1.08 m, de conformidad con la AASHTO.

El triángulo de la distancia visual tiene dos aproximaciones contradictorias que deben verificarse independientemente:

La longitud del lado de aproximación del triángulo visual debe limitarse a 15m, este valor pretende requerir a los vehículos reducir la velocidad antes de entrar en la rotonda, lo cual apoya la necesidad de reducir la velocidad y ceder el paso en la entrada de la rotonda y permitir a los conductores centrarse en el paso de peatones antes de entrar. Si el ramal de aproximación del triángulo visual es mayor que 15 m, puede ser aconsejable añadir jardinería para restringir la distancia visual a los requerimientos mínimos.

Un vehículo que se aproxima a una entrada de rotonda enfrenta a los vehículos en conflicto dentro de la calzada circulatoria y en la inmediata entrada corriente arriba.

$$d_1 = (0.278) (V_{principal, entrante}) (tc)$$

$$d_2 = (0.278) (V_{principal, entrante}) (tc)$$

Donde

$d_1$  = lado del triángulo visual de entrada [m]

$d_2$  = lado del triángulo visual de circulación, [m]



$V_{principal}$  = velocidad de circulación en conflicto [km/h]

$t_c$  = distanciamiento crítico de entrada a camino principal [5s]

Ilustración 38 Longitud calculada de lado conflictivo de triángulo visual de intersección

Velocidad de Aproximación Conflictiva (km/h)	Distancia Calculada (m)
20	28
25	35
30	42
35	49
40	56

Nota: Las distancias calculadas se basan en un distanciamiento de 5 s.

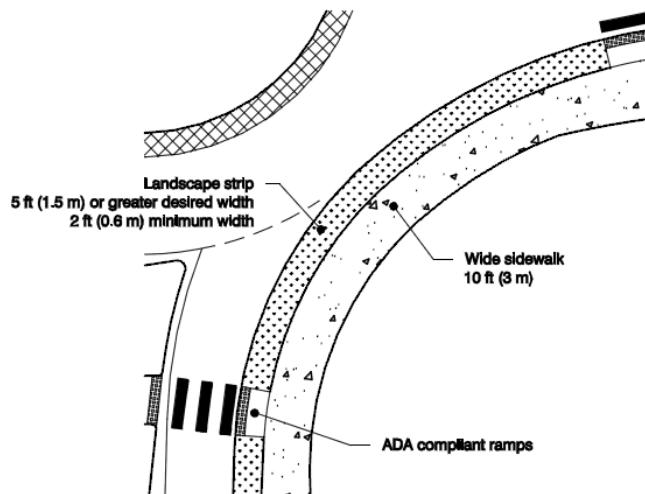
Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, TBR, 2010

### Consideraciones de diseño para peatones

- **Veredas**

Donde sea posible, retirar las veredas 1.5 m desde la calzada circulatoria. Desalienta a los peatones de cruzar hacia la isleta central o cortar a través de la calzada circulatoria.

Ilustración 39 Ejemplo de tratamiento de vereda



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, TBR, 2010

### Consideraciones sobre el alineamiento vertical

Los componentes del alineamiento vertical de las rotundas incluyen rasantes, peralte, pendientes de aproximación y drenaje. El diseño vertical debe tener en cuenta la probabilidad de vuelco de los camiones grandes o corrimiento de la carga. Muchos factores pueden contribuir al vuelco de camiones, y los componentes de los diseños horizontal y vertical contribuyen de forma simultánea.



---

### Puntos de conflicto

La frecuencia de accidentes en una intersección se relaciona con el número de puntos de conflicto en una intersección, y con la magnitud de las corrientes conflictivas en cada punto de conflicto. Un punto de conflicto es un lugar donde las trayectorias de dos vehículos automotores, o vehículo automotor / bicicleta o peatón divergen, convergen o se cruzan.

Un análisis de conflictos debería tener en cuenta los siguientes factores:

- Existencia del punto de conflicto;
- Exposición, medida por el producto de los dos volúmenes de flujo en conflicto en un determinado punto de conflicto;
- Gravedad, sobre la base de las velocidades relativas de las corrientes en conflicto (velocidad y ángulo); y
- Vulnerabilidad, basada en la capacidad de que un miembro de cada corriente en conflicto sobreviva a un accidente.

Es importante utilizar el número mínimo de carriles de entrada, de circulación y de salida, sujeto a consideraciones de capacidad.



## CAPITULO IV. METODOLOGÍA

La metodología a seguir, luego de saber cómo está constituido un redondel geométricamente y de estar consciente del nivel de importancia que tiene el peatón en una red vial, se analizará también el flujo a través de la rotonda para calcular su capacidad y por ende su nivel de servicio. Una vez calculado su nivel de servicio actual, se calculan las proyecciones del TPDA para los años 2020, 2025, 2030 y 2035 y así poder analizar su funcionamiento en el futuro para su respectivo análisis.

Para calcular la capacidad actual del redondel y compararla con la demanda actual se siguen los procedimientos del Highway Capacity Manual (HCM) 2010.

Luego, siguiendo los lineamientos de la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI), se da a conocer los pasos a seguir para el diseño geométrico.

### 4.1 HCM 2010

El capítulo 21 del HCM 2010, presenta procedimientos para el análisis de redondeles donde incluye las características de la capacidad del redondel y presenta términos específicos para redondeles.

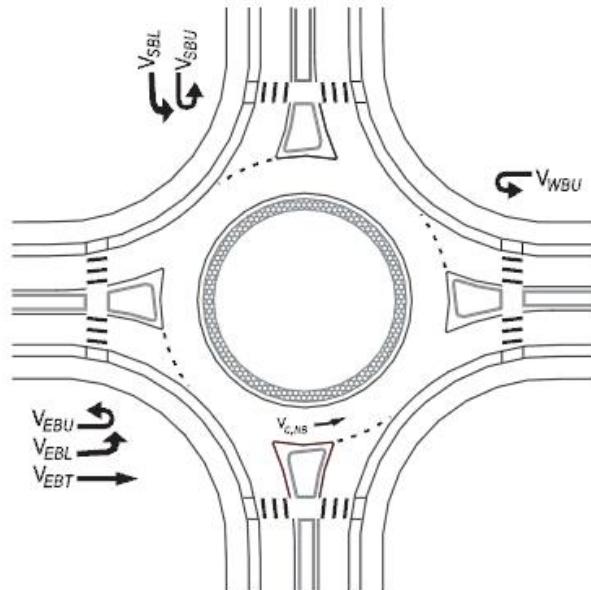
Los redondeles o rotundas son una forma común de control de intersección utilizada en todo el mundo.

#### 4.1.1 DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE FLUJO EN ROTONDAS

Se requiere el cálculo de índices de flujo de entrada, circulación, y salida para cada ramal de rotonda. Aunque las secciones siguientes presentan una metodología numérica para una rotonda de cuatro ramales, esta metodología puede extenderse a cualquier número de ramales.

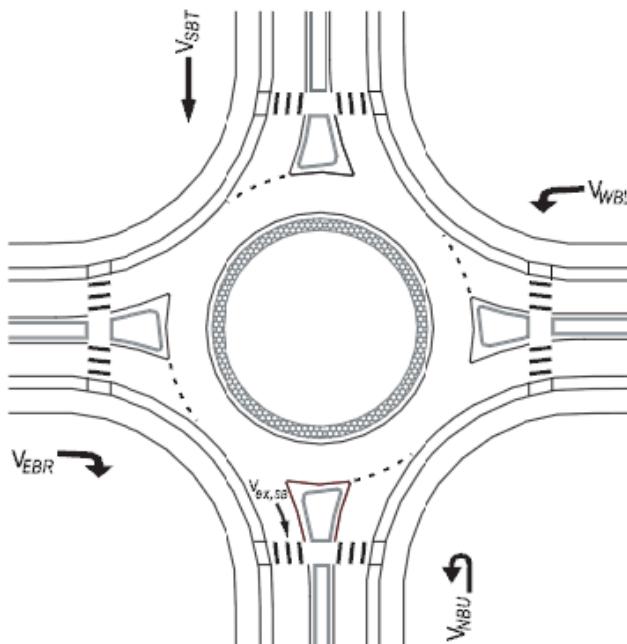
El índice de flujo que circula en oposición en una determinada entrada se define como el flujo en conflicto con el flujo de entrada de ese ramal. Los movimientos que contribuyen a que el flujo circule hacia el norte se ilustran en Ilustración 40 En esta Figura,  $V_{c\ NB}$  es el flujo que circula frente a la entrada norte, y los movimientos que contribuyen son dirección este directo (EBT), dirección este giro a la izquierda (EBL), dirección este giro en U (EBU), dirección sur giro a la izquierda (SBL), dirección sur giro en U (SBU), y dirección oeste giros en U (WBU).

Ilustración 40 Cálculo del Flujo Circulante


**Fuente:** HCM, 2010

En esta ilustración,  $V_{ex/SB}$  es el flujo de salida hacia el sur, y los movimientos que contribuyen son: dirección Este giro a la derecha (EBR), dirección Sur directo (SBT), dirección Oeste giro a la izquierda (WBL), dirección norte giro en U (NBU).

Ilustración 41 Cálculo del flujo de salida


**Fuente:** HCM, 2010



#### 4.1.2 AJUSTES POR FLUJO MIXTO DE VEHÍCULOS

Para tener en cuenta las características de flujo de vehículos, se ajusta la tasa de flujo para cada movimiento con los factores indicados en la ilustración 42.

Ilustración 42 Equivalencias de los vehículos de pasajeros

Vehicle Type	Passenger Car Equivalent, $E_T$
Passenger Car	1.0
Heavy Vehicle	2.0
Bicycle	0.5

Fuente: HCM, 2010

El cálculo para incorporar estos valores se da en las siguientes ecuaciones (HCM):

$$v_i = \frac{V_i}{FHMD}$$

$$v_{i,veq} = \frac{v_i}{f_{HV}}$$

Ecuación 2

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)}$$

Donde:

$v_{i,veq}$ =flujo de demanda por movimiento  $i$ , [ $veq/h$ ];

$v_i$ =volumen de demanda por movimiento  $i$ , [ $veh/h$ ];

$f_{HV}$ =factor de ajuste por vehículos pesado;

$P_T$ =proporción de volumen de demanda que consiste en vehículos pesados, y

$E_T$ =equivalencia de vehículos livianos por vehículos pesados.

#### 4.1.3 CAPACIDAD DE ENTRADA

La capacidad de un carril de entrada con la oposición de un carril de circulación se basa en el flujo en conflicto.

$$c_{e,veq} = 1130e^{(-1.0 \times 10^{-3})v_{c,veq}}$$

Ecuación 3

La capacidad de una entrada de rotonda de un carril con la oposición de dos carriles en conflicto.



---

$$c_{e,veq} = 1130e^{(-0.7 \times 10^{-3})v_{c,veq}}$$

**Ecuación 4**

Donde:

$c_{e,veq}$ = capacidad del carril, ajustado para vehículos pesados, [ $veq/h$ ], y

$v_{c,veq}$ = flujo conflictivo [ $veq/h$ ].

Las ecuaciones 5 y 6 dan la capacidad de los carriles de la derecha e izquierda, respectivamente, de una entrada de rotonda de dos carriles con la oposición de dos carriles en conflicto:

$$c_{e,R,veq} = 1130e^{(-0.7 \times 10^{-3})v_{c,veq}}$$

**Ecuación 5**

$$c_{e,L,veq} = 1130e^{(-0.7 \times 10^{-3})v_{c,veq}}$$

**Ecuación 6**

Donde:

$c_{e,R,veq}$ = capacidad en la entrada del carril derecho, ajustada para vehículos pesados, [ $veq/h$ ];

$c_{e,L,veq}$ = capacidad en la entrada del carril izquierdo, ajustada para vehículos pesados, [ $veq/h$ ]; y

$c_{c,veq}$ = flujo conflictivo [ $veq/h$ ].

La capacidad del carril izquierdo de una aproximación a una rotonda es menor que la capacidad del carril de la derecha.

---

#### 4.1.4 EFECTO DE LOS PEATONES SOBRE LAS OPERACIONES VEHICULARES EN LA ENTRADA

Para entrada de dos carriles, el modelo mostrado en la ecuación 7 puede ser usado para este efecto.

$$\text{Si } n_{ped} < 100, f_{ped} = \min \left[ 1 - \frac{n_{ped}}{100} \left( 1 - \frac{1260.6 - 0.329v_{c,veq} - 0.381 \times 100}{1380 - 0.5v_{c,veq}} \right), 1 \right]$$

$$f_{ped} = \min \left[ \left( \frac{1260.6 - 0.329v_{c,veq} - 0.381n_{ped}}{1380 - 0.5v_{c,veq}} \right), 1 \right]$$

**Ecuación 7**



#### 4.1.5 RELACIÓN VOLUMEN-CAPACIDAD

Es una comparación de la demanda en la entrada de la rotonda con la capacidad de la entrada y proporciona una evaluación directa de la suficiencia de un diseño dado. Para un carril determinado, la relación volumen-capacidad,  $x$ , se calcula dividiendo la capacidad calculada del carril por su tasa de flujo de demanda. Ambos valores de entrada están en vehículos por hora.

$$x = \frac{v}{c}$$

Ecuación 8

La capacidad de un carril de salida en una rotonda está entre 1200 a 1300 vehículos/hora.

Las tasas de volumen-capacidad en el rango de 0.85 a 0.9 representan un umbral aproximado para un funcionamiento satisfactorio. Cuando el grado de saturación es superior a este rango, la operación de la rotonda entra a un rango más inestable en el que las condiciones podrían empeorar rápidamente, sobre todo en períodos cortos de tiempo. Las colas que producen más de un período de 15 minutos se puede formar al siguiente período, y la demora comienza a aumentar de forma exponencial.

#### 4.1.6 CONTROL DE DEMORA

Es un parámetro estándar utilizado para medir el funcionamiento de una intersección. El HCM identifica el control de demora como la principal medida de servicio de intersecciones semaforizadas y no semaforizadas, con un determinado nivel de servicio de un estimado control de demora.

La Ecuación 9 muestra el modelo que debe utilizarse para estimar el control de demora media para cada carril de una aproximación de la rotonda. El control de demora es el tiempo que le lleva a un conductor desacelerar hacia una cola, estar en la cola, esperar una clara aceptable en el flujo de circulación mientras está en la parte delantera de la cola, y acelerar a la salida de la cola.

$$d = \frac{3600}{c} + 900T \left[ X - 1 + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right)x}{450T}} \right] + 5 \cdot \min[x, 1]$$

Ecuación 9

Donde:

$d$ = promedio de control de demora, [s/veh];

$x$ =radio de volumen-capacidad del carril en estudio;

$c$ =capacidad del carril en estudio, [veh/h]; y



$T$ = periodo de tiempo,  $h$  ( $T = 1$  para 1 h de análisis,  $T = 0.25$  para 15 – min de análisis).

En la mayoría de los casos, el período de análisis recomendado es de 15 min. Si la demanda excede la capacidad durante un período de 15 minutos, los resultados de demora calculados por el procedimiento pueden no ser exactos debido a la probable presencia de una cola en el inicio del período de tiempo.

El control de demora para una aproximación se calcula computando una media ponderada de la demora para cada carril en la aproximación, ponderado por el volumen en cada carril. El cálculo se muestra en la Ecuación 10.

$$d_{approach} = \frac{d_{LL}v_{LL} + d_{RL}v_{RL} + d_{bypass}v_{bypass}}{v_{LL} + v_{RL} + v_{bypass}}$$

Ecuación 10

El control de demora de la intersección como un todo igualmente se calcula computando una media ponderada de la demora de cada aproximación, ponderado por el volumen de cada aproximación.

$$d_{interseccion} = \frac{\sum d_i v_i}{\sum v_i}$$

Ecuación 11

Donde:

$d_{interseccion}$ = control de demora para la intersección entera, [s/veh];

$d_i$ =control de demora por aproximación  $i$ , [s/veh]; y

$v_i$ =flujo por aproximación  $i$ , [veh/h].

---

#### 4.1.7 NIVEL DE SERVICIO

El HCM define los niveles de servicio (LOS, Level Of Service) como medidas que representan la calidad del servicio. Para rotundas, el LOS se definió usando control de demora, con criterios que figuran en la tabla 16: se asigna LOS F si la relación de volumen-capacidad de un carril es superior a 1 independientemente del control de demora. Para evaluar los LOS en la aproximación y en la intersección, los LOS se basan únicamente en el control de demora.



Tabla 16 Criterios de niveles de servicio

Control Delay (s/veh)	Level of Service by Volume-to-Capacity Ratio*	
	v/c ≤ 1.0	v/c >1.0
0–10	A	F
>10–15	B	F
>15–25	C	F
>25–35	D	F
>35–50	E	F
>50	F	F

\* For approaches and intersection-wide assessment, LOS is defined solely by control delay.

Fuente: HCM, 2010

#### 4.1.8 LONGITUD DE COLA

La longitud de cola es importante al evaluar la adecuación del diseño geométrico de las aproximaciones de la rotonda.

La cola de 95 percentil de un carril en una aproximación determinada se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_{95} = 900T \left[ x - 1 + \sqrt{(1-x)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right)x}{150T}} \right] \left( \frac{c}{3600} \right)$$

Ecuación 12

Donde:

$Q_{95}$ = demora del 95avo percentil, [veh];

$x$ = radio volumen-capacidad del carril en estudio;

$c$ =capacidad del carril en estudio, [veh/]; y

$T$ - periodo de tiempo,  $h$  ( $T = 1$  para 1 h de análisis,  $T = 0.25$  para 15 – min de análisis).

#### 4.2 NEVI-12-MTOP

NEVI es una actualización y complementación de las normas y las especificaciones técnicas del sector del transporte vial del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP).

El Ministerio de Obras Públicas (MOP) publicó el libro: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras-2003”, que sirve de guía, pero esta vez en forma detallada, para el diseño geométrico, revisando a la par los criterios que fueron expuestos de la NEVI en la sección 3.5 del presente trabajo.



En el capítulo III, se hizo una recopilación de las normativas a seguir para diseñar una intersección giratoria.

NEVI no restringe los tipos de solución para una intersección dada. El ingeniero podrá proponer las alternativas que considere adecuadas para las condiciones particulares del proyecto.

#### 4.3 IMPACTO VIAL DEL PROYECTO

En el medio urbano deberán tenerse en cuenta todos los efectos sobre el medio atravesado, producidos por la infraestructura o por los vehículos que circulan en la misma.

Los impactos más relevantes de las carreteras en el medio urbano, a los que se deberá dar respuesta, pueden ser resumidos en los grupos siguientes:

- Afección a peatones y ciclistas

La relación vehículo-peatón es un elemento básico de seguridad. Las carreteras urbanas aplican control de accesos total o parcial, según el tipo de vía que se trate como las autopistas. Por el contrario en vías arteriales se define de manera precisa los niveles de control de acceso para cada tramo de la carretera.

- Seguridad

Los problemas de seguridad se presentan por las altas intensidades de tráfico y por la importancia de flujos peatonales. Las zonas de transición de una sección interurbana a urbana son puntos de mayor peligro si no han sido bien diseñados.

- Permeabilidad Transversal

La falta de definición del grado de permeabilidad transversal afecta al nivel de peligrosidad de la carretera, a su funcionalidad y a las pérdidas de accesibilidad transversal sufridas por los peatones o por los usos de suelos próximos al trazado viario.

- Inserción de la carretera en la red urbana

Desde el punto de vista físico, presenta dificultades en zonas densas, al afectar edificaciones, es necesario una adecuada definición de la sección transversal y un estudio del borde de la carretera para que se optimice su inserción en el medio atravesado.

- Ruido

Se puede acudir a sistemas de protección mediante masas de vegetación, pantallas anti ruido o cobertura de carretera.

Para poder escoger las acciones que permitan alcanzar los objetivos propuestos, es necesario disponer de una metodología que permita efectuar previsiones y conocer cuál será el funcionamiento del sistema en un futuro si se llevan a cabo o no determinadas actuaciones.



#### 4.3.1 CÁLCULO Y PROYECCIÓN DEL TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL

Es necesario conocer de manera aproximada el volumen del tráfico automotor, o más conocido como Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), es decir el volumen promedio diario de tráfico registrado a lo largo de un año calendario sobre una sección de un camino. Se basa principalmente en la hipótesis que las variaciones del tráfico son permanentes.

Para este cálculo también son necesarios los datos de conteo automático, conteo mencionado anteriormente, datos que no fueron obtenidos en el presente trabajo pero que se obtuvieron mediante la información otorgada en la cátedra de Introducción a la Ingeniería de Transporte dictada por el Ingeniero Jaime Guzmán, catedrático de la Universidad de Cuenca.

#### CONTEO AUTOMÁTICO

Los instrumentos para contar los vehículos en forma automática son de diferentes tipos, siendo los más comunes de tubo neumático; el principio de funcionamiento es el siguiente: A través del camino o calle que se desea estudiar, se extiende una manguera que se asegura a la calzada mediante grapas. El paso de un eje sobre la manguera, produce un impulso que se transmite hacia el contador, el cual mediante una membrana lo transforma en un impulso eléctrico, que mueve un dial acumulador.

Los contadores automáticos, pueden detectar ejes o vehículos, además de ser de lectura directa o con almacenamiento de registros en cinta o papel.

Las ventajas del conteo automático, son que sirven para conteos de larga duración (más de una semana), y resultan más económicos que los conteos manuales, además de que luego de calibrar su funcionamiento son precisos y seguros. Este sistema es el más recomendable para las estaciones de conteo permanente. La desventaja es que no detectan la composición del tráfico, por lo que siempre es necesario de un conteo manual para la clasificación.

El conteo automático debe cumplir al menos uno de los siguientes requisitos<sup>8</sup>:

1. Disponer de un conteo automático de un mes, mejor si contiene el día calendario del tráfico observado.
2. Disponer de un conteo automático de una semana, mejor si contiene el día calendario del conteo manual.
3. Disponer de una semana de conteo automático mejor si es el mes de conteo manual.

<sup>8</sup> Ministerio de Obras Públicas. (2003). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, T.A.M.S-ASTEC. (p. 13). Quito.

**REQUISITOS DEL CONTEO AUTOMÁTICO<sup>9</sup>**

1. El conteo automático debe de ser en lo posible de la misma vía, tramo del tráfico observado.
2. El conteo automático debe de ser de una vía semejante a la del conteo manual.
3. El conteo automático debe de ser de una vía de la zona o sector de donde se tomó el tráfico observado.
4. El conteo automático debe ser de la ciudad en donde se realizó el conteo manual.

En base a los requisitos de la vía se usaron los datos de conteo automático de la Autopista en el sentido Este-Oeste, de los días 10-16 de Noviembre de 2006.

**Tabla 17 Conteo Automático para Redondel**

CONTEO 7 DÍAS								
Estación:	Autopista							
Sentido:	Este-Oeste Fecha: 10-16/11/06							
Hora	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	TOTAL
00:00-01:00	54	47	190	113	33	53	73	563
01:00-02:00	37	31	158	81	17	38	39	401
02:00-03:00	35	24	101	57	13	10	27	267
03:00-04:00	25	16	117	53	14	18	42	285
04:00-05:00	61	41	183	63	19	29	91	487
05:00-06:00	188	163	404	93	96	59	278	1281
06:00-07:00	487	466	650	263	391	213	737	3207
07:00-08:00	1043	988	958	448	1005	713	1444	6599
08:00-09:00	1167	1107	1084	581	1079	1085	1436	7539
09:00-10:00	1129	956	1306	836	1052	1013	1461	7753
10:00-11:00	1043	928	1351	937	990	930	1440	7619
11:00-12:00	162	927	1374	891	950	878	144	5326
12:00-13:00	1101	1073	1207	783	999	1078	1298	7539
13:00-14:00	988	968	1033	744	1342	937	988	7000
14:00-15:00	1123	1068	1095	792	978	1027	1283	7366
15:00-16:00	961	1159	1050	839	1054	953	1207	7223
16:00-17:00	871	1127	968	821	888	859	1045	6579
17:00-18:00	942	1208	943	824	923	1012	1007	6859
18:00-19:00	953	1343	1034	828	1060	988	1012	7218
19:00-20:00	783	1027	830	727	894	742	761	5764
20:00-21:00	463	979	615	505	557	567	485	4171
21:00-22:00	292	684	411	306	373	306	309	2681
22:00-23:00	201	492	293	169	245	198	208	1806
23:00-24:00	115	287	142	61	119	106	100	930
<b>TOTAL</b>	<b>14224</b>	<b>17109</b>	<b>17497</b>	<b>11815</b>	<b>15091</b>	<b>13812</b>	<b>16915</b>	<b>106463</b>
						Promedio Diario		15209

Fuente: Cátedra de Introducción a la Ingeniería de Transporte

<sup>9</sup> Ministerio de Obras Públicas. (2003). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, T.A.M.S-ASTEC. (p. 13). Quito.



Los datos de la Tabla 18 cumplen con el requisito del conteo automático para calcular el TPDA, que establece tener una semana de conteo automático, sin embargo no corresponde al mes del conteo manual, debido a que se dispone de un conteo automático realizado en Noviembre, mientras que el conteo manual se realizó en diciembre.

**Tabla 18 Conteo Automático para intersección tipo T**

CONTEO 7 DÍAS									
Calle principal:		Av. 12 de Abril		Calle Secundaria:		Av. Huayna Cápac			
Fecha:	13/MAYO/2013 -19/MAYO/2013								
Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	TOTAL	
<b>00:00-01:00</b>	144	171	238	231	377	615	525	2301	
<b>01:00-02:00</b>	68	63	142	193	276	452	464	1658	
<b>02:00-03:00</b>	58	54	69	86	164	490	452	1373	
<b>03:00-04:00</b>	70	65	64	74	96	310	273	952	
<b>04:00-05:00</b>	104	79	83	87	140	173	159	825	
<b>05:00-06:00</b>	228	227	219	220	231	239	137	1501	
<b>06:00-07:00</b>	1070	1159	1087	1160	1181	537	302	6496	
<b>07:00-08:00</b>	2481	2404	2477	2522	2481	1443	677	14485	
<b>08:00-09:00</b>	2764	2592	2791	2793	2821	2052	183	15996	
<b>09:00-10:00</b>	2590	2380	2517	2439	2661	2098	375	15060	
<b>10:00-11:00</b>	2453	2492	2588	2479	2569	2228	329	15138	
<b>11:00-12:00</b>	2370	2575	2467	2496	2784	2304	334	15330	
<b>12:00-13:00</b>	2413	2408	2569	2538	2764	2088	278	15058	
<b>13:00-14:00</b>	2357	2392	2507	2498	2822	2026	1270	15872	
<b>14:00-15:00</b>	2297	2268	2270	2411	2521	1759	1330	14856	
<b>15:00-16:00</b>	2715	2802	2581	2653	2778	1817	1399	16745	
<b>16:00-17:00</b>	2746	2521	2443	2537	3152	1865	1399	16663	
<b>17:00-18:00</b>	2578	2558	2421	2500	2710	1799	1309	15875	
<b>18:00-19:00</b>	2653	2775	2576	2755	2420	1758	1432	16369	
<b>19:00-20:00</b>	2125	2190	2148	2250	2361	1605	1310	13989	
<b>20:00-21:00</b>	1572	1513	1745	1734	2135	1548	1079	11326	
<b>21:00-22:00</b>	1079	1237	1244	1398	1780	1425	812	8975	
<b>22:00-23:00</b>	727	783	904	1097	1476	1185	509	6681	
<b>23:00-24:00</b>	340	397	480	567	924	805	290	3803	
<b>TOTAL</b>	<b>38002</b>	<b>38105</b>	<b>38630</b>	<b>39718</b>	<b>43624</b>	<b>32621</b>	<b>16627</b>	<b>247327</b>	

**Fuente:** Plan de Movilidad y Espacios Públicos de Cuenca

El conteo automático no corresponde al mes del conteo manual, debido a que se dispone de un conteo automático realizado en Mayo, mientras que el conteo manual se realizó en Diciembre, por esta razón es necesario el cálculo de factores mensuales el cual se lo presentara a detalle en la parte correspondiente a TPDA.



Cabe mencionar que no se dispone de un conteo automático realizado en la misma vía, la Av. 24 de Mayo.

NOTA: para el cálculo se tomaran los datos del conteo automático del día lunes, ya que es el día que se realizó el conteo manual.

### TPDA

Tomando en cuenta los datos obtenidos en el conteo automático y en el conteo manual (CM) que constituye el tráfico observado (TO), conteo volumétrico, que se realizó el día lunes 7 de diciembre del año 2015 en ambas intersecciones, con estos datos obtendremos el respectivo valor del TPDA de cada ramal o acceso en cada intersección.

$$TPDA = \frac{\text{Tráfico de un año}}{365}$$

Los requisitos para el cálculo del TPDA fueron planteados en el capítulo I, los datos obtenidos en campo cumplen con al menos uno de los requisitos para cada tipo de conteo, tanto manual como automático, así como también cumple los requisitos la vía, las fórmulas para calcular son:

$$\begin{aligned} TPDA_{2015} &= TO \times Fe \\ Fe &= F_h \times F_d \times F_s \times F_m \end{aligned}$$

Dónde:

- $TPDA_{2015}$ : Tráfico promedio diario anual del año 2015
- $TO$ : Tráfico observado
- $Fe$ : Factor de expansión
- $F_h$ : Factor horario
- $F_d$ : Factor diario
- $F_s$ : Factor semanal
- $F_m$ : Factor mensual

#### Factor horario ( $F_h$ )

Es el cociente del total del tráfico del día que corresponde al día calendario del conteo manual, para la suma del periodo horario del conteo automático que corresponde al mismo periodo del conteo manual.

$$F_h = \frac{\text{Total del Trafico obtenido del CA el dia del CM}}{\text{Trafico del CA correspondiente al periodo horario del CM}}$$



Tabla 19 Factor Horario

FACTOR HORARIO		Autopista	Av. 12 de Abril
Conteo automático – (7:00-19:00)-Lunes		12 320 [veh]	30 417 [veh]
Conteo automático – (Lunes)		15 091 [veh]	38 002 [veh]
<i>Fh</i>		<b>1.225</b>	<b>1.249</b>

**Factor diario (*Fd*)**

Es el cociente del tráfico promedio diario semanal del conteo automático para el total del tráfico del día que corresponde al día del conteo manual.

$$TPDS = \frac{\text{Tráfico total del CA}}{7}$$

$$Fd = \frac{TPDS}{\text{Tráfico total del CA del dia calendario del CM}}$$

Tabla 20 Factor Diario

FACTOR DIARIO		Autopista	Av. 12 de Abril
Tráfico total del CA		106 463 [veh]	247 327 [veh]
Tráfico Promedio diario semanal (TPDS)		15 209 [veh]	35332 [veh]
Tráfico que corresponde al día Lunes		15 091 [veh]	38 002 [veh]
<i>Fd</i>		<b>1.008</b>	<b>0.930</b>

**Factor semanal (*Fs*)**

Se obtiene dividiendo el promedio del tráfico semanal mensual del conteo automático para la sumatoria del tráfico de la semana del conteo automático que contiene el día calendario del conteo manual.

$$Fs = \frac{\sum \text{Tráfico del mes}}{\# \text{semanas}}$$

$$Fs = \frac{\sum \text{Tráfico semana CA}}{\# \text{semanas}}$$

Si no se dispone del tráfico del mes que contiene el día calendario del conteo manual, se calcula el factor semanal de la siguiente forma:

- Teniendo en cuenta el año en curso, calcular cuantas semanas contiene cada mes, luego se divide el número de semanas de cada mes para el número de semanas del mes con menor número de éstas.

$$Fs = \frac{\text{Número de semanas del mes del día calendario de CM}}{\text{El menor número de semanas mensual}}$$



Al no contar con un conteo del mes de diciembre, se determinara el  $F_s$  con la forma alternativa dada anteriormente:

Tabla 21 Factor Semanal

MES	Nº DÍAS	Nº SEMANAS	FACTOR SEMANAL
<b>ENERO</b>	31	4.429	1.107
<b>FEBRERO</b>	28	4.000	1.000
<b>MARZO</b>	31	4.429	1.107
<b>ABRIL</b>	30	4.286	1.071
<b>MAYO</b>	31	4.429	1.107
<b>JUNIO</b>	30	4.286	1.071
<b>JULIO</b>	31	4.429	1.107
<b>AGOSTO</b>	31	4.429	1.107
<b>SEPTIEMBRE</b>	30	4.286	1.071
<b>OCTUBRE</b>	31	4.429	1.107
<b>NOVIEMBRE</b>	30	4.429	1.107
<b>DICIEMBRE</b>	<b>31</b>	<b>4.429</b>	<b>1.107</b>

$$F_s = 1.107$$

#### Factor mensual ( $F_m$ )

Se trabaja con “Las estadísticas del consumo de combustible (gasolina extra, súper, diésel Premium, diésel 2) mes a mes del año 2015 de la provincia del Azuay”. Datos que fueron obtenidos de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH).

$$F_m = \frac{\text{Consumo total del combustible}}{\text{12}} \\ \frac{\text{Consumo del mes del día calendario CM}}{\text{}}$$

Tabla 22 Consumo De Combustible Del Parque Automotor-Azuay-2015

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL PARQUE AUTOMOTOR-AZUAY-2015				
MES	GAS. EXTRA	GAS. SUPER	DIESEL PREMIUM	SUMA
ENE	4752424	602446	4098198	9 453 068
FEB	4346206	560752	3701388	8 608 346
MAR	4817298	593849	4257242	9 668 389
ABR	4828029	596155	4170197	9 594 381
MAY	4793744	578189	4094560	9 466 493
JUN	4848476	537618	4148346	9 534 440
JUL	4940105	609479	4447523	9 997 107
AGO	4718213	602325	4186050	9 506 588
SEP	4790058	568542	4412761	9 771 361
OCT	5069172	584481	4549800	10 203 453
NOV	4694161	508132	4044463	9 246 756
<b>DIC</b>	<b>5294123</b>	<b>585364</b>	<b>4263395</b>	<b>10 142 882</b>



<b>TOTAL</b>	57 892 009	6 927 332	50 373 923	115 193 264
	<b>CONSUMO PROMEDIO MENSUAL</b>			9599438.667
	<b>F. MENSUAL</b>			0.946421211

$$Fm = 0.946$$

#### TPDA<sub>2015</sub> Para livianos, buses y camiones

$$TPDA_{2015} \text{ Livianos} = \frac{TO \text{ (livianos)} \times TPDA_{2015}}{TO}$$

$$TPDA_{2015} \text{ Buses} = \frac{TO \text{ (buses)} \times TPDA_{2015}}{TO}$$

$$TPDA_{2015} \text{ Camiones} = \frac{TO \text{ (camiones)} \times TPDA_{2015}}{TO}$$

Las tablas 23 y 24 muestran un desglose del TPDA de acuerdo a la composición del tráfico, muestran también el TPDA de cada acceso o ramal a sus respectivas intersecciones. Los esquemas de cada intersección acompañan a cada tabla, que sirven como guía de orientación.

Los resultados de la tabla 23 indican que el redondel recibe: desde la E1, 7933 [veh/día]; desde la E2, 22156 [veh/día]; desde la E3, 5554 [veh/día] y desde la E4, recibe 19328 [veh/día]. Dando un gran total de 54 971 [veh/día].

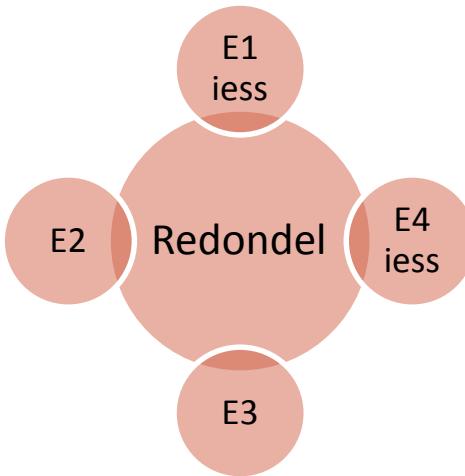




Tabla 23 TPDA 2015 Redondel

TPDA2015 REDONDEL				
ACCESO →	E1	E2	E3	E4
<b>Horario (Fh):</b>	1.225	1.225	1.225	1.225
<b>TPDS:</b>	15209	15209	15209	15209
<b>Diario (Fd):</b>	1.01	1.01	1.01	1.01
<b>Semanal (Fs):</b>	1.107	1.107	1.107	1.107
<b>Comb. Prom. Mensual:</b>	9599438.67	9599438.67	9599438.67	9599438.67
<b>Mensual (Fm):</b>	0.946	0.946	0.946	0.946
<b>Fe:</b>	1.294	1.294	1.294	1.294
<b>TPDA2015:</b>	7933	22156	5554	19328
<b>Lívianos:</b>	7412	20336	5001	17372
<b>Buses:</b>	194	70	128	89
<b>Camiones 2E</b>	273	1263	312	1299
<b>Camiones 3E</b>	40	362	109	404
<b>TR</b>	14	125	4	164
<b>SENTIDO →</b>	<b>N-S</b>	<b>O-E</b>	<b>S-N</b>	<b>E-O</b>

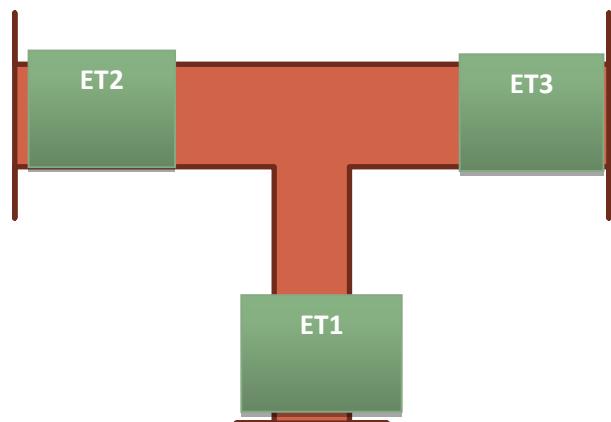




Tabla 24 TPDA 2015 en T

TPDA2015 en T			
ACCESO →	ET2	ET3	ET1
<b>Horario (Rh):</b>	1.249	1.249	1.249
<b>TPDS:</b>	35332	35332	35332
<b>Diario (Fd):</b>	0.93	0.93	0.93
<b>Semanal (Fs):</b>	1.107	1.107	1.107
<b>Comb. Prom. Mensual:</b>	9599438.67	9599438.67	9599438.67
<b>Mensual (Fm):</b>	0.946	0.946	0.946
<b>Fe:</b>	1.217	1.217	1.217
<b>TPDA2015:</b>	12862	6736	7702
<b>Lívianos:</b>	12047	6579	6980
<b>Buses:</b>	422	44	419
<b>Camiones 2E</b>	352	86	271
<b>Camiones 3E</b>	33	21	28
<b>TR</b>	7	6	4
SENTIDO →	O-E	E-O	S-N

Por otro lado, los resultados de la tabla 24 muestran que la intersección tipo T recibe: desde la estación ET1, 7702 [veh/día]; desde la ET2, 12862 [veh/día] y desde la ET3, 6736 [veh/día]. Dando un total de 27 300 [veh/día].

La tabla 25 indica el número aproximado de vehículos que pasarán por las intersecciones en un año.

Tabla 25 Número aproximado de vehículos en un año

Intersección	TPDA 2015 [veh/día]	En un año [veh/año 2015]
Redondel	54 971	20 064 415
T	27 300	9 964 500

Una vez calculado el TPDA, se pueden hacer estudios sobre volúmenes de tránsito que son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Dichos datos de volúmenes de tráfico son expresados con respecto al tiempo y, de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimaciones razonables de la calidad del servicio prestado a los usuarios de la carretera, para así tomar las medidas correspondientes para evitar su congestión.



## TRÁFICO FUTURO

Al proyectar una calle, avenida, paso peatonal o similar, es de suma importancia determinar el volumen de tránsito que circulará por el servicio proyectado, a lo que se suma la variación, tasa de crecimiento y su composición, errores durante esta fase llevan a que el proyecto sirva por escaso tiempo, o que no sea la solución buscada.

El pronóstico del volumen y composición del tráfico se basa en el tráfico actual. Los diseños se basan en una predicción del tráfico a 20 años.

Para realizar las proyecciones requerimos la tasa de crecimiento de vehículos livianos, buses y camiones que se determinaran en función del crecimiento poblacional y automotor del país.

Estas tasas de crecimiento se calculan con los siguientes criterios:

- Livianos  
La tasa de motorización es la relación del número de vehículos para cada 1000 habitantes. Para determinar esta tasa se utiliza el modelo logístico.
- Buses  
El número de buses crece conjuntamente con la población. Se utiliza el método del interés compuesto.
- Camiones  
Se asume que el número de camiones crece conjuntamente con la población.  
Los criterios antes mencionados se utilizan para países en vías de desarrollo.

Para calcular las tasas de crecimiento antes mencionadas, un dato necesario es el crecimiento de la población. La tabla 26, muestra el resultado de los censos realizados en el país desde el año 1950 hasta el 2010, datos que fueron extraídos de la página ecuadorencifras.gob.ec, en esta tabla se muestran también las tasas de crecimiento de la población urbana, calculadas mediante la siguiente ecuación:

$$P_F = P_A(1 + i)^n$$

Tabla 26 Censo Azuay 1950-2010

CENSO AZUAY 1950-2010			
Años	Urbana	Rural	Tasa Urbana
1950	40156	210819	
1962	68661	205982	0.045714
1974	117544	249780	0.045822
1982	167967	274052	0.045630
1990	217619	288471	0.032902
2001	311764	287782	0.033222
2010	380445	331682	0.022368



---

Con las tasas de la tabla 26 se proyecta el crecimiento de la población en la zona urbana año por año desde 1950 hasta el 2035. La tasa de crecimiento para los años 2010-2035 será la misma tasa de los años 2001-2010.

### TASA DE CRECIMIENTO DE VEHÍCULOS LIVIANOS

---

Para proyectar el número de vehículos livianos se usa un método logístico por medio del cálculo de la tasa de motorización que viene dada por la siguiente expresión:

$$T_m = \frac{\text{vehiculos livianos}}{\text{poblacion (miles)}}$$

Ecuación 13

$$T_m = \frac{T_s}{1 + e^{a+bt}}$$

Ecuación 14

Donde:

$T_s$  = Tasa de Saturación

$e$  = base logarítmica

$a, b$  = constantes a determinar

$t$  = tiempo (años)

Deduciendo de la ecuación 14, se tiene:

$$a + bt = \ln\left(\frac{T_s}{T_m} - 1\right) = y$$

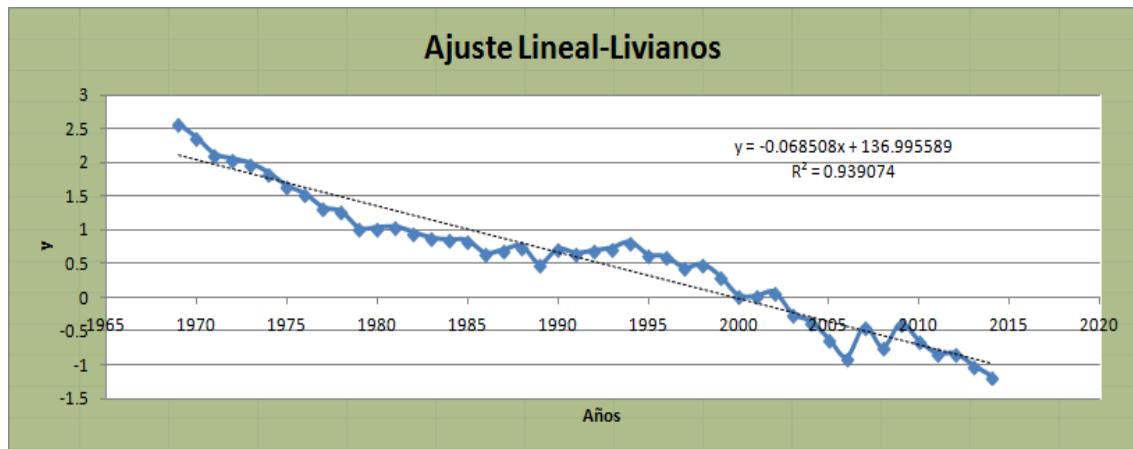
Ecuación 15

Los datos de vehículos livianos matriculados en el Azuay (Anexo 7.1.5) fueron extraídos de los anuarios de transporte en la página de [ecuadorencifras.gob.ec](http://ecuadorencifras.gob.ec).

El ajuste de las curvas se conseguirá para mayor  $R^2$ , variando el valor de  $T_s$  para lo cual se graficaran los puntos del tiempo en años vs.  $y$  (Ilustración 43). Como los datos de los vehículos van hasta el año 2014 se trabaja con estos para realizar el ajuste.

El mejor valor ajustado de  $T_s$ , define el ajuste lineal  $a + bt = y$ , con lo que se obtienen las constantes  $a$  y  $b$  para ajustar el valor final de  $T_m$ .

Ilustración 43 Modelo Logístico para vehículos livianos



Una vez realizado el ajuste los valores obtenidos son los siguientes:

Ilustración 44 Tasa de Motorización

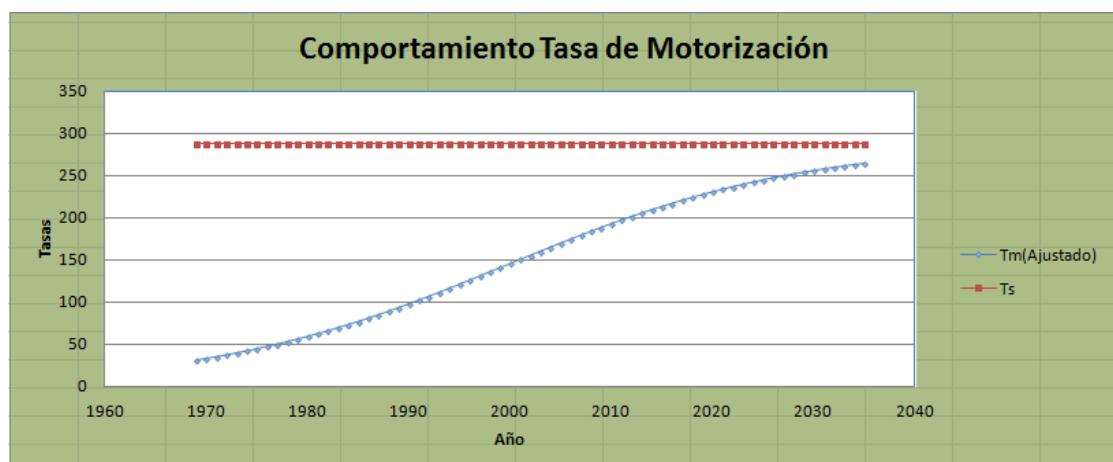


Ilustración 45 Proyección de Vehículos Livianos

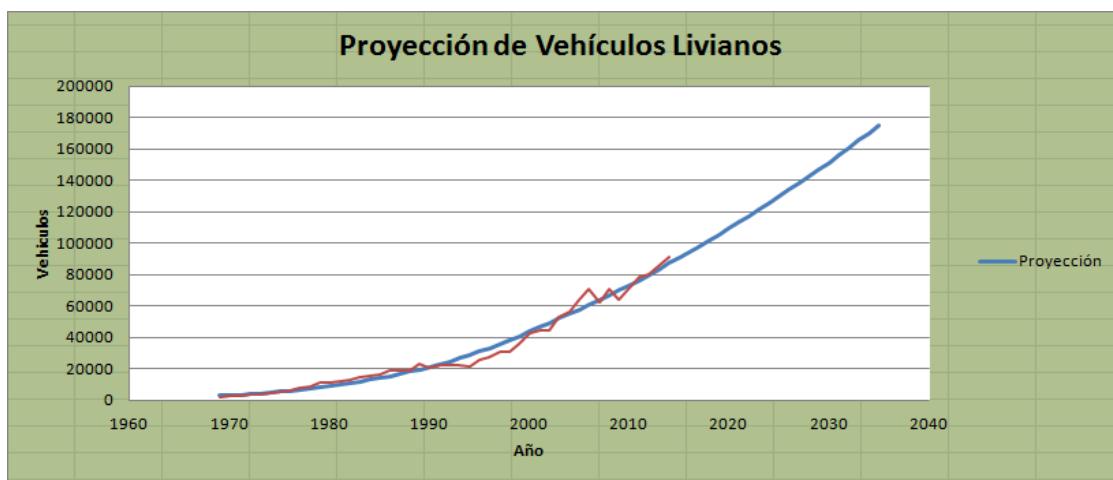




Ilustración 46 Tasas de Crecimiento para Livianos, Buses y Camiones

TASAS DE CRECIMIENTO			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2015 - 2020	3.850%	2.237%	2.237%
2020- 2025	3.462%	2.237%	2.237%
2025 - 2030	3.152%	2.237%	2.237%
2030 - 2035	2.911%	2.237%	2.237%

Para la proyección del TPDA, se usa la siguiente fórmula:

$$TPDA_{futuro} = TPDA_{actual} \times (1 + i)^n$$

Y atendiendo al siguiente esquema para el redondel en estudio, tenemos:

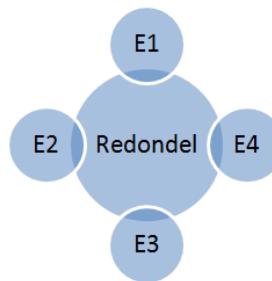


Ilustración 47 TPDA 2015-2035

PROYECCIONES DE TPDA E1							
N-S	TPDA	Livianos	Buses	Camion 2E	Camion 3E	TR	Total
TPDA2015:	7933						
Livianos:	7412	7412					
Buses:	194		194				
Camion 2E:	273			273			
Camion 3E:	40				40		
TR	14					14	

O-E	TPDA	Livianos	Buses	Camion 2E	Camion 3E	TR	Total
TPDA2015:	22156	20336	70	1263	362	125	22156
Livianos:	20336	24564	78	1411	404	140	26597
Buses:	70	29120	87	1576	451	156	31390
Camion 2E:	1263	34007	97	1760	504	174	36542
Camion 3E:	362	39254	108	1966	563	194	42085
TR	125						

S-N		PROYECCIONES DE TPDA E3					
TPDA	2015	Livianos	Buses	Camion 2E	Camion 3E	TR	Total
TPDA2015:	5554	5001	128	312	109	4	5554
Livianos:	5001	TPDA2020	6041	143	348	5	6659
Buses:	128	TPDA2025	7162	160	389	5	7852
Camion 2E:	312	TPDA2030	8364	179	434	6	9135
Camion 3E:	109	TPDA2035	9654	200	485	7	10516
TR	4						

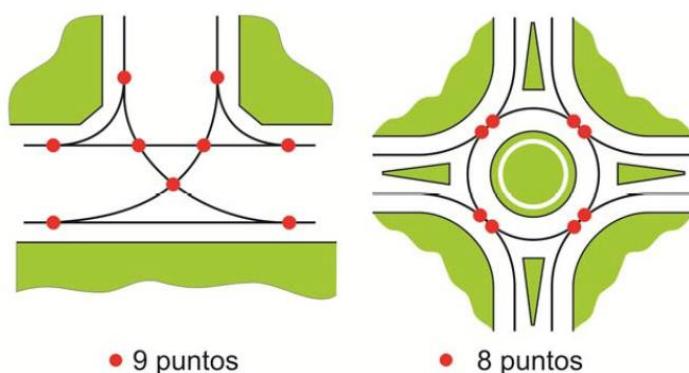
E-O		PROYECCIONES DE TPDA E4					
TPDA	2015	Livianos	Buses	Camion 2E	Camion 3E	TR	Total
TPDA2015:	19328	17372	89	1299	404	164	19328
Livianos:	17372	TPDA2020	20984	99	1451	451	23168
Buses:	89	TPDA2025	24876	111	1621	504	27316
Camion 2E:	1299	TPDA2030	29051	124	1811	563	31777
Camion 3E:	404	TPDA2035	33533	139	2023	629	36579
TR	164						

#### 4.3.2 SEGURIDAD

Las rotondas han demostrado su superioridad en cuanto al nivel de seguridad respecto las intersecciones convencionales con o sin semáforos.

Los principales factores que influyen en la seguridad global de una rotonda son la visibilidad y la velocidad, pero existen muchos otros factores (relacionados o no con estos dos) que deben ser considerados en el diseño (como por ejemplo la señalización).

Ilustración 48 Puntos de conflicto en intersecciones y rotondas modernas



#### 4.3.3 ESTUDIO DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO

Este capítulo se desarrolla en términos muy generales, con la intención de hacer notar la importancia que tiene el estudio de accidentes dentro de la ingeniería de tráfico, toda vez que como el ruido, y la contaminación ambiental forma parte de las afecciones al medio ambiente.



---

La reducción de los accidentes de tráfico, forma parte significativa de los beneficios que se pueden hacer al diseñar o mejorar una red vial

La operación del sistema de carreteras, desde el punto de vista de la seguridad depende de la interrelación del conductor, del vehículo y de la vía. En los países en desarrollo el potencial de reducción de accidentes sería grande si se consideran los siguientes puntos:

- El conocimiento y el comportamiento del conductor, y del usuario de la vía.
- Medidas de seguridad del vehículo y bajo costo de las de ingeniería.
- Refuerzo de las regulaciones sensibles al tráfico.
- Conductor adecuado y sistemas de prueba del vehículo.

La ingeniería, la educación y las medidas de tráfico, son muy relevantes todavía para los países no industrializados, a lo cual debe añadirse la evaluación para proteger los costos de efectividad de prevención de accidentes y la reducción de medidas.

Según el libro de Fundamentos y Aplicaciones de Ingeniería de Tránsito de Cal y Mayor, uno de los estudios más importantes de la Ingeniería de Tránsito, es el de accidentes. Las soluciones diversas aplicadas a través del correcto análisis del problema, puede rendir resultados muy valiosos, salvando muchas vidas y evitando un gran número de lesionados, así como el ahorro de grandes pérdidas económicas.

Índice de accidentalidad con respecto al número de vehículos que entran a una intersección:

$$I_{A/VEI} = \frac{\# \text{ de accidentes en el año} \times 1\,000\,000}{V}$$
$$V = TPD \times 365$$

V representa el número de vehículos que entran en la intersección en un año.

Según los datos de Accidentes registrados en el sector Redondel del IESS-Enero 2014, abril 2016, otorgados por el Servicio Integrado de Seguridad ECU -911, se tienen las siguientes estadísticas:

$$I_{A/VEI} = \frac{45}{54971 * 365} = 0.000002243$$

Este índice se utiliza para medir las tasas de accidentes en intersecciones, y así con base a un índice de accidentalidad definido como peligroso, se pueden determinar los puntos críticos de accidentalidad de la ciudad.

Los datos usados en la fórmula del índice pertenecen al año 2015. Con un conteo de 45 accidentes al año. El uso solo de los datos de este año es debido a que es el único año del que se tiene la información completa.



Ilustración 49 Ubicación geográfica de accidentes



Los datos proporcionados por el ECU-911 contenían también las coordenadas geográficas del lugar del accidente, categoría y fecha. Teniendo una lista de 100 accidentes en el periodo nombrado anteriormente.

Al ubicar estas coordenadas en un mapa (Ilustración 49) se puede observar que las coordenadas de los accidentes se refieren al centro geométrico del redondel y no a su ubicación exacta dentro de la intersección a excepción de unas pocas.

Debido a esto no es posible buscar una posible causa geométrica de los accidentes ocurridos.

A continuación se trazan dibujos que muestran las estadísticas:

Ilustración 50 Accidentes de Tránsito en la zona de estudio 2014

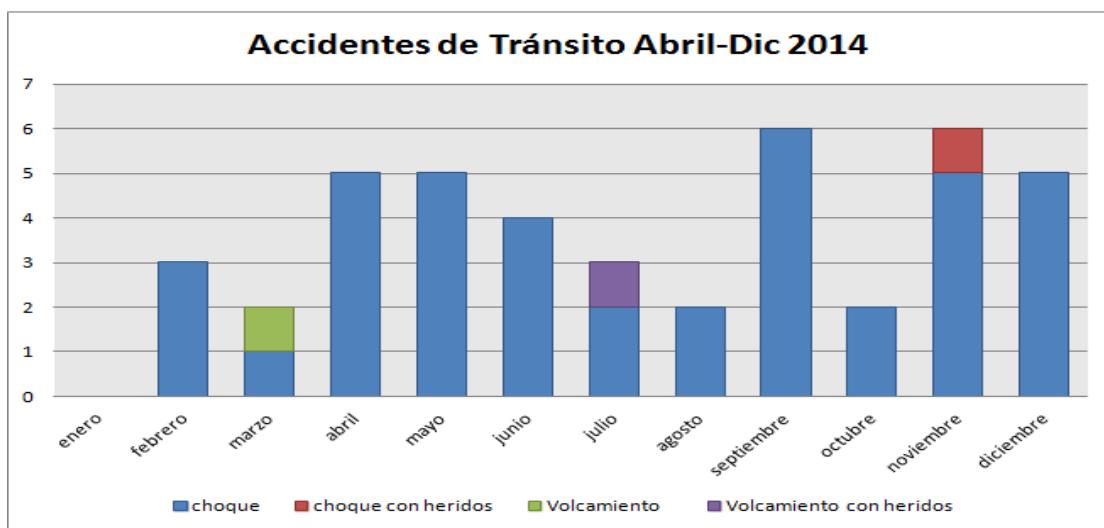




Ilustración 51 Accidentes de Tránsito en la zona de estudio 2015

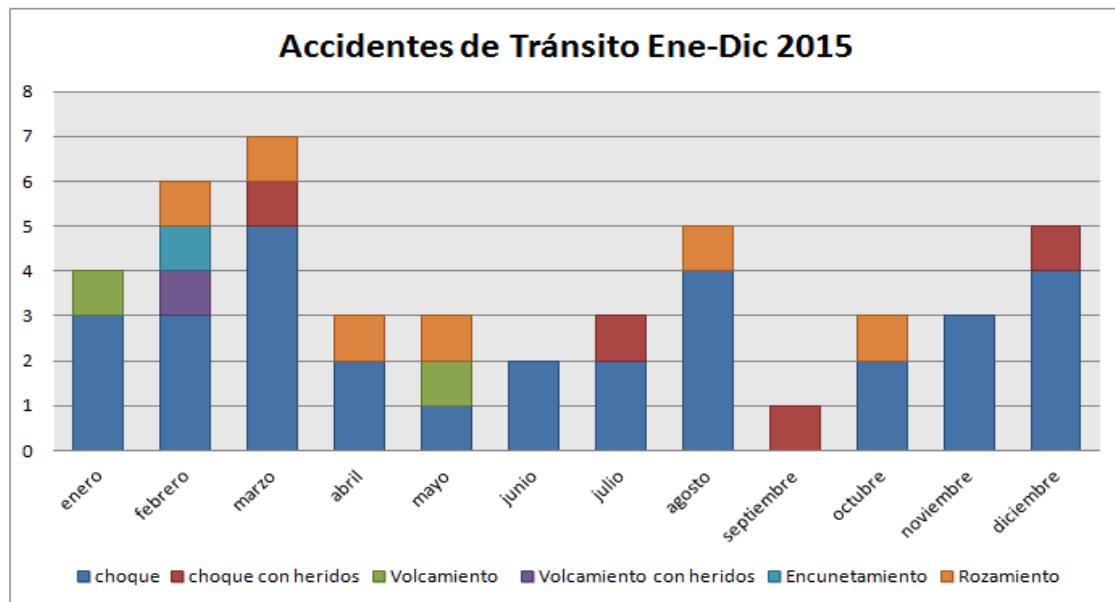
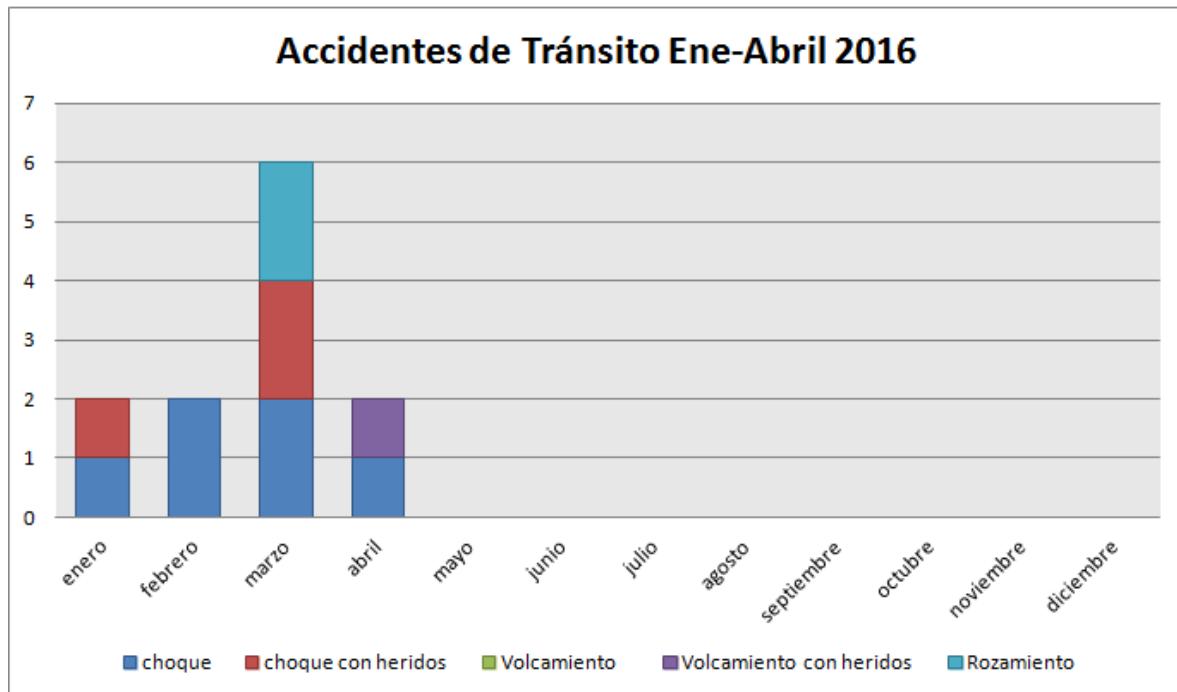


Ilustración 52 Accidentes de Tránsito en la zona de estudio 2016



#### 4.4 METODOLOGÍA BASADA EN SOFTWARE Y VALIDACIÓN

La simulación es una técnica para analizar y estudiar sistemas complejos, nos permite reunir información pertinente sobre el sistema vial porque ejecuta un modelo computarizado, los datos recopilados se usan después para diseñar el sistema.



Se puede definir a la simulación como la técnica que imita el funcionamiento de un sistema del mundo real cuando evoluciona en el tiempo, es decir, es una técnica para estimar las medidas de desempeño del sistema modelado.

Para realizar el estudio se empleó un software, un paquete computacional utilizado para intersecciones (cruce) y determinar la capacidad de red, nivel de servicio y análisis de rendimiento por el diseño del tráfico y operaciones; frecuentemente muy utilizado por profesionales de la planificación.

Los datos que fueron analizados pertenecen a los proyectados hasta el año 2035. Los volúmenes con los que se trabajó en el software pertenecen a la hora pico.

Los resultados del análisis para el Redondel del IESS en el año 2015 arrojan niveles de servicio en F para los accesos: este, oeste y sur, en cambio para el acceso norte arroja valores negativos que no permiten calcular el nivel de servicio en este acceso.

Tabla 27 Resultados Nivel de Servicio Software

		SOFTWARE				
		2015	2020	2025	2030	2035
<b>E1</b>	LOS	F	F	F	F	F
	Demora [s/veh]	653.1	1055.8	1634.7	2421.5	3536.9
<b>E2</b>	LOS	F	F	—	F	F
	Demora [s/veh]	913.9	1755.0	—	13554.0	15960.6
<b>E3</b>	LOS	—	F	F	F	F
	Demora [s/veh]	—	4957.7	7973.5	14664.7	28644.9
<b>E4</b>	LOS	F	F	F	F	F
	Demora [s/veh]	197.2	498.2	970.6	1705.8	6904.0
<b>TOTAL</b>	LOS	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>F</b>
	Demora[s/veh]	539.6	1773.2	2060.0	7420.0	11715.2

Según resultados de tabla 27:

Para el año 2020, presenta resultados de LOS en F para todos los accesos.

Para el año 2025, presenta resultados de LOS en F para todos los accesos, excepto en el acceso este que nuevamente arroja resultados negativos por lo tanto no calcula su LOS.

Para el año 2030, presenta resultados de LOS en F para todos los accesos.

Para el año 2035, el software presenta resultados de LOS en F para todos los accesos.

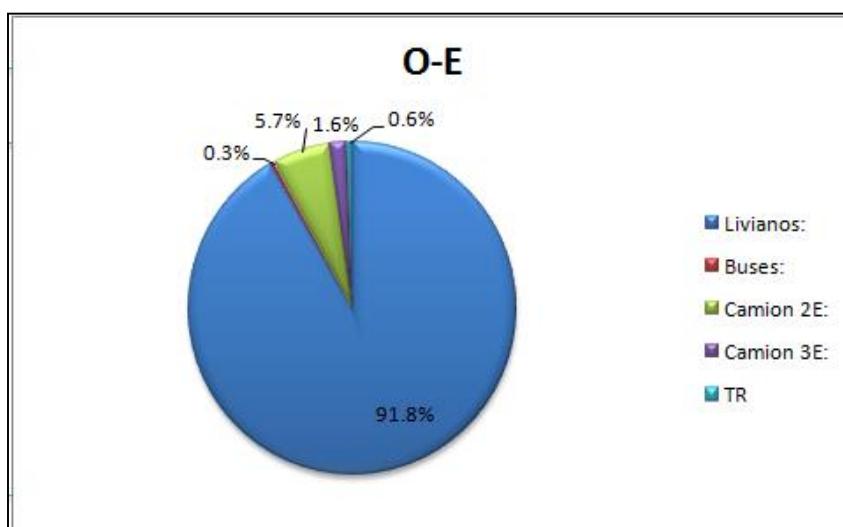
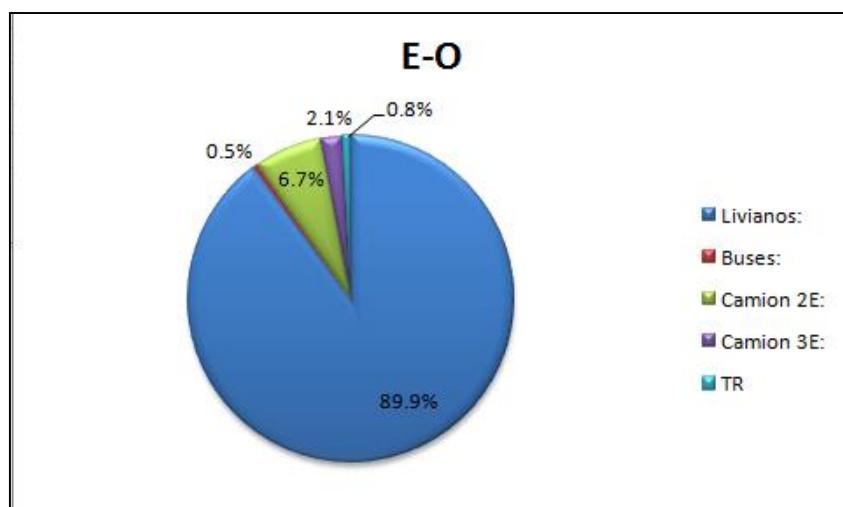
## CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

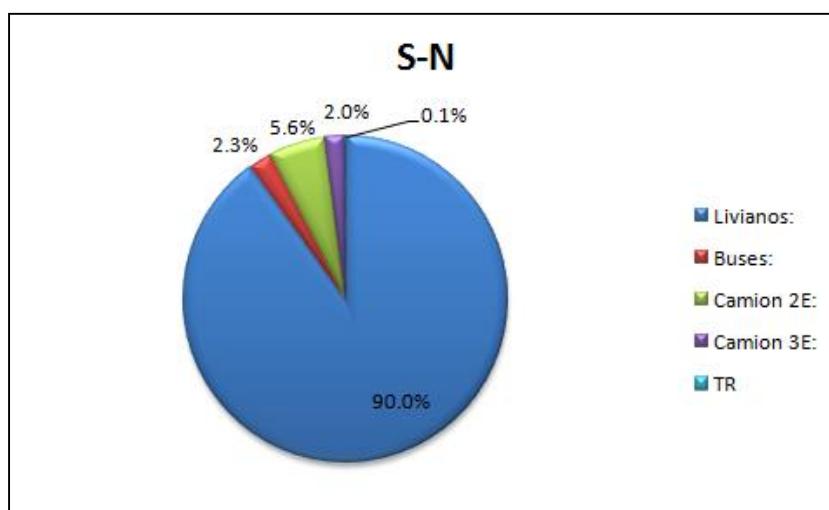
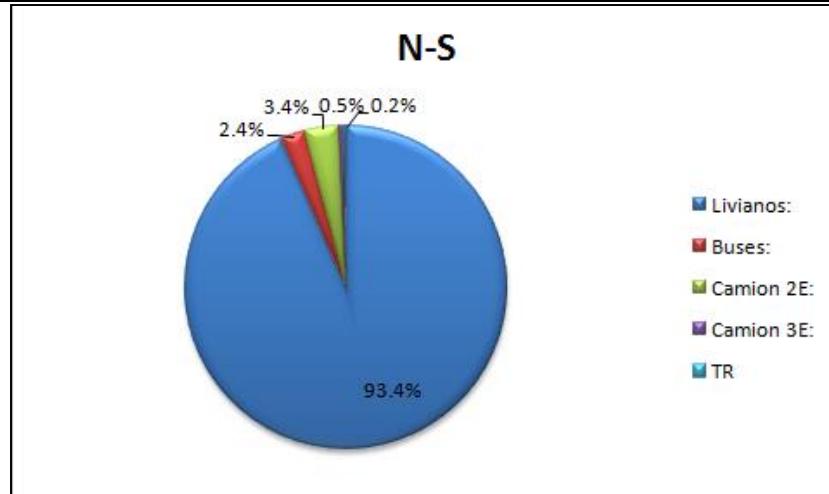
Este capítulo presenta el resumen de todos los cálculos realizados para la elaboración de este proyecto, con el fin de facilitar comparaciones y conclusiones.

### 5.1 RESULTADOS DE ANÁLISIS

#### 5.1.1 TPDA

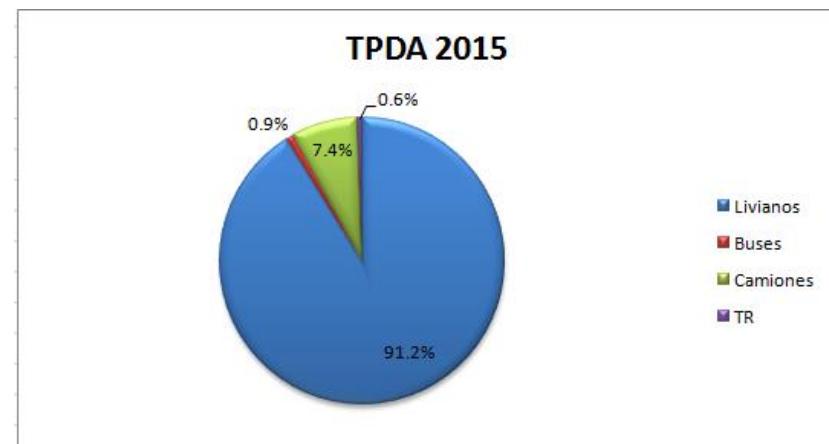
Por Accesos en el año 2015:

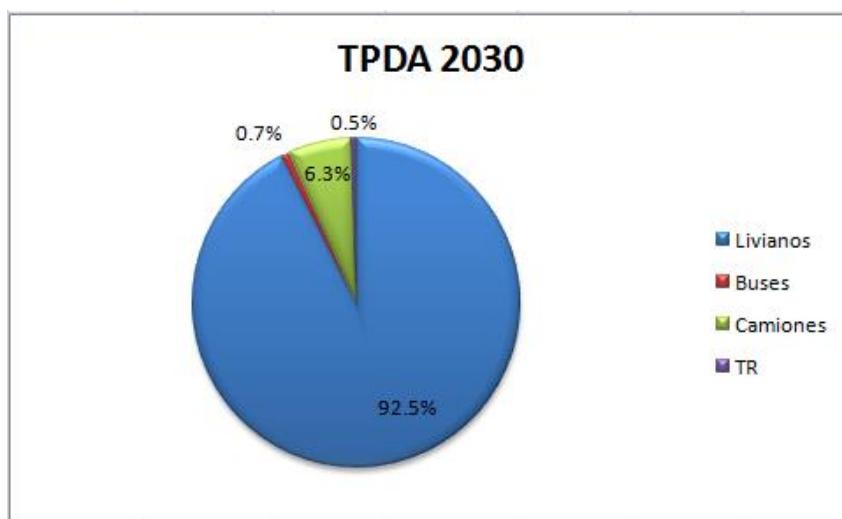
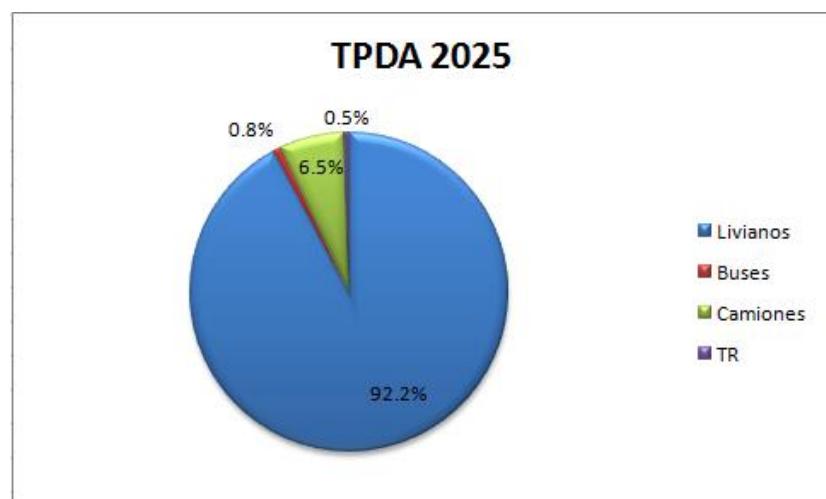
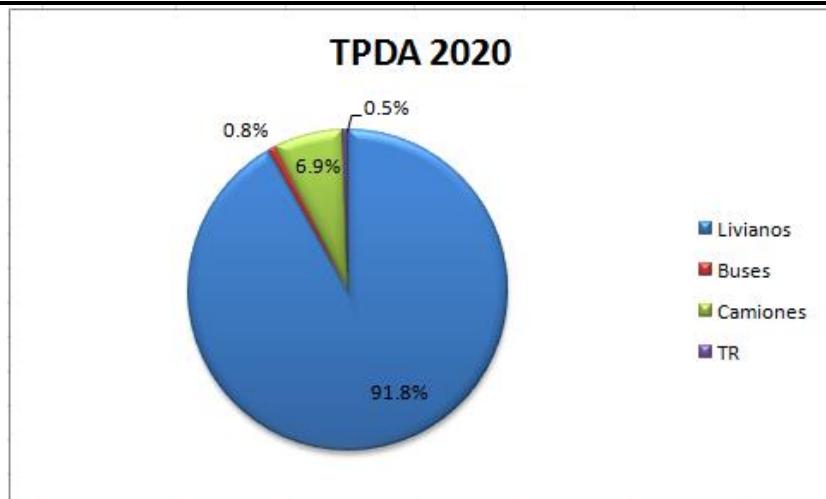


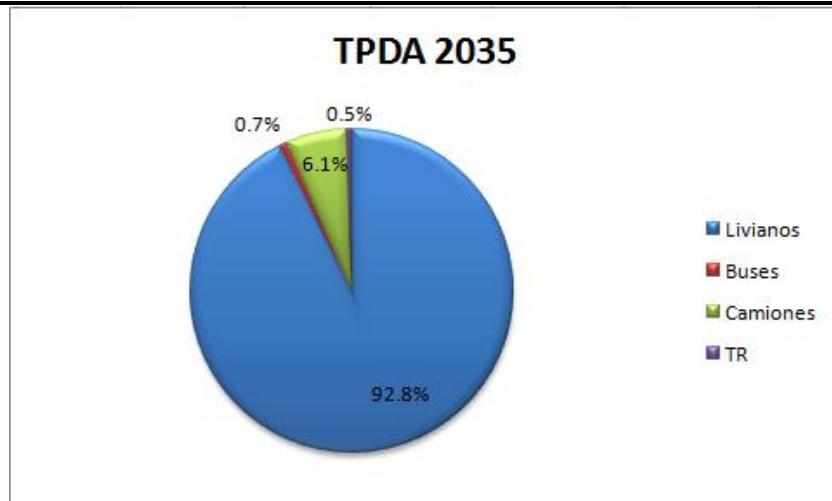


Domina la presencia de vehículos livianos en todos los accesos del redondel, en la dirección E-O, el porcentaje de camiones es mayor al resto de accesos, pertenece a los camiones que llegan desde la autopista Cuenca-Azogues hasta la ciudad de Cuenca. En general hay más presencia de vehículos pesados en la Autopista.

#### Cada 5 años:

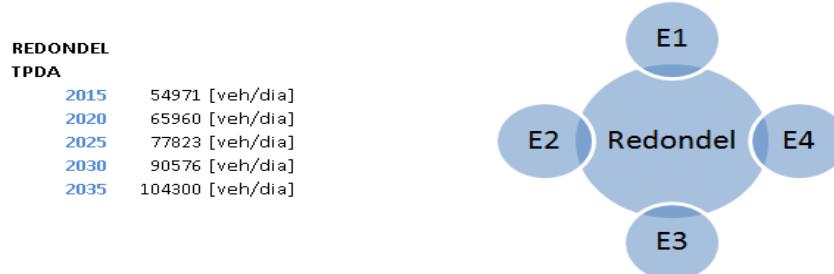






El crecimiento cada 5 años es uniforme, a medida que disminuye el crecimiento de camiones, los vehículos livianos ascienden, esta diferencia es muy pequeña. Estos resultados se basan en la tasa de crecimiento calculada en el capítulo III, para la proyección del TPDA.

Ilustración 53 Resultados TPDA 2015-2035



Según la ilustración 53 en la actualidad el redondel sirve aproximadamente 55 000 vehículos por día, y en el año 2035 estos se duplican.

Tabla 28 TPDA en T 2015-2035

T	TPDA
2015	27299 [veh/día]
2020	32820 [veh/día]
2025	38778 [veh/día]
2030	45178 [veh/día]
2035	52058 [veh/día]

### 5.1.2 NIVEL DE SERVICIO DEL REDONDEL IESS

Ilustración 54 Esquema Movimientos de Giro Redondel IESS 2015

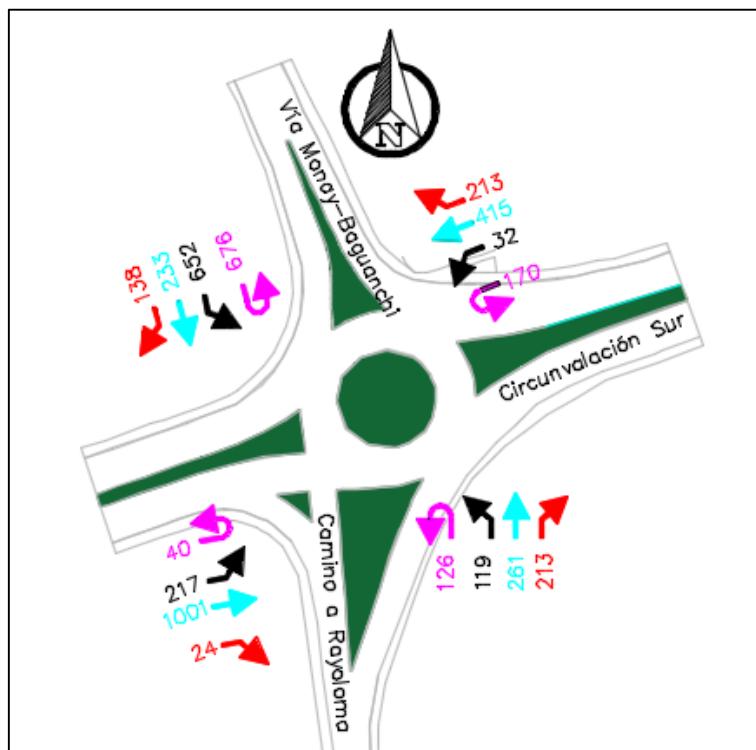


Ilustración 55 Esquema Movimientos de Giro Redondel IESS 2020

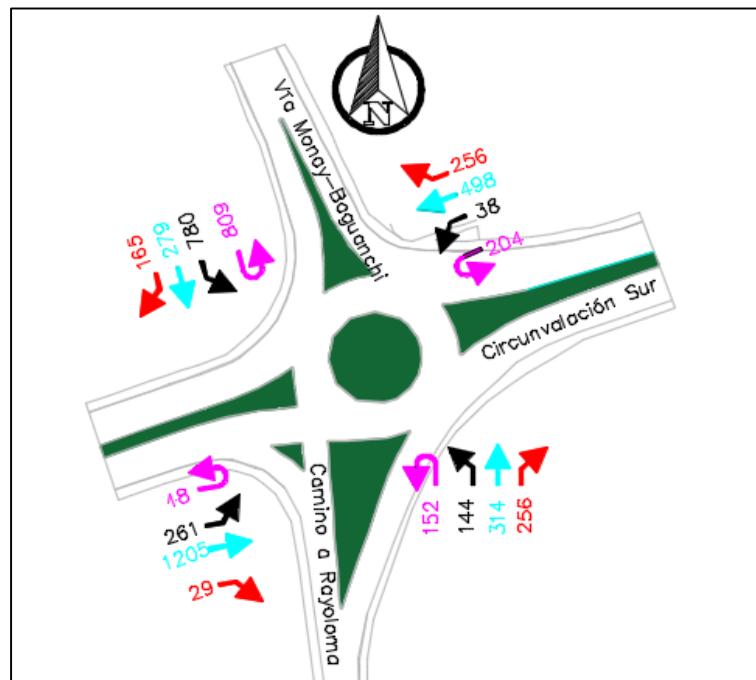


Ilustración 56 Esquema Movimientos de Giro Redondel IESS 2025

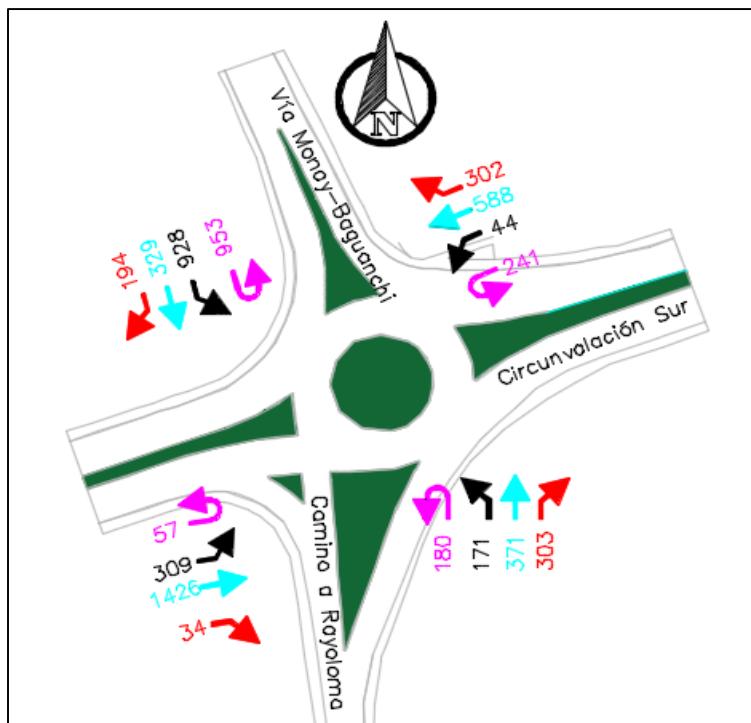


Ilustración 57 Esquema Movimientos de Giro Redondel IESS 2030

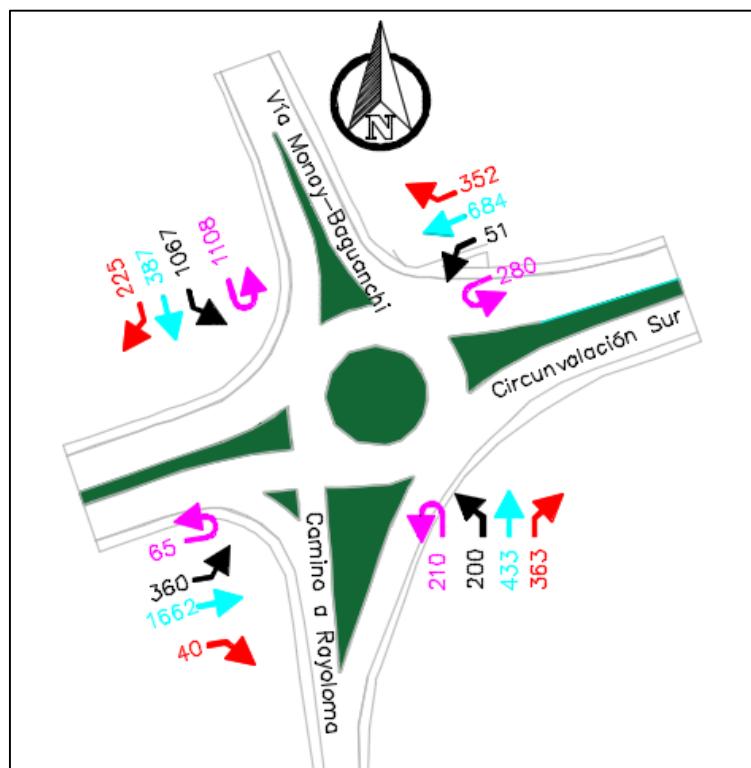


Ilustración 58 Esquema Movimientos de Giro Redondel IESS 2035

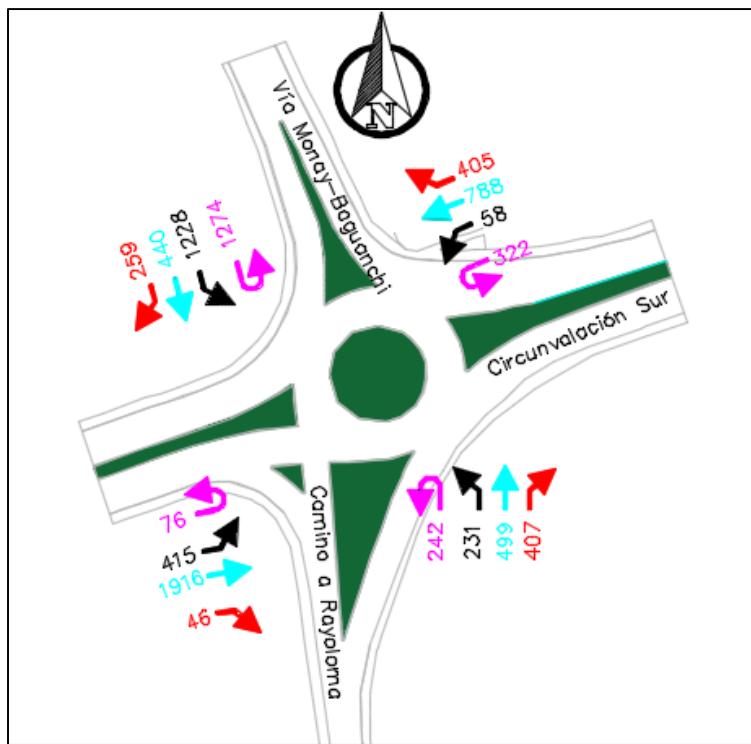
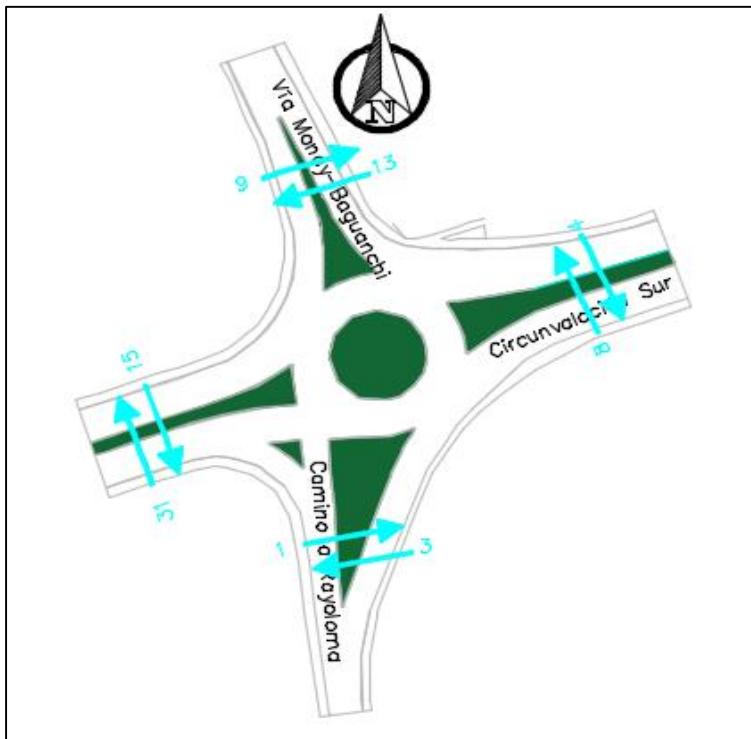


Ilustración 59 Conteo de Peatones en hora pico vehicular 7-8 am



La comparación de los cálculos es entre lo obtenido mediante la metodología presentada por el HCM 2010 y los resultados del Software.



Tabla 29 Resultados HCM 2010 vs Software

		HCM 2010					SOFTWARE				
		2015	2020	2025	2030	2035	2015	2020	2025	2030	2035
E1	LOS	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
	Demora [s/veh]	647.2	1045.0	1616.7	2401.2	3492.4	653.1	1055.8	1634.7	2421.5	3536.9
E2	LOS	F	F	F	F	F	F	F	—	F	F
	Demora [s/veh]	899.3	1722.0	-61.0	13733.6	15871.4	913.9	1755.0	—	13554.0	15960.6
E3	LOS	F	F	F	F	F	—	F	F	F	F
	Demora [s/veh]	1245.4	2546.4	5219.8	10574.6	21309.2	—	4957.7	7973.5	14664.7	28644.9
E4	LOS	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
	Demora [s/veh]	193.8	491.7	961.5	1681.7	4314.8	197.2	498.2	970.6	1705.8	6904.0
TOT AL	LOS	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
	Demora[s/veh]	730.4	1375.0	1595.1	6805.0	10024.1	539.6	1773.2	2060.0	7420.0	11715.2

Los resultados generales entre las dos metodologías con respecto a LOS (Nivel de Servicio) son los mismos, dando un LOS F en el redondel para todos los años propuestos. En cambio si analizamos el LOS de todos los accesos, vemos que el SOFTWARE arroja resultados nulos debido a que intervienen cantidades negativas que no son tomadas en cuenta en este software.

Si analizamos un poco más los resultados entre estas dos metodologías, el LOS de cada acceso también son los mismos, variando con una diferencia menor a los 100 segundos en las demoras dadas en segundos por vehículos.

## 5.2 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

En este apartado se hace un análisis de los posibles problemas presentados según los resultados antes planteados.

### Redondel IESS

Como se plantea anteriormente, el LOS del Redondel IESS es F, que es el nivel de servicio más bajo que pueda ofrecer una intersección, por lo tanto se plantea las posibles causas:

Es un redondel ubicado entre una transición de zona urbana a rural, en la hora pico, 7h00-8h00, uno de los motivos por lo que su nivel de servicio disminuye notablemente es la pérdida de prioridad ocasionada por el mismo.

Hay un predominio de uno de los tráficos de acceso sobre el resto, en el sentido O-E.

La formación de extensas colas en alguna de las entradas a la intersección acarrea un aumento de los accidentes debido a la falta de visibilidad.



La presencia del redondel hace que se uniformice los criterios funcionales de las vías, desvirtuándose su jerarquía, esto afecta a los vehículos que hacen uso de la Circunvalación Sur.

Otro motivo de su bajo nivel de servicio es que presenta problemas de desplazamiento a los peatones.

Además de lo antes dicho, el crecimiento del parque automotor, el aumento de zonas de atracción cerca del redondel, y el desplazamiento de la población hacia zonas rurales, aumentan su demanda y crea congestión en las horas pico.

## Accidentes

La falta de precisión en las coordenadas geográficas presentadas por el ECU – 911 y la falta de un historial más extenso, hace que se omita la posibilidad de analizar una posible reforma en la intersección en base a los accidentes ocurridos, imposibilitando así mejorar su calidad de servicio y disminuir el número de víctimas y de daños materiales.

## 5.3 DESARROLLO DE PROPUESTAS Y MEDIDAS CORRECTIVAS

Está claro que el redondel necesita ser reformado para mejorar su calidad de servicio ya que su actual y futuro LOS es F, y que sus demoras y formación de colas de vehículos son muy extensas. El objetivo de un redondel es dar un buen servicio a los movimientos de giro antes que los movimientos rectos.

### 5.3. 1 Evaluación de las posibles opciones

Ofrecer soluciones tanto técnicas como económicas en movilidad es una prioridad inaplazable, a través de la gestión de tráfico, se propone reducir la alta congestión que enfrenta las intersecciones en estudio, optimizando así el nivel de servicio en las intersecciones en análisis.

Para mejorar el nivel de servicio de una intersección existente que no genere muchos puntos de conflicto y debido a que interviene también una autopista, se considera como posibles propuestas el diseño de intercambiadores. Ya que si pensamos en reformar considerando las intersecciones tradicionales, estas presentan varios inconvenientes como: obligan a reducir la velocidad o incluso a parar, son condicionadas por la visibilidad y ofrecen una menor capacidad de tráfico. Lo que buscamos es una solución que sirva como condición principal a la demanda vehicular.

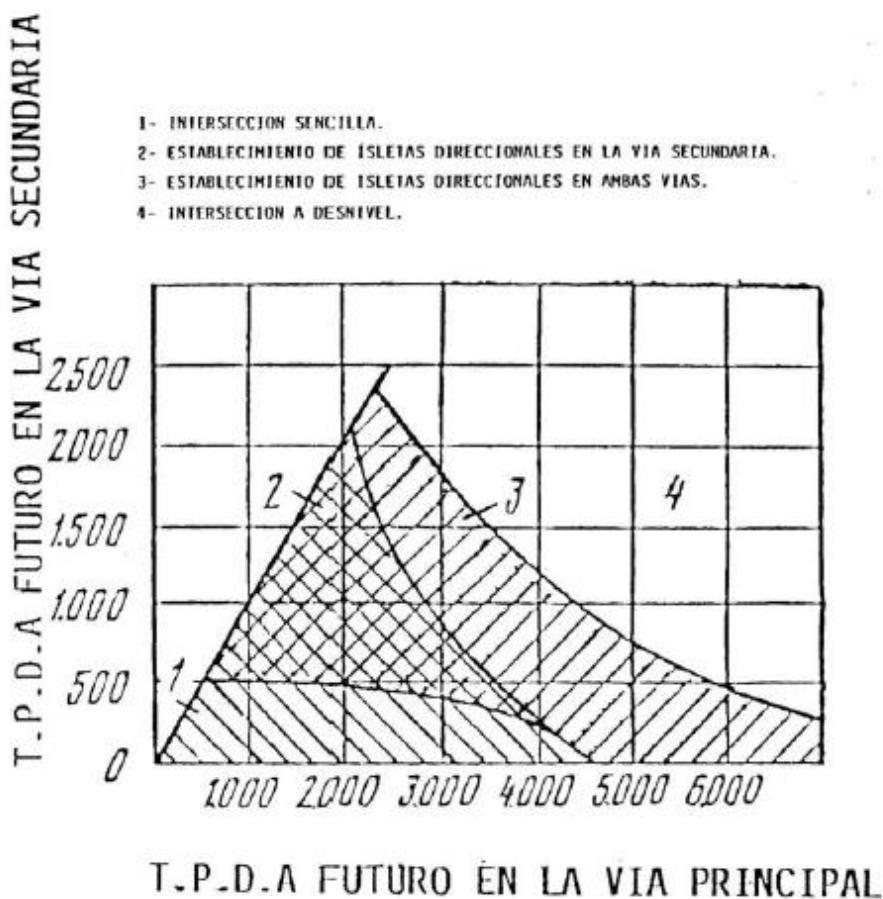
En cambio las ventajas que presentan los intercambiadores son: favorecen la circulación fluida de vehículos, seguridad, previenen accidentes y son más cómodos para los conductores.

Los criterios a tomar en cuenta son: preferencia de movimientos principales, reducción de áreas de conflicto, perpendicularidad de las trayectorias, control de los puntos de giro, control de la velocidad, visibilidad, sencillez y claridad, previsión de crecimiento, separación de puntos de conflicto, creación de zonas protegidas para peatones.



Para la elección del tipo de intersección se propone la utilización de la ilustración 60, en el cual se establece el campo racional de utilización de cada tipo de intersección, con la consideración de las pérdidas mínimas del transporte vehicular, debido a la espera de la posibilidad de circulación.

Ilustración 60 Elección del Esquema o Tipo de Intersección



Fuente: MOP, 2003

#### Justificación de un intercambiador

Los criterios que justifican su construcción son: su funcionalidad, capacidad, seguridad y rentabilidad.

Es una solución útil y adaptable en muchos problemas de intersecciones de vías principales. Pero debido a su alto costo inicial su empleo debería limitarse a aquellos casos en que pueda justificarse este costo.

#### Tipos de Intercambiadores

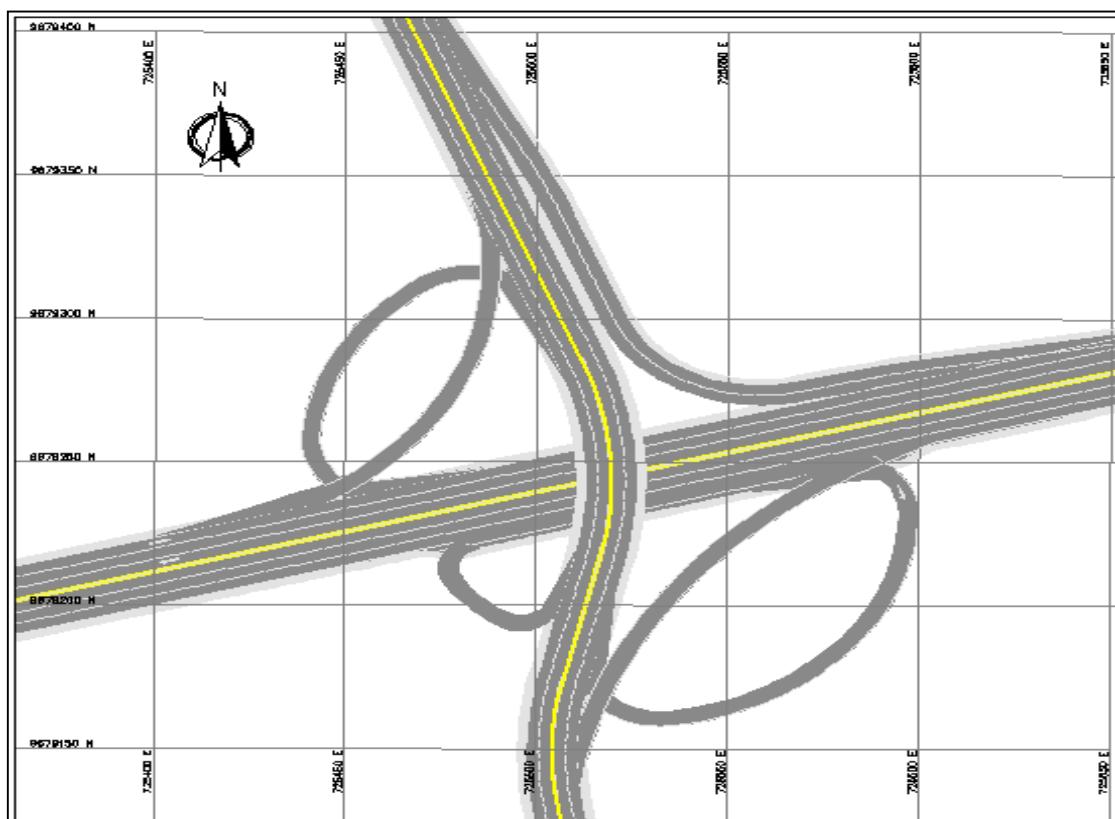
Existen diseños que tienen patrones definidos y que pueden usarse bajo ciertas condiciones generales. Los tipos más comunes de intercambiadores se designan por la forma que adoptan, más que por el número de ramales.

Entre las formas más conocidas destacan:

- Diamante: Ya que es uno de los tipos más utilizados para resolver a desnivel el cruce de una carretera principal con otra secundaria. Entonces la vía principal puede ocupar el nivel inferior, ya que de este modo los ramales de enlace son más cortos al ser la pendiente favorable al movimiento del vehículo.  
El diamante es un enlace que ocupa poco espacio y relativamente barato, por lo que se emplea en núcleos urbanos y cercanías.
- Trébol Parcial: Ya que es una solución clásica para enlaces en los que, si bien se admiten ciertos movimientos de parada, se mantienen otros giros a la izquierda de forma continua a través de lazos. Entonces el trébol parcial es apropiado cuando solo pueden usarse algunos cuadrantes de cruce por existir obstáculos topográficos o urbanísticos en los otros. Existen múltiples variantes que se adaptan a cada situación particular.

### **PRIMERA PROPUESTA: TRÉBOL DE TRES HOJAS**

Ilustración 61 Primera Propuesta: Trébol



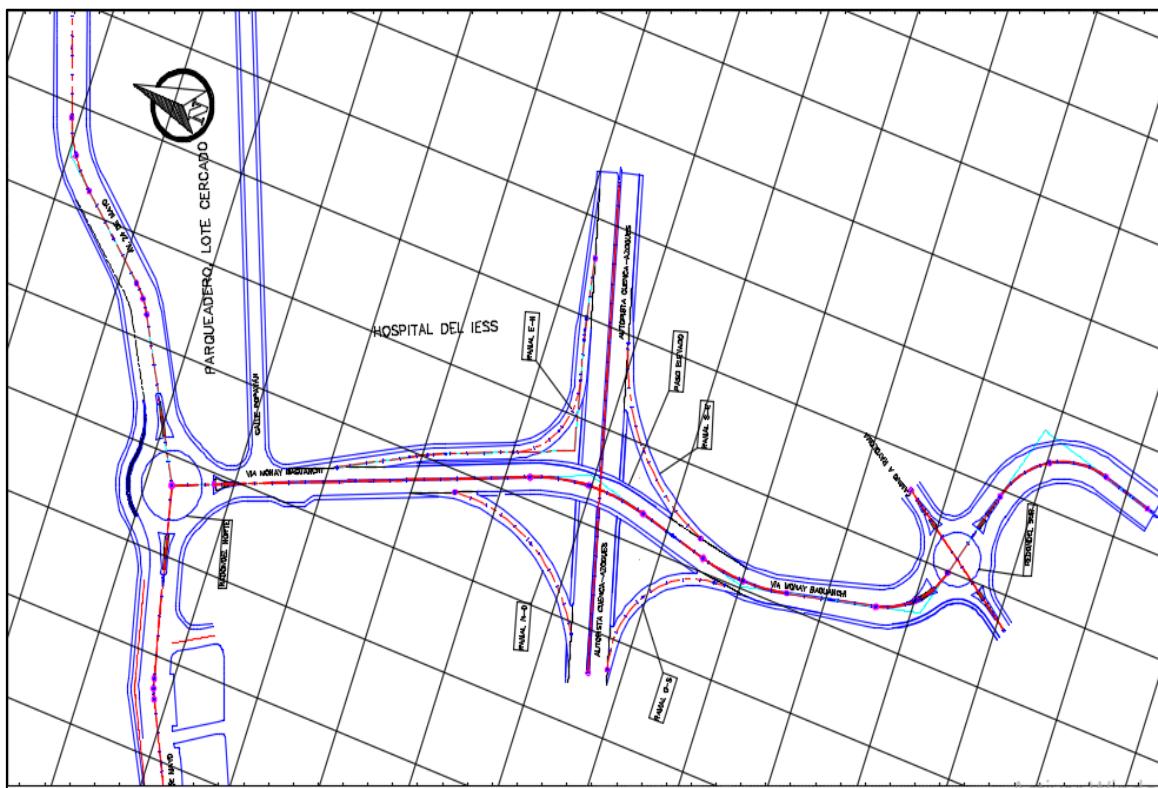
Los obstáculos urbanísticos permiten plantear un trébol parcial de tres hojas. Constituido por tres ramales en forma de lazo y de un solo sentido de circulación. No son posibles los giros directos a la izquierda.

Este tipo de intercambiador es conveniente cuando los volúmenes de tráfico directo y el que gira hacia la izquierda requieren la eliminación de todos los conflictos de virar a la izquierda.

Las desventajas constituyen las vueltas largas para los movimientos a la izquierda y la necesidad de grandes áreas para acomodar las rampas.

## SEGUNDA PROPUESTA: DIAMANTE

Ilustración 62 Segunda Propuesta: Diamante



Es la forma más simple, tiene cuatro ramales de enlace de un solo sentido de circulación. Permite maniobras directas de giro en la intersección con el camino secundario, y su costo de construcción generalmente es lo más bajo. Es adaptable en intersecciones de una carretera principal con una secundaria.

Este tipo de intercambiador se adapta a una amplia escala de volúmenes de tránsito. Su capacidad es limitada por la capacidad de las rampas en su intersección con la vía secundaria.

Para ramales sin ramificación, no son posibles los giros en U y hacia la izquierda, por lo que será necesario complementarlo con otro tipo de intersección en los sentidos norte-sur.

### Niveles de Servicio de Primera y Segunda Propuesta

Según la metodología del HCM 2010, y siguiendo los procedimientos de los capítulos: Interchange Ramp Terminals, Freeway Weaving Segments, Freeway Merging and Diverging Segments and Multilane Highways, da los siguientes resultados:



Tabla 30 Nivel de Servicio según HCM. Trébol 2015-2035

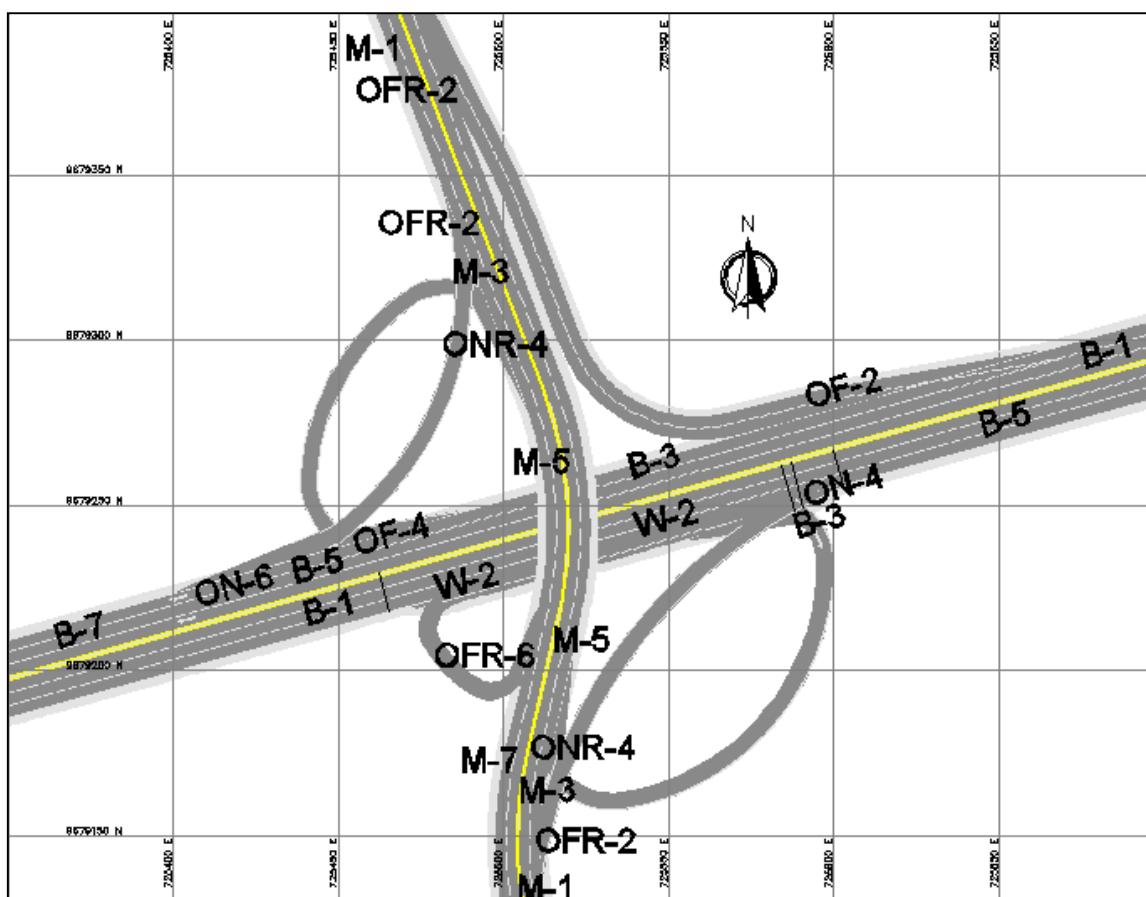
AUTOPISTA SENTIDO O-E										AUTOPISTA SENTIDO E-O							PASO ELEVADO SENTIDO S-N					PASO ELEVADO SENTIDO N-S						
2015	Seg	1	2	3	4	5	Seg	1	2	3	4	5	6	7	Seg	1	2	3	4	5	Seg	1	2	3	4	5	6	7
	Tipo	B	W	B	ONR	B	Tipo	B	OFR	B	OFR	B	ONR	B	Tipo	M	OFR	M	ONR	M	Tipo	M	OFR	M	ONR	M	OFR	M
	LOS	A	B	A	B	A	LOS	A	A	A	B	A	B	A	LOS	B	A	A	0	D	LOS	D	B	D	C	E	C	A
2020	LOS	A	C	A	B	B	LOS	A	B	A	B	A	B	A	LOS	B	B	B	0	D	LOS	E	C	D	C	E	F	A
2025	LOS	A	C	B	B	B	LOS	A	B	A	B	A	B	A	LOS	C	B	B	0	E	LOS	F	C	E	D	F	F	A
2030	LOS	A	D	B	C	B	LOS	A	B	A	B	A	B	A	LOS	C	B	B	0	F	LOS	F	D	F	D	F	F	B
2035	LOS	B	E	B	C	C	LOS	B	B	A	B	A	B	B	LOS	D	B	C	0	F	LOS	F	D	F	E	F	F	B

Cada sentido de la autopista y del paso elevado, fue dividido en segmentos, y cada segmento tiene su nivel de servicio.

El paso elevado en el sentido Norte-Sur, presenta un nivel de servicio F, para el año 2020. Mientras que en los demás segmentos, ya presenta niveles de servicios bajos como lo es el NS E, desde el año 2015.

La tabla anterior obedece al siguiente esquema:

Ilustración 63 Esquema NS Trébol



### Simbología:

M: Segmento Multicarriles

B: segmento básico de autopista

OFR: rampa de salida

ONR: rampa de entrada

W: segmento de trenzado



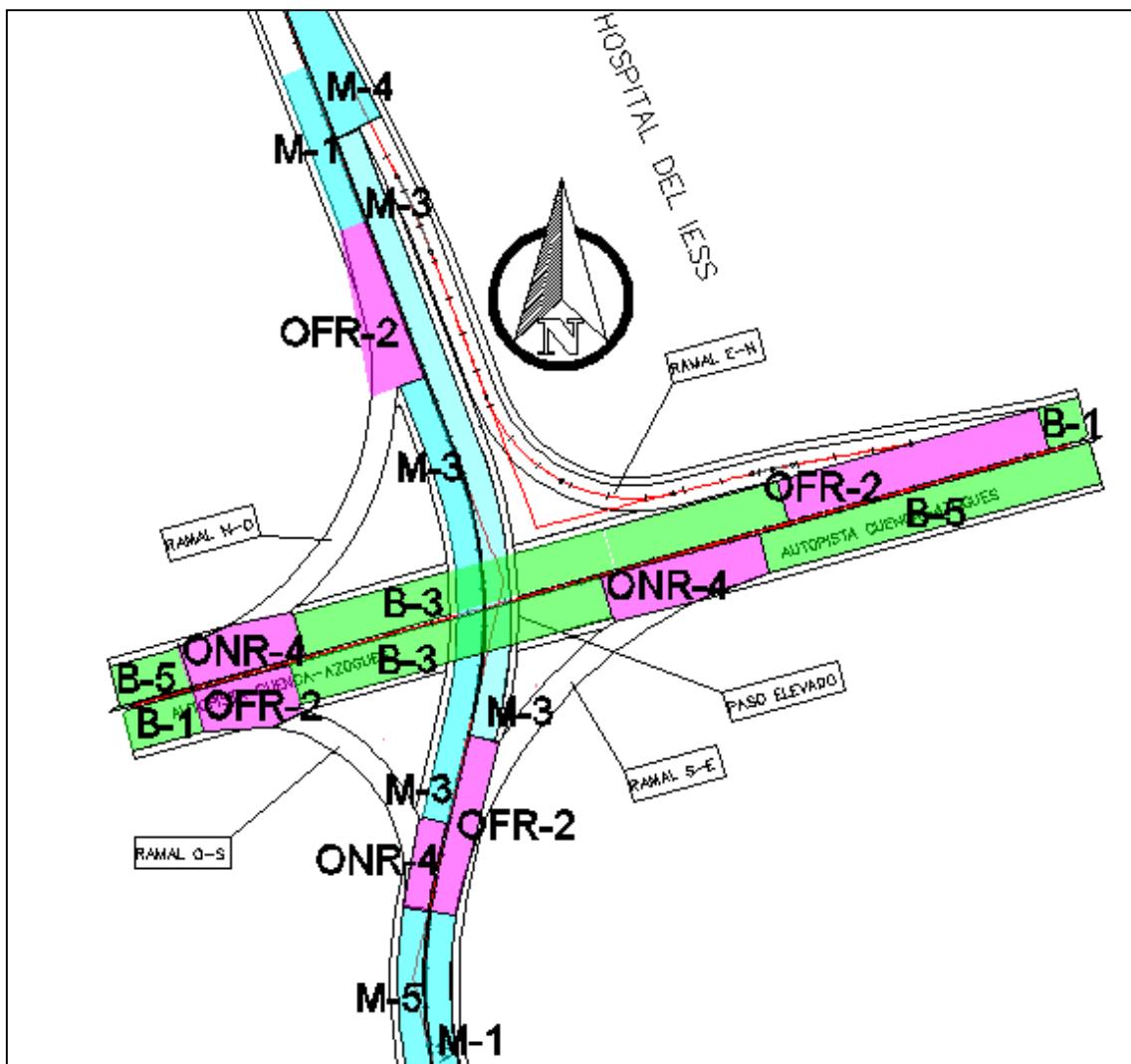
Tabla 31 Nivel de Servicio según HCM. Diamante 2015-2035

AUTOPISTA SENTIDO O-E										AUTOPISTA SENTIDO E-O					PASO ELEVADO SENTIDO S-N					PASO ELEVADO SENTIDO N-S				
	Seg	1	2	3	4	5	Seg	1	2	3	4	5	Seg	1	2	3	4	Seg	1	2	3	4	5	
	Tipo	B	OFR	B	ONR	B	Tipo	B	OFR	B	ONR	B	Tipo	M	OFR	M	M	Tipo	M	OFR	M	ONR	M	
2015	LOS	A	B	A	A	A	LOS	A	A	A	B	A	LOS	B	A	D	D	LOS	D	B	C	B	D	
2020	LOS	A	B	A	B	B	LOS	A	B	A	B	A	LOS	B	B	D	E	LOS	E	B	D	B	D	
2025	LOS	A	B	A	C	B	LOS	A	B	A	B	A	LOS	C	B	E	F	LOS	F	B	D	B	E	
2030	LOS	A	B	A	C	B	LOS	A	B	A	B	A	LOS	C	B	F	F	LOS	F	B	D	C	F	
2035	LOS	B	B	A	D	C	LOS	A	B	A	B	B	LOS	D	B	F	F	LOS	F	C	E	C	F	

Según los datos de la tabla 31, el sistema empieza a colapsar en el año 2025, en uno de los segmentos multicarriles del paso elevado, mientras que en los demás segmentos presente un nivel de servicio alto.

La tabla anterior obedece al siguiente esquema:

Ilustración 64 Esquema NS Diamante

**Simbología:**

M: Segmento Multicarriles

B: segmento básico de autopista

OFR: rampa de salida

ONR: rampa de entrada

Cada sentido de la autopista y del paso elevado, fue dividido en segmentos, y cada segmento tiene su nivel de servicio.

**Tabla 32 Nivel de Servicio General para cada Propuesta**

NIVEL DE SERVICIO-PROYECTOS			
	ACTUAL	TRÉBOL	DIAMANTE
<b>2015</b>	F	B	B
<b>2020</b>	F	B	B
<b>2025</b>	F	C	C
<b>2030</b>	F	C	C
<b>2035</b>	F	D	D

La tabla anterior nos indica que los niveles de servicio para las dos propuestas son los mismos hasta el año 2035.

### **Costes de los usuarios de la Carretera**

La finalidad es identificar y medir los impactos de tipo económico que generan estas soluciones viales sobre los recursos comprometidos y asignarles un valor que exprese el aporte de cada recurso a la comunidad. Esto nos ayuda a determinar la solución más viable económicamente.

Los costos de usuarios de una carretera se determinan en base a tres parámetros básicos que son: el valor monetario del tiempo de viaje, el valor monetario de los costos operativos de los vehículos y el costo debido a accidentes producidos en la zona.

El valor monetario del tiempo de viaje (VOT-Value Of Time) es una suma de:

- Valor en dólares del tiempo de viaje personal (sólo coches de pasajeros).
- Valor en dólares del tiempo de viaje de negocios (sólo coches de pasajeros).
- Valor del tiempo de viaje del camión (sólo camiones).
- Costo de depreciación del vehículo (todos los vehículos).

El valor monetario de los costos operativos de los vehículos (VOC-Vehicle Operating Costs) incluye los costos de consumo de los siguientes recursos:

- Consumo de combustible.
- Consumo de aceite del motor.
- Desgaste del neumático.
- Reparación y mantenimiento.
- Devaluación relacionada con el kilometraje.

El valor monetario de los accidentes (AC-Accident Costs) ocurridos es tomado de Review of Road User Costs and Methods (2013), en donde el costo de \$ 7400 se refiere a solo daños materiales, cantidad usada para este análisis.



---

**Tabla 33 Costes de los usuarios de las Carreteras 2015**

<b>Costes de los usuarios de las Carreteras 2015</b>			
	<b>ACTUAL</b>	<b>TRÉBOL</b>	<b>DIAMANTE</b>
<b>VOT</b>	\$ 1.256.510,20	\$ 58.164,19	\$ 80.522,42
<b>VOC</b>	\$ 76.441,23	\$ 67.570,48	\$ 7.853,84
<b>AC</b>	\$ 296.000,00	\$ -	\$ -
<b>TOTAL</b>	\$ 1.628.951,43	\$ 125.734,67	\$ 88.376,27

Para este estudio se compara tres situaciones: con proyecto (dos alternativas) y sin proyecto (intersección actual). En la tabla 33 se presenta los costos en el año 2015.

En el caso de los accidentes que se consideran nulos en los intercambiadores es debido a que se le devuelve la jerarquización de la autopista por ende no hay interacción con los vehículos que van a una mayor velocidad.

Los beneficios que genera el proyecto en su mayor parte se lo define como ahorros en costos y en tiempos de viaje, condición importante que permite decidir si el proyecto es rentable.

### **Elección de la propuesta más conveniente**

Tomando en cuenta los niveles de servicio calculados para cada propuesta, estas arrojan promedios de niveles de servicio iguales. Pero tomando en cuenta los costos de los usuarios de una carretera, la propuesta que arroja el mejor resultado es el Intercambiador Diamante. Requiere menos espacio que la construcción de un Trébol y por ser relativamente más barato, es la propuesta seleccionada para presentar como una reforma a la intersección actual.

Es un intercambiador que se puede usar tanto en vías urbanas como rurales, es preferible que la vía principal ocupe el nivel inferior, con cuya disposición las vías de enlace son más cortas por ser la pendiente favorable para la aceleración y desaceleración de los vehículos que entran y salen.

Para dar lugar a los giros en U y hacia la izquierda, se plantea la construcción de dos redondeles en las direcciones norte y sur respectivamente. Se busca una intersección que tenga predominio de movimientos de giros que sean importantes, para condiciones en las que estos movimientos superen en cantidad a los movimientos que continúan rectos; también una intersección que mantenga una elevada capacidad para demandas futuras y sin tener que hacer uso de los semáforos. Todas estas condiciones cumple la implantación de un redondel.

Hay que recalcar que al emplazar el intercambiador Diamante, la zona del Hospital no queda involucrada a excepción que sus veredas que son lo suficientemente anchas. (Ilustración 65)



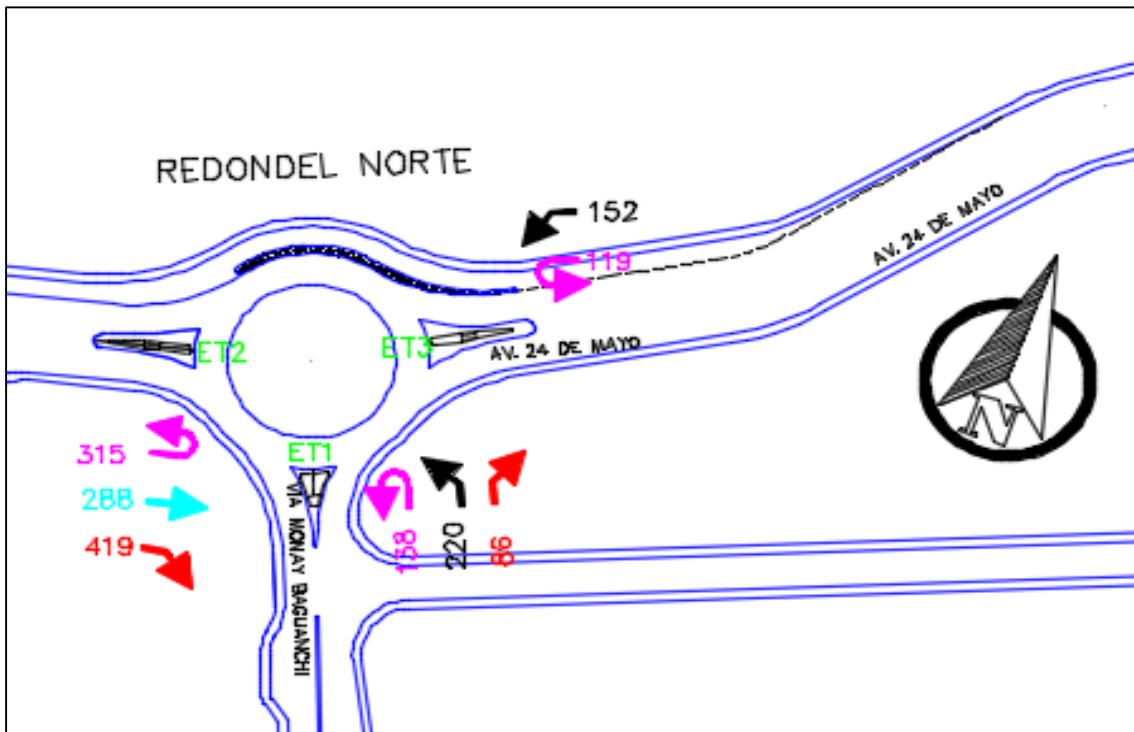
---

Ilustración 65 Fotos tomadas en Campo de Veredas Hospital IEES



#### • **Niveles de Servicio de Redondeles Norte y Sur**

## Ilustración 66 Volúmenes Redondel Norte 2015



## Ilustración 67 Volúmenes Redondel Sur 2015

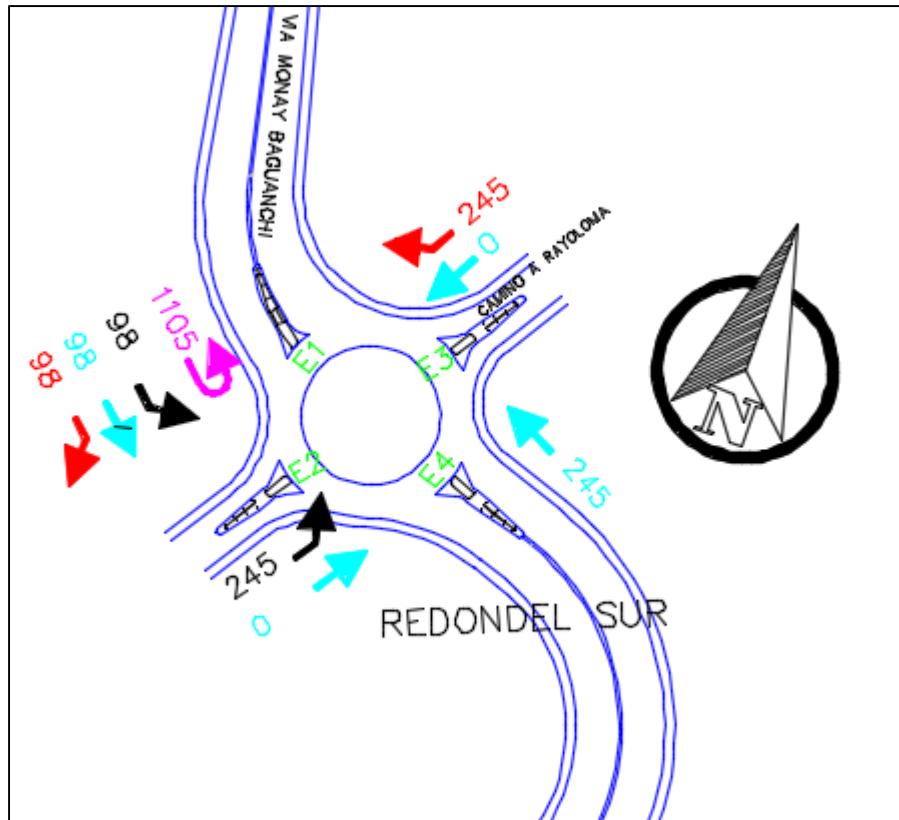


Tabla 34 Niveles de Servicio Redondel Norte

REDONDEL NORTE HCM 2010

		2015	2020	2025	2030	2035
ET1	LOS	B	C	D	F	F
	Demora[s/veh]	12.14	17.40	29.93	73.04	189.95
ET2	LOS	C	E	F	F	F
	Demora[s/veh]	17.94	42.39	115.73	238.22	398.42
ET3	LOS	A	A	B	C	D
	Demora[s/veh]	8.23	10.68	14.02	19.92	33.10
TOTAL	LOS	B	D	F	F	F
	Demora[s/veh]	15	31.00	77.76	161.73	287.88

La tabla indica que el redondel norte ofrece un nivel satisfactorio de servicio hasta el año 2025.

**Tabla 35 Niveles de Servicio Redondel Sur****REDONDEL SUR HCM 2010**

		2015	2020	2025	2030	2035
E1	LOS	F	F	F	F	F
	Demora[s/veh]	89.08	104.07	282.33	387.65	525.42
E2	LOS	B	D	F	F	F
	Demora[s/veh]	15.02	25.48	52.41	153.31	389.38
E3	LOS	C	E	F	F	F
	Demora[s/veh]	21.07	45.42	134.70	379.72	835.99
E4	LOS	C	D	F	F	F
	Demora[s/veh]	17.71	33.44	84.50	253.58	587.79
TOTAL	LOS	F	F	F	F	F
	Demora[s/veh]	64.61	80.11	215.93	344.08	552.67

Los resultados indican que el redondel sur ofrece un nivel de servicio F en el acceso sur, esto se debe a que la cantidad de vehículos que hacen movimientos de giro es considerable.

**Diseño Geométrico Horizontal y Vertical de Segunda Propuesta: Diamante**

Los lineamientos seguidos para el diseño geométrico son de las Normativas Ecuatorianas de Vialidad y de las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras del MOP, 2003.

Los intercambiadores comprenden una combinación de elementos de canalización del tránsito. Por esta razón las normas de diseño de las intersecciones a nivel, se aplican también al diseño de intercambiadores.

Los planos No. 2 y No. 3, corresponden a los dibujos de diseño horizontal y vertical respectivamente a nivel de prediseño.

El plano de proyecto horizontal, presenta la nueva forma de la intersección: el intercambiador diamante más los dos redondeles, con sus respectivos alineamientos principales y de cada ramal, presenta también los radios de giro de curvas horizontales.

El plano de proyecto vertical presenta, perfiles del paso elevado, de los ramales, de la nueva autopista y secciones transversales de la nueva intersección cada 10 metros. Éste no presenta los alineamientos y secciones transversales de los redondeles, ya que se consideran obras complementarias y sólo se analizan con un punto de vista de solución funcional.

El plano No. 4 presenta la señalización, la señalización horizontal y vertical se rige a dos únicas normas, RTE INEN 004-2:2012 y la norma RTE INEN 004-1: 2012 respectivamente.

El plano No. 5 presenta el área de expropiación en caso de construcción de esta alternativa. Da un total de 19 630 m<sup>2</sup> de expropiación. Predios que pertenecen al



---

Municipio y al colegio de médicos del Azuay, que actualmente funciona como parqueadero.

### **Mantenimiento de Tránsito durante la Construcción**

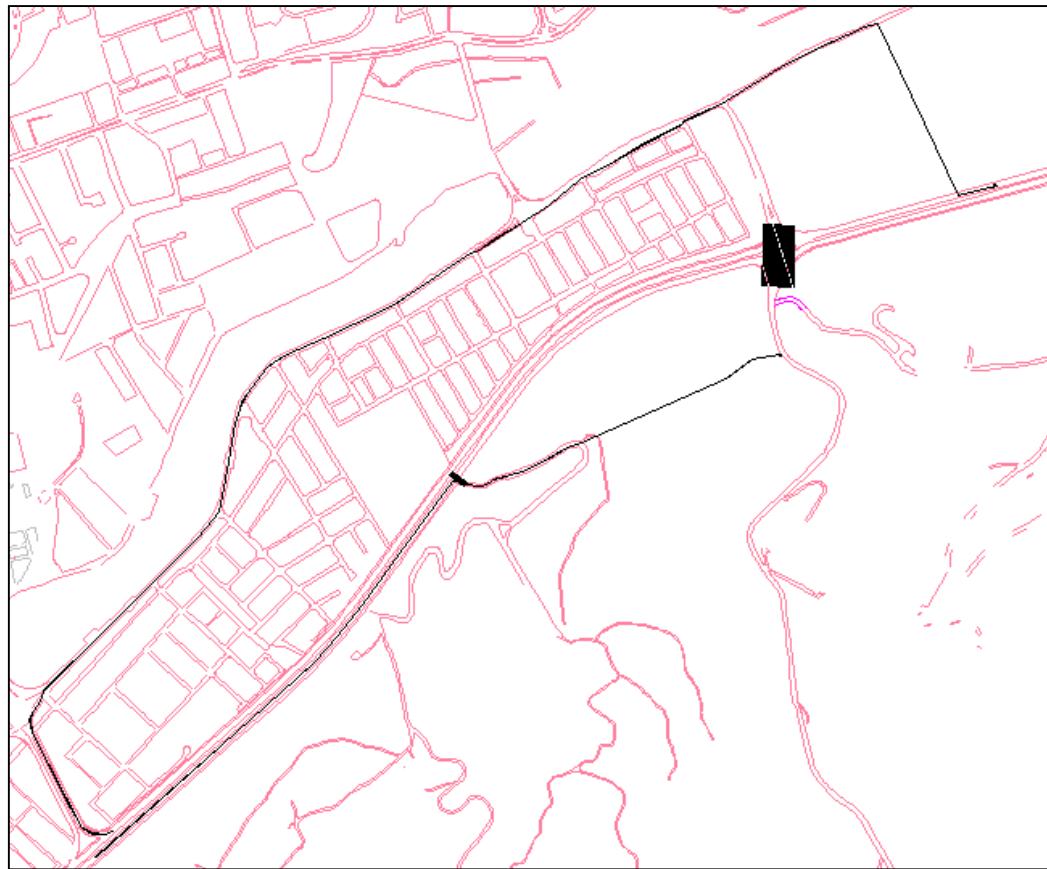
Es fundamental evitar congestiones de tránsito precisamente en el lugar en que el contratista necesita espacio para trabajar efectivamente.

Un intercambiador se construye por etapas, para ajustarse a los presupuestos disponibles, o para acomodarse a cambios futuros en el área, o simplemente por acompañar al crecimiento del tránsito.

-Construcción por etapas:

1. Primero se propone la construcción del redondel sur, ya que es poco el tránsito involucrado en la actualidad.
2. Se proponen desvíos para cada giro, mientras se construye el paso elevado y se ensancha la Av. 24 de Mayo:
  - Oeste-Sur: Circunvalación Sur-Vía cementerio Campo Santo Santa Ana-Barrio Bello Horizonte-Vía Monay Baguanchi Paccha
  - Oeste-Este: desde Av. 24 de Mayo-Calle de Urbanización Vista al Río-Circunvalación Sur.
  - Oeste- Norte: Av. 24 de Mayo
  - Sur-Este: Barrio Bello Horizonte-Vía Cementerio Campo Santo Santa Ana-Circunvalación Sur- Av. Max Uhle- Av. 24 de Mayo-Calle de Urbanización Vista al Río-Circunvalación Sur.
  - Sur-Norte: Barrio Bello Horizonte-Vía Cementerio Campo Santo Santa Ana-Circunvalación Sur- Av. Max Uhle- Av. 24 de Mayo
  - Sur-Oeste: Barrio Bello Horizonte-Vía Cementerio Campo Santo Santa Ana-Circunvalación Sur
  - Este-Norte: Circunvalación Sur- Calle de Urbanización Vista al Río- Av. 24 de Mayo
  - Este-Oeste: Circunvalación Sur- Calle de Urbanización Vista al Río- Av. 24 de Mayo- Av. Max Uhle- Circunvalación Sur
  - Este-Sur: Circunvalación Sur- Calle de Urbanización Vista al Río- Av. 24 de Mayo- Av. Max Uhle- Circunvalación Sur- Vía cementerio Campo Santo Santa Ana-Barrio Bello Horizonte-Vía Monay Baguanchi Paccha
  - Norte-Oeste: Av. 24 de Mayo- Av. Max Uhle- Circunvalación Sur
  - Norte-Sur: Av. 24 de Mayo- Av. Max Uhle- Circunvalación Sur-Vía cementerio Campo Santo Santa Ana-Barrio Bello Horizonte-Vía Monay Baguanchi Paccha
  - Norte-Este: Av. 24 de Mayo- Calle de Urbanización Vista al Río- Circunvalación Sur.
3. Construcción del redondel norte.

Ilustración 68 Esquema Desvíos en Construcción



### Zona de peatones en segunda propuesta: Diamante

La presencia del Hospital atrae una gran cantidad de peatones, y debido a la gran demanda de vehículos, se debe priorizar un paso de peatones, por eso se instala la presencia de semáforos, que garantiza la seguridad peatonal.

El tipo de semáforo a utilizar es el activado por el tránsito, que es un tipo de semáforo, en el cual la duración de las luces roja y verde y tiempo del ciclo varían en relación con las necesidades de tránsito, según lo registren los detectores de vehículos o peatones.

Según la metodología empleada en el libro Ingeniería de tránsito, Fundamentos y Aplicaciones, de Cal y Mayor, la duración de la luz verde es de 25 segundos para la hora pico para el cruce de peatones.

### Diseño de pavimento Rígido

El diseño del pavimento fue hecho en base a la AASHTO para pavimentos rígidos para  $n=20$  años, dando los siguientes resultados:

- Circunvalación sur sentido E-O: Losa=33 cm y Base=21 cm
- Circunvalación sur sentido O-E: Losa=32 cm y Base=21 cm



## Diseño de Puente

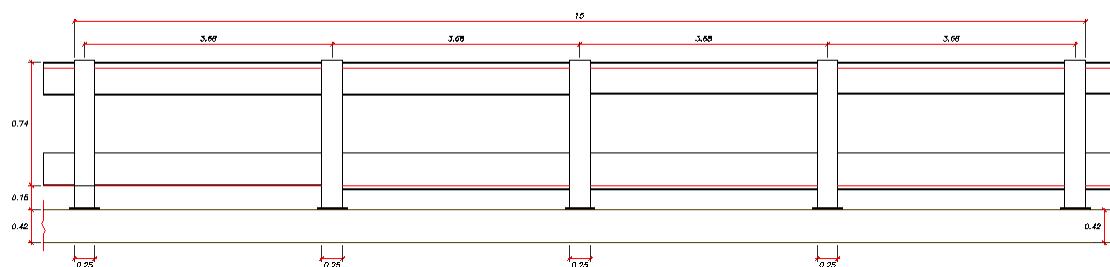
Se enfocará en la implantación de la estructura, para ello se utilizó las especificaciones MOP 2003 en lo referente a Normas de Diseño Geométrico. Para el diseño estructural en hormigón se diseñó la estructura con la aplicación de normas de diseño: AASHTO ESTÁNDAR al Diseño Estructural de Puentes 2002.

- **Superestructura**

Se ha determinado dos tramos de 15 metros cada uno, logrando vencer la luz de 30 metros que obedece a la geometría de la propuesta escogida.

Baranda de Hormigón:

Ilustración 69 Elevación Baranda



En una luz de 15 metros, se plantean 5 postes de 0.25x0.90 metros, espaciados entre sí 3.68 metros. La vereda se desarrolla en 2.0 x 0.15 metros. Se plantea un espesor de la losa de 0.27 metros.

Las protecciones laterales son de hormigón armado para los postes con sección de 0.25x0.25 metros y barandales de sección 0.20 x 0.20.

Se plantea una capa de rodadura de hormigón asfáltico de 0.05 m de espesor con pendientes transversales del 2%.

El material para las vigas principales y el tablero es de hormigón  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> y acero de refuerzo  $fy=4200$  kg/cm<sup>2</sup>.

El inicio del tablero se ubica en la abscisa 0+360, llegando al final del primer tramo en la 0+375, en donde se encuentra la pila, el segundo tramo termina en la 0+390.00.

La sección transversal en la calle Vía Monay-Baguanchi tiene un ancho total de 17.8 metros, la calzada define 4 vías de 3.3 metros cada una y dos veredas laterales de 2 metros incluido las protecciones laterales del puente.

En la sección transversal se define un tablero de hormigón armado de 0.27 metros de espesor, bajo este tablero y de manera monolítica se implantan 4 vigas de 0.80 x 1.1 metros de sección constante en toda la longitud y hechas con el mismo material del tablero.

Ilustración 70 Sección Superestructura

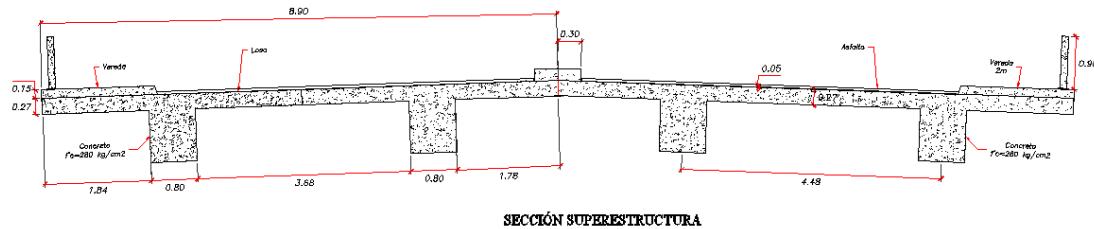
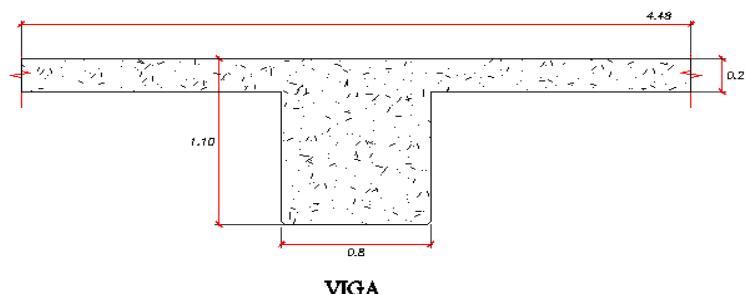


Ilustración 71 Sección Transversal Viga

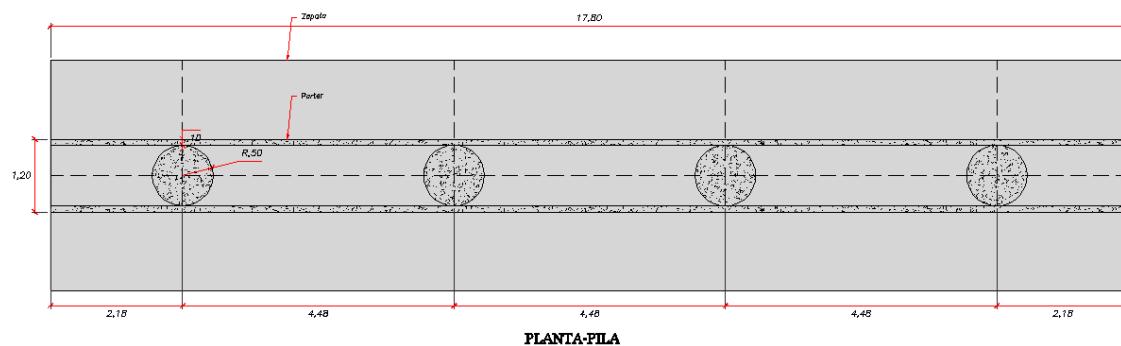


Las vigas tienen un espaciamiento de 4.475 metros entre ejes.

- **Infraestructura**

Se plantea una pila central de hormigón armado, la estructura consiste de 4 columnas circulares de 1 metro de diámetro que sostiene una viga cabezal. Como sistema de apoyo se propone placas de neopreno de dureza shore 60. En total son 8 columnas, 4 de cada lado en los extremos de la autopista.

Ilustración 72 Esquema en Planta de Pila-Zapata



Cabe recalcar que estas medidas sirven como guía para el dimensionamiento del puente, se recomienda verificar medidas. Estas secciones se plantean para tener una idea de la forma que podría tener la estructura en general.

**Cantidad de Obra Referencial del Paso Elevado de Propuesta Escogida:  
Diamante**

INTERCAMBIADOR DE TRANSITO EN CIRCUNVALACIÓN SUR Y VÍA MONAY-BAGUANCHI

Oferente: REFERENCIAL

Ubicación: CIRCUNVALACIÓN SUR Y VÍA MONAY-BAGUANCHI

Cantidad de Obra (Paso Elevado)			
Item	Descripción	Unidad	Cantidad
<b>01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
1.001	Remoción de hormigón	m3	3 597.20
1.002	Desbroce, desbosque y limpieza	Ha	1.80
1.003	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	1 469.66
1.004	Mejoramiento conformación y compactación con equipo pesado para calzada y/o accesos	m3	1 469.66
1.005	Transporte de materiales producto de la excavación (Transporte libre 500 m)	m3/km	5 068.66
<b>2</b>	<b>CALZADA</b>		
2.001	Mejoramiento conformación y compactación con equipo pesado para calzada y/o accesos	m3	665.50
2.002	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	399.30
2.003	Asfalto MC para imprimación	litro	39 930.00
2.004	Capa de sello de mortero asfáltico	m2	532.40
2.005	Pavimento de Hormigón de cemento portland 4,12 MPA, incluye curado, encofrado y aditivo plastificante	m3	532.40
2.006	Malla de refuerzo para losa, incluye varillas de sostentimiento	m2	532.40
2.007	Corte y sellado de juntas	ml	665.50
<b>3</b>	<b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>		
3.001	Bordillo de hormigón de 20 x 20 cm	ml	796.00
3.002	Bordillo de hormigón de 20 x 65 cm	ml	2 662.00
<b>4</b>	<b>INTERCAMBIADOR – INFRAESTRUCTURA</b>		
4.001	Replanteo de construcción	m2	6 485.00
4.002	Excavación y relleno para puentes y obras similares	m3	22 656.00
4.003	Geotextil NT 1600. Suministro e instalación, incluye andamios	m2	3 173.00
4.004	Hormigón estructural $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ incluye encofrados	m3	1 103.12
4.005	Hormigón ciclópeo (60% H.S. y 40% piedra) $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , incluye encofrado	m3	915.80
4.006	Acero de refuerzo	kg	5 807.92
<b>5</b>	<b>INTERCAMBIADOR – SUPERESTRUCTURA</b>		
5.001	Pavimento de Hormigón de cemento portland 4,12 MPA, incluye curado, encofrado y aditivo plastificante	m3	10.68
5.002	Hormigón estructural de cemento Portland, clase A, $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$	m3	79.68
5.003	Hormigón estructural $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , incluye encofrado	m3	144.18



5.004	Acero de refuerzo	kg	15 574.40
5.005	Malla electro soldada de refuerzo d=4 mm c/15 cm	m2	414.00
<b>6</b>	<b>SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL</b>		
6.001	Marcas de pavimento (pintura)	m2	399.30
6.002	Marcas de pavimento (flechas, letras, etc.)	m2	116.00
<b>7</b>	<b>SEÑALIZACIÓN VERTICAL</b>		
7.001	Pórticos para señalización de carreteras	u	3.00
7.002	Construcción e instalación/letrero-aluminio/señal/reglamentaria	m2	12.15
7.003	Suministro e instalación de tubos cuadrados 50x50x2 mm. Incluido dado de hormigón simple para letreros de señalización	m	120.00
7.004	Suministro e instalación de elementos de sujeción o fijación de letreros de señalización en postes existentes	u	60.00



## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

Conclusión General:

Se logró mejorar el nivel de servicio de la intersección en estudio. Para esto se recolectó información de aforos vehiculares en la intersección identificada de manera de tener la distribución en tiempo, composición y dirección, durante 12 horas. Información que luego sirvió para determinar los volúmenes de tránsito usados durante el análisis cuantitativo. Para realizar el análisis de la situación actual y las diferentes alternativas se utilizó “EL MÉTODO PARA ESTIMAR LA CAPACIDAD Y DEMORAS EN REDONDELES SEGÚN EL HCM 2010” y un Software pertinente, los cuales alimentados con la información recolectada en campo brindan cuantitativamente las características funcionales de la zona en estudio. Estas características muestran un nivel de servicio F, con lo que la intersección en estudio necesita una reforma.

El nivel de servicio se mejoró usando como solución el diseño de un intercambiador tipo diamante con dos redondeles en el sentido norte y sur respectivamente. Solución que funciona hasta el año 2035 con algunas posibles modificaciones en su diseño.

Mientras que para los objetivos específicos planteados:

- En el análisis de la señalización de la intersección actual se concluye que está degradada en lo referente en la señalización horizontal. Debido a que el redondel está junto al Hospital del IEES y la presencia de las paradas de buses, la señalización horizontal debe ser clara ya que la afluencia de peatones es notoria en las horas pico, y éstos deben hacer uso de las vías de manera segura. Mientras que la señalización vertical es bastante clara y suficiente.
- En el análisis y evaluación funcional de la intersección en el estado actual (año 2015) mediante los lineamientos de HCM 2010 el resultado de nivel de servicio es F, mientras que para el futuro (hasta el año 2035) el nivel de servicio decrece considerablemente.
- Como alternativas de solución se presentó el diseño de dos intercambiadores. Esto debido a que para escoger la construcción de un intercambiador en lugar de cualquier otro tipo de intersección se justifica debido a varios criterios:
  - La presencia de una autopista, indica la ausencia de una intersección a nivel con otras vías.
  - Los intercambiadores nos aseguran ser las soluciones que proporcionan la máxima capacidad.
  - Son infraestructuras más seguras para la circulación de vehículos.
  - Las inversiones en la construcción de un intercambiador son costosas en comparación con una intersección a nivel, pero a largo plazo esta inversión se justifica.



---

Para escoger el tipo adecuado de intercambiador, hay que tener en cuenta su TPDA, la composición del tránsito y la velocidad de diseño de las vías que intersectan. No se debe emplear pendientes y radios muy pronunciados, ya que obstruye la circulación regular y limitan su capacidad.

Entre las ventajas de intercambiador de tránsito están:

- Proporciona seguridad al tránsito que gira a la izquierda
- Elimina cambios bruscos de velocidad
- Se pueden adaptar a la topografía
- Se adaptan a la construcción por etapas.

Por lo tanto exige considerar como posibles opciones todas aquellas que resuelvan los problemas planteados y escoger aquellas que mejor se adapten a los objetivos propuestos. Una vez planteadas las posibles opciones, la aplicación de los modelos desarrollados servirá para obtener una estimación del funcionamiento del sistema con cada una de ellas, pudiendo efectuar una evaluación de las mismas. Luego se obtiene una estimación de las ventajas e inconvenientes que tendrían las opciones consideradas.

Con respecto a la comparación de metodologías, se recomienda verificar manualmente el nivel de servicio según los lineamientos del HCM 2010, ya que el software arroja resultados nulos en ciertos casos. Dejando en duda la razón de este resultado.

➤ Elección de Alternativa: Como resultado se escogió la segunda opción que consta de un intercambiador en la forma de un diamante, adicionando dos redondeles en el sentido norte-sur. La decisión de la implantación de redondeles se hizo de acuerdo a varios criterios:

- Mejora la seguridad de las intersecciones al eliminar puntos de conflicto
- Reduce la gravedad de los choques.
- Reduce la gravedad de los accidentes
- Exige a los conductores a reducir su velocidad

Se plantea el uso de un semáforo peatonal, se recomienda que este semáforo sea accionado por el tránsito peatonal, en la hora pico, el peatón acciona este botón, esperando 30 segundos para que el semáforo le dé el derecho al paso, paso que durará 25 segundos en la hora pico.

No se recomienda usar un semáforo tradicional, ya que el número de peatones disminuye notablemente en el resto de horas del día. Además de que causa más demoras para el tráfico vehicular.

El presente trabajo está a nivel de prediseño, a pesar de analizar radios mínimos, distancias de visibilidad, debe hacerse más detallado en caso de calcular cantidades de obra porque la topografía complementaria se obtuvo mediante cartografía. Pero se cumple con el objetivo general que es mejorar el nivel de servicio.



## 6.2 RECOMENDACIONES

En caso de uso de redondeles:

- No se aconseja el uso de redondeles en zonas urbanas reguladas por semáforos porque provocan agrupación de pelotones.
- En la hora pico reduce su nivel de servicio notablemente.
- Si el tráfico de una vía domina sobre el otro.

Redondel Norte:

- Para el año 2020 se aconseja añadir un carril derecho en el sentido oeste-sur para poder aumentar su nivel de servicio.

Intercambiador:

- Para el año 2035 se necesita aumentar los carriles en el ramal de dirección S-E, así mismo para mejorar su servicio.

Estacionamientos:

- Se prohíbe estacionarse en las zonas aledañas al redondel e intercambiador, para esto se plantea la ubicación de una parada de bus lo suficientemente ancha para el parqueo con tiempo muy corto de otros vehículos.

## 6.3 DATOS COMPLEMENTARIOS

### Histórico de Accidentes de Tránsito en la zona Redondel IESS

ACCIDENTES DE TRÁNSITO REGISTRADOS EN EL SECTOR REDONDEL DEL IESS - ENERO 2014 , ABRIL 2016 SERVICIO INTEGRADO DE SEGURIDAD ECU -911 COORDINACIÓN ZONAL 6							
Año	Mes	Día	Fecha - Hora	Dirección	Longitud	Latitud	Categoría
2014	ABRIL	LUNES	28/04/2014 22:10	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque
2014	ABRIL	MARTES	22/04/2014 18:37	Cuenca-205-Dome	-78,971333	-2,900138	Choque
2014	ABRIL	SÁBADO	26/04/2014 15:03	Cuenca-205-Dome	-78,971333	-2,900138	Choque
2014	ABRIL	DOMINGO	06/04/2014 16:10	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	ABRIL	MARTES	08/04/2014 16:03	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	AGOSTO	SÁBADO	23/08/2014 19:20	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque
2014	AGOSTO	VIERNES	01/08/2014 16:55	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	DICIEMBRE	DOMINGO	14/12/2014 18:09	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	DICIEMBRE	DOMINGO	14/12/2014 17:09	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	DICIEMBRE	LUNES	08/12/2014 10:11	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	DICIEMBRE	MIÉRCOLES	17/12/2014 18:33	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	DICIEMBRE	SÁBADO	20/12/2014 19:14	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	FEBRERO	MARTES	04/02/2014 18:30	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	FEBRERO	MARTES	04/02/2014 18:45	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	FEBRERO	VIERNES	21/02/2014 6:57	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	JULIO	JUEVES	03/07/2014	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos



## Universidad de Cuenca

			20:20	MONAY PACCHA			
2014	JULIO	LUNES	28/07/2014 1:24	Cuenca-205-Dome	-78,971333	-2,900138	Volcamiento, con heridos
2014	JUNIO	DOMINGO	08/06/2014 4:09	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque
2014	JUNIO	LUNES	09/06/2014 8:14	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque
2014	JUNIO	LUNES	09/06/2014 9:36	CUE/ CRUCE DE MONAY PACCHA-AUTOPISTA CUENCA AZOGUES	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	JUNIO	LUNES	23/06/2014 7:15	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	JUNIO	LUNES	23/06/2014 19:18	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	MARZO	SÁBADO	15/03/2014 8:08	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	MARZO	MARTES	04/03/2014 16:01	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Volcamiento
2014	MAYO	JUEVES	15/05/2014 16:37	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque
2014	MAYO	MARTES	20/05/2014 20:56	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	MAYO	MIÉRCOLES	28/05/2014 15:07	CUE/ CRUCE DE MONAY PACCHA-AUTOPISTA CUENCA AZOGUES	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	MAYO	VIERNES	09/05/2014 12:18	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	MAYO	VIERNES	30/05/2014 21:49	CUE/ CRUCE DE MONAY PACCHA-AUTOPISTA CUENCA AZOGUES	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	NOVIEMBRE	DOMINGO	30/11/2014 3:31	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque
2014	NOVIEMBRE	DOMINGO	09/11/2014 15:13	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, con heridos
2014	NOVIEMBRE	DOMINGO	02/11/2014 10:51	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	NOVIEMBRE	DOMINGO	23/11/2014 6:41	CUE/ CRUCE DE MONAY PACCHA-AUTOPISTA CUENCA AZOGUES	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	NOVIEMBRE	JUEVES	13/11/2014 19:16	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	NOVIEMBRE	JUEVES	27/11/2014 18:48	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	OCTUBRE	VIERNES	17/10/2014 18:34	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque
2014	OCTUBRE	VIERNES	17/10/2014 18:58	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	SEPTIEMBRE	JUEVES	04/09/2014 19:48	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque
2014	SEPTIEMBRE	JUEVES	11/09/2014 22:20	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	SEPTIEMBRE	LUNES	01/09/2014 19:15	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	SEPTIEMBRE	SÁBADO	06/09/2014 9:05	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	SEPTIEMBRE	VIERNES	26/09/2014 13:07	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2014	SEPTIEMBRE	VIERNES	26/09/2014 13:15	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2015	ABRIL	MIÉRCOLES	29/04/2015 17:51	CUE/ REDONDEL IESS (AUTOPISTA CUENCA AZOGUES)	-78,971141	-2,900102	Choque
2015	ABRIL	VIERNES	24/04/2015 18:52	CUE/ CRUCE DE MONAY PACCHA-AUTOPISTA CUENCA AZOGUES	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2015	ABRIL	MARTES	21/04/2015 18:20	Cuenca-205-Dome	-78,971333	-2,900138	Rozamiento
2015	AGOSTO	LUNES	31/08/2015 11:05	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2015	AGOSTO	MARTES	04/08/2015 10:41	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2015	AGOSTO	SÁBADO	29/08/2015 20:39	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2015	AGOSTO	VIERNES	28/08/2015 18:42	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2015	AGOSTO	MIÉRCOLES	05/08/2015 21:15	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Rozamiento
2015	DICIEMBRE	JUEVES	31/12/2015 23:30	CUE/ REDONDEL IESS (AUTOPISTA CUENCA AZOGUES)	-78,971141	-2,900102	Choque
2015	DICIEMBRE	LUNES	07/12/2015 18:05	CUE/ REDONDEL IESS (AUTOPISTA CUENCA AZOGUES)	-78,971141	-2,900102	Choque
2015	DICIEMBRE	MIÉRCOLES	30/12/2015 19:52	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque, con heridos
2015	DICIEMBRE	DOMINGO	20/12/2015 16:28	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2015	DICIEMBRE	LUNES	07/12/2015 15:08	CUE/ REDONDEL IESS (AUTOPISTA CUENCA AZOGUES)	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2015	ENERO	MARTES	06/01/2015 20:05	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque
2015	ENERO	JUEVES	01/01/2015 2:22	CUE/ CRUCE DE MONAY PACCHA-AUTOPISTA CUENCA AZOGUES	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2015	ENERO	JUEVES	15/01/2015 19:57	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2015	ENERO	JUEVES	01/01/2015 5:17	CUE/AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Volcamiento, sin heridos



## Universidad de Cuenca

2015	FEBRERO	MIÉRCOLES	11/02/2015 16:10	CUE/ CRUCE DE MONAY PACCHA-AUTOPISTA CUENCA AZOGUES	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2015	FEBRERO	VIERNES	06/02/2015 7:51	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2015	FEBRERO	VIERNES	13/02/2015 8:37	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2015	FEBRERO	SÁBADO	21/02/2015 0:22	Cuenca-205-Dome	-78,971333	-2,900138	Encuentamiento
2015	FEBRERO	MIÉRCOLES	11/02/2015 13:36	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Rozamiento, sin heridos
2015	FEBRERO	JUEVES	19/02/2015 21:50	Cuenca-205-Dome	-78,971333	-2,900138	Volcamiento, con heridos
2015	JULIO	SÁBADO	18/07/2015 16:38	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque
2015	JULIO	VIERNES	03/07/2015 16:13	Cuenca-205-Dome	-78,971333	-2,900138	Choque
2015	JULIO	MARTES	07/07/2015 22:35	Cuenca-205-Dome	-78,971333	-2,900138	Choque, con heridos
2015	JUNIO	MIÉRCOLES	03/06/2015 13:47	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque
2015	JUNIO	JUEVES	04/06/2015 19:59	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2015	MARZO	JUEVES	19/03/2015 6:38	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque
2015	MARZO	MARTES	17/03/2015 20:43	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque, con heridos
2015	MARZO	LUNES	02/03/2015 7:25	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2015	MARZO	LUNES	30/03/2015 7:30	CUE/ REDONDEL IESS (AUTOPISTA CUENCA AZOGUES)	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2015	MARZO	MIÉRCOLES	04/03/2015 18:48	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971168	-2,900056	Choque, sin heridos
2015	MARZO	VIERNES	27/03/2015 7:38	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2015	MARZO	VIERNES	13/03/2015 16:41	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Rozamiento
2015	MAYO	LUNES	04/05/2015 12:06	Cuenca-205-Dome	-78,971333	-2,900138	Choque
2015	MAYO	JUEVES	07/05/2015 14:37	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Rozamiento, sin heridos
2015	MAYO	VIERNES	01/05/2015 23:03	Cuenca-205-Dome	-78,971333	-2,900139	Volcamiento
2015	NOVIEMBRE	JUEVES	05/11/2015 14:23	CUE/ REDONDEL IESS (AUTOPISTA CUENCA AZOGUES)	-78,971141	-2,900102	Choque
2015	NOVIEMBRE	LUNES	30/11/2015 16:27	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque
2015	NOVIEMBRE	JUEVES	05/11/2015 15:40	CUE/ REDONDEL IESS (AUTOPISTA CUENCA AZOGUES)	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2015	OCTUBRE	JUEVES	29/10/2015 17:52	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2015	OCTUBRE	VIERNES	02/10/2015 19:25	CUE/ CRUCE DE MONAY PACCHA-AUTOPISTA CUENCA AZOGUES	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2015	OCTUBRE	LUNES	19/10/2015 8:23	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Rozamiento
2015	SEPTIEMBRE	VIERNES	25/09/2015 20:52	CUE/ REDONDEL IESS (AUTOPISTA CUENCA AZOGUES)	-78,971141	-2,900102	Choque, con heridos
2016	ABRIL	DOMINGO	03/04/2016 18:56	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2016	ABRIL	Sábado	09/04/2016 4:01	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Volcamiento, con heridos
2016	ENERO	MARTES	05/01/2016 13:07	CUE/ REDONDEL IESS (AUTOPISTA CUENCA AZOGUES)	-78,971141	-2,900102	Choque, con heridos
2016	ENERO	JUEVES	21/01/2016 7:28	CUE/ CRUCE DE MONAY PACCHA-AUTOPISTA CUENCA AZOGUES	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2016	FEBRERO	DOMINGO	21/02/2016 2:42	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2016	FEBRERO	JUEVES	11/02/2016 9:52	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque, sin heridos
2016	MARZO	JUEVES	24/03/2016 16:21	CUE/ HOSPITAL DEL IESS	-78,971203	-2,900058	Choque
2016	MARZO	MARTES	08/03/2016 10:01	Cuenca-205-Dome	-78,971057	-2,899824	Choque
2016	MARZO	DOMINGO	06/03/2016 7:07	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Choque, con heridos
2016	MARZO	MIÉRCOLES	23/03/2016 20:00	CUE/ REDONDEL IESS (AUTOPISTA CUENCA AZOGUES)	-78,971141	-2,900102	Choque, con heridos
2016	MARZO	LUNES	21/03/2016 8:12	CUE/ AUTOPISTA CUENCA AZOGUES-CRUCE DE MONAY PACCHA	-78,971141	-2,900102	Rozamiento
2016	MARZO	LUNES	14/03/2016 6:58	CUE/ REDONDEL IESS (AUTOPISTA CUENCA AZOGUES)	-78,971141	-2,900102	Rozamiento, sin heridos



## REFERENCIAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2011). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets". 6<sup>th</sup> Ed. Washington. DC.
- Cal, R. & Reyes, M. (1994). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. (8va Ed.) México: Alfaomega.
- Federal Highway Administration Office of Operations (2011). Work Zone Road User Costs, Concepts and Applications. Final Report. Washington. DC.
- Garber, N. & Lester, H. Traffic & Highway Engineering. (4<sup>th</sup> Ed.) Virginia: Thomson West.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). RTE INEN 004-1 y 2: 2011(Primera Edición). Quito.
- Jerez, S.M. & Torres, L. P. Manual de Diseño de Infraestructura Peatonal Urbana (Tesis de Pregrado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Bogotá.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). Norma para Estudios y Diseños Viales, Volumen Número 2, Libro A. Quito.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2003). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras. Quito.
- Ortúzar, J. D. & Willumsen, L.G. (2011). Data and Space. En John Wiley & Sons (4ta Ed.), Modelling Transport (p. 55-137). New Jersey: Wiley.
- Transportation Research Board of the National Academies. (2010). Highway Capacity Manual 2010. Washington. DC.
- Transportation Research Board of the National Academies. (2010). Roundabouts: An Informational Guide. 2nd Ed. Washington. DC.
- Xiao Qin, & Chase, E. (2013). Review of Road User Costs and Methods. South Dakota State University. Brookings.



## ANEXOS

## DETALLES DE CÁLCULO

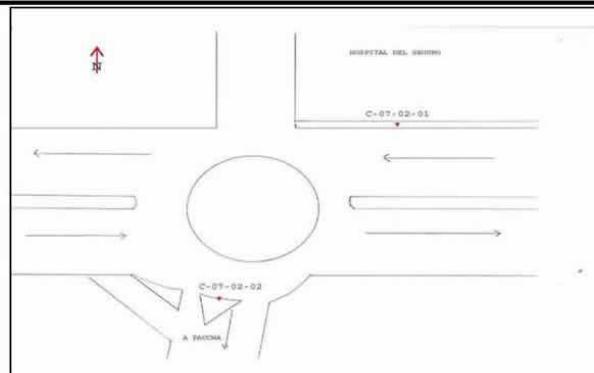
## HITOS DE SEGUNDO ORDEN PARA GEOREFERENCIAR



## MONOGRAFÍA DE PUNTO GEODÉSICO

Identificación:	C-07-02-01	Orden:	2
Ubicación:	Hospital del Seguro	Parroquia:	CUENCA
<b>Descripción del punto:</b> Placa de aluminio con cápsula magnética empotrados en cemento. Inscripción : I. Municipalidad de Cuenca, ETAPA, Prohibido Destruir y el respectivo número de punto			
Acceso : Autopista Sur, frente al hospital del seguro			
<b>Coordenadas</b>			
Geográficas:	UTM: ZONA 17 SUR		
Latitud:	2°53'59.28035" S	Norte:	9679280.043 m
Longitud:	78°58'14.13305" O	Este:	725582.265 m
Altura:	2485.232 m	H (S.N.M.M.):	2463.038 m

Croquis de ubicación



Foto



321



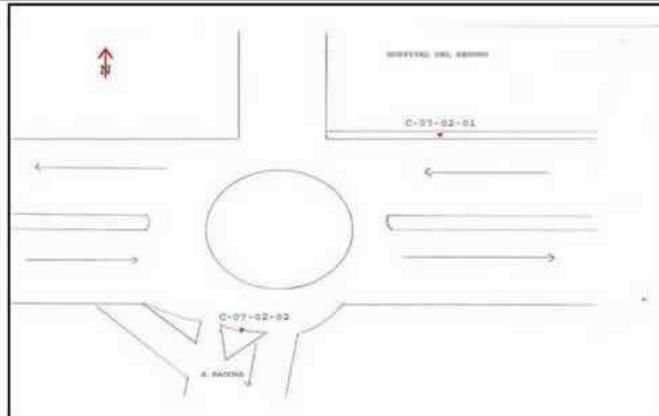
### MONOGRAFÍA DE PUNTO GEODÉSICO

Identificación: C-07-02-02 Orden: 2  
Ubicación: Hospital del Seguro Parroquia: CUENCA  
Descripción del punto: Placa de aluminio con cápsula magnética empotrados en cemento  
Inscripción : I. Municipalidad de Cuenca, ETAPA, Prohibido Destruir  
y el respectivo número de punto  
Acceso : Autopista Sur, frente al hospital del seguro

#### Coordenadas

Geográficas: UTM: ZONA 17 SUR  
Latitud: 2°54'01.22352" S Norte: 9679220.458 m  
Longitud: 78°58'16.19423" O Este: 725518.489 m  
Altura: 2484.814 m H (S.N.M.M.): 2462.624 m

Croquis de ubicación



Foto



322

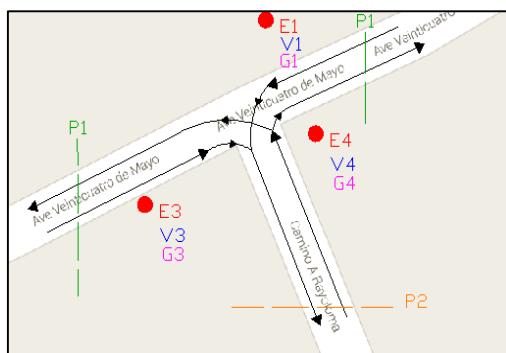


## PLANTILLA CONTEO VOLUMÉTRICO

CONTEO VOLUMÉTRICO CLASIFICADO										
INTERSECCIÓN:	Sector Redondel del IESS			ENCUESTADOR:						
ESTACIÓN N°	SENTIDO:	N-S	S-N	E-W	W-E	HORA INICIO:	7:00	HORA FIN:	19:00	
FECHA:	Lunes 07/12/2015									
Periodo cada 15 min	LIVIANOS	BUSES	CABINEROS			TRAILER	4E	5E	6E	Motos Bicicletas
0700-0715										
0715-0730										
0730-0745										
0745-0800										
0800-0815										
0815-0830										
0830-0845										
0845-0900										
0900-0915										
0915-0930										
0930-0945										
0945-1000										
1000-1015										
1015-1030										
1030-1045										
1045-1100										
1100-1115										
1115-1130										
1130-1145										
1145-1200										
1200-1215										
1215-1230										
1230-1245										
1245-1300										
1300-1315										
1315-1330										
1330-1345										
1345-1400										
1400-1415										
1415-1430										
1430-1445										
1445-1500										
1500-1515										
1515-1530										
1530-1545										
1545-1600										
1600-1615										
1615-1630										
1630-1645										
1645-1700										
1700-1715										
1715-1730										
1730-1745										
1745-1800										
1800-1815										
1815-1830										
1830-1845										
1845-1900										

## RESUMEN DE CRUCE PEATONAL EN T

Los datos, atienden al siguiente esquema:



**Tabla 36 Resumen de cruce peatonal en T (06:00 a 09:00 y 12:00 a 15:00)**

INTERSECCION:		Nº47 (Av 24 de Mayo y Camino a Rayoloma)			
FECHA:	lunes, 09 de marzo de 2015			SEIS HORAS	
Estación	CRUCE PEATONAL (2 SENTIDOS)				TOTAL
	Nº	Ad	Dis	TOTAL	
<b>E1</b>	2	21	0	23	
	0	21	0	21	
Total	2	42	0	44	
<b>E2</b>	1	54	0	55	
	3	82	0	85	
Total	4	136	0	140	
<b>E3</b>	16	489	0	505	
	14	314	7	335	
Total	30	803	7	840	
<b>E4</b>	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
Total	0	0	0	0	
Total Int.	<b>36</b>	<b>981</b>	<b>7</b>	<b>1 024</b>	

**Fuente:** Plan de Movilidad y Espacios Públicos de Cuenca



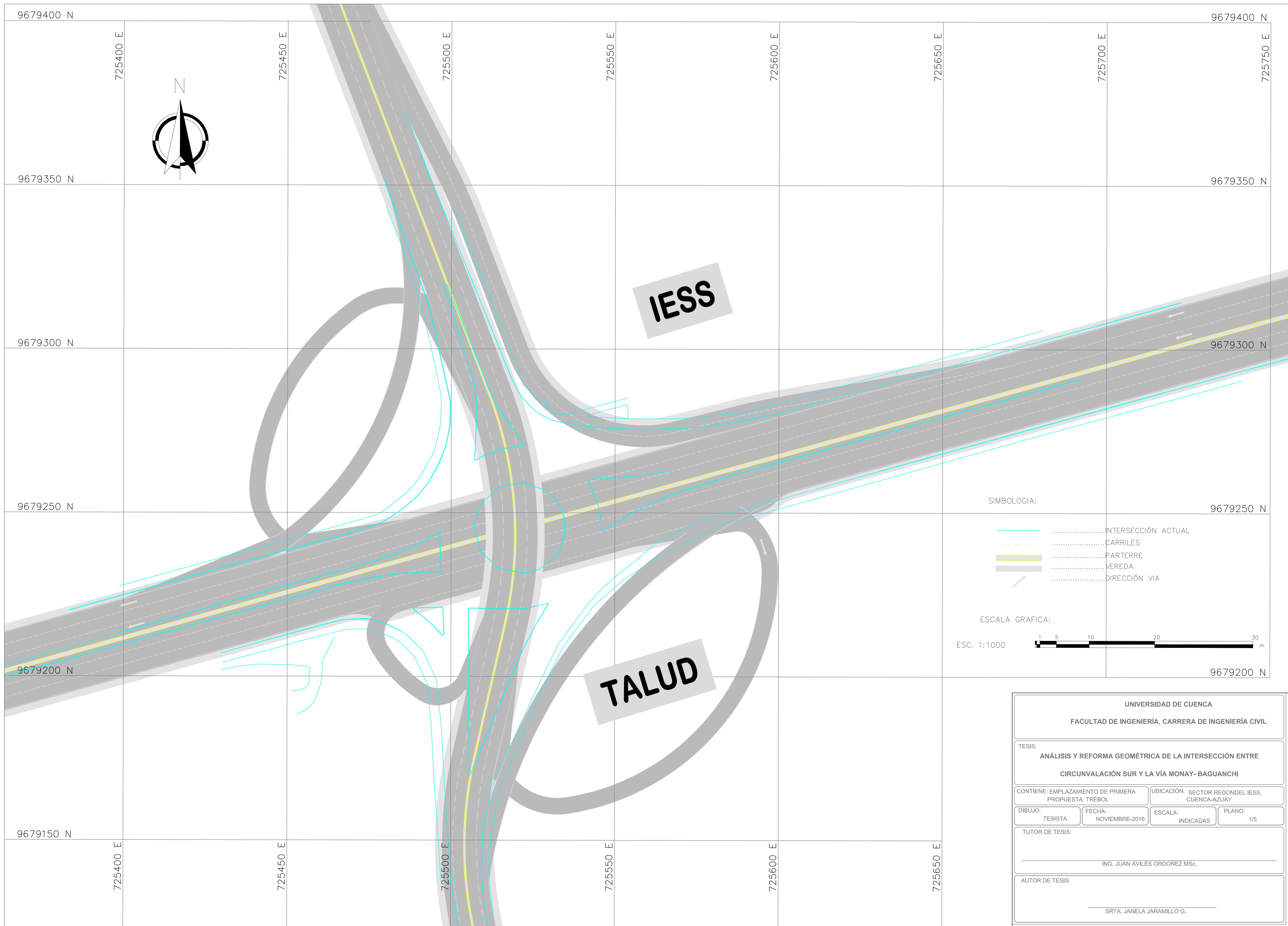
## PLANTILLA REGISTRO DE PLACAS

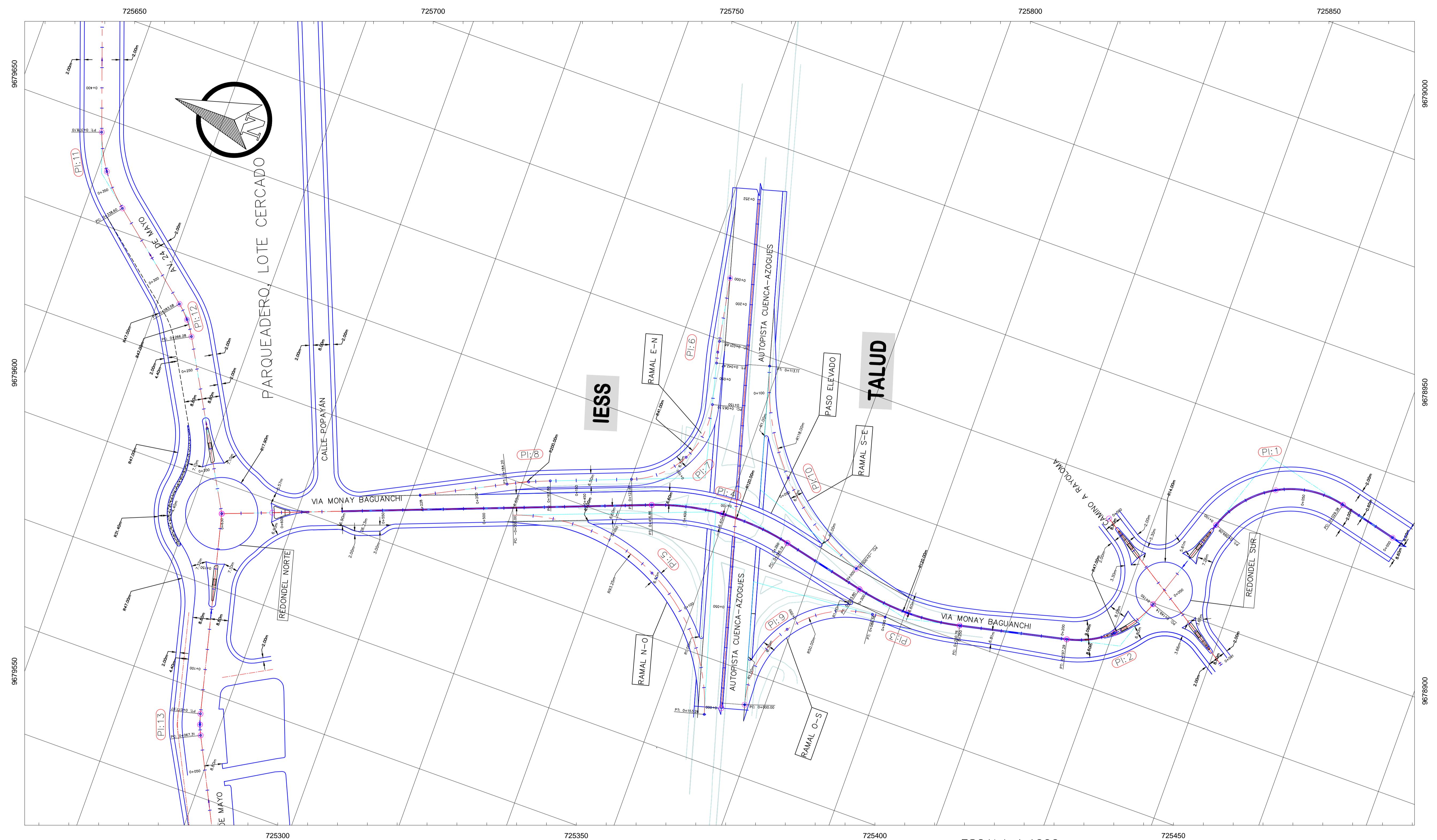


## VEHÍCULOS MATRICULADOS EN EL AZUAY 1998-2014

AÑOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TOTAL
<b>1998</b>	31006	445	1 961	33412
<b>1999</b>	35703	380	2 099	38182
<b>2000</b>	42924	221	2 585	45730
<b>2001</b>	44586	330	2 780	47696
<b>2002</b>	44282	472	6 241	50995
<b>2003</b>	52737	323	3535	56566
<b>2004</b>	56664	359	3 935	60958
<b>2005</b>	63779	302	4 269	68350
<b>2006</b>	71180	445	4 982	76607
<b>2007</b>	62290	569	5 483	68342
<b>2008</b>	71232	454	5 395	77081
<b>2009</b>	64125	302	4 277	68704
<b>2010</b>	71965	492	6 806	79263
<b>2011</b>	78243	538	6 884	85665
<b>2012</b>	79906	424	6875	87205
<b>2013</b>	85904	233	6454	92591
<b>2014</b>	91431	400	4508	96339

**Fuente:** Cuadro extraído de los anuarios: ESTADÍSTICAS DE TRANSPORTE 1998-2014. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>





ESCALA 1:1000

Tabla de Elementos de curva: alineaciones

Nº curva	Ángulo de Deflexión	Radio	T	Lc	Externa	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI: 1	-084°58'34.26"	47.000	43.050	69.706	16.736	0+072.431	0+029.381	0+099.088	9679006.287	725637.605
PI: 2	+058°41'31.40"	47.000	26.425	48.146	6.919	0+175.567	0+149.143	0+197.288	9679044.651	725524.399
PI: 3	+025°19'35.05"	120.000	26.962	53.043	2.992	0+277.723	0+250.761	0+303.805	9679148.967	725501.222
PI: 4	-033°44'35.63"	120.000	36.394	70.672	5.397	0+382.584	0+346.190	0+416.862	9679252.079	725524.659
PI: 5	+094°10'47.77"	93.250	100.314	153.280	43.711	0+100.314	0+000.000	0+153.280	9679255.130	725519.145
PI: 6	-003°51'51.04"	160.000	5.397	10.791	0.091	0+037.074	0+031.676	0+042.467	9679280.998	725593.718
PI: 7	+083°09'09.39"	41.000	36.371	59.503	13.808	0+099.476	0+063.105	0+122.607	9679265.781	725533.196
PI: 8	-006°07'48.67"	200.000	10.709	21.398	0.287	0+173.510	0+162.801	0+184.199	9679347.279	725501.975
PI: 9	+101°16'42.20"	50.000	60.956	88.382	28.839	0+060.956	0+000.000	0+088.382	9679225.839	725492.962
PI: 10	+054°55'20.63"	118.000	61.325	113.112	14.984	0+061.325	0+000.000	0+113.112	9679238.043	725536.837
PI: 11	+031°00'09.71"	73.000	20.247	39.500	2.756	0+358.842	0+338.595	0+378.095	9679597.593	725573.832
PI: 12	-021°05'19.24"	47.000	8.749	17.299	0.807	0+275.029	0+266.281	0+283.580	9679532.703	725520.474
PI: 13	+012°59'55.80"	47.000	5.354	10.663	0.304	0+072.665	0+067.311	0+077.974	9679459.776	725333.701

#### LEYENDA

PARTER CENTRAL Y BORDE DE VIA

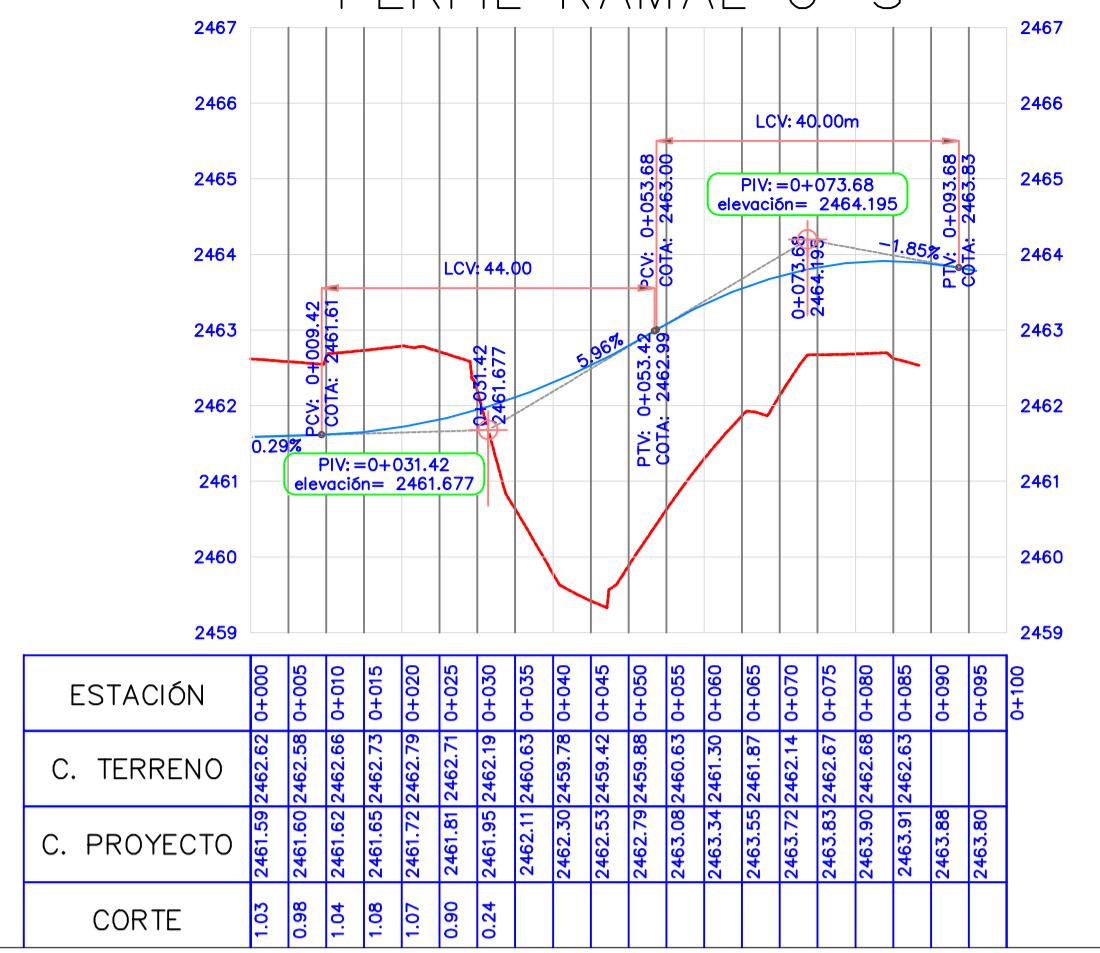
EJES

LINEA DE CARRIL IMAGINARIO

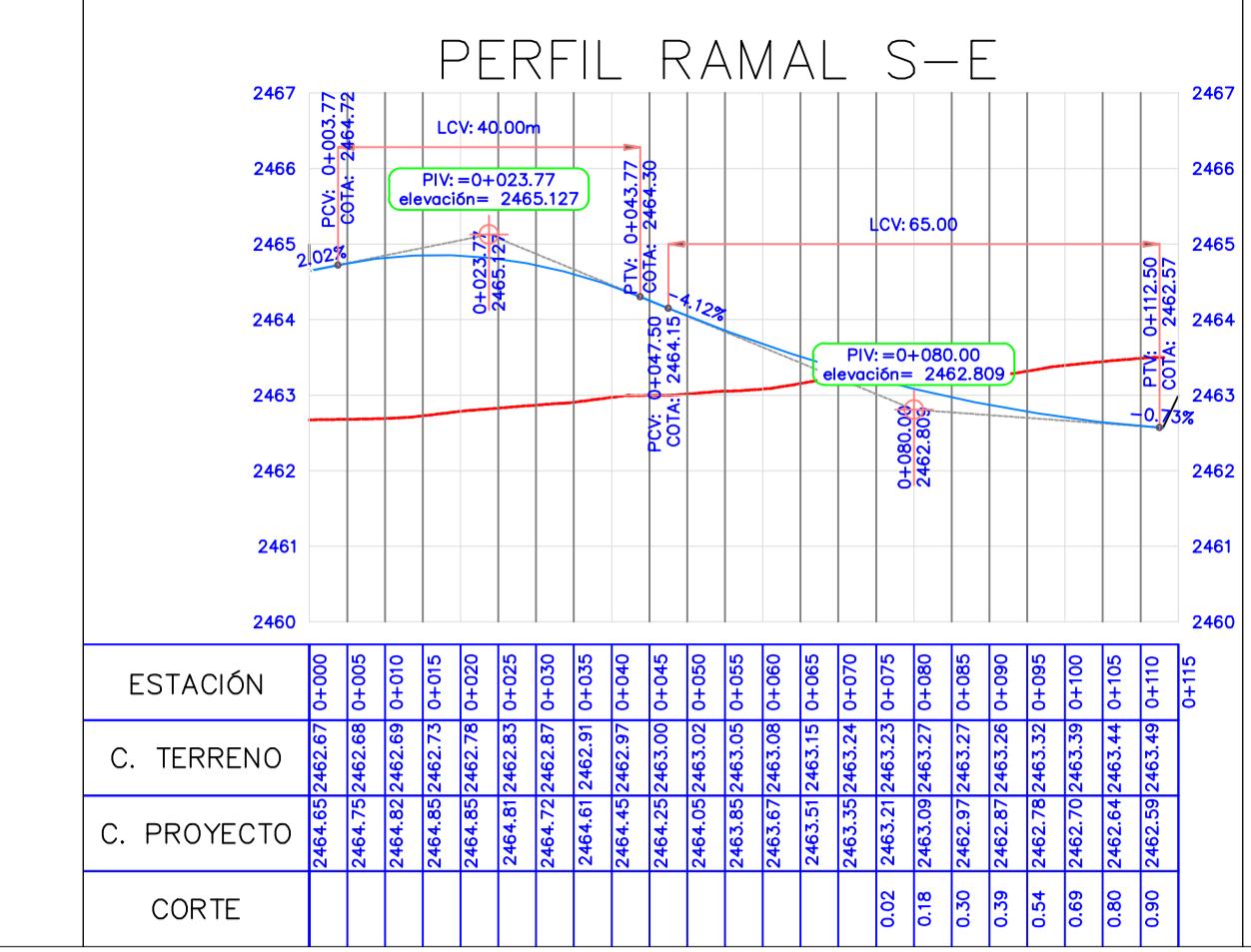
PROYECTO ACTUAL

UNIVERSIDAD DE CUENCA	
FACULTAD DE INGENIERÍA, CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
TESIS:	
ANÁLISIS Y REFORMA GEOMÉTRICA DE LA INTERSECCIÓN ENTRE	
CIRCUNVALACIÓN SUR Y LA VÍA MONAY-BAGUANCHI	
CONTIENE: ANTEPROYECTO HORIZONTAL SEGUNDA PROPUESTA: DIAMANTE	UBICACIÓN: SECTOR REDONDEL IESS, CUENCA-AZUAY
DIBUJO: TESISISTA	FECHA: NOVIEMBRE-2016
ESCALA: INDICADAS	PLANO: 2/5
TUTOR DE TESIS:	
ING. JUAN AVILES ORDOÑEZ MSC.	
AUTOR DE TESIS:	
SRTA. JANELA JARAMILLO G.	

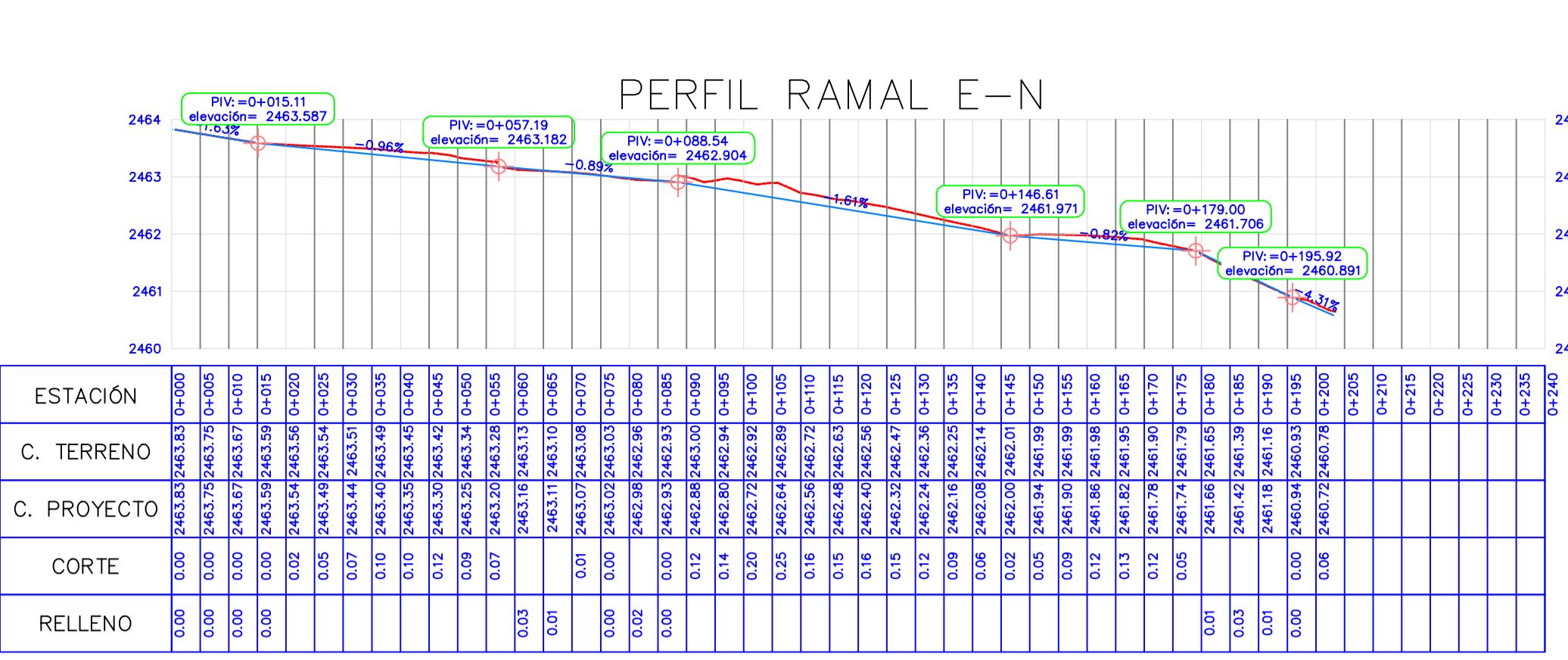
### PERFIL RAMAL O-S



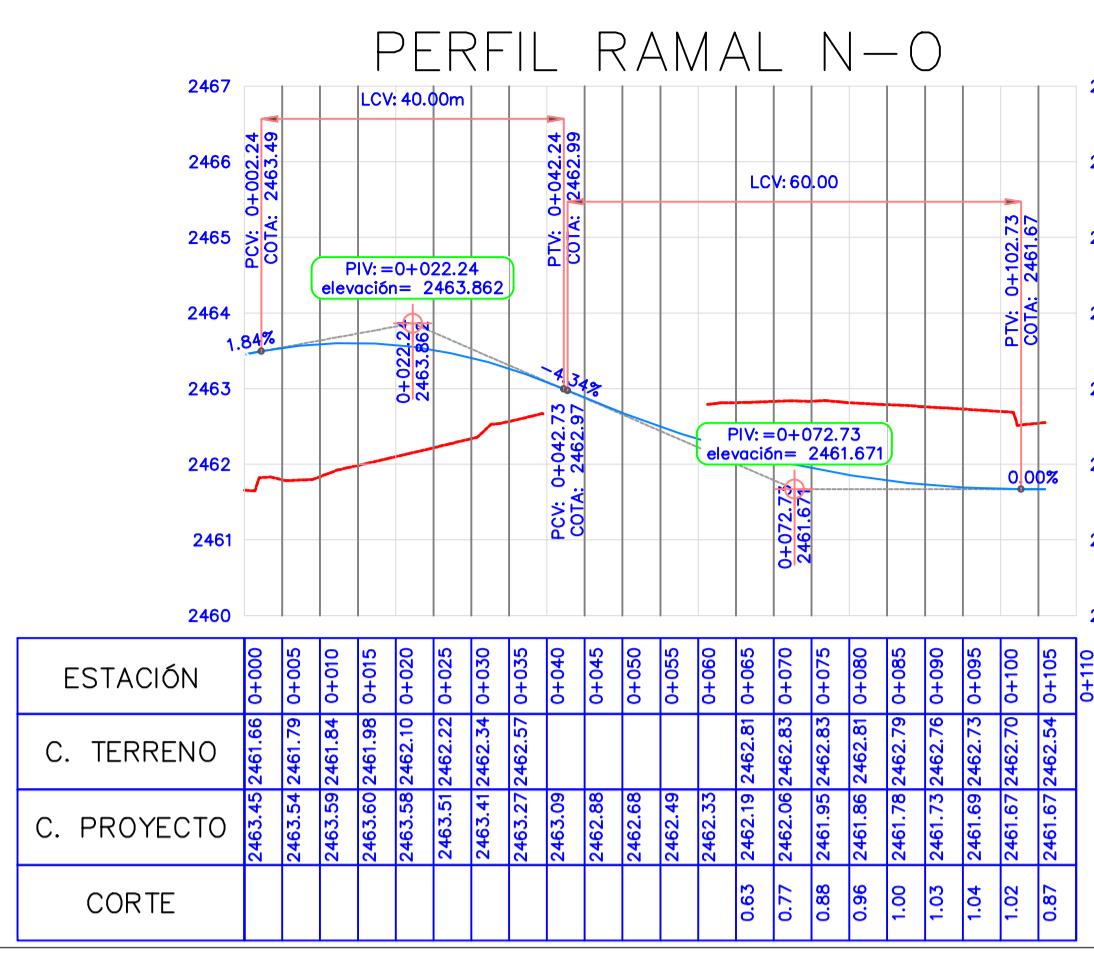
### PERFIL RAMAL S-E



### PERFIL RAMAL E-N



### PERFIL RAMAL N-O

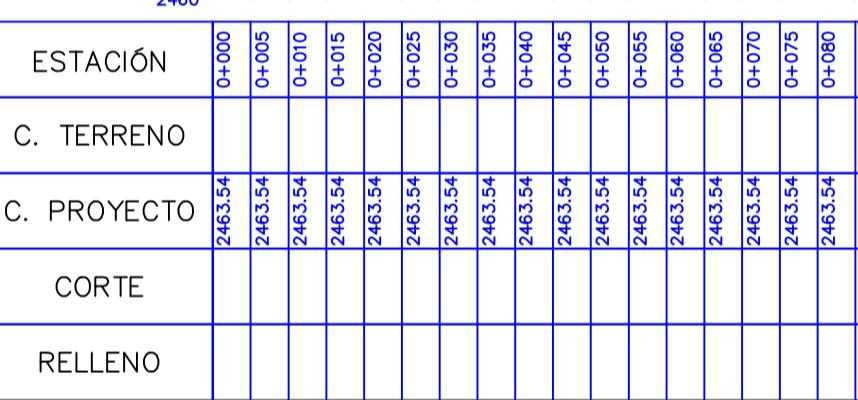


### PERFIL PASO ELEVADO VÍA MONAY-BAGUANCHI

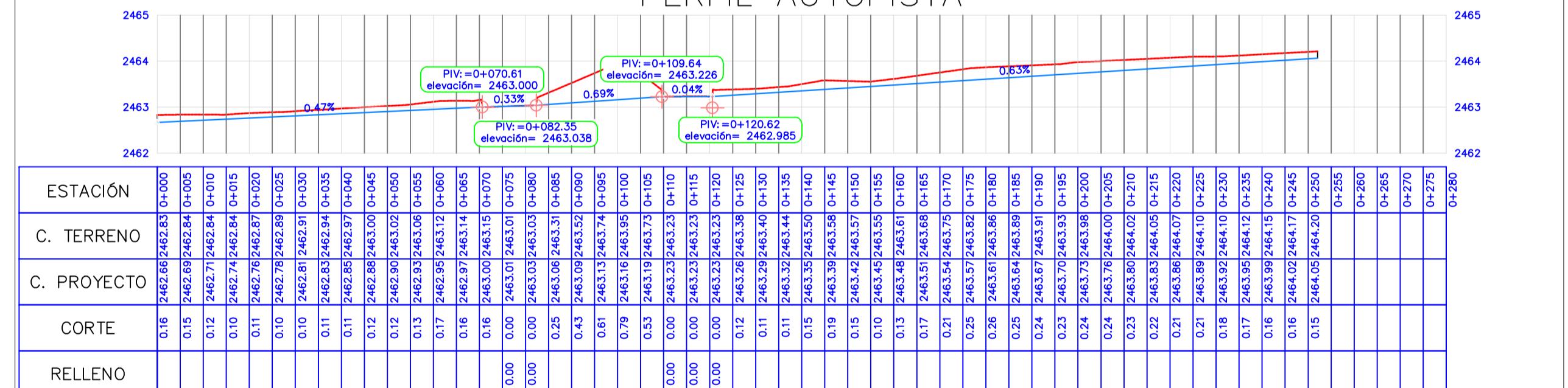
Redondel  
Parter Sur Parter



Redondel  
Parter Norte



### PERFIL AUTOPISTA



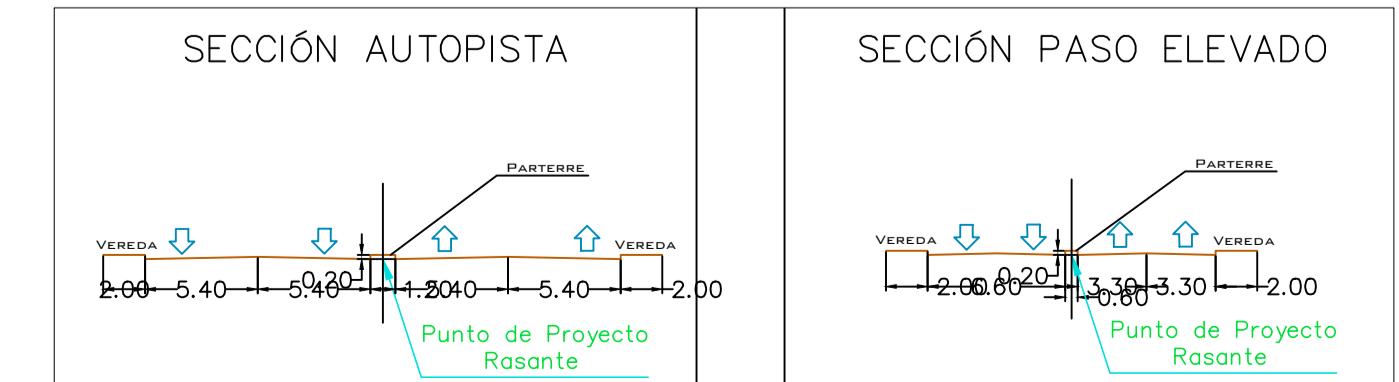
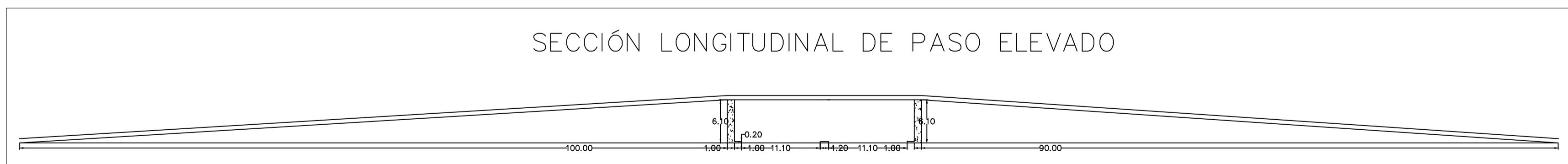
### ESCALAS

PERFILES: 1:1000 HORIZONTAL, 1:100 VERTICAL  
SECCIONES TRANSVERSALES: 1:2500  
SECCION LONG. PASO ELEVADO: 1:200

LEYENDA

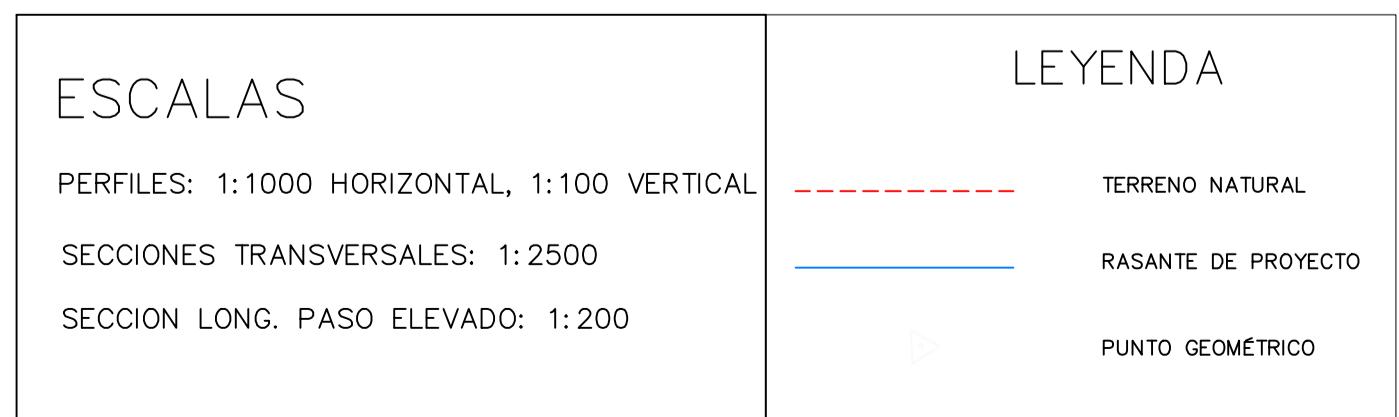
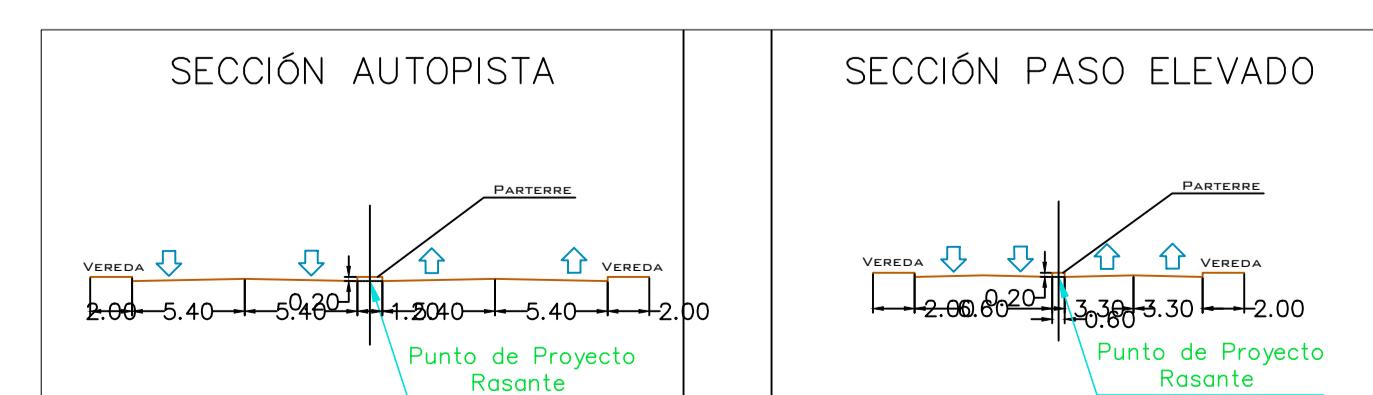
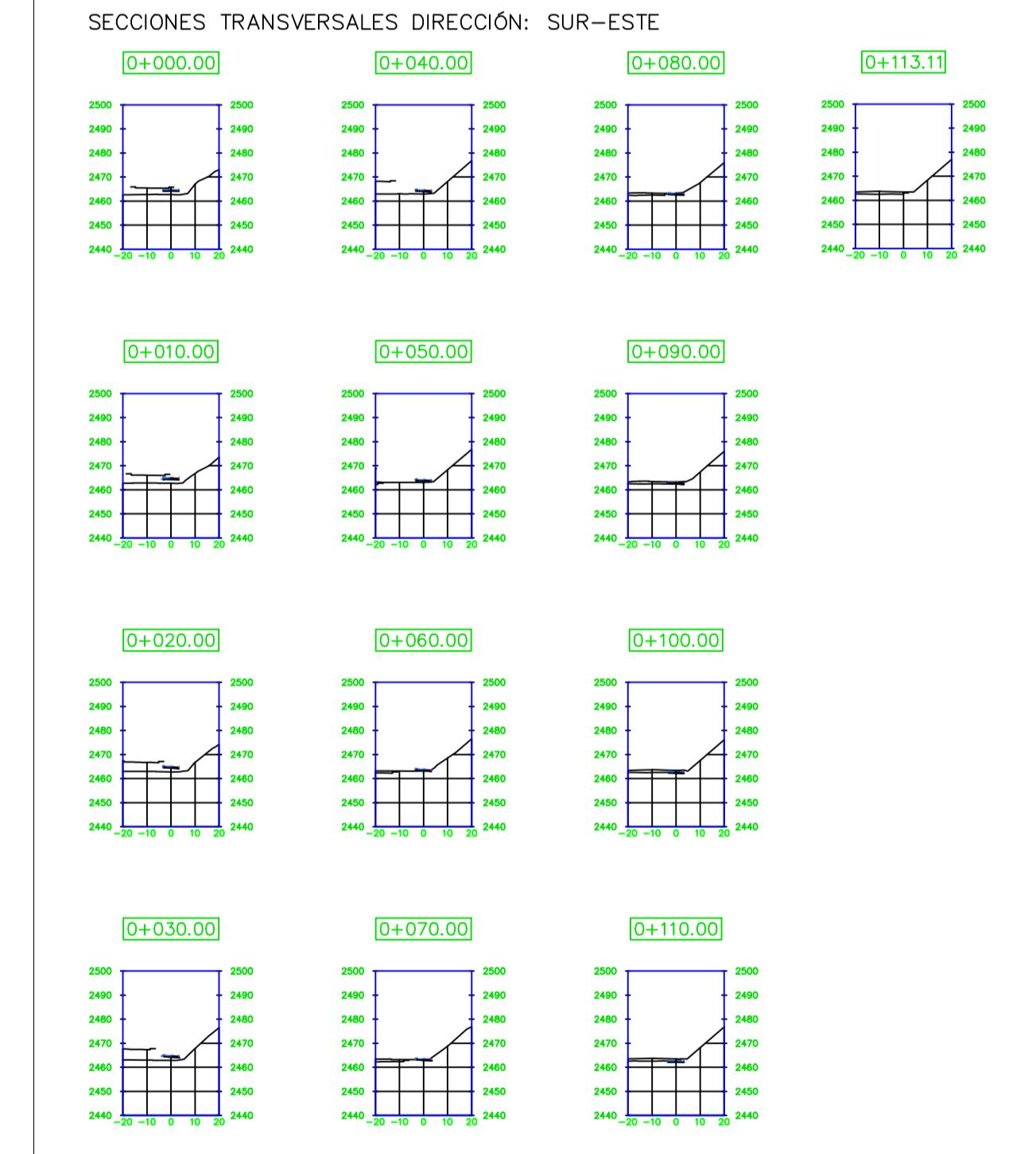
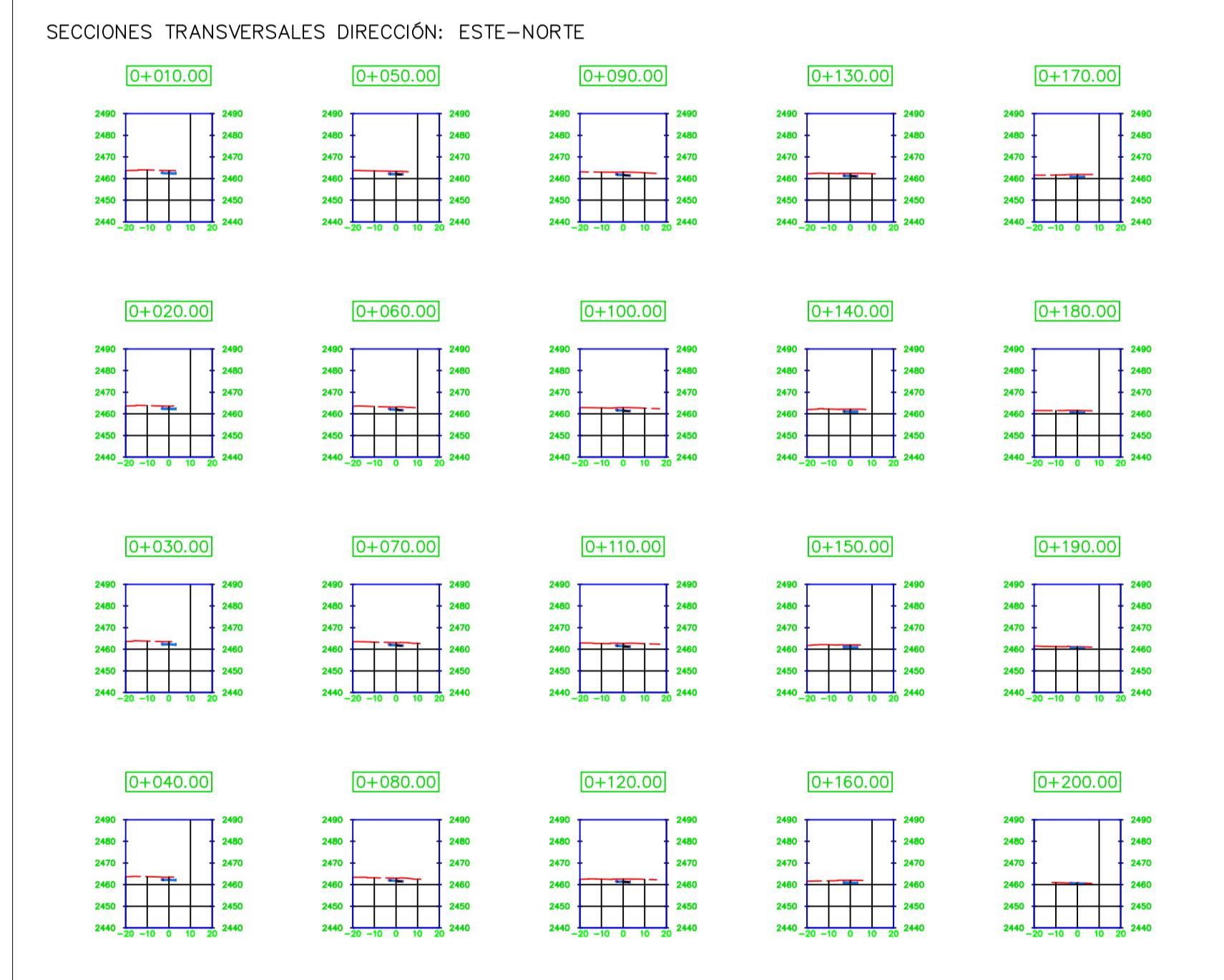
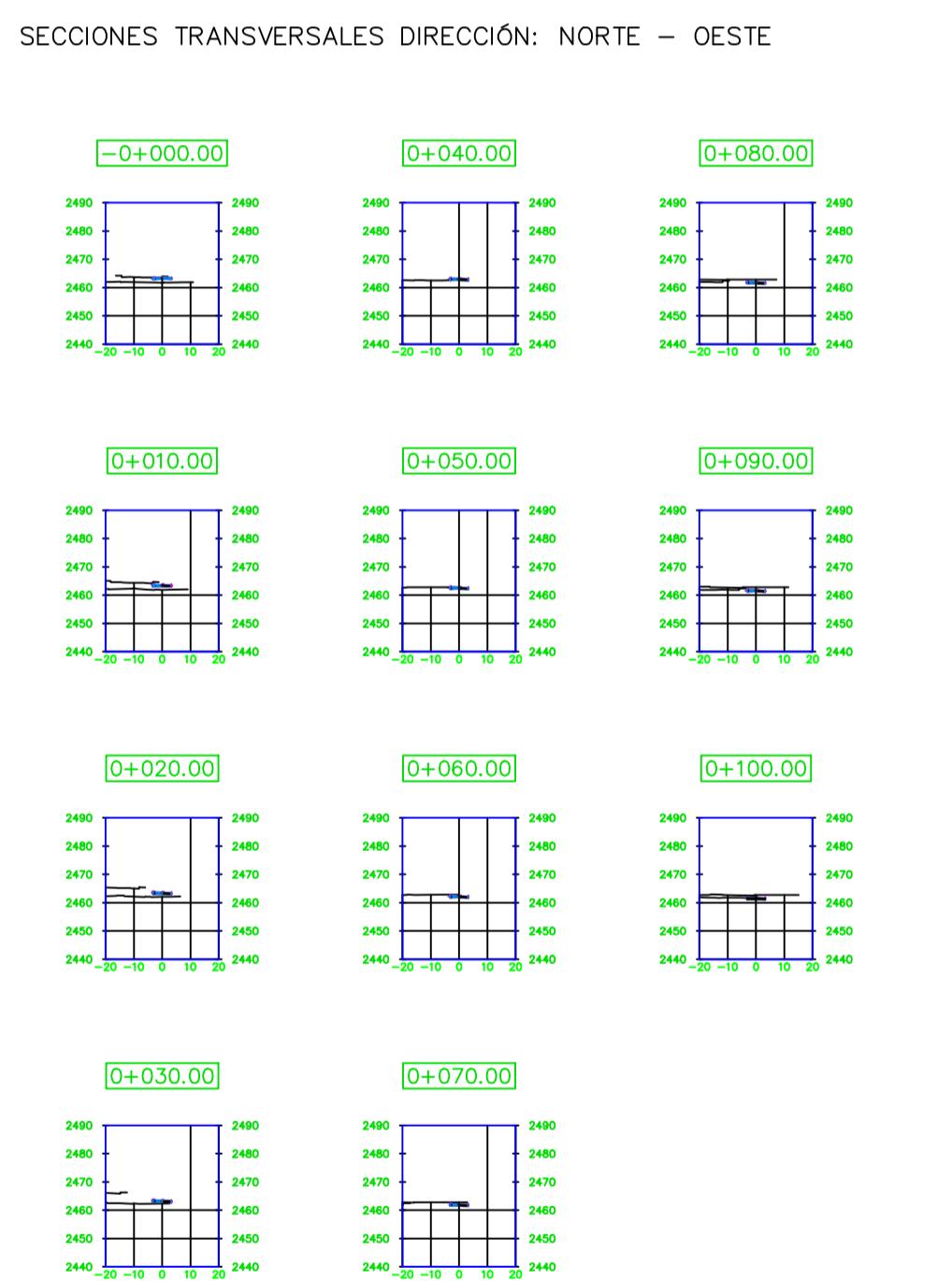
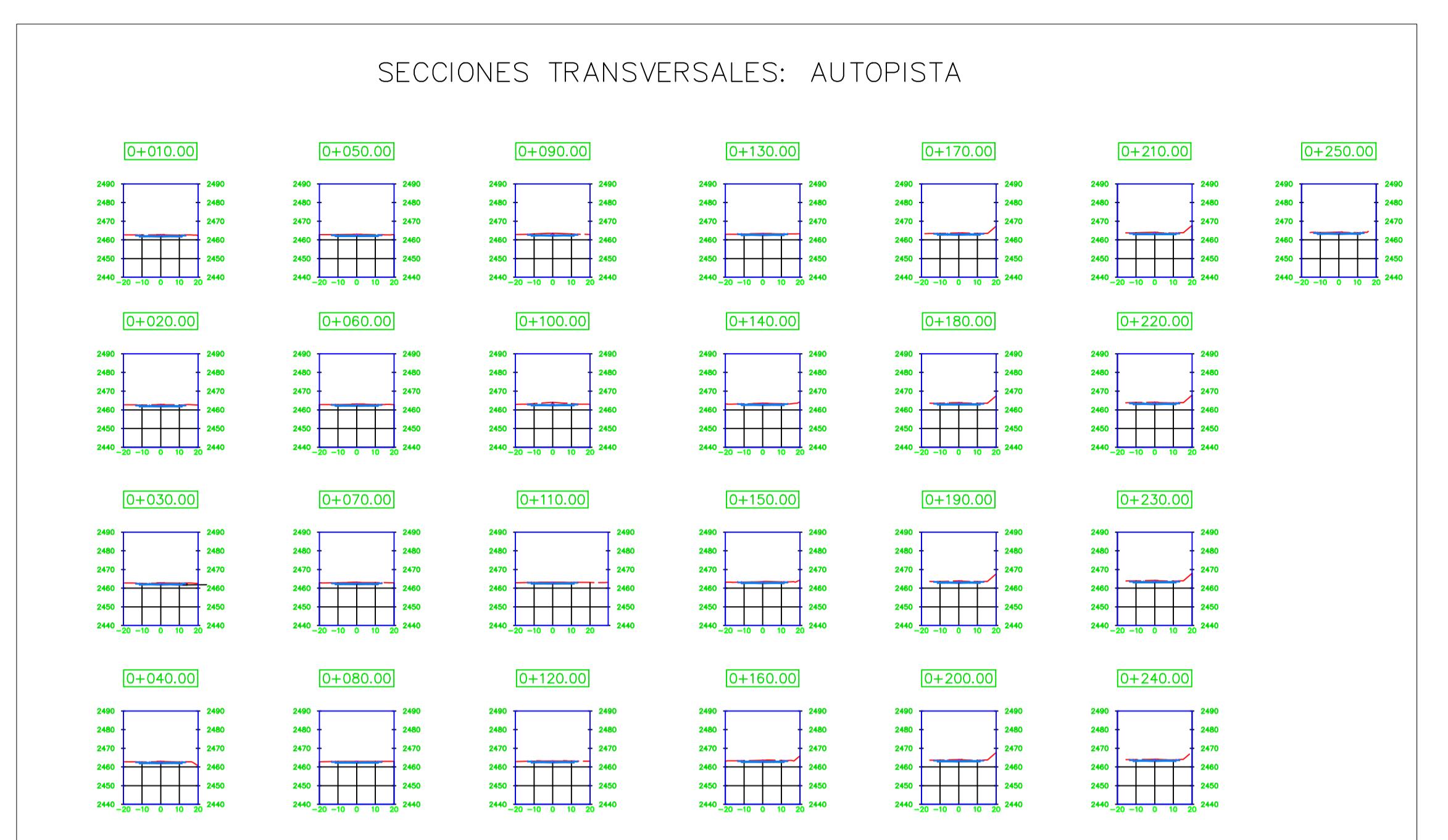
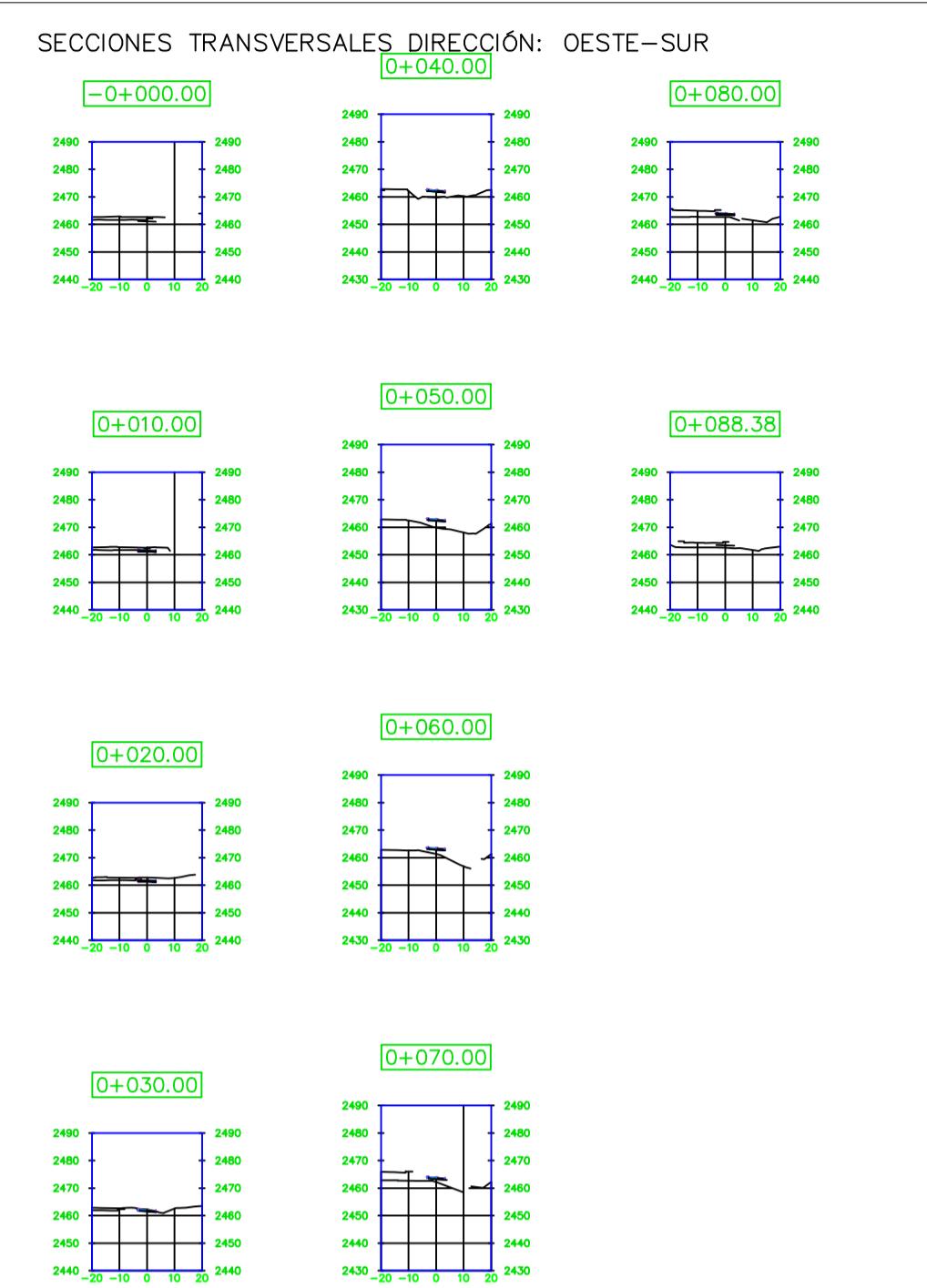
TERRENO NATURAL  
RASANTE DE PROYECTO  
PUNTO GEOMÉTRICO

### SECCIÓN LONGITUDINAL DE PASO ELEVADO

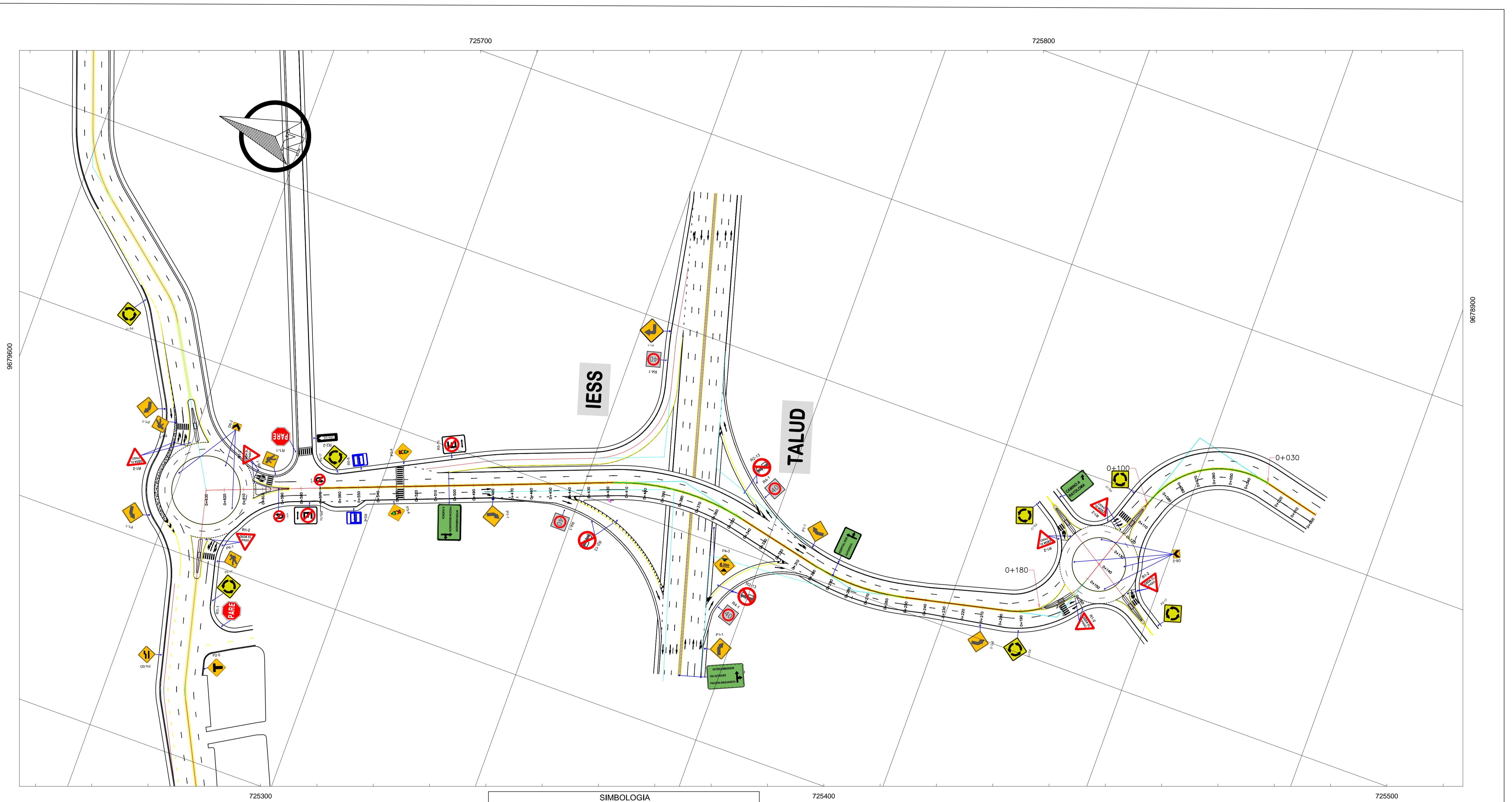


UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA, CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	ANÁLISIS Y REFORMA GEOMÉTRICA DE LA INTERSECCIÓN ENTRE CIRCUNVALACIÓN SUR Y LA VÍA MONAY- BAGUANCHI		
CONTIENE:	ANTEPROYECTO VERTICAL DE SEGUNDA PROPUESTA: DIAMANTE		
DIBUJO:	TESISTA	FECHA:	NOVIEMBRE-2016
ESCALA:	INDICADAS	PLANO:	3/5
TUTOR DE TESIS:	ING. JUAN AVILES ORDONEZ MSC.		
AUTOR DE TESIS:	SRTA. JANELA JARAMILLO G.		



UNIVERSIDAD DE CUENCA	
FACULTAD DE INGENIERÍA, CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
TESIS:	
ANÁLISIS Y REFORMA GEOMÉTRICA DE LA INTERSECCIÓN ENTRE	
CIRCUNVALACIÓN SUR Y LA VÍA MONAY-BAGUANCHI	
CONTIENE:	ANTEPROYECTO VERTICAL DE SEGUNDA PROPUESTA: DIAMANTE CONTINUACIÓN
UBICACIÓN:	SECTOR REDONDEL IESS, CUENCA-AZUAY
DIBUJO:	TESISTA
FECHA:	NOVIEMBRE-2016
ESCALA:	INDICADAS
PLANO:	3/5
TUTOR DE TESIS:	
ING. JUAN AVILES ORDOÑEZ MSC.	
AUTOR DE TESIS:	
SRTA. JANELA JARAMILLO G.	



725300

725400

725500

SIMBOLOGIA	
	APROXIMACIÓN A REDONDEL
	CEDA EL PASO
	DELINDEADOR DE CURVA HORIZONTAL
	GIRAR IZQUIERDA
	GIRAR DERECHA
	CURVA CERRADA
	NO REBASAR
	VELOCIDAD MAX 40Km/h
	ALTURA MÁXIMA
	NO ESTACIONAR
	SEMÁFORO
	PASO CEBRA
	UNA VÍA
	PARADA DE BUS
	NO ESTACIONAR
	PARE
	ENSANCHAMIENTO DE VÍA
	EMPALME LATERAL

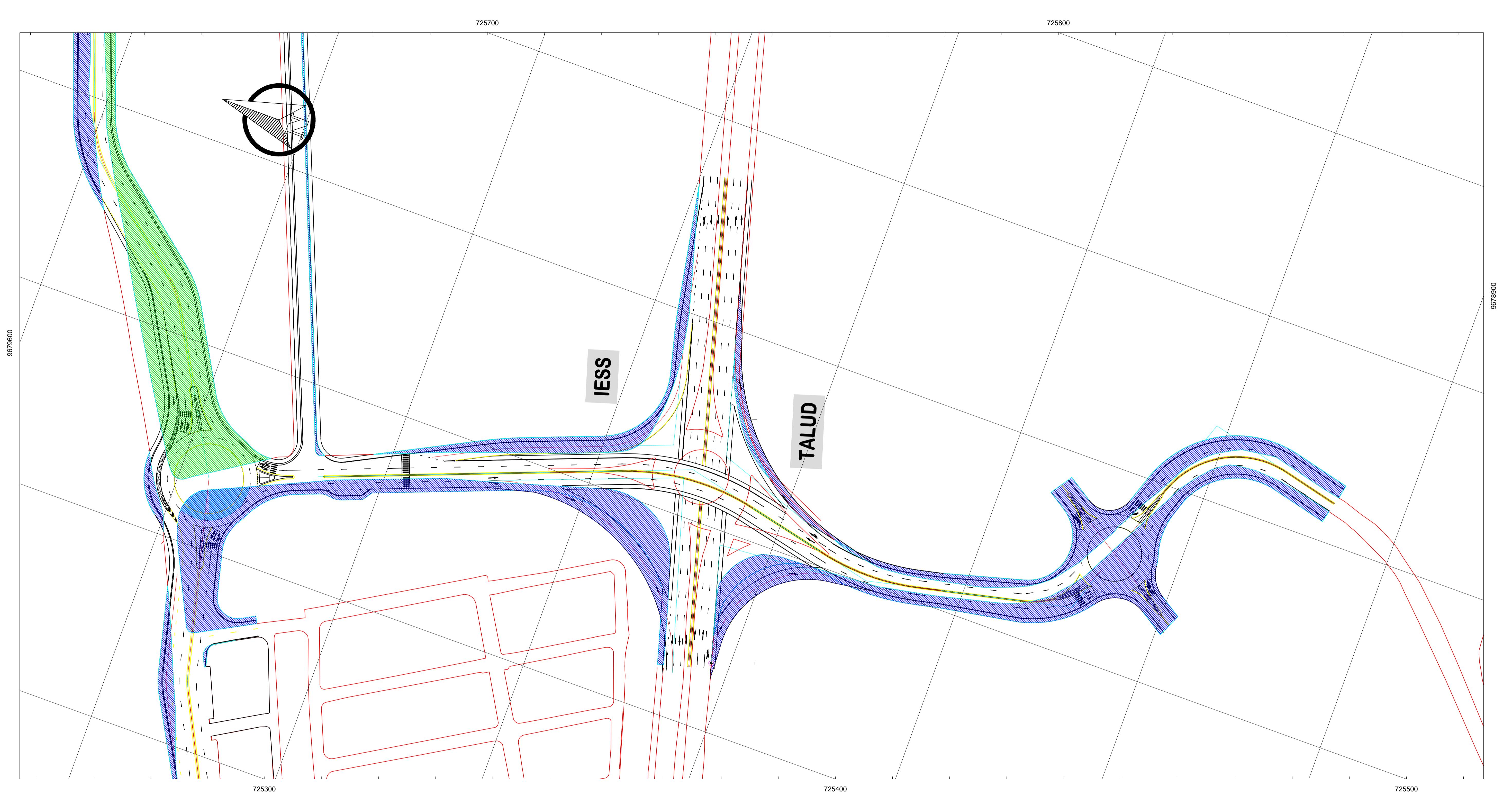
PATER CENTRAL Y BORDE DE VÍA

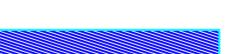
EJES

LINEA DE CARRIL IMAGINARIO

PROLONGACIÓN PI

UNIVERSIDAD DE CUENCA	
FACULTAD DE INGENIERÍA, CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
TESIS:	ANÁLISIS Y REFORMA GEOMÉTRICA DE LA INTERSECCIÓN ENTRE CIRCUNVALACIÓN SUR Y LA VÍA MONAY-BAGUANCHI
CONTIENE:	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL: DIAMANTE
UBICACIÓN:	SECTOR REDONDEL IESS, CUENCA-AZUAY
DIBUJO:	TESISTA
FECHA:	NOVIEMBRE-2016
ESCALA:	1:1000
PLANO:	4/5
TUTOR DE TESIS:	ING. JUAN AVILES ORDOÑEZ MSC.
AUTOR DE TESIS:	SRTA. JANELA JARAMILLO G.



SIMBOLOGIA	
_____	PARTER CENTRAL Y BORDE DE VIA
_____	EJES
-----	LINEA DE CARRIL IMAGINARIO
_____	PLANO CUENCA
	ÁREA DE EXPROPIACIÓN—MUNICIPIO
	ÁREA DE EXPROPIACIÓN—PRIVADO
_____	PROLONGACIÓN DE PI

# ÁREA TOTAL DE EXPROPIACIÓN: 19 630 m<sup>2</sup>

ÁREA TOTAL DE EXPROPIACIÓN PRIVADA: 28.8 % = 5 181 m<sup>2</sup>

ÁREA TOTAL DE EXPROPIACIÓN-MUNICIPIO: 71.2 % = 14 449 m<sup>2</sup>

<p><b>UNIVERSIDAD DE CUENCA</b></p> <p><b>FACULTAD DE INGENIERÍA, CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b></p>			
<p><b>TESIS:</b></p> <p><b>ANÁLISIS Y REFORMA GEOMÉTRICA DE LA INTERSECCIÓN ENTRE</b></p> <p><b>CIRCUNVALACIÓN SUR Y LA VÍA MONAY- BAGUANCHI</b></p>			
<p><b>CONTIENE:</b> ÁREA DE EXPROPIACIÓN: PROPUESTA: DIAMANTE</p>		<p><b>UBICACIÓN:</b> SECTOR REDONDEL IESS, CUENCA-AZUAY</p>	
<p><b>DIBUJO:</b> TESISTA</p>	<p><b>FECHA:</b> NOVIEMBRE-2016</p>	<p><b>ESCALA:</b> 1:1000</p>	<p><b>PLANO:</b> 5/5</p>
<p><b>TUTOR DE TESIS:</b></p> <hr/>		<p>ING. JUAN AVILÉS ORDOÑEZ MSc.</p>	
<p><b>AUTOR DE TESIS:</b></p> <hr/>		<p>SRTA. JANELA JARAMILLO G.</p>	