



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

**DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL**

**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN ELOY
ALFARO Y GRANADOS EN LA CIUDAD DE QUITO.**

Carolina Mishell Ubillús Amoroso

Director: Ing. Paul Enríquez

QUITO-ECUADOR

2019

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de antemano a Dios y a mi madre Dolorosa por darme salud, fortaleza y sabiduría permitiéndome alcanzar este objetivo.

A mi madre quien siempre estuvo a mi lado, apoyándome y se ha sacrificado para formarme y darme una buena educación porque sin ella esta meta no hubiera sido posible. Gracias por ser el pilar trascendental de mi vida.

A mi familia en general por darme su apoyo y su cariño en todo momento.

A mis amigos quienes estuvieron junto a mi luchando por el mismo sueño y apoyándonos en cada instante y a todas las personas que aportaron de alguna forma para la culminación de esta etapa.

A la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y a todos los profesores que lo componen por darme la sabiduría, orientación y acompañarme en este trayecto de mi vida. Además expreso mi más sincero agradecimiento al Ing. Paul Enríquez por darme su apoyo para la elaboración del trabajo de titulación.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES	2
1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos de la Investigación.....	6
1.4.1 Objetivo General.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos	6
1.5 Alcance.....	6
1.6 Metodología de trabajo	7
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	9
2.1 Marco conceptual.....	9
2.1.1 Intersección	9
2.1.2 Intercambiador	9
2.1.3 Capacidad vehicular.....	9
2.1.4 Relación Volumen – Capacidad.	11
2.1.5 Volúmenes de tránsito promedio diario.....	12
2.1.6 Factor hora pico.....	14
2.1.7 Volumen vehicular.....	15
2.1.8 Aforos	15
2.2 Marco teórico	16
2.3 Intersecciones con semáforos	20
2.3.1 Capacidad	20
2.3.2 Nivel de Servicio	28
CAPÍTULO 3: INTERCAMBIADOR GRANADOS – ELOY ALFARO.....	35
3.1 Ubicación	35
3.2 Entorno	35
3.3 Información Histórica	38
3.4 Descripción general del Intercambiador.....	38
3.5 Descripción Específica.....	44
3.5.1 Inventario de la intersección	44
3.5.2 Semáforos.....	56
CAPITULO 4 :ANÁLISIS DEL FLUJO VEHICULAR	60
4.1 Volumen de tránsito	61
4.1.1 Volumen vehicular semanal en la intersección Eloy Alfaro y Granados	64
4.1.2 Volumen vehicular horario	66
4.2 Capacidad vial	73
4.2.1 Módulo de ajustes de volúmenes para la Intersección Eloy Alfaro – Granados.....	74
4.2.2 Módulo del flujo de saturación.....	78
4.2.3 Módulo de análisis de capacidad.....	79
4.3 Nivel de Servicio	80
4.3.1 Módulo del nivel de servicio.....	80
4.3.2 Nivel de servicio para los desniveles	81
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
5.1 Conclusiones	83
5.2 Recomendaciones.....	87
5.3 Anexos	90
5.4 Bibliografía	95

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. 1: Rampas en el Intercambiador Eloy Alfaro - Granados	4
Ilustración 1. 2: Forma de la Ciudad de Quito.	5
Ilustración 1. 3: Esquema metodológico para el análisis de intersecciones semaforizadas.....	8
Ilustración 2. 1: Curvas de velocidad para vías urbanas de Clase IV.	12
Ilustración 2. 2: Intercambiador tipo “Diamante Simple”.	17
Ilustración 2. 3: Intercambiador tipo “Trébol de dos hojas opuestas”.....	18
Ilustración 2. 4: Intercambiador tipo “Trébol de cuatro hojas simple”.....	18
Ilustración 2. 5: Intercambiador tipo “Trompeta”.....	19
Ilustración 2. 6: Intercambiador tipo “Mayor con ramas directas e indirectas”.....	19
Ilustración 3. 1: Movimientos por carriles que se realizan en la Av. Eloy Alfaro – Av. Río Coca.	40
Ilustración 3. 2: Movimientos por carriles que se realizan en la Av. Eloy Alfaro – Av. De Los Granados.	41
Ilustración 3. 3: Movimientos por carriles que se realizan desde la Av. Río Coca	42
Ilustración 3. 4: Movimientos por carriles que se realizan desde la Av. De los Granados....	44
Ilustración 3. 5: Señalización reglamentaria	46
Ilustración 3. 6: Señalización preventiva.	47
Ilustración 3. 7: Señalización informativa.	47
Ilustración 3. 8: Distribución de las señales de tránsito en el Intercambiador.....	48
Ilustración 3. 9: Señal de información	48
Ilustración 3. 10: Señal de información literal con flecha	49
Ilustración 3. 11: Información para transporte de carga pesada.....	49
Ilustración 3. 12 : Carril para ingresar al deprimido	49
Ilustración 3. 13: Bolardos	50
Ilustración 3. 14: Muros jersey.....	50
Ilustración 3. 15: Señal de información literal con flecha	50
Ilustración 3. 16: Señal de información literal con flecha	51
Ilustración 3. 17: Señalización paso deprimido Av. De Los Granados	51
Ilustración 3. 18: Cruces controlados y flechas en el pavimento.....	51
Ilustración 3. 19: Parada de bus	52
Ilustración 3. 20: Chevrone	53
Ilustración 3. 21: Cruces controlados, líneas de división y flechas en el pavimento Av. De los Granados.....	53
Ilustración 3. 22: Parada de bus Av. De Los Granados.	54
Ilustración 3. 23: Línea de división, flechas en pavimento y cruces controlados Av. Río Coca	55
Ilustración 3. 24: Cruces, flechas de pavimento, Línea de división, Calle Joel Polanco.....	55
Ilustración 3. 25: Distribución de los semáforos vehiculares en el Intercambiador	57
Ilustración 3. 26: Distribución de los semáforos peatonales en el Intercambiador.....	59
Ilustración 3. 27: Matriz de movilidad.....	60
Ilustración 4. 1: Enfoques de cámaras instaladas.....	61
Ilustración 4. 2: Vehículos livianos.....	62
Ilustración 4. 3: Transporte Interparroquial.	62
Ilustración 4. 4: Transporte Urbano	62

Ilustración 4. 5: Vehículos pesados.....	63
Ilustración 4. 6: Tránsito semanal en la Intersección Eloy Alfaro – Granados.....	65
Ilustración 4. 7: Volumen horario del viernes 29/03/2019	65
Ilustración 4. 8: Flujos vehiculares horarios de 7:00 – 9:00	67
Ilustración 4. 9: Volumen Vehicular cada 15 min (7:00 a 8:00).....	67
Ilustración 4. 10: Movimientos vehiculares producidos en la Intersección a nivel.	68
Ilustración 4. 11: Movimientos en la Av. Eloy Alfaro Sur	68
Ilustración 4. 12: Movimientos en la Av. Eloy Alfaro Norte.....	69
Ilustración 4. 13: Movimientos en la Av. De Los Granados Este.....	69
Ilustración 4. 14: Movimientos de la Av. De Los Granados Oeste.....	70
Ilustración 4. 15: Movimientos predominantes en la Intersección a nivel.....	70
Ilustración 4. 16: Distribución de Movimientos	71
Ilustración 4. 17: Flujo vehicular en los pasos a desnivel.....	72
Ilustración 4. 18: Volumen de Tráfico y diseño geométrico de la Intersección a nivel.....	73
Ilustración 4. 19: Fases de los semáforos en la Intersección.....	74
Ilustración 4. 20: Grupos de carriles en cada acceso.	75
Ilustración 4. 21: Grupo “FD” en el acceso Norte	75
Ilustración 4. 22: Grupo “FD” en el acceso Sur.....	76
Ilustración 4. 23: Grupo “I” en el acceso Este	76
Ilustración 4. 24: Grupo “FD” en el acceso Este	77
Ilustración 4. 25: Grupo “ID” en el acceso Oeste	77
Ilustración 4. 26: Comparación Capacidad – Volumen en los Accesos.	79
Ilustración 4. 27: Comparación Volumen – Capacidad en los desniveles del Intercambiador.	82

TABLAS

Tabla 2. 1: Nivel de Servicio para intersecciones semaforizadas.....	28
Tabla 3. 1: Avenida De los Granados (Dirección Este – Oeste).....	36
Tabla 3. 2: Avenida Eloy Alfaro (tomado en dirección Norte – Sur).....	37
Tabla 3. 3: Avenida Río Coca (Dirección este – oeste).....	37
Tabla 3. 4: Avenida Eloy Alfaro.....	41
Tabla 3. 5: Avenida Río Coca.....	43
Tabla 3. 6: Avenida De los Granados	44
Tabla 3. 7: Fases y ciclos de los semáforos en el Intercambiador Granados – Eloy Alfaro...58	
Tabla 4. 1: Volumen vehicular semanal en la Intersección.	64
Tabla 4. 2: Flujos vehiculares por cada movimiento de cada acceso, viernes 29/03/2019	66
Tabla 4. 3: Flujos vehiculares en los desniveles, 29/03/2019.....	72
Tabla 4. 4: Factor hora pico.	74
Tabla 4. 5: Módulo de ajuste de volúmenes	78
Tabla 4. 6: Porcentaje de vehículos pesados.....	78
Tabla 4. 7: Total de buses.	78
Tabla 4. 8: Módulo del flujo de saturación.....	78
Tabla 4. 9: Módulo de análisis de capacidad.....	79

Tabla 4. 10: Módulo del nivel de servicio.	80
Tabla 4. 11: Demora por control en el acceso Oeste	81
Tabla 4. 12: Nivel de servicio de los Desniveles.	81
Tabla 4. 13: Volumen vs Capacidad en los desniveles.....	82

ANEXOS

Anexo 5. 1: Valores recomendados de k para grupos de carriles bajo control actuado y a tiempo fijo	90
Anexo 5. 2: Valores I recomendados para grupos de carriles con semáforos antes de la intersección	90
Anexo 5. 3: Factor de ajuste por avance (PF)	91
Anexo 5. 4: Curvas de velocidad –flujo y niveles de servicio en segmentos básicos de carreteras	91
Anexo 5. 5: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento E4 – G1.....	92
Anexo 5. 6: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento E4 – E5	92
Anexo 5. 7: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento G4 – E5.....	92
Anexo 5. 8: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento G4 – G5	92
Anexo 5. 9: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento G3 – G6	92
Anexo 5. 10: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento G7 – R2	93
Anexo 5. 11: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento G7 – G5	93
Anexo 5. 12: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento G7 – E8.....	93
Anexo 5. 13: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento G7 – E5.....	93
Anexo 5. 14: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento E6 – G2.....	93
Anexo 5. 15: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento E4 – G1.....	94
Anexo 5. 16: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento E6 – E8.....	94
Anexo 5. 17: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento R1 – E3.....	94
Anexo 5. 18: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento E1 – E3	94
Anexo 5. 19: Nivel de servicio para intersecciones AWSC.....	95
Anexo 5. 20: Composición del tráfico en el Intercambiador.....	95

RESUMEN

El alto crecimiento de vehículos tanto en Quito como a nivel Nacional es uno de los problemas más grandes que afronta la ciudad ya que afecta al progreso y desarrollo urbano de manera directa.

La presente Tesis “Análisis de la capacidad vehicular en la intersección Eloy Alfaro y Granados en la ciudad de Quito”, se desarrollará con el fin de determinar la forma en que se encuentra operando uno de los puntos de conexión desde los valles hacia la ciudad.

Este análisis se realizará con la metodología establecida en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000), para lo cual se obtuvo datos como el número de carriles con su respectivo ancho, volúmenes de vehículos, porcentajes de vehículos pesados, tiempos de verde, longitud de ciclo. Para poder obtener la capacidad de la intersección a nivel, de manera global se debe partir por analizar el grupo de carriles en cada acceso, posteriormente el análisis se lo realiza por accesos y finalmente se obtiene los resultados de la intersección a nivel.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1 Introducción

La constante necesidad de movilización de las personas a lo largo de los años ha sido de gran importancia, permitiendo el intercambio de productos e incorporando servicios en diferentes lugares, afectando directamente a la economía y cultura de cada región. Es por ello que se creó la necesidad de construir redes viales conectadas entre sí con el fin de que la movilización sea más eficiente y segura.

Las personas hoy en día se trasladan de un lugar a otro sea por motivos de trabajo, estudios, entretenimiento, entre otros; esto ha generado que la movilidad tenga un crecimiento significativo, afectando de manera importante a la economía y desarrollo de la ciudad, al igual que genera problemas sociales ya que los tiempos de viajes que emplean los ciudadanos han incrementado, aumentado el consumo de combustible y creándose afectaciones para el medio ambiente.

En la actualidad se cuenta con diferentes medios de transporte como son el terrestre, aéreo y marítimo; para lo cual este documento tendrá un enfoque en el transporte terrestre, específicamente en las vías urbanas. Las vías son una fuente de comunicación que cuentan con diseños que convergen en un punto al cual se lo denomina intersección. Estas intersecciones cumplen la función de conectar a los usuarios entre una vía y otra.

Las intersecciones, al tener la unión entre dos o más vías, permiten realizar diferentes movimientos a los vehículos tales como giros a la derecha o giros a la izquierda dentro de la misma. Existen además ciertos factores que afectan al flujo vehicular por ejemplo: “la cantidad y distribución del tráfico, diseños geométricos, manejo de la semaforización y señalización tanto vertical como horizontal” (Rodríguez, 2015, p. 20).

La intersección de la avenida Granados - Eloy Alfaro cuenta con semáforos, que regulan el tránsito vehicular deteniendo o dando paso a las unidades que circulan por el mismo.

Los semáforos funcionan básicamente de tres formas, una de ellas es con la operación de tiempos fijos donde los ciclos, las fases y los tiempos de verde de los semáforos se encuentran

fijados. La segunda forma es la operación semi-accionada por el tránsito donde la longitud del ciclo y los tiempos de verde pueden variar según la demanda, en esta operación algunas fases pueden ser omitidas. La última forma es la operación totalmente accionada donde las fases de los semáforos se controla a través de contadores, las duraciones de los ciclos y los tiempos de verde cambian considerablemente en función de la demanda (López,1998).

Por lo tanto, para poder conocer cómo está operando la intersección de la Av. Eloy Alfaro y De los Granados, se estudiará la capacidad al igual que el nivel de servicio con el procedimiento establecido por el Manual de Capacidad de Carreteras 2000. Siendo estos conceptos fundamentales para poder determinar la influencia que ha tenido el Intercambiador en la intersección.

1.2 Antecedentes

El crecimiento del parque automotriz en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) ha ocasionado un problema de movilidad ya que se ha generado mayor congestión en las vías por el espacio que ocupan los vehículos afectando directamente los tiempos de viaje de los usuarios.

Un aspecto crítico para la movilidad en la ciudad de Quito es la conexión desde los valles hacia la capital, por lo que el Municipio construyó el intercambiador con el fin de disminuir los tiempos de traslado en este punto, anteriormente los vehículos se tardaban aproximadamente 25 minutos en recorrer ese tramo.

La construcción del Intercambiador De La Granados empezó en el año 2016 y finalizó en marzo del 2017. Según el artículo de El Comercio publicado el 29 de marzo del 2017 el proyecto tuvo una inversión de 13.7 millones de dólares y con este plan, se pretende que los usuarios transiten o crucen este punto en un tiempo aproximado de 5 minutos.

Existen 3 rampas que permiten el cruce directo a la Av. Eloy Alfaro, Granados y Río Coca. Estas rampas deprimidas tienen una longitud de 560 metros con sistema de iluminación central, donde se enterraron cables eléctricos y de telecomunicaciones (El Comercio, 2017).

Ilustración 1. 1: Rampas en el Intercambiador Eloy Alfaro - Granados



Fuente: Vicente Costales / El Comercio, 12 de Enero 2018.

En el plan se establece un reordenamiento de transporte público en la zona y se reubican ciertas paradas de autobuses, para poder brindar seguridad y comodidad a los usuarios.

1.3 Justificación

Anteriormente la construcción de carreteras sólo buscaba satisfacer el tráfico, por lo que los ingenieros viales se enfocaron solamente en la construcción de la infraestructura. En la actualidad se consideran otras variables para la planificación de proyectos viales como son: volumen y composición del tráfico, parque automotor, vida útil de las vías, factores de carácter político, aspectos financieros, marco institucional. Además, se ha observado que las carreteras que fueron construidas hace algunos años ya no cumplen los requerimientos debido al crecimiento vehicular, tienen condiciones estructurales deficientes y no cuentan con los avances tecnológicos del momento. Por lo que la ingeniería vial debe encontrarse a la vanguardia de la tecnología y desarrollo humano.

El presente documento tendrá un enfoque en la ciudad de Quito, específicamente en la intersección de la Granados – Eloy Alfaro.

La ciudad de Quito tiene una forma alargada y angosta. Cuenta con pocos ejes transversales (cruzan la ciudad de un lado a otro de manera perpendicular a la dimensión longitudinal), para la integración a las zonas urbanas.

Ilustración 1. 2: Forma de la Ciudad de Quito.



Fuente: Recuperado de <https://ecuadorec.com/parroquias-quito-urbanas-rurales/>

Es así, que el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, ante esta problemática y de manera particular, ha detectado ciertos inconvenientes en la accesibilidad al Norte de la ciudad de Quito, desde la Av. Simón Bolívar; además, debido al incremento de los tiempos de viaje, se decidió construir un intercambiador para facilitar la resolución de conflictos entre la Av. Eloy Alfaro y Granados. Fue planificado desde el 2012 y culminado en el año 2017. Tomando en cuenta que la función principal del intercambiador es garantizar una conexión fluida entre los distintos medios de transporte, el objetivo principal es disminuir el tiempo de movilización.

Conocer si los objetivos señalados en los estudios se están cumpliendo con la construcción del Intercambiador. Por esta razón, este trabajo proyecta analizar la capacidad vehicular y funcionamiento en la intersección de la Eloy Alfaro y Granados, en el horario de 7 am a 10 am

y de 11 am a 1 pm; considerando, que es un punto crítico para el tránsito vehicular y es un horario en el que la mayoría de las personas desenvuelven sus actividades cotidianas.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

- Determinar la capacidad vehicular en la intersección Eloy Alfaro y Granados en la ciudad de Quito.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Aplicar definiciones de ingeniería de tránsito a la Intersección Eloy Alfaro y Granados, para determinar los tiempos de circulación vehicular en el horario de 7 am a 10 am y de 11 am a 1 pm.
- Determinar las características viales en la Intersección.
- Establecer el tipo de vehículos que circulan por la Intersección.
- Levantar información de la capacidad vehicular en la Intersección De La Granados.

1.5 Alcance

El alcance de la presente investigación es el análisis de la capacidad vehicular que tiene el Intercambiador en la intersección de la Eloy Alfaro y la Granados.

Este análisis se realizará con la determinación del volumen de vehículos que circulan por la intersección en el horario de 7 am a 10 am y de 11 am a 1 pm, a través de la contabilización del número de vehículos, la velocidad vehicular, la influencia del tiempo de semaforización y la variación de flujo en las horas previamente establecidas.

Todo este procedimiento se efectuará de forma directa a través de observaciones y materiales auxiliares como: cronómetros, contadores y mediciones de distancia.

1.6 Metodología de trabajo

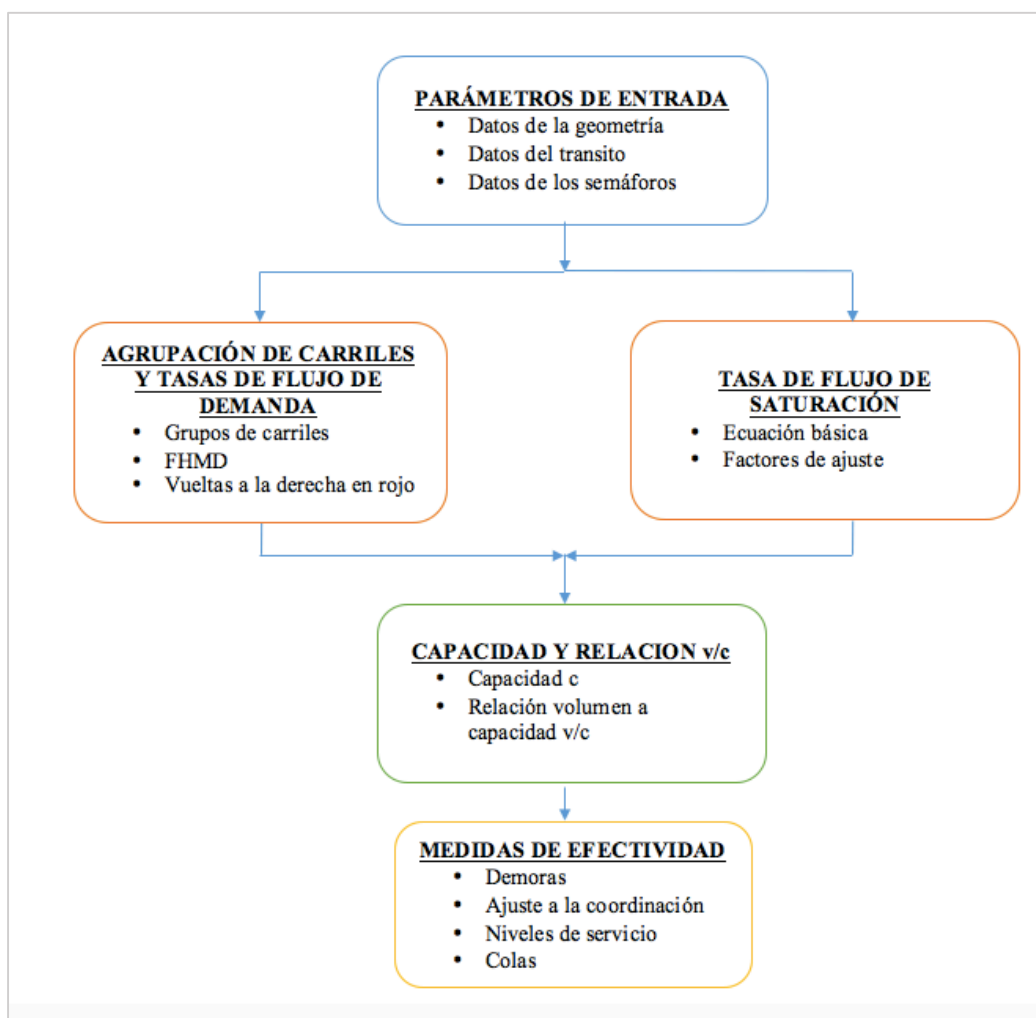
La metodología utilizada en este proyecto será la toma de datos a través de grabaciones de los vehículos que ingresan al Intercambiador De La Granados durante las horas de mayor tráfico vehicular.

Para la obtención de la información se colocaron cuatro cámaras de video en zonas estratégicas, con el fin de visualizar todo el Intercambiador, estas cámaras estuvieron instaladas durante la semana del 27 de marzo al 02 de abril del 2019. Una vez obtenidas las grabaciones, se procedió a realizar el aforo, el cual se realizó a través de conteos manuales.

Esta metodología permitió obtener información detallada de los volúmenes de vehículos livianos, pesados, y transporte público.

Para la obtención de la capacidad y el nivel de servicio del Intercambiador Eloy Alfaro – Granados se utilizó el esquema metodológico que utiliza el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000) para intersecciones semaforizadas el cual se lo presenta a continuación.

Ilustración 1. 3: Esquema metodológico para el análisis de intersecciones semaforizadas.



Fuente: TRB. Highway Capacity Manual. HCM 2000.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Intersección

Se define a intersección al área conectada por dos o más vías, la misma que tiene como función permitir cambiar la dirección en una ruta. Además, incluye elementos que permiten los movimientos tanto peatonales como vehiculares dentro de la misma. Las características de operación que va a tener una intersección son establecidas en función del número y el tipo de vehículos que van a ser servidos. Es por ello que en el instante que los volúmenes vehiculares aumentan, la intersección se torna incapaz de servir a la demanda; por lo que es importante determinar que las intersecciones son áreas críticas ya que son puntos de conflicto y congestión.

2.1.2 Intercambiador

El manual Nevi-12 (2013) establece que a un Intercambiador se lo define como un dispositivo vial, el cual está formado por estructuras en diferentes niveles y adicionalmente cuenta con ramales de interconexión, denominando a éstos últimos como ramales de Intercambiador, los cuales cumplen la función de permitir el intercambio de vehículos entre dos o más vías. Por otro lado, la característica fundamental que tienen un Intercambiador, es que en él no se generen conflictos de cruce entre los flujos de paso directo entre una y otra vía.

2.1.3 Capacidad vehicular

La capacidad indica la cantidad máxima de flujo vehicular que se puede generar en un punto o en una parte de la vía, de manera aproximada. Tomando en cuenta que no se puede afectar el nivel de servicio que previamente se debió establecer en la línea base.

Para la obtención de la información, tanto de la capacidad como del nivel de servicio a la que se encuentra sometida la vía es necesario hacer mediciones en campo del tráfico y considerar los diferentes factores que puedan afectar a la capacidad como son la geometría de la vía, semáforos y topografía.

Siendo la capacidad un factor que permite la distribución adecuada del volumen de tránsito o cantidad de vehículos a través de un punto específico en la vía y durante un periodo de tiempo determinado.

“Si el volumen de tránsito en una carretera es menor que su capacidad, los conductores tienen cierta libertad de maniobra y los que lo deseen pueden moverse más rápidamente que los más lentos; sin embargo, los conductores más rápidos no pueden escoger con completa libertad la velocidad que deseen, a menos que el volumen de tránsito sea muy bajo. En cambio, si el volumen de tránsito supera el valor de la capacidad de la vía, se presenta lo que se llama congestión de tránsito: todos los vehículos tienen que viajar a igual velocidad, establecida por los vehículos más lentos, y hay poca o ninguna oportunidad de adelantar a otros vehículos. Entre estos dos extremos de operación (completa libertad de movimiento y congestión de tránsito) la velocidad promedio de viaje, lo mismo que la maniobrabilidad de los vehículos, guardan una relación muy estrecha con el volumen de tránsito que utilice la vía” (NEVI-12, 2013, p. 59).

2.1.3.1 Factores que afectan la capacidad vehicular

Cuando se realiza un análisis se deben realizar correcciones a las condiciones ideales para poder tener en cuenta las condiciones reales de la vía en análisis. Para lo cual se establece como condición ideal cuando al realizar la mejora no se incrementa su capacidad. En las condiciones ideales “se presume buen clima, pavimento en buen estado, usuarios “racionales” y la inexistencia de incidentes que obstruyan el flujo” (Cerquera, 2007, p.5).

1. Condiciones de la vía o la infraestructura

- Ancho de carril. Esto se debe a que si el carril es menor de 3.5 m en las vías que son de 2 o más carriles la maniobra durará más tiempo.
- Ancho de las bermas y los despejes laterales.
- La velocidad de Proyecto.
- La disponibilidad de espacio para esperar en cola en las intersecciones.

2. Condiciones del tránsito

Las condiciones de tránsito se refieren a los tipos y las distribuciones que tienen los vehículos en los carriles. Adicionalmente se toma en cuenta la distribución de vehículos por sentidos de circulación, siendo una condición ideal en vías de 2 carriles la distribución de 50/50. “La distribución entre carriles y entre calzadas en estructuras multicarril y autopistas es importante, ya que en estos casos el análisis se hace en forma independiente para cada sentido de circulación” (Cerquera, 2007, p. 6).

3. Condiciones de control

Estas condiciones están relacionadas con las justificaciones de los estacionamientos, las restricciones para rebasar, restricciones y permisos para ciertos movimientos.

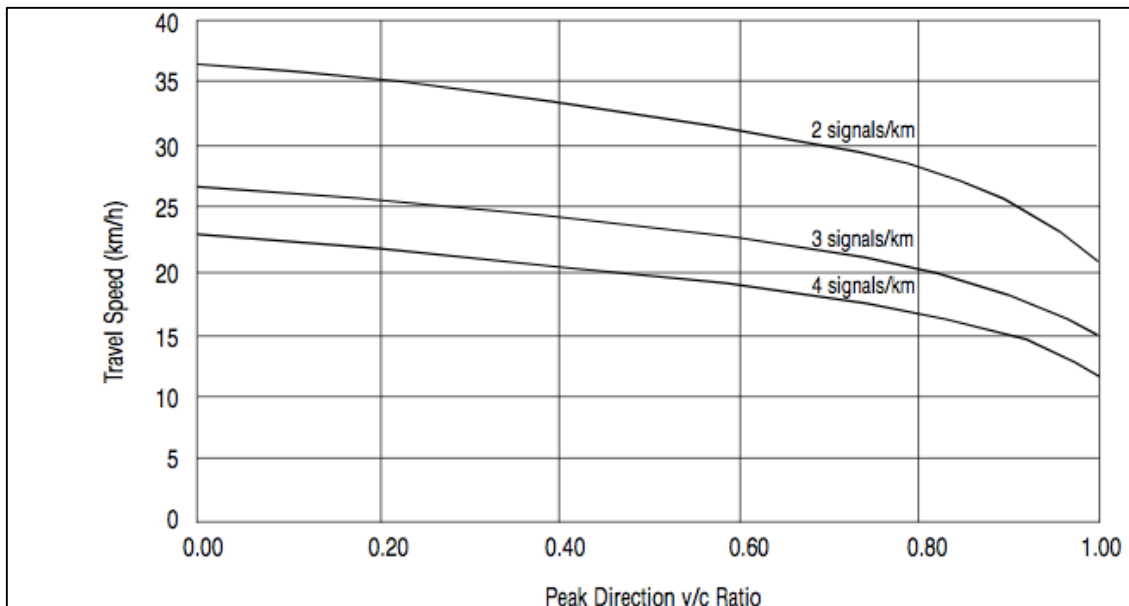
2.1.4 Relación Volumen – Capacidad.

Una vía funciona de manera aceptable cuando el volumen de tráfico, circulando a una velocidad razonable, es menor que la capacidad del sistema es decir que la vía tiene la capacidad necesaria para abastecer el flujo vehicular que se presenta sin producir demoras excesivas. Además, cuando los valores de los flujos vehiculares están muy cercanos a la capacidad, el tránsito se torna inestable y produce la congestión vehicular. El problema se torna más crítico cuando los flujos vehiculares circulan a velocidades bajas y densidades altas, ya que en estas condiciones se presentan condiciones de operación forzada, lo que ocasionan detenciones momentáneas del tránsito y niveles bajos de operación.

En la relación volumen- capacidad se pueden producir 3 posibilidades:

- Si $V/C < 1$, el sistema vial no está colapsado.
- Si $V/C = 1$, el sistema vial está en el límite.
- Si $V/C > 1$, el sistema vial está saturado.

Ilustración 2. 1: Curvas de velocidad para vías urbanas de Clase IV.



Fuente: TRB. Highway Capacity Manual. HCM 2000.

2.1.5 Volúmenes de tránsito promedio diario

Existen varios parámetros para realizar el análisis de volúmenes, de los cuales, el principal es el tránsito promedio diario que se define como el número total de unidades que pasan por un periodo de tiempo determinado, el cual es igual o menor a un año y su mínimo es un día, su expresión se encuentra dada de la siguiente manera:

$$TPD = \frac{N}{1 \text{ día} < T \leq 1 \text{ año}} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.1})$$

Donde:

TPD: Tránsito promedio diario

N: Número de unidades o vehículos que van a circular

T: Periodo de tiempo.

En función del tiempo el tránsito promedio diario se lo puede clasificar de la siguiente manera:

- Tránsito promedio diario anual (TPDA)

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.2})$$

Donde:

TPDA: Tránsito promedio diario anual.

TA: Tránsito total que circulará durante un año.

- Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

$$TPDM = \frac{TM}{30} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.3})$$

Donde:

TPDM: Tránsito promedio diario mensual.

TM: Tránsito total que circulará durante un mes.

- Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

$$TPDS = \frac{TS}{7} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.4})$$

Donde:

TPDS: Tránsito promedio diario semanal.

TS: Tránsito total que circulará durante una semana.

2.1.6 Factor hora pico

Conocer la variación del volumen dentro de las horas de máxima demanda es necesario debido a que permite determinar el tiempo que duran los flujos máximos, con esta información se puede realizar la planeación de los controles del tránsito como por ejemplo: prohibir los estacionamientos, impedir algunos movimientos y adicionalmente se pueden determinar los tiempos de fases de los semáforos.

“Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que se conserve la misma frecuencia del flujo durante toda la hora” (Naranjo y Garces, 2013, p. 41).

Por esta razón se utiliza el factor de la hora de máxima demanda FHMD ó Factor de hora pico FHP el cual es un indicador de las características del flujo en periodos máximos. Siendo su valor más alto la unidad lo que indica que se tiene una distribución uniforme de los volúmenes máximos durante la hora en análisis mientras que si se tienen valor muy bajos que la unidad significa que existen concentraciones de volúmenes máximos en periodos cortos dentro de la hora (Baeza, 2012).

Este factor relaciona el volumen horario de la máxima demanda VHMD y el volumen máximo $Q_{máx}$ durante un periodo de tiempo dentro de la misma hora N (Cal y Mayor, 2007).

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(Q_{máx})} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.5})$$

Donde:

FHMD: Factor hora de la máxima demanda.

VHMD: Volumen horario de la máxima demanda.

N: Número de periodos durante la hora de la máxima demanda.

$Q_{máx}$: Flujo máximo

Los periodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser cada 5, 10 o 15 minutos.

Cuando el periodo es cada 15 minutos el FHMD se obtiene de la siguiente manera:

$$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(Q_{15máx})} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.6})$$

Donde:

$Q_{15máx}$: Flujo máximo para el periodo de 15 minutos.

Para periodos de 5 minutos el factor queda expresado de la siguiente manera:

$$FHMD_5 = \frac{VHMD}{12(Q_{5m\acute{a}x})} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{F\acute{o}rmula 2.7})$$

Donde:

$Q_{5m\acute{a}x}$: Flujo máximo para el periodo de 5 minutos.

2.1.7 Volumen vehicular

Se define como el número de vehículos que pasan por una sección específica y durante un periodo de tiempo determinado.

Se consiedera a la demanda como los vehículos que van a ser servidos mientras que el volumen son los vehículos que son servidos y la capacidad son los vehículos que pueden ser servidos.

Existen algunos casos que relacionan la capacidad con el volumen, cuando en una vía se tiene un volumen menor al de la capacidad, los usuarios tienen cierta libertad de maniobra, por otro lado se puede dar el caso que la vía se encuentre operando sobre su capacidad generando congestión de tránsito, produciendo que los vehículos tengan que viajar a una velocidad similar. Es por ello que la velocidad promedio de viaje y la maniobrabilidad de los vehículos, tienen una relación con el volumen de tránsito de la vía (NEVI-12, 2013).

2.1.8 Aforos

Para poder llevar a cabo el estudio de tráfico o conocer la capacidad de la intersección en el análisis se deberán realizar ciertos aforos, con el fin de obtener datos que van a servir de base para analizar esencialmente la capacidad que se tiene en el Nuevo intercambiador.

La metodología utilizada para la obtención de información es variada, sin embargo estos métodos dependerán directamente del tipo de datos, la extensión y la precisión que se requiere para el estudio (Kraemer, 2003).

Con el fin de obtener la capacidad vehicular de la intersección es necesario realizar un aforo o contar el número de vehículos que van a circular por dicha intersección. Este conteo se lo puede realizar de manera manual o mediante el uso de aparatos, esto va a depender si se quiere obtener de manera detallada el tipo y número de vehículos que pasan por la intersección.

En el caso de que se utilice una persona para realizar los aforos, ésta deberá tener una plantilla donde escribirá la hora y el número de vehículos que pasan por el punto asignado.

En el caso de que fuera necesario la clasificación de vehículos que pasan por dicha sección se le entrega al observador unas plantillas donde se encuentra la clasificación de los vehículos que son relevantes para el conteo o aforo. El instrumento que la persona que realiza el conteo va a utilizar son los contadores mecánicos los cuales funcionan presionando un botón cada vez que pasa un vehículo por su ubicación.

La ventaja de utilizar los contadores manuales es sin duda que se puede obtener información de los tipos de vehículos que están cruzando por la sección o punto del aforo, lo que no se puede hacer con contadores automáticos; sin embargo el costo no es favorable y además no se puede tener a un observador por más de 24 horas por lo que los contadores manuales no son favorables para aforos de duraciones superiores a las 24 horas.

Generalmente para los aforos de carreteras se utilizan contadores automáticos que detectan un vehículo y van registrando el número de veces que ha pasado un vehículo por la sección en un determinado tiempo.

Para los aforos permanentes se utilizan instrumentos que no se deterioren con el paso de los vehículos, por ejemplos los detectores de lazo o bucle de inducción magnética.

Para el caso de los aforos ocasionales se utilizan equipos que se puedan colocar y quitar fácilmente, éstos se encuentran ubicados sobre la calzada de manera transversal y se asemejan a una manguera “por lo que hace que se cierre un contacto eléctrico, que acciona el dispositivo contador” (Kraemer, 2003, p. 84).

2.2 Marco teórico

Para el inicio de este proyecto, se estudiará el intercambiador De La Granados que se encuentra ubicado en el Distrito Metropolitano de Quito al norte de la ciudad, parroquia El Batán.

Un intercambiador es una infraestructura que permite la conexión de las vías y de la misma manera, que los vehículos se puedan trasladar de un lugar a otro en diferentes movimientos, ya sean giros o cruces, que provocan cambios en la circulación vehicular. El principal objetivo de un intercambiador es reducir la congestión vehicular que se genera en un cierto tramo.

Existen varios tipos de intercambiadores y el que será utilizado en la intersección donde exista conflicto va a depender de varios factores, principalmente el tráfico, donde es necesario conocer los tipos de movimientos que realizan los vehículos y el volumen de automóviles que circulan; otro de los factores, son las características físicas del sector, esto se refiere principalmente a la topografía de la zona, lo cual va a ser un factor que limite el diseño del intercambiador; otro factor es el económico, el cual se basa en los costos de las adecuaciones que se van a realizar en los puntos críticos y costos de infraestructura; adicionalmente, los factores humanos constituyen la capacidad que tienen los conductores en reaccionar frente a aspectos que se presenten de manera imprevista.

Una vez establecidos los factores que se deben considerar para elegir el intercambiador más conveniente y que se ajuste a las necesidades de los usuarios, se puede clasificar a los intercambiadores de la siguiente manera.

1. Diamante simple

Este tipo de intercambiador presenta una gran cantidad de intersecciones y cruces, lo que genera ciertos puntos de conflicto, este intercambiador se basa en el cambio de tiempos de los semáforos regulando el flujo en todos los sentidos. Una desventaja de este tipo de intercambiador es que al aumentar el volumen de tráfico, es poco flexible.

Ilustración 2. 2: Intercambiador tipo “Diamante Simple”.



Fuente: Cobeña, 2017.

2. Trébol de dos hojas opuestas

Este tipo de intercambiador evita las maniobras de cruce vehicular ya que la rama de entrada se encuentra después de la rama de salida (Cobeña, 2017).

Ilustración 2. 3: Intercambiador tipo “Trébol de dos hojas opuestas”.



Fuente: Cobeña, 2017.

3. Trébol de cuatro hojas simple

Este intercambiador elimina puntos de conflicto debido a que cuenta con varios giros a la izquierda que generan que el flujo vehicular sea continuo. No cuenta con semáforos en las intersecciones de la vía transversal con las ramas; sin embargo, este intercambiador ocupa una superficie considerable de terreno en comparación a otros intercambiadores (Cobeña, 2017).

Ilustración 2. 4: Intercambiador tipo “Trébol de cuatro hojas simple”.



Fuente: Cobeña, 2017.

4. Trompeta

Es un intercambiador diseñado a partir de intersecciones en “T”, estos pueden ser la combinación entre dos autopistas o una vía secundaria y una autopista. De esta manera se mantiene la velocidad de operación en las maniobras de giro a la derecha sin interrumpir el flujo del carril contiguo (Cobeña, 2017).

Ilustración 2. 5: Intercambiador tipo “Trompeta”.



Fuente: Cobeña, 2017.

5. Mayor con ramas directas e indirectas.

En este intercambiador todas las maniobras de giro se realizan a través de ramas que ingresan y salen por la derecha de la vía eliminando de esta manera puntos de conflicto en cruces, e incrementando la seguridad vial. La principal desventaja es que se necesita una superficie amplia de terreno (Cobeña, 2017).

Ilustración 2. 6: Intercambiador tipo “Mayor con ramas directas e indirectas”.



Fuente: Condolo y Yépez, 2018.

2.3 Intersecciones con semáforos

2.3.1 Capacidad

Existen métodos que permiten determinar la capacidad de una vía en base a las características de la misma. Kraemer (2003) señala que los métodos utilizados son basados en datos empíricos ya que la circulación tiene condiciones complejas que no han permitido que se desarrollen modelos teóricos generales donde se puedan tomar en cuenta todas las circunstancias que se generan y poder aplicarlos en la práctica. El método utilizado para obtener la capacidad es el que se encuentra en el Manual de Capacidad de Carreteras, HCM 2000.

La intersección de la avenida Granados- Eloy Alfaro cuenta con semáforos en cada uno de sus pasos, de esta manera se regula el tránsito vehicular deteniendo o dando paso a las unidades que pasan por el mismo. Razón por la cual, los semáforos ayudan a que las entradas a la intersección se manejen de manera independiente, por lo que es posible estudiar la capacidad de cada uno de los pasos de la intersección por separado.

Para poder realizar el análisis, los accesos fueron divididos en grupos de carriles, los mismos que están definidos como un conjunto de carriles de un acceso para facilitar el análisis de la capacidad y el nivel de servicio de una intersección. Para poder realizar los grupos de carriles se debe considerar la distribución de los movimientos en la Intersección en análisis (Cal y Mayor, 2007).

Para determinar la tasa de flujo es necesario “convertir los volúmenes horarios a tasas de flujo durante 15 minutos a través del factor de la hora máxima demanda” (Cal y Mayor, 2007, p. 415).

$$v_p = \frac{V}{FHMD} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.8})$$

donde:

v_p : Tasa de flujo durante los 15 minutos más cargados (veh/h).

V = Volumen Horario (veh/h).

$FHMD$ = Factor de la hora de la máxima demanda.

Es necesario conocer el concepto de intensidad de saturación, el cual se define como el número máximo de unidades o vehículos que pasan por hora cuando el semáforo se encuentra en la en la fase verde.

Para obtener la capacidad del acceso se multiplica la intensidad de saturación por una relación entre la duración de verde y la del ciclo, obteniéndose la ecuación de la siguiente forma:

$$c_i = s_i \left(\frac{g_i}{C} \right) \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.9})$$

Siendo :

c_i = Capacidad del acceso o del grupo de carriles (vehículos/hora)

s_i = Intensidad de saturación del grupo de carriles o del acceso (vehículos/hora)

g_i = duración de la luz verde efectiva para el grupo de carriles (segundos)

C = Duración del ciclo (segundos)

Dado que en la intersección donde se va a analizar la capacidad cuenta con accesos o entradas con carriles para movimientos específicos como curvar a la derecha o a la izquierda, estos se van a estudiar de manera independiente a los demás carriles de dicho acceso, de manera que se pueden formar grupos para analizar de forma separada, siempre y cuando se trabaje en el mismo acceso, de modo que un grupo podría estar conformado por uno o más carriles.

El HCM (2000) señala que para obtener la intensidad de saturación se deben utilizar factores de ajuste con el fin de reflejar el efecto que ejercen las condiciones prevalecientes sobre las ideales.

La intensidad de saturación se la realiza por grupo de carriles y se la calcula a través de la siguiente ecuación:

$$S = S_0 \cdot N \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb}$$

Siendo: (Cal y Mayor, 2007) (Fórmula 2.10)

S_0 = Flujo de saturación base.

N = Número de carriles en el grupo de carriles

f_w = Factor de ajuste por ancho de carril

f_{HV} = Factor de ajuste por vehículos pesados

f_g = Factor de ajuste por inclinación del acceso

f_p = Factor de ajuste por existencia de carril de estacionamiento adyacente al grupo de carriles.

f_{bb} = Factor de ajuste por efecto de bloqueo de los autobuses locales que paran dentro de la zona.

f_a = Factor de ajuste por tipo de área

f_{LU} = Factor de ajuste por utilización de carril

f_{LT} = Factor de ajuste por giro a la izquierda en el grupo de carril

f_{RT} = Factor de ajuste por giro a la derecha en el grupo de carril

f_{Lpb} = Factor de ajuste por movimientos a la izquierda de peatones y ciclistas

f_{Rpb} = Factor de ajuste por movimientos a la derecha de peatones y ciclistas.

Flujo de saturación base S_o :

El HCM (2000) establece que se utiliza una tasa de flujo de saturación base predeterminada cuyo valor es de 1900 veh/h/carril. Este valor puede variar en función de las mediciones en campo. Si en los accesos se tienen velocidades de acercamiento bajas, menos de 50 km/h el flujo de saturación base es de 1800 veh/h/carril. Si las velocidades en el acceso son mayores a 80 km/h el flujo de saturación base es de 1900 veh/h/carril.

Factor f_w :

Los carriles que son angostos generan un impacto en la intensidad de saturación (S), al igual que los carriles anchos tienen un impacto en el aumento de flujo. Los carriles tienen un ancho estándar de 3.60 metros (HCM, 2000).

$$F_w = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.11})$$

$$w \geq 2.4 \text{ m}$$

Si $w \geq 4.8 \text{ m}$, analizar como dos carriles.

Donde:

W= ancho de carril (m)

Factor f_{HV} :

Para el análisis, se debe tener presente que los vehículos que cuentan con más de cuatro neumáticos en contacto con el pavimento son considerados como vehículos pesados.

El HCM (2000) señala que este factor toma en cuenta el espacio adicional que se genera cuando existen vehículos pesados en la vía además toma en cuenta las diferentes capacidades operativas que tienen los vehículos pesados en relación con los vehículos livianos.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.12})$$

Donde:

$\%HV$: Porcentaje de vehículos pesados para el volumen del grupo de carriles.

E_T : El equivalente de vehículos livianos que se usa por cada vehículo pesado, teniendo un valor de 2.0 unidades de vehículos livianos.

Factor f_g :

Este factor toma en cuenta las pendientes cuyas inclinaciones afectan el funcionamiento tanto de los vehículos pesados como de los livianos (HCM, 2000).

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.13})$$

$$-6 \leq \%G \leq +10$$

Donde:

$\%G$ = Porcentaje de pendiente del acceso.

Factor f_p :

Según el HCM (2000) el factor toma en cuenta el efecto de la fricción entre el carril de estacionamiento y el flujo vehicular que se encuentran en carriles adyacentes, adicionalmente se toma en cuenta el bloqueo ocasional que generan los vehículos cuando entran o salen de los estacionamientos.

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18 N_m}{3600}}{N} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.14})$$

$$0 \leq N_m \leq 180$$

$$f_p \geq 0.050$$

$$f_p = 1.000 \text{ para sin estacionamiento}$$

Donde:

N = Número de carriles del grupo.

N_m = Número de maniobras de estacionamiento.

Factor f_{bb} :

Este factor toma en cuenta el transporte publico en la intersección que se va a analizar ya que los buses tienen paradas a menos de 75 metros antes y después de la intersección, en donde recogen o dejan pasajeros, el factor es utilizado solo si la parada del autobús bloquea el tráfico en el grupo de líneas en estudio.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4 N_B}{3600}}{N} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.15})$$

Donde:

N = Número de carriles del grupo

N_B = Número de buses que paran por hora.

Factor f_a :

“En el análisis es importante identificar la ineficiencia relativa de las intersecciones en las zonas comerciales, en comparación con aquellas zonas situadas en otros lugares” (Rodríguez, 2015, p. 23).

El HCM (2000) señala que el factor es apropiado cuando se presentan áreas con características como del Distrito central de negocios, es decir con: derechos de vía estrechos, frecuentes maniobras de estacionamiento, bloqueos de vehículos, actividad de taxis y autobuses, giros de radio pequeño, uso limitado de carriles de giro exclusivos, actividad peatonal elevada, población densa y recortes a mitad de cuadra.

Este factor debe usarse en áreas donde el diseño geométrico y el tráfico vehicular o los flujos de peatones o las dos consideraciones, generen un aumento en el número de vehículos de manera significativa hasta llegar a afectar de manera negativa a la capacidad de la intersección (HCM, 2000).

$$f_a = 0.900 \text{ en CBD} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \text{ (Fórmula 2.16)}$$

$$f_a = 1.000 \text{ en otras áreas} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \text{ (Fórmula 2.17)}$$

Donde:

CBD = Distrito Central de Negocios (Centro de la ciudad)

Factor f_{LU} :

El HCM (2000) afirma que el factor toma en cuenta la distribución heterogéneo del tráfico entre las líneas que se encuentran los grupos de carriles y tienen más de una línea.

$$f_{LU} = \frac{v_g}{v_{g1}N} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \text{ (Fórmula 2.18)}$$

Donde:

f_{LU} = Factor de ajuste por utilización de carril

v_g = tasa de flujo de demanda no ajustada para el grupo de carril (veh / h),

v_{g1} = tasa de flujo de demanda no ajustada en un solo carril con el mayor volumen en el carril grupo (veh / h).

N= número de carriles en el grupo de carriles

Factor f_{LT} :

Este factor permite el ajuste por la existencia de vehículos que curvan hacia la izquierda. Los giros que se realizan de forma permitida o protegida, generan una disminución en la velocidad, afectando el aumento de fases por lo que la capacidad de la intersección disminuye, lo que ocasiona aumentos en las demoras, y aumento de embotellamientos (Rodríguez, 2015).

Fase protegida:

Carril exclusivo:

$$f_{LT} = 0.95 \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.19})$$

Carril compartido:

$$f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05P_{LT}} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.20})$$

Donde:

P_{LT} = Proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles.

Factor f_{RT} :

El HCM (2000) afirma que el factor depende de ciertas variables las cuales son:

- Si el giro a la derecha se realiza desde un carril exclusivo o compartido
- Proporción de vehículos que giran a la derecha en los carriles compartidos.

Adicionalmente se tienen que su valor es la unidad cuando en el grupo de carriles no se produce ningún giro hacia la derecha.

Carril exclusivo:

$$f_{RT} = 0.85 \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.21})$$

Carril compartido:

$$f_{RT} = 1.0 - 0.15 P_{RT} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.22})$$

Carril simple:

$$f_{RT} = 1.0 - 0.135 P_{RT} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.23})$$

$$f_{RT} \geq 0.050$$

Donde:

P_{RT} = Proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles

Factor f_{Rpb} :

El factor toma en cuenta los conflictos que se generan entre los vehículos con los peatones - ciclistas (Rodríguez, 2015).

Ajuste: LT

$$f_{Lpb} = 1.0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA}) \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.24})$$

Ajuste: RT

$$f_{Rpb} = 1.0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA}) \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.25})$$

Donde:

P_{LT} = Proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles

A_{pbT} = Ajuste de la fase permitida.

P_{LTA} = Proporción de vueltas a la izquierda que usan la fase protegida.

P_{RT} = Proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles

P_{RTA} = Proporción de vueltas a la derecha que usan la fase protegida.

Una vez obtenido el flujo de saturación ajustado se procede a calcular la capacidad para cada grupo de carriles y su relación volumen a capacidad como se expresa en la siguiente ecuación.

$$X_i = \frac{v_i}{c_i} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.26})$$

X_i = Relación volumen capacidad ó denominado grado de saturación

v_i = Tasa de flujo de demanda actual del grupo de carriles i

c_i = Capacidad del grupo de carriles i (veh/h).

2.3.2 Nivel de Servicio

El nivel de servicio de una intersección semaforizada está en función de la demora. Las demoras son medidas que reflejan varias condiciones como el consumo de combustibles, molestia para los usuarios y pérdida en el tiempo de viaje (López, 1998). Las demoras por control son las demoras medias por vehículo provocado por las detenciones, el análisis se lo realiza en un periodo de 15 minutos.

En la tabla 2.1 se clasifican los seis niveles de servicio en función de las demoras.

Tabla 2. 1: Nivel de Servicio para intersecciones semaforizadas.

Nivel de Servicio	Demora por control (segundos/vehículo)
A	≤ 10
B	$>10 - 20$
C	$>20 - 35$
D	$>35 - 55$
E	$>55-80$
F	>80

Fuente: TRB. Highway Capacity Manual. HCM 2000.

Nivel de servicio A:

Tiene demoras bajas, menores de 10 segundos por vehículo. Los vehículos no paran en su totalidad y suelen llegar durante la fase de verde.

Nivel de servicio B:

Cuenta con demoras entre 10 y 20 segundos por vehículo. Tiene ciclos cortos y algunas unidades empiezan a detenerse.

Nivel de servicio C:

Su operación tiene demoras entre 20 y 35 segundos por vehículo. Algunos ciclos empiezan a fallar, los vehículos fluyen de manera regular.

Nivel de servicio D:

Se tienen demoras entre 35 y 55 segundos por vehículo. Se empieza a observar congestionamientos, se tienen relaciones volumen – capacidad altas y gran cantidad de vehículos empiezan a detenerse.

Nivel de servicio E:

Para este nivel se tienen demoras entre 55 y 80 segundos por vehículo, estos valores son los límites aceptables para las demoras. Se tienen relaciones volumen – capacidad más altas.

Nivel de servicio F:

Se tienen demoras mayores a 80 segundos por vehículo. Los flujos que llegan a la intersección exceden la capacidad, se tienen congestionamientos y adicionalmente la intersección está operando de manera saturada.

Como ya se estableció anteriormente para obtener el nivel de servicio se deben conocer las demoras, a continuación se presenta la clasificación de los tipos de demoras con sus respectivas ecuaciones.

Demora Uniforme d1:

Esta demora asume que los vehículos llegan de manera uniformemente distribuidos, sin cola y con flujo estable y no se tienen saturación en ningún ciclo. Según El HCM 2000 señala que los valores de X más allá de 1.0 no se utilizan en el cálculo de d1.

$$d1 = \frac{0.5 C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (\text{Fórmula 2.27})$$

Donde:

d1 = Demora uniforme (s/veh).

C= Ciclo del semáforo (s)

g= Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (s)

X= grado de Saturación

Demora incremental d2:

Esta demora estima las llegadas aleatorias o no uniformes sobre las llegadas del ciclo, que provocan que los mismos se sobresaturen.

$$d2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right] \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.28})$$

donde:

d2 = Demora incremental (s/veh).

T= Duración del periodo de análisis (0.25h)

k= factor de demora incremental que depende del ajuste de los controladores en intersecciones accionadas (anexo 1).

I= factor de ajuste por entradas de la intersección corriente arriba. I= 1.00 para intersecciones aisladas (anexo 2).

X= grado de Saturación

c = Capacidad

El HCM (2000) señala que en el caso de no tener la extensión unitaria UE, definida como el espacio mínimo, en segundos, entre los vehículos sucesivos que se mueven en una aproximación activada por el tráfico a una intersección señalizada que hará que el semáforo termine la fase de verde, se puede utilizar el valor de $k= 0,40$ el cual corresponde a una extensión de unidad de 3 s y una relación volumen / capacidad entre 0,85 y 0,90.

Demora por cola inicial:

El HCM 2000 señala que cuando una cola residual provoca que se genere una cola inicial al comienzo del periodo en análisis, los vehículos van a experimentar demoras adicionales.

“En los casos en que $X>1.0$ para un periodo de 15 minutos, el siguiente periodo empieza con una cola inicial llamada Q_b en vehículos” (Cal y Mayor, 2007, p. 420).

$$d_3 = \frac{1800 Q_b (1 + u)t}{cT} \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (\text{Fórmula 2.29})$$

Donde:

d_3 = Demora por cola inicial (s/veh)

Q_b = Cola Inicial al principio del periodo T (veh)

c = capacidad (veh/h)

T = Duración del periodo de análisis (0.25 h)

t = Duración de la demanda insatisfecha (h)

u = parámetro de demora

X = grado de Saturación

Escenarios para estimar la demora:

- **Caso I:** no existe cola inicial y el periodo es no saturado, $d_3=0$
- **Caso II:** no existe cola inicial y el periodo está sobresaturado $d_3=0$
- **Caso III:** Q_b es satisfecha completamente en el periodo T. Se debe cumplir que $Q_b + qT < cT$, donde qT es la demanda total en T y cT es la capacidad disponible.
- **Caso IV:** todavía existe demanda al final de T que no ha sido satisfecha, sin embargo la demanda insatisfecha es menor. Se debe cumplir que $qT < cT$

- **Caso V:** la demanda en el periodo T supera la capacidad. La demanda insatisfecha aumentara al final del mismo periodo.

Los factores t y u se determinan en función del escenario.

$t=0$ si $Q_b=0$

caso contrario:

$$t = \min \left\{ T, \frac{Q_b}{c[1 - \min(1, X)]} \right\} \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (\text{Fórmula 2.30})$$

$u=0$ si $t < T$

caso contrario:

$$u = 1 - \frac{cT}{Q_b[1 - \min(1, X)]} \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (\text{Fórmula 2.31})$$

el tiempo de despeje se lo obtiene de la siguiente manera:

$$T_c = \max \left(T, \frac{Q_b}{c} + T * X \right) \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (\text{Fórmula 2.32})$$

Demora media por control:

Esta demora se toma en cuenta los movimientos de los vehículos que se realizan con velocidades bajas, detenciones en la intersección, además cambio de posición en la cola.

$$d = d1(\text{PF}) + d2 + d3 \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (\text{Fórmula 2.33})$$

donde:

d = demora media por control (s/veh)

PF = factor de ajuste por coordinación.

Factor de ajuste por coordinación:

La coordinación de semáforos genera una proporción alta entre los vehículos que llegan en la fase de verde. Debido a que la coordinación afecta de manera directa a la demora uniforme, por esta razón el factor se lo multiplica únicamente a $d1$.

$$PF = \frac{(1 - P)f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.34})$$

donde:

P = Proporción de vehículos que llegan en verde

g/C = Proporción de tiempo disponible.

g= Tiempo de verde disponible (s)

C= Ciclo del semáforo (s)

fpa = Factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde.

La proporción de vehículos se los puede estimar de la siguiente manera:

$$P = R_p \left(\frac{g}{C}\right) \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.35})$$

Donde:

Rp= Relación de grupo de carriles.

Existen 6 tipos de llegadas a los accesos. Se lo utiliza para ajustar el retardo calculado para el tráfico en cada señal. Si no se conoce el tipo de llegada, se utiliza el tipo de llegada 3 para movimientos no coordinados y se utiliza el tipo 4 para movimientos coordinados (HCM, 2000). Véase anexo 3.

Tipo 1: la calidad de progresión es insuficiente en donde llegan grupos densos de vehículos al inicio de la fase de rojo.

Tipo 2: la calidad de progresión es perjudicial en donde llegan grupos moderados de vehículos en la mitad del rojo.

Tipo 3: la calidad de la progresión es mínima en donde se tienen llegadas aleatorias de vehículos

Tipo 4: la calidad de la progresión es desfavorable en donde llegan grupos de vehículos de forma moderada.

Tipo 5: la calidad de la progresión es favorablemente alta en donde llegan grupos densos de vehículos al inicio de la fase de verde.

Tipo 6: la calidad es excepcional en donde se tienen grupos densos de vehículos que provienen de intersecciones cercanas.

Demoras por acceso

Se determina mediante un promedio ponderado entre las demoras totales de todos los grupos que se encuentran involucrados en el análisis del acceso y los volúmenes ajustados de los grupos de carriles (Cal y Mayor, 2007).

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^A (d_i * v_i)}{\sum_{i=1}^A v_i} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.36})$$

donde:

d_A : demora en el acceso A. (s/veh)

d_i : demora en el grupo de carriles i del acceso en análisis (s/veh)

v_i : volumen ajustado del grupo de carriles i (veh/h).

Demora en la Intersección

Se la obtiene realizando un promedio ponderado entre las demoras y los volúmenes de todos los accesos que se analizan en la intersección.

$$d_I = \frac{\sum_{A=1}^I (d_A * v_A)}{\sum_{A=1}^I v_A} \quad (\text{Cal y Mayor, 2007}) \quad (\text{Fórmula 2.37})$$

Donde:

d_I = demora en la Interseccion (s/veh).

d_A = demora en el acceso (s/veh).

v_A = volumen ajustado del acceso (veh/h).

CAPÍTULO 3: INTERCAMBIADOR GRANADOS – ELOY ALFARO

Según el informe emitido por la Contraloría General del Estado (2012) señala que en base a los estudios realizados para el plan de desarrollo 2012 – 2022, detalló la existencia de 2.5 millones de habitantes y cerca de quinientos mil vehículos en el año 2012. Sin embargo, la infraestructura vial no se ha desarrollado de la misma manera, es por ello que existen puntos críticos en el Distrito Metropolitano de Quito los cuales han sido superados en su capacidad.

La intersección de la Eloy Alfaro y granados es un punto crítico desde su creación, para lo cual se han implementado algunas soluciones viales frente a este problema como es la construcción de un redondel de tráfico. En el año 2001 se realizaron estudios con el fin de convertir el redondel en una intersección semaforizada, siendo la misma construida en el año 2003.

Al seguir con la problemática del incremento del parque automotriz y el incremento de actividades comerciales y residenciales, esta intersección se volvió más crítica. Es por ello que para marzo del año 2016 ya se contaba con un intercambiador en la intersección.

3.1 Ubicación

La intersección en análisis , es un punto donde convergen las avenidas De los Granados, Río Coca y Eloy Alfaro. Ubicada en el sector nororiental de la ciudad de Quito, de tal manera que une los barrios de Bellavista, El Batán Y de Monteserrín.

La principal vía que forma parte de esta intersección es la avenida Eloy Alfaro, cuyo sentido es Norte-Sur, permitiendo de esta manera la unión del sector centro- norte de la ciudad.

La avenida de los Granados fue construida como la continuación de la Avenida Simón Bolívar, es parte del cordón periférico oriental de la ciudad, esta avenida tiene la función de trasladar todo el tráfico tanto del sur, del centro y del norte del distrito metropolitano de Quito desde los valles de Cumbayá y de los Chillos; de igual manera hacia los valles. Adicionalmente la avenida moviliza el tráfico de las parroquias Zámbez, Calderón, Nayón y Llano Chico. Con el paso del tiempo el sector Nororiental se ha ido urbanizando, creándose conjuntos o urbanizaciones las cuales van a ser servidas por esta vía. Otro de los servicios que brinda esta avenida es movilizar al tráfico que se dirige a las provincias nororientales del país.

3.2 Entorno

Según el informe emitido por la Contraloría General del Estado (2012) en el lado Norte de la Avenida Río Coca, a 270 metros de la Avenida Eloy Alfaro se encuentra ubicada la Terminal

de Transporte Interparroquial y aproximadamente a 500 metros de la Avenida Eloy Alfaro se ubica la estación de transferencia y terminal de la ruta urbana (Ecovía). Lo cual genera movimiento peatonal y transporte masivo.

El informe emitido por EPMMOP (2015) establece que:

“El área de influencia cercana a la intersección, conforme la sectorización municipal está destinada a uso residencial y comercial, también se ha autorizado la instalación de puntos de servicio como gasolinera, supermercado y agencias bancarias y en las cercanías laboran planteles educativos; buena parte del territorio se encuentra ocupada por cementerios.” (p. 28).

A continuación se presenta un detalle de lo anteriormente descrito:

Tabla 3. 1: Avenida De los Granados (Dirección Este – Oeste)

Intersección	Costado Norte	Costado Sur
Calle Shuara		
	Way tire and service Lavadora de autos. Erco Tires. Mecánica Viviendas. Calle de los Naranjos Proauto (vehículos Chevrolet)	EcuaAmerican Fybeca Tempo Quito Motors Clínica Neurociencias 10 edificios de vivienda y almacenes Calle “C” 4 edificios de vivienda y almacenes calle C. Gallegos D. 4 edificios de vivienda y almacenes Calle Guevara Edificio de departamentos
Av. Eloy Alfaro		
	Edificio de departamentos y almacenes Conjunto Residencial Jac Motors Conjunto Residencial “El Batán” 28 bloques y 160 casas.	Vehículos Great Wall Alfombras Americana Conjunto Residencial 9 casas, Conjunto Residencial San Fernando Venta de autos Meguiars Show car. Mecánica
José Queri		

Tabla 3. 2: Avenida Eloy Alfaro (tomado en dirección Norte – Sur)

Intersección	Costado Oriental	Costado Occidental
Calle de las Higueras		
	Conjunto habitacional Locales comerciales TV Cable Gama TV Supermaxi Banco del Pichincha	Locales comerciales Canala Cables Cementerio del Batán y Sociedad Funeraria Nacional Cementerio de Judíos Iglesia Católica Alemana
Av. Río Coca		
	Banco del Pichincha Metrocar (Vehículos Chevrolet)	Sala de velaciones Los Lirios Calle Joel Polanco Edificios de departamentos y almacenes
Av. De los Granados		
	AMC Locales comerciales Calle Camilo Gallegos restaurantes Gasolinera Patio de venta de vehículos usados Edificios de vivienda	Vehículos Great Wall La Cigarra Locales comerciales Mecánica Telesucesos edificios de departamentos
José Queri		

Tabla 3. 3: Avenida Río Coca (Dirección este – oeste)

Intersección	Costado Sur	Costado norte
Av. Eloy Alfaro		
	Servicios funerarios Los Lirios Terrenos vacíos del IESS Locales comerciales Inmobiliaria Agropecuaria S.A. Ambacar Seminuevos Florería y mecánica	Memorial Cementerio y servicios funerarios Alemán Patio de venta de vehículos Patio de retención vehicular Calle de los Laureles Terminal Interparroquial
Calle De los Rosales		

En base a la información obtenida anteriormente se puede determinar que esta zona está compuesta por áreas residenciales, comerciales y educativas. De tal manera que se puede identificar en base al sondeo que esta zona tiende a ampliarse en el desarrollo de actividades comerciales y educativas. Con este análisis se puede establecer que el entorno del Intercambiador es fundamental conocerlo con el fin de encontrar factores que afectan a la congestión vehicular en la zona de estudio.

3.3 Información Histórica

Debido al conflicto de tráfico que existía en la intersección de la avenida Eloy Alfaro y de los Granados, el Municipio de Quito a través de la Empresa Publica Metropolitana de Movilidad y Obras Publicas (EPMMOP) realizó los estudios necesario para la construcción del Intercambiador con el objetivo de disminuir los tiempos de movilización de los usuarios que transitan desde los Valles hacia el interior de la ciudad y viceversa.

En el año 2012 ya se había autorizado proceder con la contratación de la consultoría técnica con un presupuesto referencial de 194 747,77 de dólares donde la oferta ganadora fue para la Consultora ASTEC CÍA LTDA. Esta consultora presentó el estudio y diseño de 4 alternativas para la solución de tráfico para este sector, donde se eligió la opción número 4, la cual planteaba atender los diferentes flujos de tránsito mediante la construcción de un intercambiador en tres niveles.

Para realizar la ejecución del Intercambiador la Empresa Publica Metropolitana de Movilidad y Obras Publicas remitió los datos técnicos donde los estudios están proyectados a 20 años; posteriormente se emitió un informe legal por la Procuraduría Metropolitana.

Dicha obra tuvo una inversión de 15 millones de dólares, valor superior al costo inicial estimado que fue de 11 millones de dólares, justificado por los trabajos complementarios que se ejecutaron. con una duración de un año desde marzo del 2016 hasta marzo del 2017.

3.4 Descripción general del Intercambiador

Con el fin de satisfacer las necesidades de movilización en un punto conflictivo como lo es la intersección de la Granados y Eloy Alfaro, el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito a

través de la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas realizó varios estudios de pre - factibilidad, factibilidad y diseños definitivos en el año 2012 para finalmente llevar a cabo la construcción de lo que hoy en día es el intercambiador de la Granados.

El intercambiador en análisis cuenta con tres avenidas que convergen en un solo punto las cuales son la Granados, la Río Coca y la Eloy Alfaro para lo cual su diseño tuvo como resultado la creación de un intercambiador vial de tipo diamante simple ya que se encuentra conformado por una vía principal y una secundaria formándose de esta manera cuatro ramales .

Esta infraestructura vial cuenta con 3 pasos a desnivel, giros y además tiene los elementos para mantener la seguridad como son los semáforos y adicionalmente tiene señalizaciones tanto vertical como horizontal.

La distribución de tráfico del intercambiador se realiza de la siguiente manera:

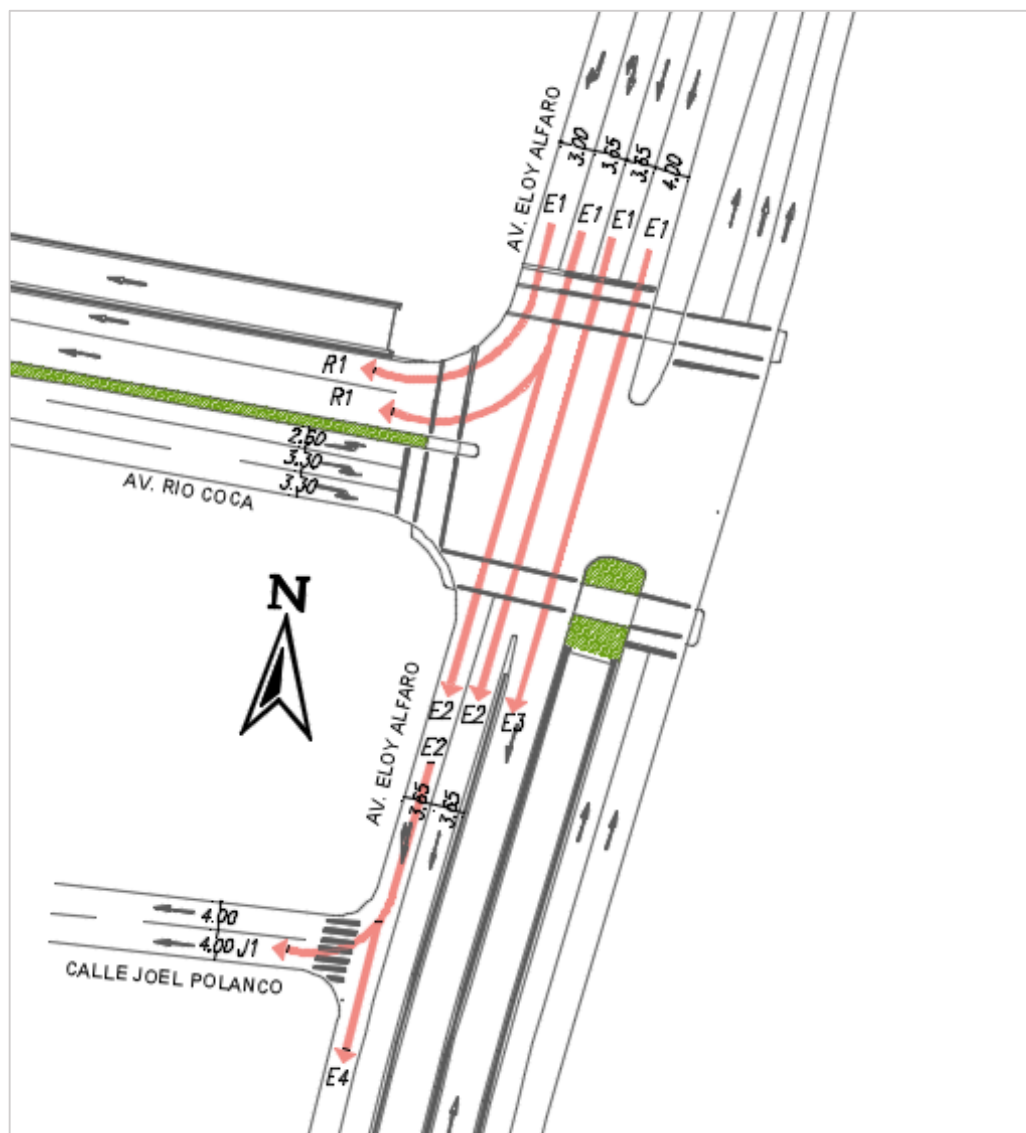
Av. Eloy Alfaro :

1. Un carril a nivel de ancho 3.65 m en sentido Norte – Sur, cruzando la Av. Río Coca. El cruce se realiza con control semafórico.
2. Un carril de circulación vehicular con un ancho de 3.65 m en dirección norte- oeste hacia la Av. Río Coca, compartido con los vehículos que se dirigen en dirección Norte-Sur. Los movimientos se realizan con control semafórico
3. Un carril de circulación vehicular con un ancho de 3.00 m en dirección norte- oeste exclusivamente, hacia la Av. Río Coca.
4. Un carril deprimido de ancho 4.00 m en sentido Norte-Este hacia la avenida Granados. Este carril evita la intersección con la avenida Granados y adicionalmente se suma a los dos carriles provenientes de la Av. Granados sentido Oeste por lo que al final de la rampa hacia la Avenida Granados sentido Este, el desnivel cuenta con 3 carriles. El movimiento se lo realiza con control semafórico.
5. Un carril de circulación vehicular con un ancho de 3.65 m en dirección norte- oeste hacia la Joel Polanco, compartidos con los vehículos que continúan por la Av. Eloy Alfaro sentido Norte-Sur.
6. Un carril de circulación vehicular con un ancho de 3.65 m en dirección Norte-Oeste hacia la Av. De los Granados, compartido con el flujo vehicular que continua por la

Av. Eloy Alfaro, sentido Norte-Sur. Los movimientos se lo realiza con con control semafórico

7. Un carril de circulación vehicular con un ancho de 3.65 m en dirección Norte-Sur, cruzando la la Av. De los Granados. El movimiento se realiza a través de control semafórico.
8. Un carril de ancho 3.65 m en sentido Sur-Norte exclusivamente, cruzando la Av. De los Granados a través de un control semafórico.
9. Un carril de ancho 3.65 m en sentido Sur-Norte compartido con un giro derecho hacia la Av. De los Granados Este. Cada movimiento se encuentra regulado por un semáforo.
10. Un carril deprimido de ancho 3.65 m en sentido Sur-Oeste hacia la Av. Río Coca.

Ilustración 3. 1: Movimientos por carriles que se realizan en la Av. Eloy Alfaro – Av. Río Coca.



SUR – OESTE (AV. RÍO COCA)	E6 – E7	DESNIVEL	1	3.65
SUR - NORTE	E6 – E8	A NIVEL	1	3.65
SUR – ESTE (AV. DE LOS GRANADOS)	E6 – G2	A NIVEL	1	3.65
SUR - NORTE	E6 – E8			

Av. Río Coca

11. Un carril de ancho 3.30 m, para circulación vehicular con sentido Oeste- Sur hacia la avenida Eloy Alfaro, compartido con el giro para ingresar hacia el desnivel en dirección a la Av. Granados Este. El movimiento se lo realiza a través del semáforo.
12. Un carril de ancho 2.60 m a nivel con sentido Oeste-Norte hacia la avenida Eloy Alfaro, el giro se lo realiza con control semafórico.
13. Un carril a nivel de ancho 3.30 m con sentido Oeste-Norte, compartido con el flujo vehicular que tiene sentido Oeste-Sur. Los giros se realizan a través de un control semafórico.

Ilustración 3. 3: Movimientos por carriles que se realizan desde la Av. Río Coca

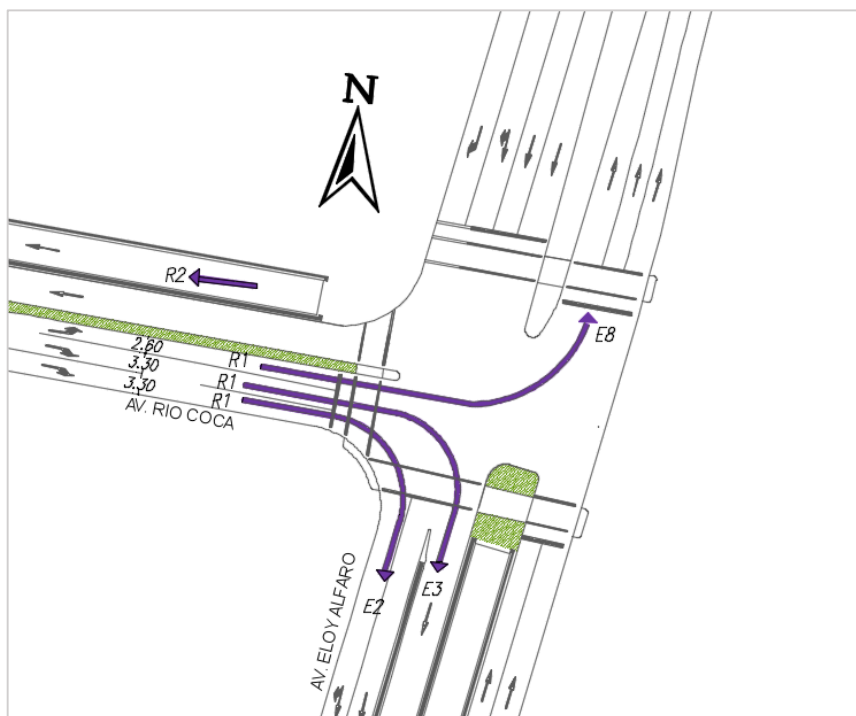


Tabla 3. 5: Avenida Río Coca

<u>DIRECCIÓN</u>	<u>CÓDIGO</u>		<u>NÚMERO DE CARRILES</u>	<u>ANCHO DEL CARRIL (m)</u>
OESTE – SUR	R1 – E2	A NIVEL	1	3.30
OESTE – ESTE (AV. DE LOS GRANADOS)	R1 – E3	DESNIVEL	1	3.30
OESTE – NORTE	R1 – E8	A NIVEL	1	2.60

Av. De los Granados:

14. Dos carriles deprimidos de ancho 3.60 m cada uno , sentido Oeste-Este, evitando el cruce con la intersección en la avenida Eloy Alfaro
15. Un carril a nivel de ancho 4.05 m, sentido Oeste- Sur hacia la avenida Eloy Alfaro, el mismo carril sirve para curvar en U sentido Oeste- Oeste.
16. Un carril de ancho 3.00 m , sentido Este-Oeste cuyo cruce se lo realiza con control semafórico.
17. Un carril de ancho 3.30 m, sentido Este-Norte hacia el deprimido sentido Este – Oeste en dirección a la avenida Río Coca además se encuentra compartido con los vehículos que cruzan al Oeste y giran hacia la Av. Eloy Alfaro Norte. Los movimientos se realizan a través de semáforos
18. Un carril de ancho 3.00 m de uso vehicular a nivel, sentido Este-Sur hacia la avenida Eloy Alfaro a través de semáforo.

Ilustración 3. 4: Movimientos por carriles que se realizan desde la Av. De los Granados

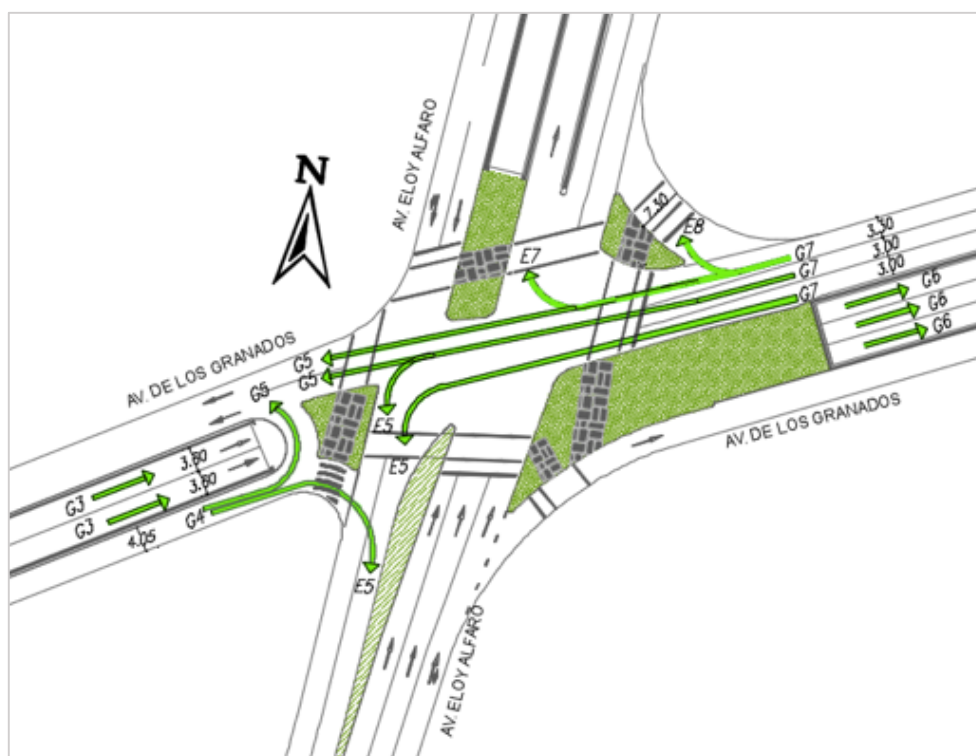


Tabla 3. 6: Avenida De los Granados

<u>DIRECCIÓN</u>	<u>CÓDIGO</u>		<u>NÚMERO DE CARRILES</u>	<u>ANCHO DEL CARRIL (m)</u>
OESTE-SUR OESTE-OESTE	G4 – E5 G4 – G5	A NIVEL	1	4.05
OESTE - ESTE	G3 – G6	DESNIVEL	2	3.60
ESTE – SUR	G7 – E5	A NIVEL	1	3.00
ESTE – OESTE ESTE - SUR	G7 – G5 G7 – E5	A NIVEL	1	3.00
ESTE- OESTE (AV. RÍO COCA)	G7– E7	A DESNIVEL	1	3.30
ESTE – OESTE	G7 – G5	A NIVEL		
ESTE – NORTE	G7 – E8	A NIVEL		

3.5 Descripción Específica

3.5.1 Inventario de la intersección

La intersección cuenta con señales de tránsito las cuales se pueden clasificar en 4 grupos como son las señales verticales, señales horizontales, los semáforos y las señales de los agentes de tránsito.

Las señales de tránsito son fundamentales ya que permiten tener orden y control sobre el tráfico al igual que se lo puede dirigir; además para brindar seguridad, mejor circulación y comodidad a los usuarios ya sea peatón, pasajero o conductor, es indispensable que se le proporcione la información adecuada y oportuna con el fin de que sean capaces de ocupar las vías de manera adecuada.

El sistema de señalización es estandarizado ya que permite que todos los usuarios que lo vean capten la información de la misma manera.

El Intercambiador De Los Granados cuenta con señales de tránsito como se especifica en la ilustración 3.8, considerando como ejes la avenida Eloy Alfaro y Granados una cuadra a su alrededor; adicionalmente por la avenida Eloy Alfaro y Río Coca de igual manera se tomó en cuenta el mismo criterio de una cuadra.

Definiendo a una señal de tránsito como cualquier dispositivo, señal, semáforo que se encuentra sobre o adyacente a la vía y que fueron instalados por la entidad publica competente, la cual en Quito es la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE MOVILIDAD Y OBRAS PUBLICAS (EPMMOP). Los dispositivos son capaces de indicar a los usuarios acerca de las precauciones que deben tomar en cuenta, las restricciones que se pueden presentar en la vía y la información necesaria. Además que los dispositivos deben cumplir con requisitos fundamentales como son: “satisfacer una necesidad, llamar la atención, transmitir un mensaje simple y claro, imponer respeto a los usuarios de las calles y carreteras, estar en el lugar apropiado con el fin de dar tiempo para reaccionar” (Cal y Mayor, 2007, p. 126).

Clasificación de la señalización:

Señalización vertical.

- Señalización preventiva
Son aquellas que brindan al usuario información anticipada con el fin de advertir un peligro potencial
- Señalización reglamentaria
Son aquellas que dan al usuario información sobre el reglamento de tránsito .
- Señalización informativa
Son aquellas que guían al usuario y además le informa sobre ubicaciones, servicios, kilometraje y otras recomendaciones.

Señalización horizontal

- Rayas
- Marcas
- Botones

Semáforos

- Vehiculares
- Peatonales
- Especiales

Señalización vertical en el intercambiador Granados – Eloy Alfaro

El Intercambiador dispone de las siguientes señales de tránsito:

Ilustración 3. 5: Señalización reglamentaria



Fuente: INEN 004-1, 2011.

Ilustración 3. 6: Señalización preventiva.



Fuente: INEN 004-1, 2011.

Ilustración 3. 7: Señalización informativa.



Fuente: Condolo y Yépez, 2018, p. 24.

Las señales de tránsito anteriormente descritas están distribuidas en el Intercambiador de la siguiente manera:

Ilustración 3. 8: Distribución de las señales de tránsito en el Intercambiador



Señalización vertical adicional

1. Avenida Eloy Alfaro

Ilustración 3. 9: Señal de información



Ilustración 3. 10: Señal de información literal con flecha



Ilustración 3. 11: Información para transporte de carga pesada



Ilustración 3. 12 : Carril para ingresar al deprimido



Ilustración 3. 13: Bolardos



Ilustración 3. 14: Muros jersey



2. Avenida Río Coca

Ilustración 3. 15: Señal de información literal con flecha



3. Avenida De los Granados

Ilustración 3. 16: Señal de información literal con flecha

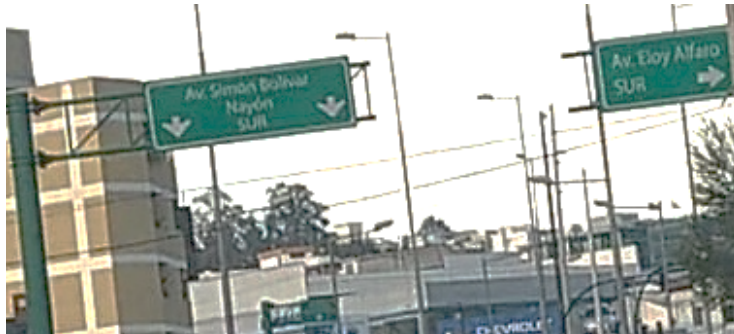
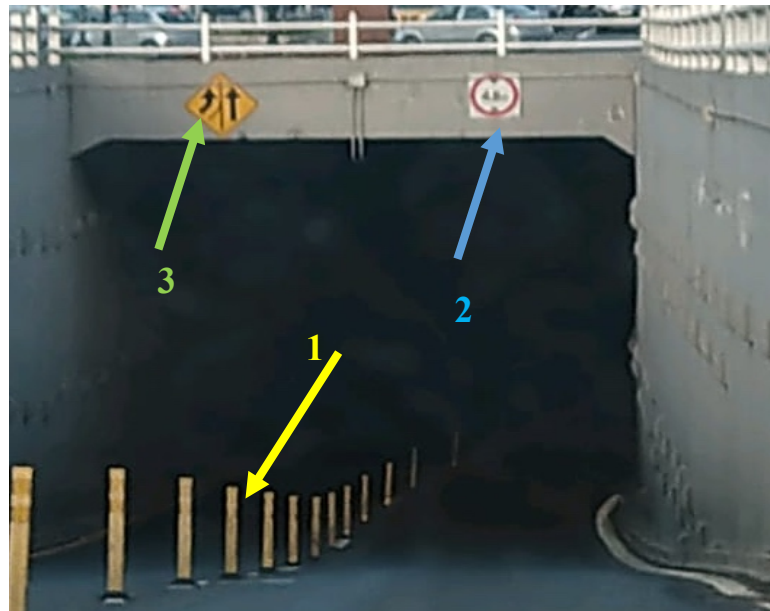


Ilustración 3. 17: Señalización paso deprimido Av. De Los Granados

1. Bolardos
2. Altura máxima
3. Incorporación de tránsito



Señalizaciones horizontales:

Avenida Eloy Alfaro

Ilustración 3. 18: Cruces controlados y flechas en el pavimento.

1. Cruces controlados con semáforos peatonales
2. Flechas de pavimento



Ilustración 3. 19: Parada de bus

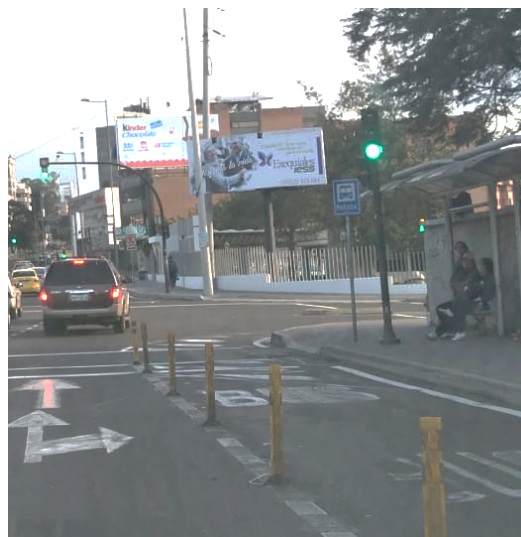


Ilustración 3. 20: Chevrones



Avenida De los Granados

Ilustración 3. 21: Cruces controlados, líneas de división y flechas en el pavimento Av. De los Granados

1. Línea de división de carriles unidireccionales segmentadas
2. Cruces controlados con semáforos peatonales
3. Flechas de pavimento

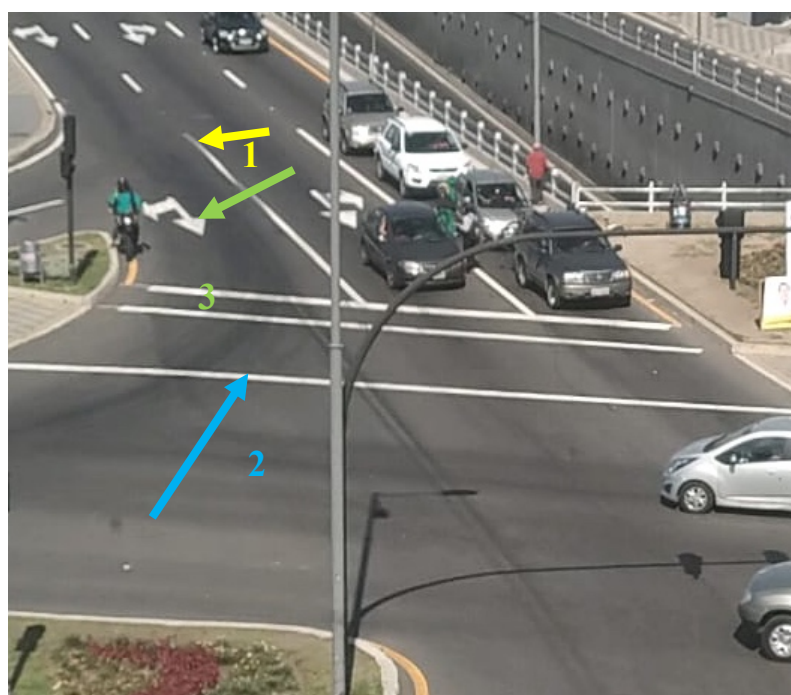




Ilustración 3. 22: Parada de bus Av. De Los Granados.



Avenida Río Coca

Ilustración 3. 23: Línea de división, flechas en pavimento y cruces controlados Av. Río Coca

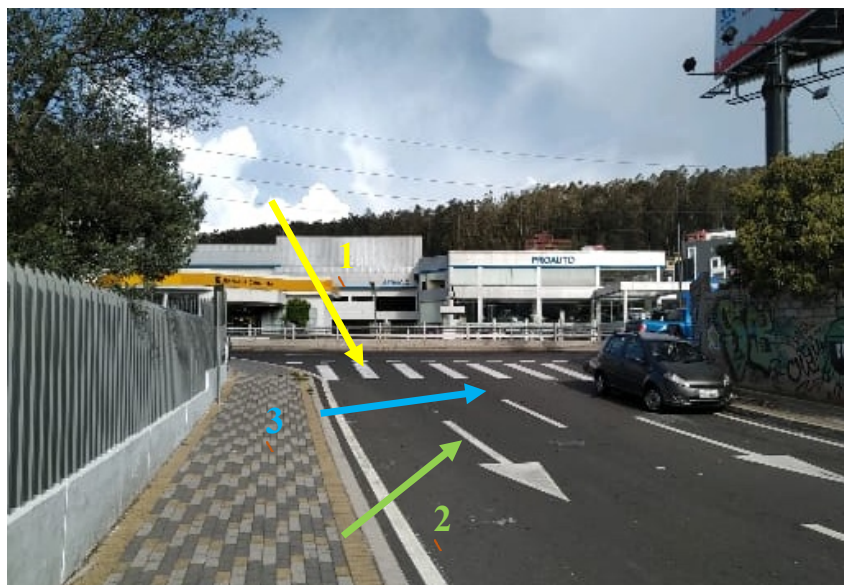
1. Línea de división de carriles unidireccionales continuas
2. Flechas en el pavimento
3. Cruces controlados con semáforos peatonales



Calle Joel Polanco

Ilustración 3. 24: Cruces, flechas de pavimento, Línea de división, Calle Joel Polanco

1. Cruces cebras
2. Flechas de pavimento
3. Línea de división de carriles unidireccionales segmentadas



3.5.2 Semáforos

El Intercambiador Granados- Eloy Alfaro cuenta con semáforos en cada uno de sus pasos, por lo que de esta manera se regula el tránsito vehicular, deteniendo o dando paso a las unidades que pasan por el mismo. Razón por la cual los semáforos ayudan a que las entradas a la intersección se manejen de manera independiente, por lo que es posible estudiar la capacidad de cada uno de los pasos a la intersección por separado.

3.5.2.1 Semáforos vehiculares

Los semáforos vehiculares tienen diferentes formas de operar, una de ellas es con el tiempo fijo donde el semáforo tiene un tiempo definido para la luz verde, donde los automóviles pueden cruzar, y un tiempo establecido para la luz roja, donde los vehículos deben detenerse; siendo así estos tiempos constantes. Esta información es relevante para conocer los ciclos de un semáforo ya que son la suma de ambas fases (tiempo de luz roja y tiempo de luz verde). Por otro lado también se tienen semáforos que cuentan con tiempos variables de fases y esto se ve influenciado por el tráfico vehicular en cada instante.

En la ciudad de Quito se cuenta con 690 intersecciones donde algunas trabajan con modo local, lo que quiere decir que la intersección cuenta con un regulador donde se tienen los tiempos grabados, por ende los semáforos tienen tiempos fijos. Por otro lado otras intersecciones como la de la Av. De los Granados – Eloy Alfaro se cuenta con cámaras CVD, las mismas que están destinadas al conteo vehicular para lo cual la información arrojada es utilizada por el Sistema Centralizado Adaptativo Semafórico y de esta manera poder adaptar las fases a los volúmenes vehiculares que aparecen en cada uno de los accesos, esto quiere decir que los tiempos nunca serán iguales.

A continuación se presentan la distribución de los semáforos en el Intercambiador Granados – Eloy Alfaro.

Ilustración 3. 25: Distribución de los semáforos vehiculares en el Intercambiador

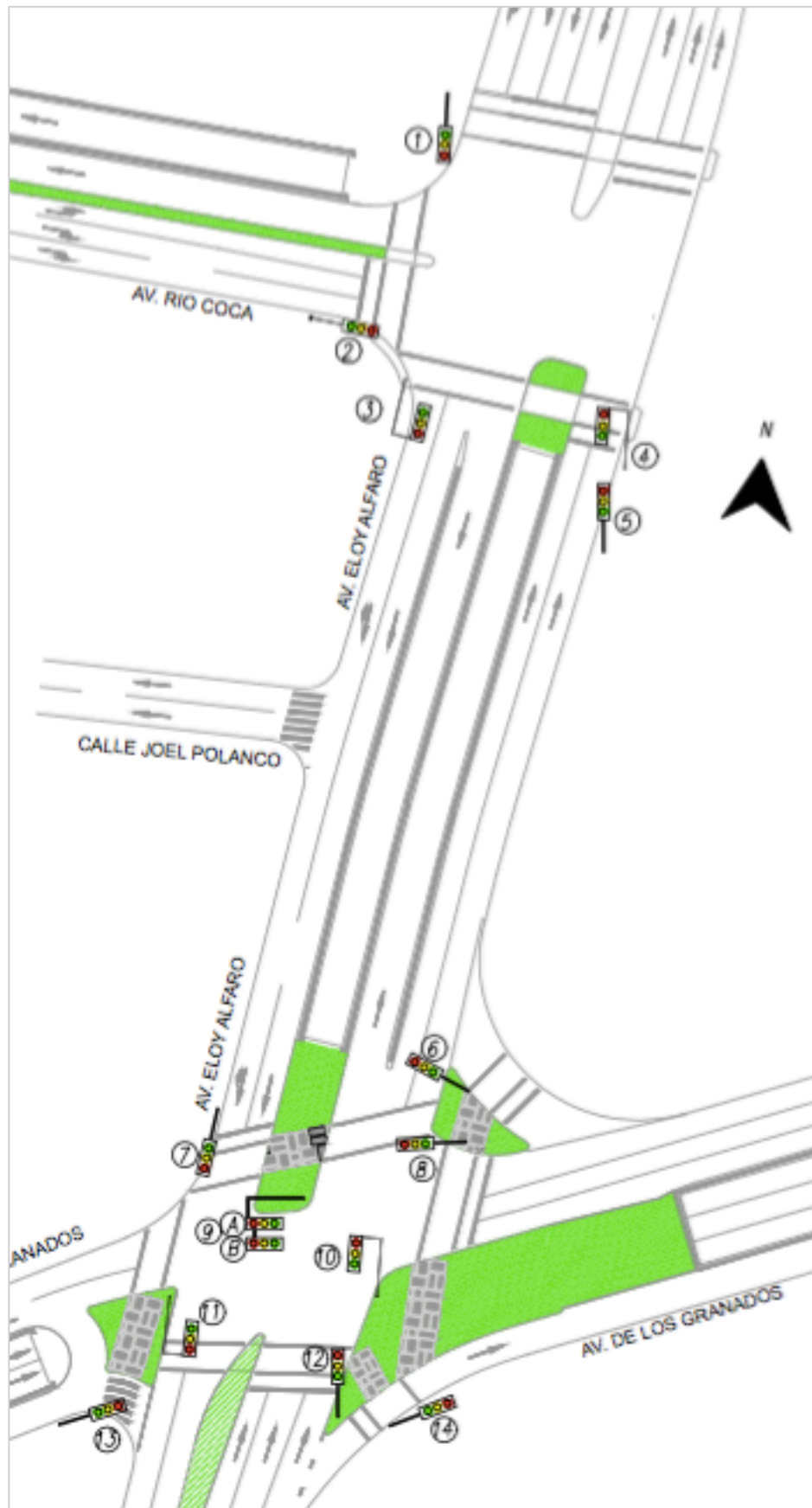
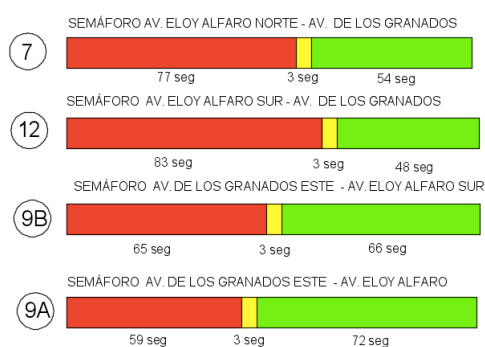


Tabla 3. 7: Fases y ciclos de los semáforos en el Intercambiador Granados – Eloy Alfaro

UBICACIÓN	REFERENCIA	DIRECCIONES	TIEMPO DE FASES (SEGUNDOS)		
			ROJO	AMARILLO	VERDE
AV. ELOY ALFARO NORTE - AV. DE LOS GRANADOS	7	N-S N-O	77	3	54
AV. ELOY ALFARO SUR- AV. DE LOS GRANADOS	12	S-N S-E	83	3	48
AV. DE LOS GRANADOS ESTE - AV. ELOY ALFARO	9B	E-S	65	3	66
AV. DE LOS GRANADOS ESTE - AV. ELOY ALFARO	9A	E-O E-N	59	3	72

Diagrama de las fases de los semáforos en barras



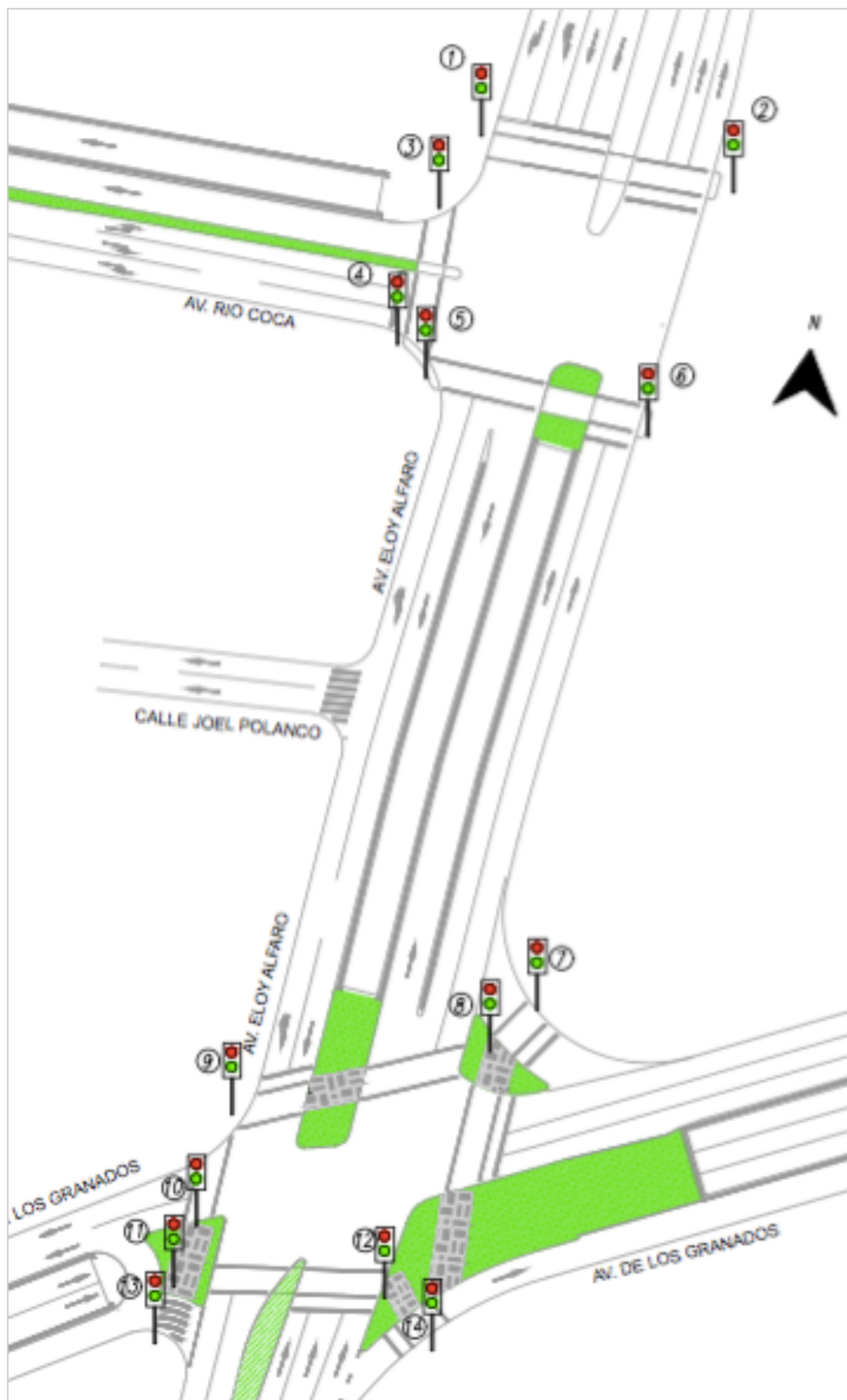
En la tabla 3.7 se puede observar que la fase de verde más larga se presenta en el semáforo ubicado en la Av. De Los Granados Este – Av. Eloy Alfaro para los movimientos de los vehículos que se dirigen a la avenida Granados Oeste y hacia la avenida Eloy Alfaro Norte.

3.5.2.2 Semáforos Peatonales

Los semáforos peatonales son dispositivos que permiten a los peatones cruzar de manera segura, comparándolo con los semáforos vehiculares, éstos cuentan solo con 2 fases las cuales son la roja y la verde. De igual manera que en los semáforos vehiculares la luz roja indica que se debe detener y no se debe bajar de la calzada; la luz verde indica que puede cruzar por la calzada, sin embargo la luz verde puede volverse intermitente indicando que el tiempo para cruzar se está agotando.

A continuación se presenta la distribución de los semáforos peatonales en el Intercambiador.

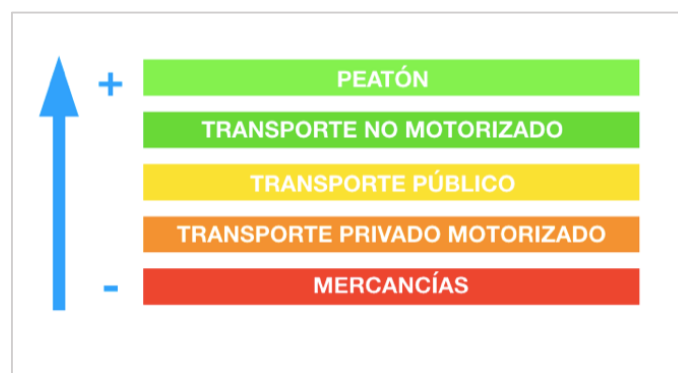
Ilustración 3. 26: Distribución de los semáforos peatonales en el Intercambiador.



Considerando que el entorno de la intersección Av. Eloy Alfaro y Av. De los Granados es una combinación del sector residencial, comercial y estudiantil hay movimientos peatonales en diferentes horarios y en todos los sentidos, es por esta razón que los semáforos peatonales se encuentran ubicados en cada una de las esquinas de la intersección. A pesar que los semáforos peatonales no cuentan con ciclos largos y permiten el cruce de los peatones de manera segura, éstos generan dificultad en la circulación de los vehículos, especialmente para aquellos que curvan hacia la derecha o hacia la izquierda. Los mismos que afectan de manera directa los ciclos de los semáforos vehiculares.

No hay que perder de vista que en base a la matriz de movilidad, la cual se presenta a continuación, los peatones son preferenciales, es por ello que la intersección cuenta con semáforos peatonales en cada una de sus esquinas.

Ilustración 3. 27: Matriz de movilidad

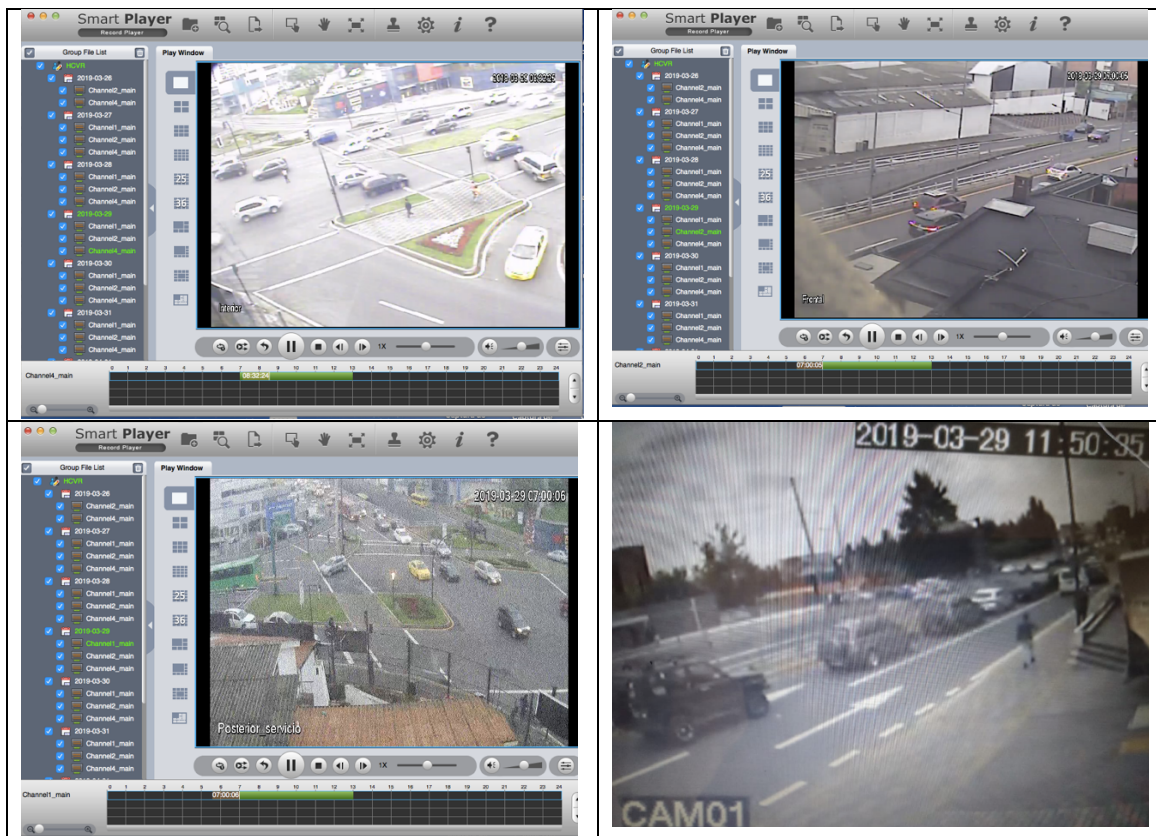


Fuente: Vectio, 2019.

CAPITULO 4 :ANÁLISIS DEL FLUJO VEHICULAR

Para llevar a cabo el análisis del flujo vehicular se realizarán conteos de manera manual del Intercambiador desde el 27 de marzo al 2 de abril del 2019 en el horario de mayor flujo vehicular en intervalos de 15 minutos. Para obtener estos datos se instalaron 4 cámaras con diferentes enfoques donde posteriormente se reprodujeron los videos para el respectivo conteo manual como se especificó en la parte de metodología (apartado 1.6).

Ilustración 4. 1: Enfoques de cámaras instaladas



4.1 Volumen de tránsito

En el estudio del volumen de tránsito del Intercambiador se identificaron tres tipos de vehículos los cuales se los clasifica de la siguiente manera:

- Livianos
- Públicos
- Pesados
- **Livianos**

En esta clasificación se encuentran los vehículos ligeros como: automóviles, camionetas, busetas; los cuales tiene una capacidad de transportar hasta 8 personas y su característica fundamental es una de una rueda en el eje posterior.

Ilustración 4. 2: Vehículos livianos.



○ **Públicos**

Son aquellos automotores de transporte pasajeros donde podemos encontrar a los buses de transporte urbano e Interparroquial.

Ilustración 4. 3: Transporte Interparroquial.



Ilustración 4. 4: Transporte Urbano



- **Pesados**

Considerados a los vehículos que transportan mercadería o de trabajos pesados. Su característica principal es que tienen 2 llantas en los ejes posteriores (volquetas, tráiler, camiones).

Ilustración 4. 5: Vehículos pesados.



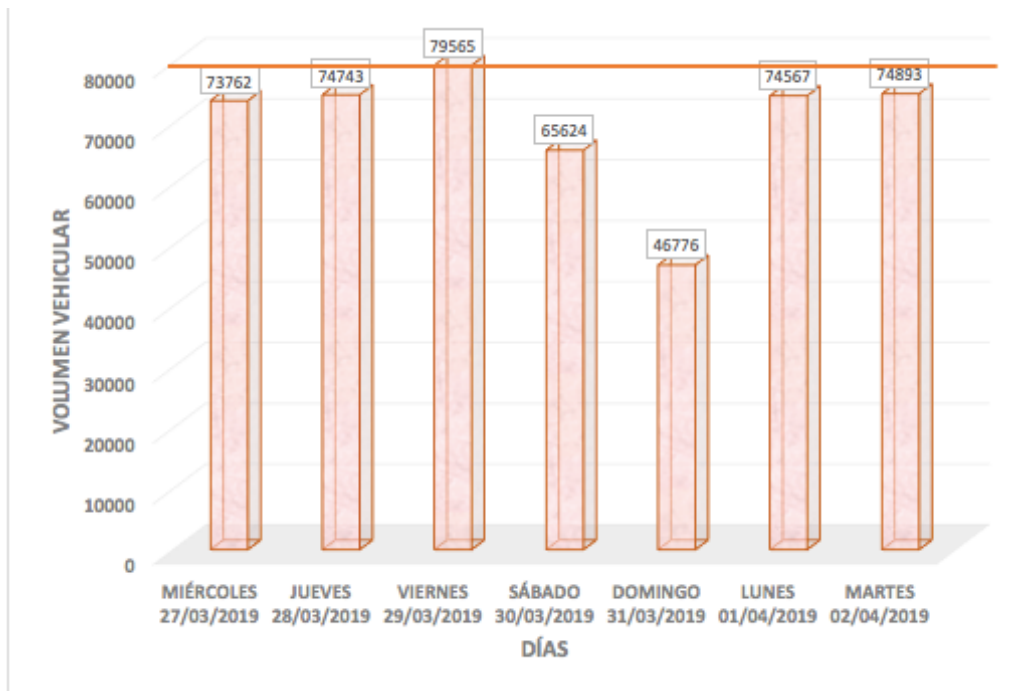
4.1.1 Volumen vehicular semanal en la intersección Eloy Alfaro y Granados

Tabla 4. 1: Volumen vehicular semanal en la Intersección.

HORA	DÍA						
	MIÉRCOLES 27/03/2019	JUEVES 28/03/2019	VIERNES 29/03/2019	SÁBADO 30/03/2019	DOMINGO 31/03/2019	LUNES 01/04/2019	MARTES 02/04/2019
0:00 - 1:00	486	626	629	1264	925	242	391
1:00 - 2:00	230	296	421	969	716	136	234
2:00 - 3:00	99	156	287	844	682	71	150
3:00 - 4:00	122	134	211	627	495	81	135
4:00 - 5:00	222	246	239	419	280	193	196
5:00 - 6:00	858	811	800	560	359	839	820
6:00 - 7:00	4340	4156	4140	2026	844	4220	4184
7:00 - 8:00	5296	5162	5348	3434	1598	5472	5208
8:00 - 9:00	4785	4774	5180	4201	2057	5118	5026
9:00 - 10:00	4589	4764	4840	4296	2542	4767	4912
10:00 - 11:00	4583	4521	4453	4327	3103	4725	4722
11:00 - 12:00	4363	4667	4773	4582	3672	4737	4822
12:00 - 13:00	4566	4768	5130	4664	3929	4668	4557
13:00 - 14:00	4305	4437	4916	4692	3550	4406	4586
14:00 - 15:00	4207	4695	4771	3978	3031	4706	4710
15:00 - 16:00	4605	4871	4613	3675	2893	4931	4943
16:00 - 17:00	4653	4888	4456	3474	2964	4777	4245
17:00 - 18:00	4479	4115	4441	3554	2904	4595	4642
18:00 - 19:00	4406	3694	4390	3226	2793	4123	4541
19:00 - 20:00	4094	3872	4399	2926	2519	3857	3959
20:00 - 21:00	3229	3241	3824	2551	2022	3103	3163
21:00 - 22:00	2713	2865	3061	2164	1459	2328	2498
22:00 - 23:00	1596	1915	2501	1642	975	1600	1472
23:00 - 24:00	936	1069	1742	1529	464	872	777
TOTALES	73762	74743	79565	65624	46776	74567	74893
TOTAL SEMANAL	489930						

Fuente: Centro de Gestión de Movilidad EPMOP, 2019.

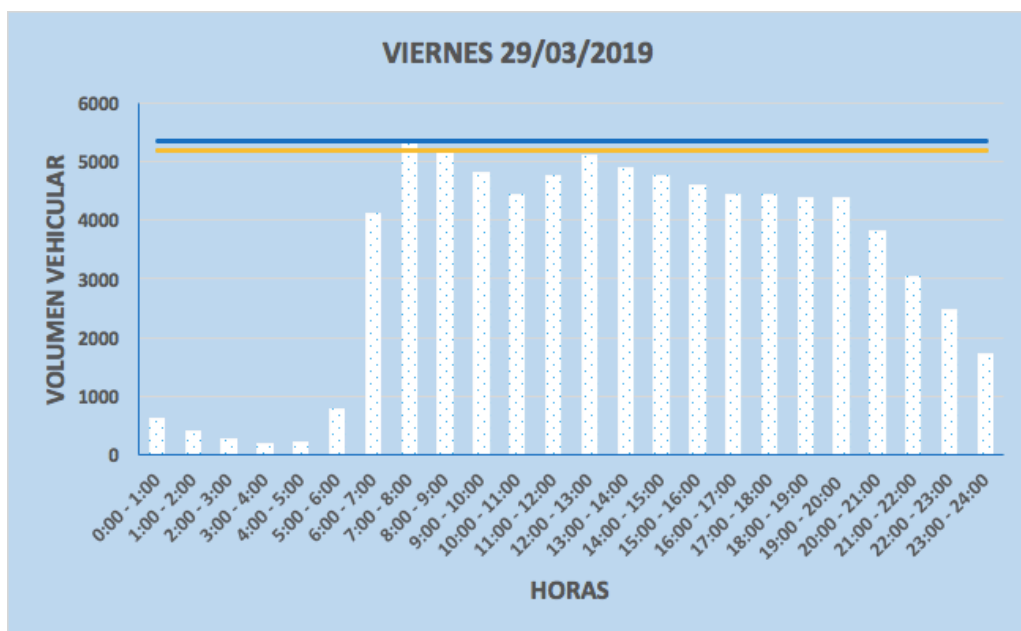
Ilustración 4. 6: Tránsito semanal en la Intersección Eloy Alfaro – Granados.



Fuente: Centro de Gestión de Movilidad EPMMOP, 2019.

En base a los datos obtenidos por la EPMMOP desde el día miércoles 27 de marzo hasta el día martes 02 de abril del 2019 podemos observar que el día que tiene mayor volumen vehicular es el día viernes mientras que el día que tiene el menor volumen de unidades es el domingo.

Ilustración 4. 7: Volumen horario del viernes 29/03/2019



Fuente: Centro de Gestión de Movilidad EPMMOP, 2019.

En la figura podemos observar que el horario con la mayor demanda de volumen vehicular del día viernes es de 7:00 a 8:00 seguido del horario de 8:00 a 9:00 y de 12:00 a 13:00. Esto se puede producir debido a que en el horario de la mañana los usuarios se trasladan a sus sitios de trabajo, estudios o a realizar sus actividades cotidianas. Además se puede observar que en la madrugada, en el horario de 0:00 a 5:00 se tienen los valores más bajos tomando en cuenta que estos no llegan a ser nulos en ninguna hora. Por otro lado podemos observar que en el horario de 5:00 a 6:00 empieza a incrementarse el flujo vehicular teniendo un incremento drástico en el horario de 6:00 a 7:00, el mismo que no fluctúa notoriamente hasta las 20:00 h; momento en el cual empieza el descenso.

4.1.2 Volumen vehicular horario

El volumen de tráfico que se tiene en el Intercambiador es variable dentro de una misma hora. Además se debe considerar que el volumen de tráfico también varía de una calle a otra o de una intersección a otra, considerando el mismo tiempo.

En la tabla 4.2 se presenta el volumen de vehículos mixtos que pasan por cada uno de los movimientos que se pueden realizar en la intersección, en periodos de 15 minutos del horario de 7:00 a 9:00 del día viernes. Las horas de aforo con contadores manuales fue definida en base a los datos obtenidos de la EPMMOP, como se determinó anteriormente.

Tabla 4. 2: Flujos vehiculares por cada movimiento de cada acceso, viernes 29/03/2019

HORAS	S-N	PASO A DESNIVEL DESDE ELOY SUR	S-E	E-S	E-N	E-O	PASO A DESNIVEL DESDE EL ESTE	O-O	O-S	N-S	N-O	TOTALES DE 7:00 A 8:00 Y DE 8:00 A 9:00	TOTALES DE 7:15 A 8:15	TOTALES DE 7:30 A 8:30	TOTALES DE 7:45 A 8:45
7:00-7:15	193	28	78	288	19	236	94	3	93	282	17	5180	5132	5050	5099
7:15-7:30	216	41	102	217	23	178	88	5	89	315	28				
7:30-7:45	183	41	94	226	41	182	108	3	61	248	17				
7:45-8:00	227	64	121	249	35	171	82	3	64	313	14				
8:00-8:15	172	47	106	256	31	187	89	5	66	299	25	5075			
8:15-8:30	185	37	103	261	18	166	66	6	72	288	18				
8:30-8:45	195	52	116	312	28	188	90	5	83	166	18				
8:45-9:00	156	54	156	313	34	198	79	9	70	223	27				

Ilustración 4. 8: Flujos vehiculares horarios de 7:00 – 9:00

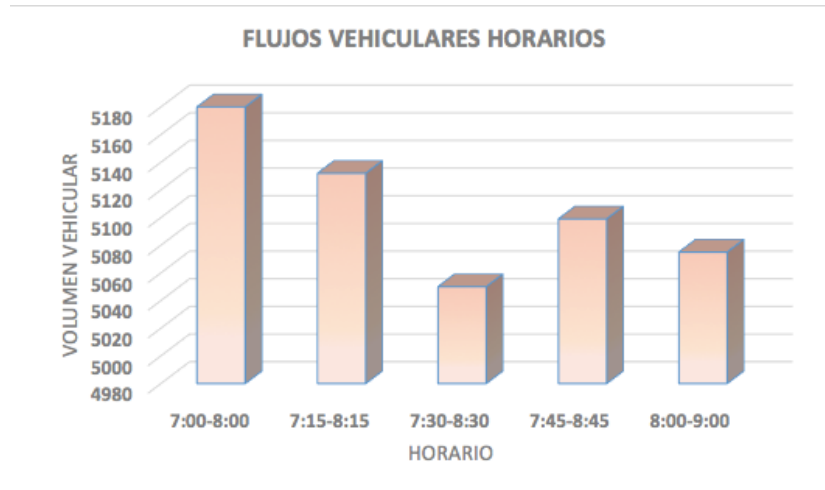
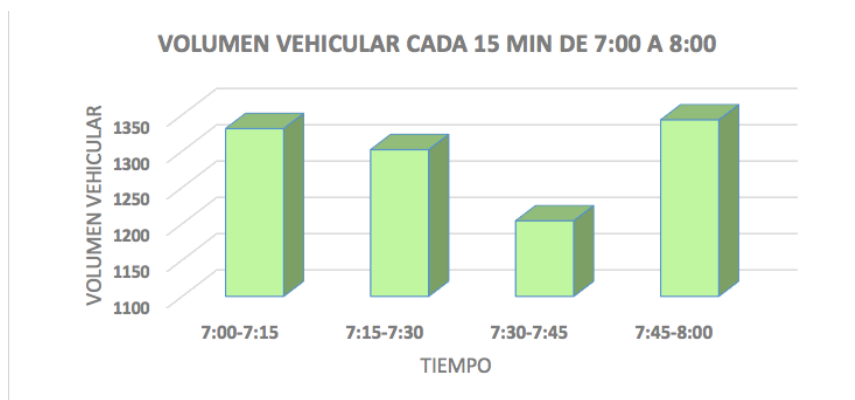


Ilustración 4. 9: Volumen Vehicular cada 15 min (7:00 a 8:00).



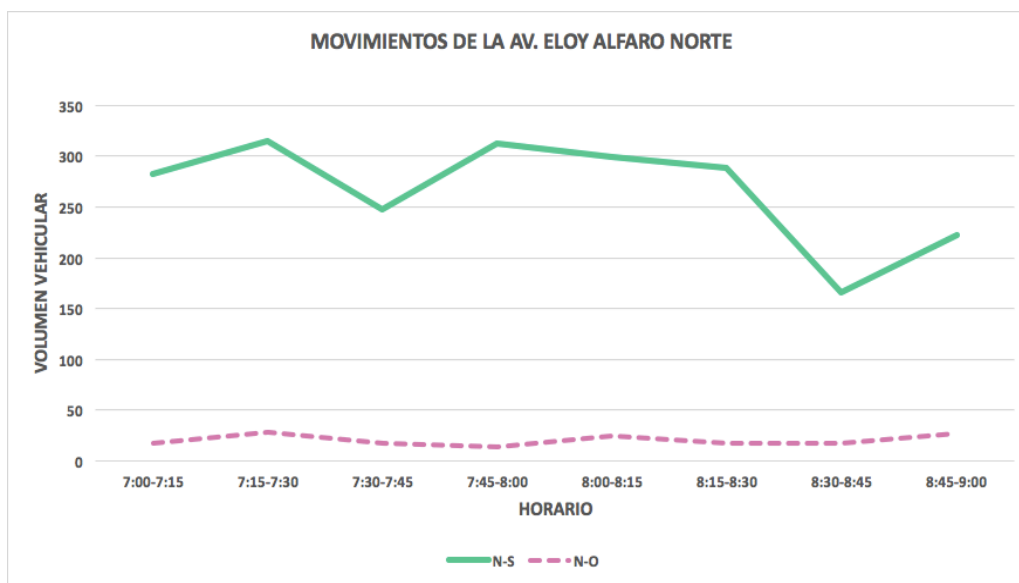
Se puede ratificar que la hora de mayor demanda vehicular es de 7:00 a 8:00 con la Ilustración 4.8. Además se puede determinar el periodo de mayor demanda vehicular dividiendo la hora con flujos máximos (7:00-8:00) en cuatro periodos es decir cada 15 minutos, según la Ilustración 4.9, el periodo de mayor demanda es de 7:45 a 8:00 , seguido del periodo de 7:00 – 7:15.

Ilustración 4. 11: Movimientos en la Av. Eloy Alfaro Sur



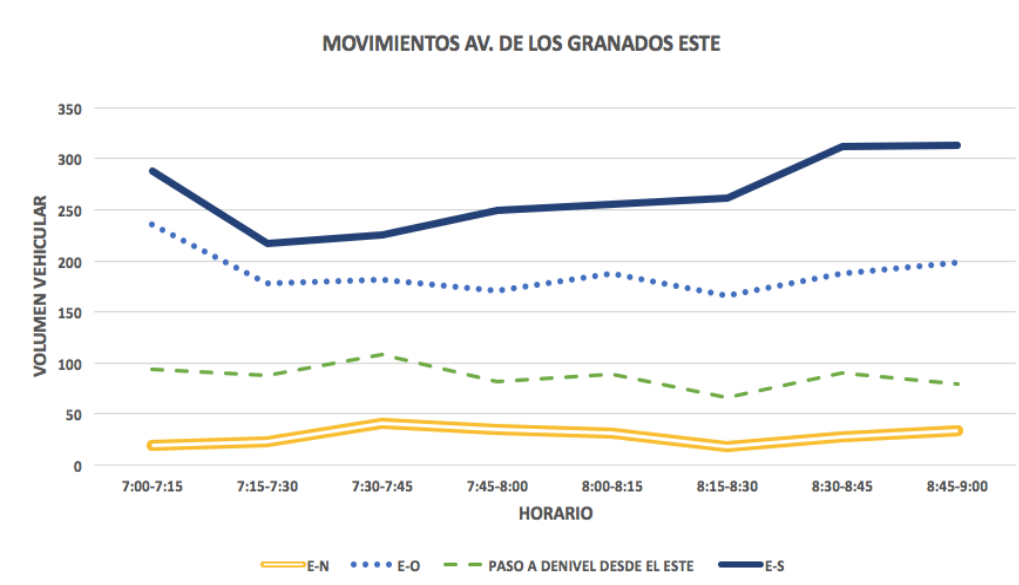
Podemos observar que entre los tres movimientos que se puede realizar en la zona de la Av. Eloy Alfaro en el acceso Sur el predominante son los vehículos que van desde el Sur hacia el Norte.

Ilustración 4. 12: Movimientos en la Av. Eloy Alfaro Norte.



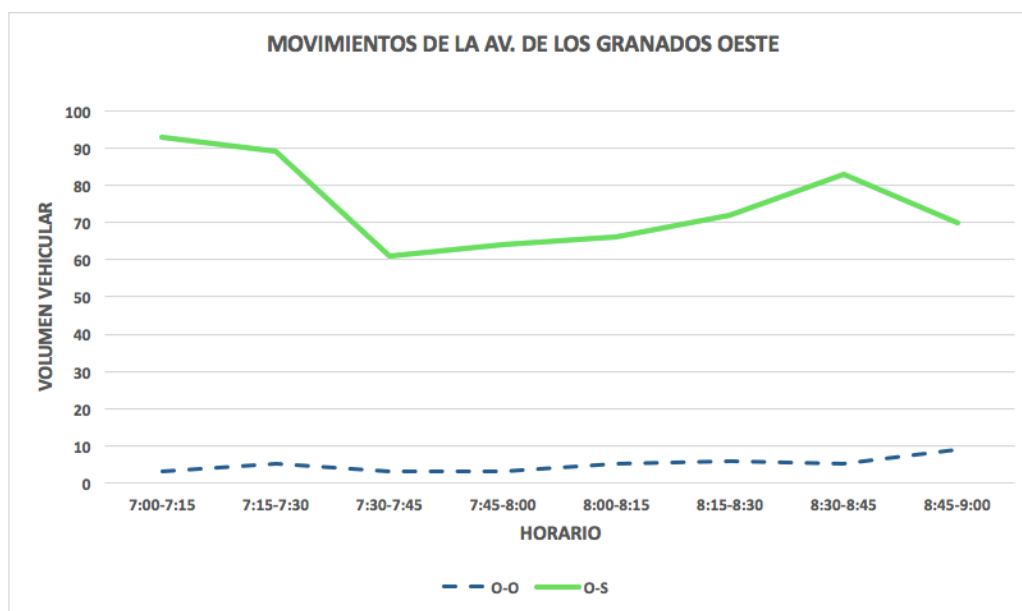
Entre los dos movimientos que se pueden realizar desde la Av. Eloy Alfaro en el acceso Norte, el que impera es el que se dirige desde el Norte hacia la Av. Eloy Alfaro Sur.

Ilustración 4. 13: Movimientos en la Av. De Los Granados Este.



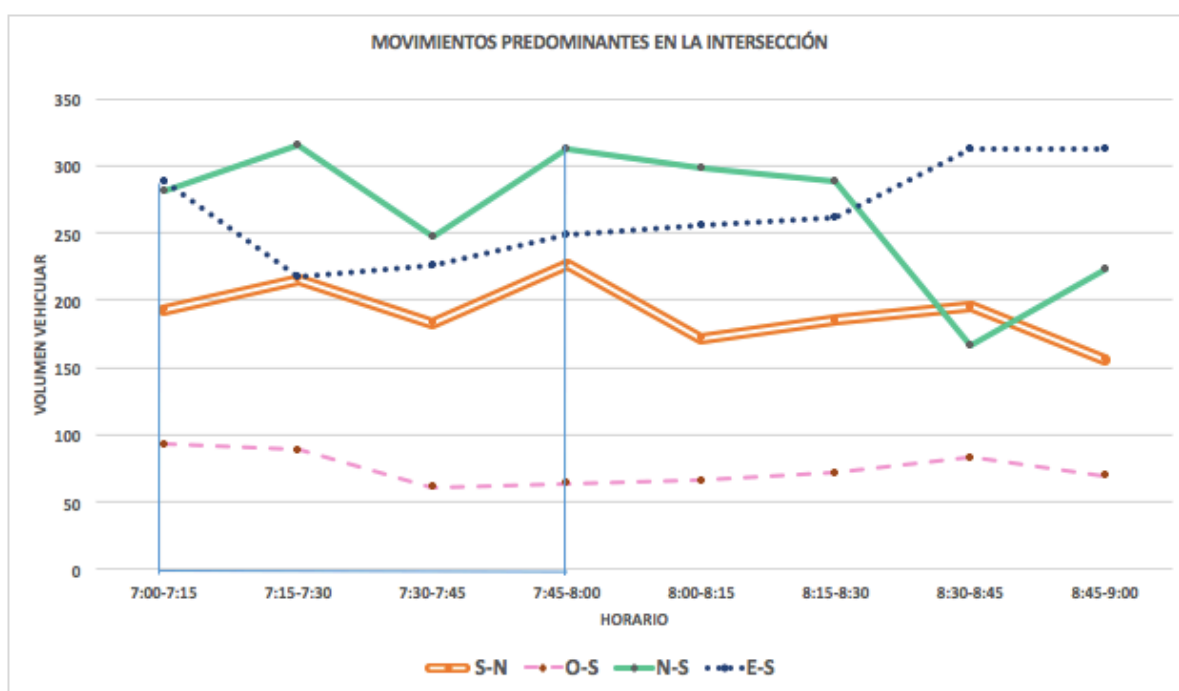
La gráfica nos indica los movimientos que se pueden realizar en la Av. De los Granados en el acceso Este, teniendo el movimiento con mayor número de vehículos en dirección a la Av. Eloy Alfaro Sur.

Ilustración 4. 14: Movimientos de la Av. De Los Granados Oeste



Se puede observar que en la Av. De los Granados en el acceso Oeste el movimiento que sobresale es el de los vehículos que se dirigen desde el Oeste de los Granados hacia la Av. Eloy Alfaro Sur

Ilustración 4. 15: Movimientos predominantes en la Intersección a nivel

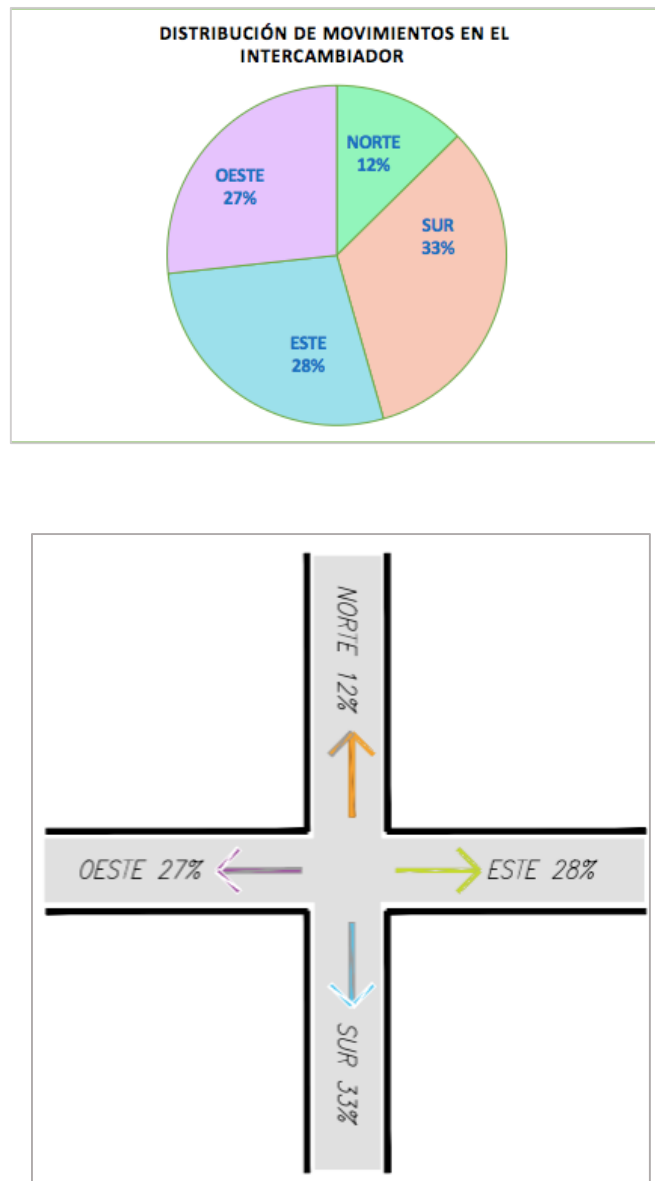


Esta gráfica es la unión de los movimientos que predominan en cada uno de los accesos de la intersección como son el Norte, Sur, Este y Oeste. Dado que la hora con mayor número de

vehículos mixtos es 7:00 a 8:00 se puede observar que el movimiento imperativo es el que se genera desde la Av. Eloy Alfaro en el acceso Norte en dirección hacia el Sur.

Distribución de movimientos en las cuatro direcciones actualmente (Norte, Sur, Este y Oeste) en base a los volúmenes vehiculares obtenidos en la hora de mayor flujo.

Ilustración 4. 16: Distribución de Movimientos



En la hora de mayor flujo vehicular se obtuvo que los vehículos que se trasladan hacia el sur es del 33% , esto es causado debido a que en los usuarios buscan dirigirse hacia la zona del

hipercentro en donde se compre La Carolina, La Mariscal y el Centro Histórico, se lo denominada así por la concentración de empleos en esa zona.

Entre los vehículos que se dirigen hacia el oeste y el este, estos oscilan entre 27% y 28% respectivamente, lo cual tiene una diferencia del 1%. Este escenario se presume que es provocado por la ubicación principalmente de la universidad que tiene 3 campus en ese sector (Campus Granados, Udlapark, Queri), y el centro corporativo Ekopark.

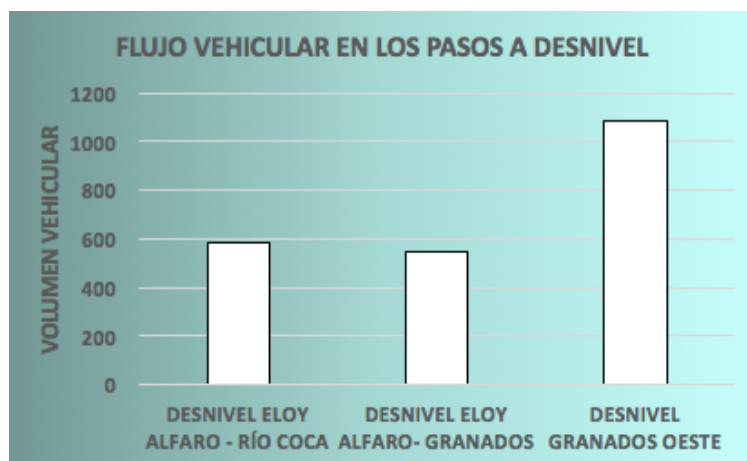
Al Norte de la ciudad el 12% de los vehículos toman esa dirección, la diferencia con los demás movimientos es aproximadamente la mitad.

El mismo análisis se realizará a continuación, pero tomando en cuenta sólo los pasos deprimidos.

Tabla 4. 3: Flujos vehiculares en los desniveles, 29/03/2019.

HORAS	DESNIVEL ELOY ALFARO - RÍO COCA	DESNIVEL ELOY ALFARO- GRANADOS	DESNIVEL GRANADOS OESTE
7:00-7:15	140	122	263
7:15-7:30	153	129	270
7:30-7:45	164	149	267
7:45-8:00	123	146	284

Ilustración 4. 17: Flujo vehicular en los pasos a desnivel.



4.2 Capacidad vial

Ilustración 4. 18: Volumen de Tráfico y diseño geométrico de la Intersección a nivel.

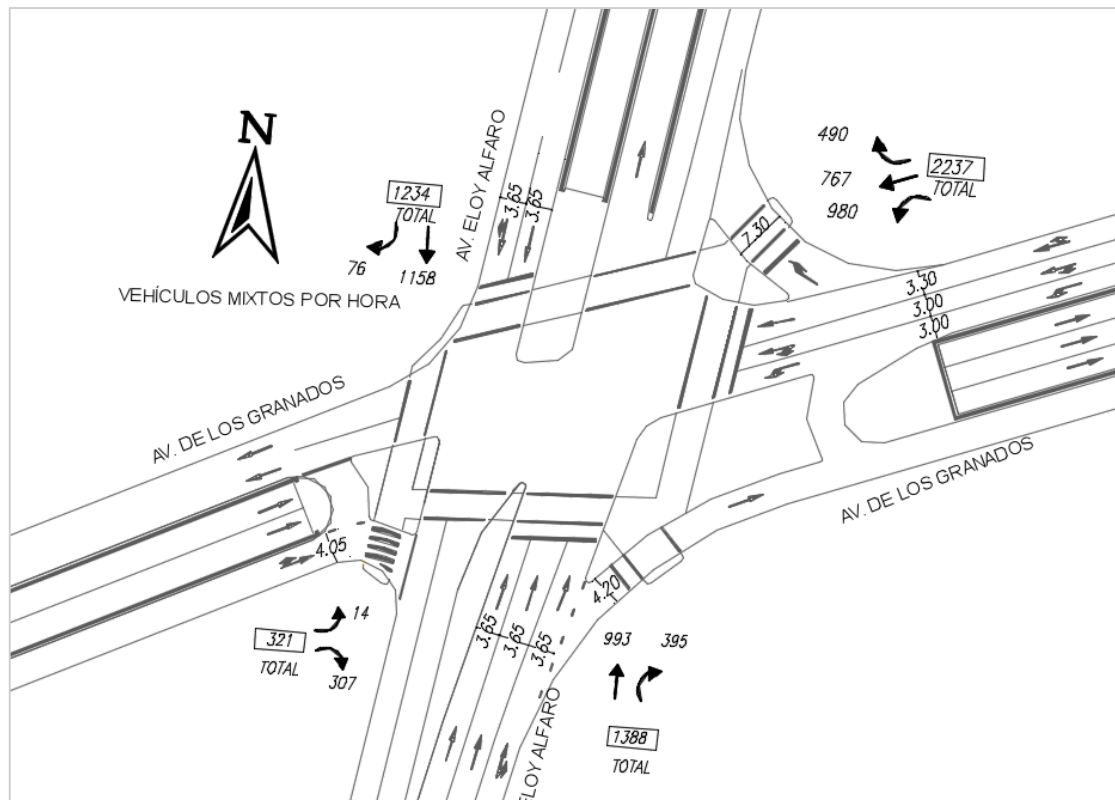
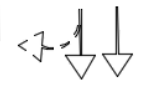
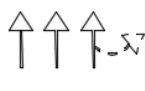


Ilustración 4. 19: Fases de los semáforos en la Intersección.

<i>D I A G R A M A</i>					
<i>TIEMPO</i>	G= 54 Y= 3	G= 48 Y= 3	G= 66 Y= 3	G= 72 Y= 3	G= 0 Y= 0
 GIROS PROTEGIDOS	 GIROS PERMITIDOS ----- PEATONES			DURACIÓN DEL CICLO C= 134 s	

4.2.1 Módulo de ajustes de volúmenes para la Intersección Eloy Alfaro – Granados.

Tabla 4. 4: Factor hora pico.

	N-S	N-O	S-N	S-E	E-S	E-N	E-O	O-O	O-S
7:00-7:15	282	17	221	78	288	113	236	3	93
7:15-7:30	315	28	257	102	217	111	178	5	89
7:30-7:45	248	17	224	94	226	149	182	3	61
7:45-8:00	313	14	291	121	249	117	171	3	64
VHMD	1158	76	993	395	980	490	767	14	307
Q15máx	315	28	291	121	288	149	236	5	93
FHP	0.92	0.68	0.85	0.82	0.85	0.82	0.81	0.70	0.83

A continuación se presenta la simbología utilizada:

NS: Sentido del flujo vehicular hacia el Sur (acceso Norte)

SN: Sentido del flujo vehicular hacia el Norte (acceso Sur)

EO: Sentido del flujo vehicular hacia el Oeste (acceso Este)

OS: Sentido del flujo vehicular hacia el Sur (acceso Oeste)

Simbología de grupos de carriles:

FD: Movimiento frontal y giro derecho.

ID: Movimiento izquierdo y derecho.

I : Movimiento izquierdo.

Ilustración 4. 20: Grupos de carriles en cada acceso.

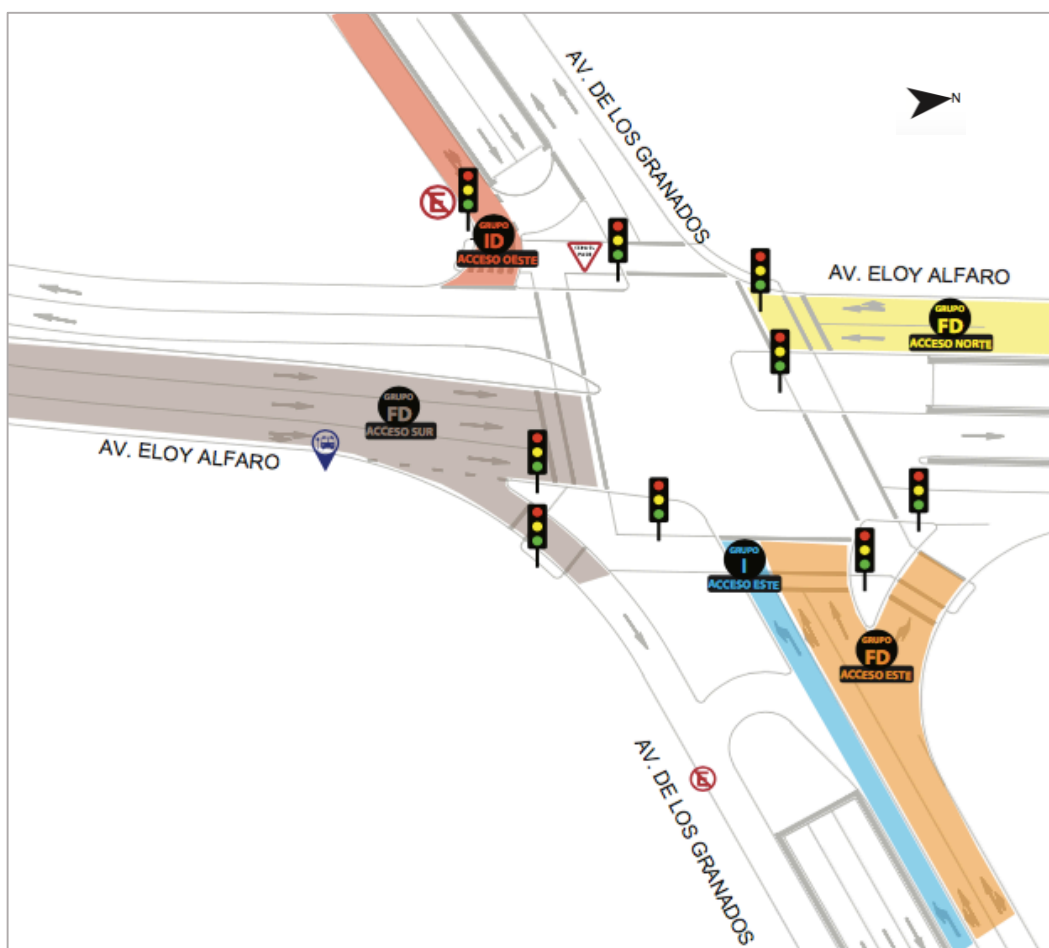


Ilustración 4. 21: Grupo “FD” en el acceso Norte



Ilustración 4. 22: Grupo “FD” en el acceso Sur

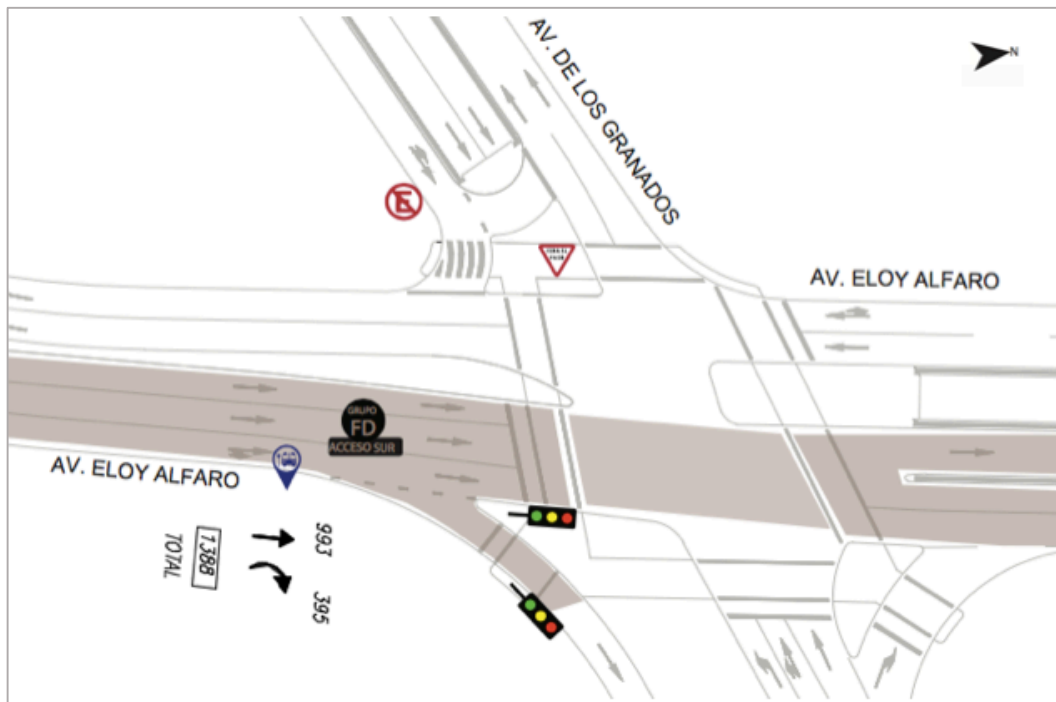


Ilustración 4. 23: Grupo “I” en el acceso Este



Ilustración 4. 24: Grupo “FD” en el acceso Este



Ilustración 4. 25: Grupo “ID” en el acceso Oeste



Tabla 4. 5: Módulo de ajuste de volúmenes

ACCESOS	NORTE			SUR			ESTE			OESTE		
SENTIDO DEL FLUJO VEHICULAR	NS			SN			EO			OS		
MOVIMIENTOS	IZQ	FRONTAL	DER	IZQ	FRONTAL	DER	IZQ	FRONTAL	DER	IZQ	FRONTAL	DER
VOLUMENES: V (VEH/H)		1158	76		993	395	980	767	490	14		307
FHP		0.92	0.68		0.85	0.82	0.85	0.81	0.82	0.7		0.83
FLUJO AJUSTADO: VP(VEH/H)		1259	112		1168	482	1153	947	598	20		370
GRUPOS DE CARRILES		FD			FD		I	FD				ID
# DE CARRILES: N		2			3		1	2				1
FLUJO DEL GRUPO: VÍ (VEH/H)		1371			1650		1153	1545				390
PROP. DE VUELTAS: PLT O PRT			0.082			0.292	1		0.387	0.051		0.949
PENDIENTES	-0.90%			1%			-4.70%			1.30%		

4.2.2 Módulo del flujo de saturación

Tabla 4. 6: Porcentaje de vehículos pesados.

ACCESOS	NORTE	SUR	ESTE	
SENTIDO DEL FLUJO VEHICULAR	NS	SN	EO	
GRUPO DE CARRILES:	FD	FD	I	FD
TOTALES VEHICULOS MIXTOS	1234	1388	980	1257
TOTALES VEHICULOS PESADOS	29	56	24	27
%VP	2	4	2	2

Tabla 4. 7: Total de buses.

ACCESOS	NORTE	SUR	ESTE	
SENTIDO DEL FLUJO VEHICULAR	NS	SN	EO	
GRUPO DE CARRILES:	FD	FD	I	FD
TOTAL DE BUSES	17	13	0	73

Tabla 4. 8: Módulo del flujo de saturación.

ACCESOS	NORTE	SUR	ESTE	
SENTIDO DEL FLUJO VEHICULAR	NS	SN	EO	
GRUPO DE CARRILES:	FD	FD	I	FD
NÚMERO DE CARRILES: N	2	3	1	2
FLUJO DE SATURACION BASE: So(autos/h verde/carril)	1800	1800	1800	1800
FACTOR DE AJUSTE POR ANCHO DE CARRILES: fw	1.01	1.01	0.93	0.95
FACTOR DE AJUSTE POR VEHICULOS PESADOS: fhv	0.98	0.96	0.98	0.98
FACTOR DE AJUSTE POR PENDIENTE DEL ACCESO: fg	1	1	1.02	1.02
FACTOR DE AJUSTE POR ESTACIONAMIENTO: Fp	1	1	1	1
FACTOR DE AJUSTE POR BLOQUEO DE BUSES : fbb	0.97	0.98	1	0.85
FACTOR DE AJUSTE POR TIPO DE ÁREA: Fa	0.9	0.9	0.9	0.9
FACTOR DE AJUSTE POR UTILIZACIÓN DE CARRILES: Flu	1.01	0.86	1	1.16
FACTOR DE AJUSTE POR VUELTAS A LA IZQUIERDA: Flt	1	1	0.95	1
FACTOR DE AJUSTE POR VUELTAS A LA DERECHA: fRT	0.99	0.96	1	0.94
FACTOR DE AJUSTE IZQUIERDO PEATONES Y CICLISTAS: FLpb	1	1	1	1
FACTOR DE AJUSTE DERECHO PEATONES Y CICLISTAS: FRpb	1	1	1	1
FLUJO DE SATURACION AJUSTADOS: Si (vehiculos/h verde)	3110	3813	1431	2852

4.2.3 Módulo de análisis de capacidad

Tabla 4. 9: Módulo de análisis de capacidad.

ACCESOS	NORTE	SUR	ESTE	
SENTIDO DEL FLUJO VEHICULAR	NS	SN	EO	
GRUPO DE CARRILES:	FD	FD	I	FD
NÚMERO DE LA FASE: $\emptyset$	$\emptyset 1$	$\emptyset 2$	$\emptyset 3A$	$\emptyset 3B$
TIPO DE FASE: P=PREFIJADA, A=ACCIONADA	A	A	A	A
TASA DE FLUJO AJUSTADO DEL GRUPO: V_i (veh/hr)	1371	1650	1153	1545
FLUJO DE SATURACIÓN AJUSTADO: S_i (VEH/HR VERDE)	3110	3813	1431	2852
TIEMPO DE VERDE EFECTIVO: g_i (S)	53	47	65	71
RELACION DE VERDE: g_i/C	0.40	0.35	0.49	0.53
CAPACIDAD DEL GRUPO DE CARRILES: C_i (veh/hr)	1230	1337	694	1511
RELACIÓN VOLUMEN A CAPACIDAD: $X_i = v_i/c_i$	1.11	1.23	1.66	1.02

Ilustración 4. 26: Comparación Capacidad – Volumen en los Accesos.



Una vez realizado los cálculos se pudo determinar que los accesos Norte, Sur y Este han excedido la capacidad, ver ilustración 4.26.

4.3 Nivel de Servicio

4.3.1 Módulo del nivel de servicio

Tabla 4. 10: Módulo del nivel de servicio.

ACCESOS	NORTE	SUR	ESTE	
SENTIDO DEL FLUJO VEHICULAR	NS	SN	EO	
GRUPO DE CARRILES:	FD	FD	I	FD
TASA DE FLUJO AJUSTADO DEL GRUPO: Vi (veh/hr)	1371	1650	1153	1545
RELACION DE VERDE: gi/C	0.40	0.35	0.49	0.53
CAPACIDAD DEL GRUPO DE CARRILES: Ci (veh/hr)	1230	1337	694	1511
RELACIÓN VOLUMEN A CAPACIDAD: Xi= vi/ci	1.11	1.23	1.66	1.02
DEMORA UNIFORME: d1 (s /veh)	40.5	43.5	34.5	32.3
DEMORA INCREMENTAL: d2 (s /veh)	52.74	105.87	298.21	13.73
DEMORA POR COLA INICIAL: d3 (s /veh)	5.85	64.61	46.69	42.89
DEMORA MEDIA POR CONTROL DEL GRUPO: d1 (s /veh)	99.09	213.98	379.40	88.92
NIVEL DE SERVICIO DEL GRUPO DE CARRILES	F	F	F	F
DEMORA POR ACCESOS : dA (s /veh)	99.09	213.98	213.05	
NIVEL DE SERVICIO DEL GRUPO POR ACCESO	F	F	F	
DEMORA EN TODA LA INTERSECCIÓN: d1 (s / veh)	186.00			
NIVEL DE SERVICIO GLOBAL DE LA INTERSECCIÓN	F			

En base a los datos obtenidos y con los respectivos cálculos se pudo determinar que el nivel de servicio para la intersección semaforizada a nivel es “F” lo que indica que la intersección se encuentra operando con demoras mayores a 80 segundos por vehículo además “los flujos de llegada exceden la capacidad de los accesos de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento y operación saturada” (Cal y Mayor, 2007, p. 411).

En el caso del acceso Oeste se va a proceder a obtener el nivel de servicio en función de la demora por control. El HCM (2000) lo define como tiempo total transcurrido desde que un vehículo se une a la cola hasta su salida de la posición de parada al principio de la cola. Ésta incluye el tiempo de desaceleración inicial, el tiempo de movimiento de la cola, el tiempo de parada y el retardo por aceleración final.

Tabla 4. 11: Demora por control en el acceso Oeste

	O-O	O-S
7:00-7:15	3	93
7:15-7:30	5	89
7:30-7:45	3	61
7:45-8:00	3	64
TOTAL POR MOVIMIENTO	14	307
TOTAL ACCESO	321	
CAPACIDAD	700 veh	
DEMORA POR CONTROL	41 s/veh	
NIVEL DE SERVICIO	E	

En base al anexo 5.19 el nivel de servicio que tiene el acceso Oeste es de categoría “E” esto se debe a que la demora por control es de 41 s/veh. Por otro lado se observa que el volumen no excede la capacidad.

4.3.2 Nivel de servicio para los desniveles

Anteriormente se estableció que el día con mayor volumen vehicular es el viernes a continuación se determina el nivel de servicio de los desniveles considerando volúmenes del día viernes en el horario de 7:00 a 8:00 con una velocidad promedio de circulación de 45 km/h y utilizando la gráfica 23-3 obtenida del HCM 2000. (anexo 5.4).

Tabla 4. 12: Nivel de servicio de los Desniveles.

DESNIVELES	DESNIVEL ELOY ALFARO - RÍO COCA	DESNIVEL ELOY ALFARO- GRANADOS	DESNIVEL GRANADOS OESTE	
VOLUMEN	580	546	542*	veh/h
VELOCIDAD	45	45	45	km/h
DENSIDAD	13	12	12	veh/km/carril
NDS	C	C	C	
CAPACIDAD	585	540	540*	veh/h/carril

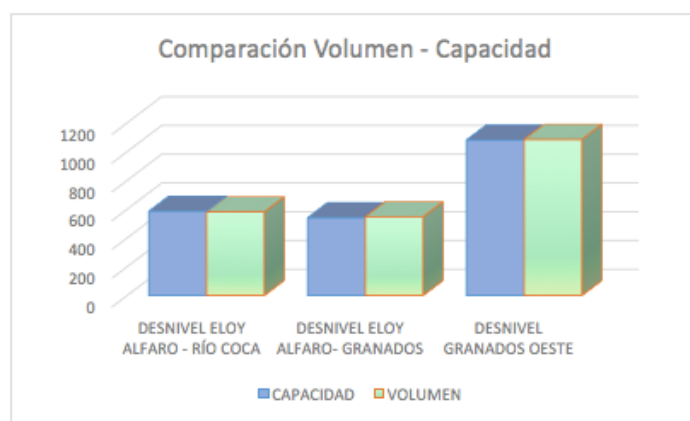
* Para el análisis se consideró un carril

Los niveles de servicios que se tienen en los tres rampas es “C” lo que indica que se tiene un flujo vehicular estable , sin embargo las operaciones individuales están siendo afectadas por la interacción con otros usuarios. La velocidad y la libertad de maniobra van a depender de los otros usuarios. El nivel de comodidad empieza a decrecer notablemente (Cal y Mayor, 2007).

Tabla 4. 13: Volumen vs Capacidad en los desniveles

	CAPACIDAD	VOLUMEN
DESNIVEL ELOY ALFARO - RÍO COCA	585	580
DESNIVEL ELOY ALFARO- GRANADOS	540	546
DESNIVEL GRANADOS OESTE	1080	1084

Ilustración 4. 27: Comparación Volumen – Capacidad en los desniveles del Intercambiador.



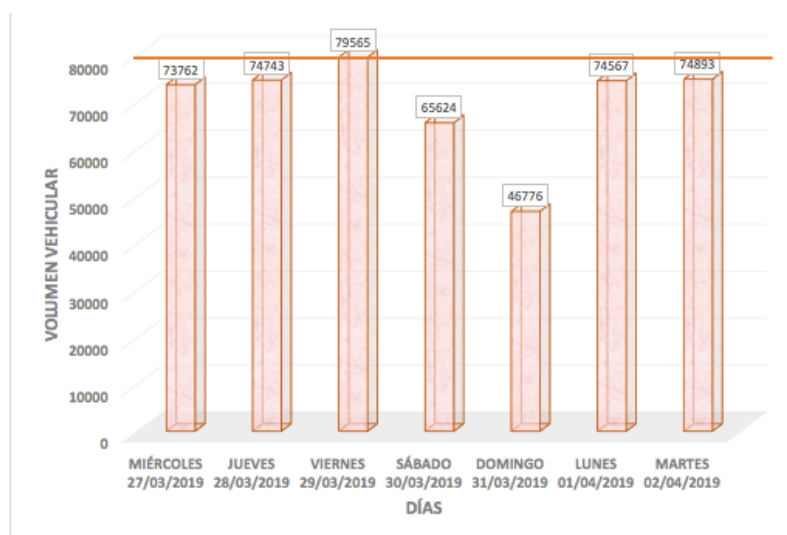
Los volúmenes de los pasos a desnivel del Intercambiador en base al análisis que se realizó están operando al nivel de la capacidad.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Según datos tomados por la EPMMOP, por la intersección de la avenida Eloy Alfaro y Granados atraviesan un promedio de 69990 vehículos diariamente. El día de mayor volumen vehicular es el viernes, mientras que el día de menor flujo es el domingo. Durante los días laborables, el horario crítico es de 7:00 a 8:00 de la mañana, el cual coincide con la hora de entrada a las instituciones educativas y laborales. Puesto que el entorno del Intercambiador está compuesto por áreas residenciales, comerciales, educativas y de servicios, ésta es una zona de alta generación y atracción de viajes. Además, debido a la saturación existente, se genera congestión que afecta la calidad de vida de los moradores, como consecuencia del impacto de factores como polución, ruido e intrusión visual.

Ilustración 5. 1: Tránsito semanal en la Intersección Eloy Alfaro – Granados.



Fuente: Centro de Gestión de Movilidad EPMMOP, 2019.

- Antes de que la intersección en estudio sea intervenida en el año 2016, ésta no tenía pasos a distintos niveles, todas las maniobras de los vehículos que la atravesaban debían ser realizadas en un mismo nivel. Actualmente, la intersección en estudio cuenta con rampas deprimidas dedicadas exclusivamente al paso de los vehículos en dirección Este-Oeste, lo que ha disminuido la cantidad de conflictos que se presentaban en la intersección original y se ha facilitado el flujo vehicular en la dirección indicada.

- La intersección se encuentra operando con volúmenes bajos en horas de la noche mientras que durante el día opera de forma saturada, con un volumen de 6844 vehículos que circulan por este punto en la hora de la máxima demanda estudiada, la cual es de 7:00 a 8:00, clasificándose en livianos, públicos y pesados. Se cuenta con 6463 vehículos livianos correspondiente a un 94%, 186 vehículos públicos que conforman un 3%, mientras que el volumen restante de 195 son vehículos pesados cuyo porcentaje es 3%.
- En base a la aplicación de la metodología para obtener la capacidad de la Intersección en estudio, se obtuvo que en el acceso Norte, con el grupo de carril “FD” circula un volumen de 1371 vehículos, teniendo una capacidad de 1230 vehículos. En el acceso Sur con el grupo de carriles “FD” atraviesan 1650, obteniéndose una capacidad de 1337 unidades. A través del acceso Este por el grupo de carril “I” se cuenta con 1153 vehículos y una capacidad de 694 unidades; en el mismo acceso por el grupo de carril “FD” circulan 1545, siendo su capacidad de 1511 unidades. Concluyendo que los accesos a nivel Norte, Sur y Este, siendo éstos los más relevantes, se encuentran operando sobre su capacidad, lo que genera congestión vehicular.

Ilustración 5. 2: Comparación Capacidad – Volumen en los Accesos.



- De acuerdo con el Highway Capacity Manual. HCM 2000, el cual clasifica el nivel de servicio de una intersección en función de las demoras, se ubicó a la intersección en análisis en la categoría “F”, por cuanto se obtuvo demoras de 186 segundos por vehículo. Esta demora representa tiempo perdido de viaje para el usuario provocado por las detenciones, el cual genera incomodidad y consumo de combustible.

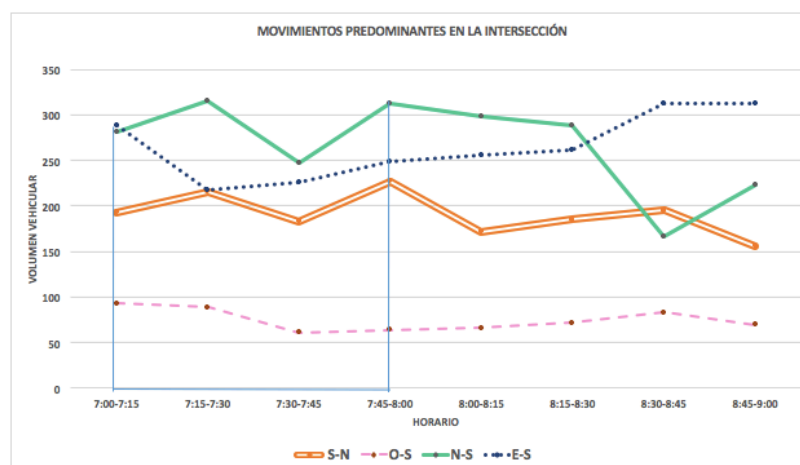
Tabla 5. 1: Nivel de Servicio para intersecciones semaforizadas.

Nivel de Servicio	Demora por control (segundos/vehículo)
A	≤ 10
B	$>10 - 20$
C	$>20 - 35$
D	$>35 - 55$
E	$>55-80$
F	>80

Fuente: TRB. Highway Capacity Manual. HCM 2000.

- De acuerdo con los datos obtenidos en la hora de la máxima demanda, el movimiento predominante en el Intercambiador es en la avenida Eloy Alfaro Norte hacia el Sur con un flujo de 1158 unidades, seguido de los que se dirigen desde la Av. De los Granados Este hacia el Sur con un volumen de 980 vehículos, lo que convierte la avenida Eloy Alfaro Sur en un punto crítico, por la convergencia de los movimientos predominantes, a partir del cual se llevan conflictos hacia otros puntos del intercambiador y éste se satura.

Movimientos predominantes en la Intersección a nivel



- El intercambiador cuenta con 3 desniveles donde el desnivel Eloy Alfaro- Río Coca tiene un volumen de 580 vehículos, capacidad de 585 y un nivel de servicio “C”. El segundo desnivel se encuentra ubicado en la Eloy Alfaro Granados con un volumen de 546 unidades, capacidad de 540 vehículos mientras que la ultima rampa se sitúa en la Granados donde atraviesan 1084 vehículos, teniendo capacidad para 1080 unidades. Los niveles de servicios que se tienen en los tres rampas es “C” considerándose una velocidad promedio de 45 km/h.
- Según lo establecido por Melvin M. Webber en 1992 en su ensayo «The Joys of Automobility» sobre el círculo vicioso del declive urbano, establece que la construcción de más y más facilidades viales, estimula la mayor demanda de las mismas y hace que el proceso se agrave y, por lo tanto, conduce hacia efectos adversos como la congestión y el incremento de los tiempos de viaje. Dentro del marco de las posibilidades, cabría pensar que, una vez construida la intersección, ésta representó una alternativa de mejor desempeño, comparada con la anterior, y fue ocupada rápidamente por distintos y variados usuarios llegando pronto a los niveles de saturación ahora observados.

Ilustración 5. 3: Círculo vicioso del declive urbano



Fuente: Recuperado de <https://masqueingenieria.com/blog/el-circulo-vicioso-del-declive-urbano/>

5.2 Recomendaciones

No se conoce todavía una conclusión definitiva con respecto a la conveniencia o no de ampliar la capacidad vial de las ciudades como un medio para aminorar la congestión. Se calcula que, en Santiago de Chile, se debería doblar la capacidad vial cada ocho años (Fernández & Valenzuela, 2005), suplir tal demanda es materialmente imposible.

Hay quienes piensan que construir más carreteras no es la solución, puesto que observan que, en las últimas décadas, en muchos países se han hecho grandes inversiones en redes de transporte sin embargo los atascos en las ciudades, no solamente se han mantenido sino que incluso se han incrementado. Una opinión generalizada es que la construcción de tantas facilidades viales hace más apetecible a los ciudadanos el uso del vehículo privado y trasladan su vivienda más lejos de los centros urbanos en donde se presume que se logran mejores prestaciones por menores precios.

Bajo la premisa de que, en el momento actual, no sería adecuado proceder a modificar físicamente la intersección en estudio, por el costo y la demanda de espacio que esto representaría, se realizan las siguientes recomendaciones tomando en cuenta que para cualquier intervención en el sistema de transporte va a modificar la demanda, es por ello que se debe elevar el nivel de servicio de transporte público de tal manera que se produzca un traslado de los usuarios del transporte privado al público.

- Disminuir la carga vehicular sobre la intersección, de tal manera que ésta opere a menores niveles de saturación y no supere su capacidad, con ello, se aminora la congestión que afecta negativamente el bienestar de la población y provoca importantes pérdidas económicas. Como un ejemplo notable, en Tokio, de acuerdo con estimaciones dadas en *Intelligent Transportation Systems. Research Products for Publics Works Professionals, 2000*, la congestión del tráfico habría causado pérdidas del orden de los 50 millones de euros/día.
- Aplicar y popularizar entre los usuarios de las vías los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) los cuales son la “combinación de información, comunicaciones y tecnologías en vehículos e infraestructuras”. Éstos tiene la finalidad de incrementar la

seguridad, reducir atascos, tiempos de viaje y consumo de combustible. Este sistema tiene aplicaciones en la reducción de tráfico, brindar información al usuario, seguridad vial e incrementar la eficiencia del transporte público. Algunas aplicaciones de los SIT son brindar información sobre disponibilidad y ubicación en tiempo real del transporte público mediante GPS, difusión de información actualizada de rutas seleccionadas a través de sensores. Como consecuencia los usuarios pueden utilizar de mejor manera la red viaria y evitar los puntos de congestión.

- Realizar estudios del sistema de actividades de la ciudad de Quito y proponer alternativas relativas a su funcionamiento. Según datos del Plan Maestro de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito, esta ciudad se asienta sobre 423.000 ha, mientras que su población estimada al año 2021 será de alrededor de 2,5 millones de habitantes, por lo tanto, la densidad en el área del distrito en el año indicado, no superará 6 habitantes/ha. Según la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) *División 44, Medio Ambiente e Infraestructura, Proyecto de Sector “Transport Policy Advice”, Módulo 1ª El Papel del Transporte en la Política de Desarrollo Urbano*, establece que una densidad adecuada para facilitar la operación de transporte público de bajo costo y altas frecuencias, viajes más cortos y dar movilidad a los no conductores, es de más de 120 habitantes por ha. Si bien es cierto, que lo sugerido por la GTZ es solamente una propuesta, sin embargo, permite evidenciar que el DMQ actualmente ocupa un área aproximadamente 20 veces mayor que la planteada como ideal. De otro lado, se afirma que la creciente movilidad sustentada por el uso del automóvil privado en detrimento del transporte público y la generalización del modelo de ciudad difusa que acentúa la relocalización de la población, el comercio y los servicios hacia la periferia, provocando movilidad motorizada para vencer estas distancias. Como podrá verse, la situación es muy compleja, quedan planteados problemas para los que aún no se tienen respuestas a pesar de la gran cantidad de estudios que se ha generado en los últimos años. Conviene revisar muy de cerca los procesos urbanos que se desarrollan en todo el mundo, tanto aquellos que tienen éxito como aquellos que no, y generar alternativas viables a corto y mediano plazo desarrollando una eficiente política de movilidad, accesibilidad y desarrollo territorial. Si bien es cierto que no se debe permitir que la ciudad crezca indefinidamente, tampoco

puede lograrse, sobre todo a corto plazo, cambios en el sistema de actividades, que es la fuente de los desplazamientos.

- Dar funcionalidad a los estacionamientos de borde, realizando un estudio para la inclusión de líneas específicas de transporte público desde los estacionamientos hacia la ciudad y viceversa.
- Se sugiere colocar pulsadores peatonales para permitir que el flujo vehicular pueda circular de manera continua, ya que hay momentos donde no existen usuarios cruzando la vía y los semáforos peatonales afectan al ciclo de los semáforos vehiculares.
- Analizar la implementación de la denominada tarificación vial mediante la colocación de un sistema de peaje electrónico, en sustitución de la medida de “Pico y placa” que opera actualmente, de tal manera que, quienes usen la infraestructura viaria con mayor frecuencia, paguen más.
- Realizar un estudio para la restricción de circulación vehicular de 3 dígitos.
- La constante necesidad de las personas por desplazarse de un lugar a otro ya sea por trabajo, estudios u otros motivos; siendo el primero el más común. Se presenta una alternativa denominada teletrabajo la cual consiste en trabajar fuera de las instalaciones donde se labora con el objetivo de incrementar “la productividad en las organizaciones, mayor inclusión de discapacitados, generar una movilidad sostenible, reducir la contaminación, fomentar la innovación organizacional y mejorar la calidad de vida de trabajadores” (El telégrafo, 2016). Ésta opción ya se presenta actualmente en el Ecuador sin embargo no se tienen las proyecciones esperadas por lo que se debería motivar más a las instituciones tanto públicas como privadas en la implementación de ésta alternativa de trabajo.

5.3 Anexos

Anexo 5. 1: Valores recomendados de k para grupos de carriles bajo control actuado y a tiempo fijo

Extensión unitaria (UE) (segundos)	Grado de saturación (x)					
	≤ 0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	≥1.0
≤ 2.0	0.04	0.13	0.22	0.32	0.41	0.50
2.5	0.08	0.16	0.25	0.33	0.42	0.50
3.0	0.11	0.19	0.27	0.34	0.42	0.50
3.5	0.13	0.20	0.28	0.35	0.43	0.50
4.0	0.15	0.22	0.29	0.36	0.43	0.50
4.5	0.19	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50
5.0*	0.23	0.28	0.34	0.39	0.45	0.50
Movimiento a tiempo fijo o no actuado	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Nota: Para una UE dada y su valor de $k_{\min}$ para $X=0.5$: $k=(1-2k_{\min})(X-0.5) + k_{\min}$ $k \geq k_{\min}$ $k \leq 0.5$

*Para UE > 5.0, extrapolar para encontrar k, conservando $k \leq 0.5$.

Fuente: Garber, 2005.

Anexo 5. 2: Valores I recomendados para grupos de carriles con semáforos antes de la intersección

	Grado de saturación en la intersección antes del acceso Xu						
	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	≥ 1.0
I	0.922	0.858	0.769	0.650	0.500	0.314	0.090

Fuente: $I = 1.0 - 0.91X_u^{2.68}$ y $X_u \leq 1.0$

Fuente: Garber, 2005.

Anexo 5. 3: Factor de ajuste por avance (PF)

Factor de ajuste por avance (PF) $PF = (1-P)fp/1-g/C$						
Razón de luz verde (g/C)	Tiempo de llegada (TLL)					
	AT-1	AT-2	AT-3	AT-4	AT-5	AT-6
0.20	1.167	1.007	1.000	1.000	0.833	0.750
0.30	1.286	1.063	1.000	0.986	0.714	0.571
0.40	1.445	1.136	1.000	0.895	0.555	0.333
0.50	1.667	1.240	1.000	0.767	0.333	0.000
0.60	2.001	1.395	1.000	0.576	0.000	0.000
0.70	2.556	1.653	1.000	0.256	0.000	0.000
Por omisión, fp	1.00	0.93	1.00	1.15	1.00	1.00
Por omisión, Rp	0.333	0.667	1.000	1.333	1.667	2.000

Nota: 1. La tabulación se hace con base en los valores por omisión de fp y Rp

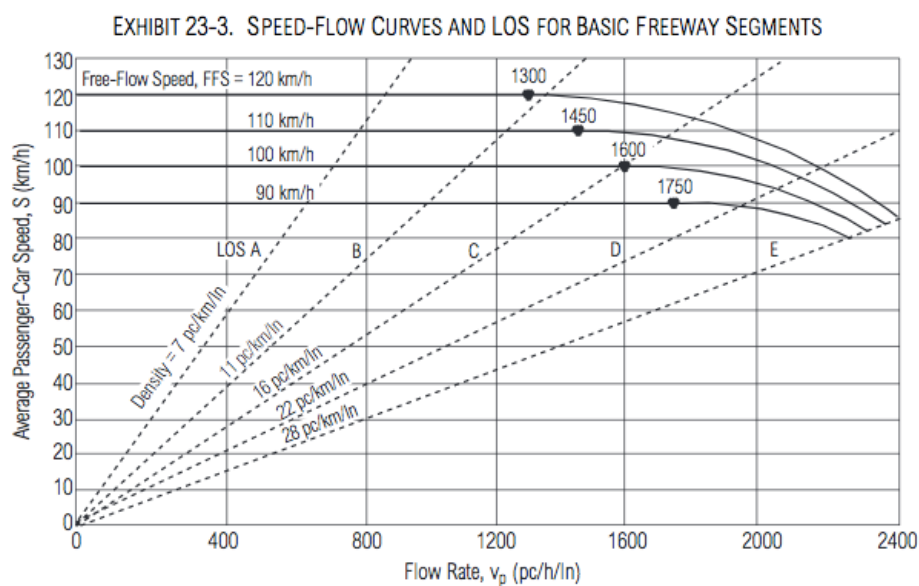
2. $P = R_p g/c$ (no deben sobrepasar a 1.0)

3. El PF no debe sobrepasar a 1.0 para AT-3 hasta AT-6

4. Para el tipo de llegada véase la tabla 10.3

Fuente: Garber, 2005.

Anexo 5. 4: Curvas de velocidad –flujo y niveles de servicio en segmentos básicos de carreteras



Fuente: TRB. Highway Capacity Manual. HCM 2000.

Anexo 5. 5: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento E4 – G1

N-O		HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	LIVIANOS POR HORA	BUSES POR HORA	PESADOS POR HORA	TOTAL POR HORA	%LIVIANOS	%BUSES	%PESADOS
UBICACIÓN	FECHA				2 EJES	3 EJES	4 O MÁS EJES								
ELOY ALFARO NORTE-GRANADOS OESTE (GIRO DERECHO)	29/03/19	7:00-7:15	17					17	73	0	3	76	96.05	0.00	3.95
		7:15-7:30	28					28							
		7:30-7:45	17					17							
		7:45-8:00	11		3			14							
		8:00-8:15	25					25	88	0	0	88	100.00	0.00	0.00
		8:15-8:30	18					18							
		8:30-8:45	18					18							
		8:45-9:00	27					27							

Anexo 5. 6: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento E4 – E5

N-S		HORA	LIVIANOS	BUSES PÚBLICOS	PESADOS			TOTAL	LIVIANOS POR HORA	BUSES POR HORA	PESADOS POR HORA	TOTAL POR HORA	%LIVIANOS	%BUSES	%PESADOS
UBICACIÓN	FECHA				2 EJES	3 EJES	4 O MÁS EJES								
ELOY ALFARO NORTE-SUR	29/03/19	7:00-7:15	273	3	5	1		282	1115	17	26	1158	96.29	1.47	2.25
		7:15-7:30	301	7	7			315							
		7:30-7:45	237	3	8			248							
		7:45-8:00	304	4	5			313							
		8:00-8:15	281	7	11			299	927	22	27	976	94.98	2.25	2.77
		8:15-8:30	271	8	9			288							
		8:30-8:45	159	2	5			166							
		8:45-9:00	216	5	2			223							

Anexo 5. 7: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento G4 – E5

O-S		HORA	LIVIANOS	BUSES PÚBLICOS	PESADOS			TOTAL	LIVIANOS POR HORA	BUSES POR HORA	PESADOS POR HORA	TOTAL POR HORA	%LIVIANOS	%BUSES	%PESADOS
UBICACIÓN	FECHA				2 EJES	3 EJES	4 O MÁS EJES								
GRANADOS OESTE - ELOY ALFARO SUR (GIRO DERECHO)	29/03/19	7:00-7:15	91		2			93	300	0	7	307	97.72	0.00	2.28
		7:15-7:30	87		2			89							
		7:30-7:45	60		1			61							
		7:45-8:00	62		2			64							
		8:00-8:15	66					66	288	0	3	291	98.97	0.00	1.03
		8:15-8:30	71		1			72							
		8:30-8:45	82		1			83							
		8:45-9:00	69		1			70							

Anexo 5. 8: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento G4 – G5

O-O		HORA	LIVIANOS	BUSES PÚBLICOS	PESADOS			TOTAL	LIVIANOS POR HORA	BUSES POR HORA	PESADOS POR HORA	TOTAL POR HORA	%LIVIANOS	%BUSES	%PESADOS
UBICACIÓN	FECHA				2 EJES	3 EJES	4 O MÁS EJES								
GIRO EN U GRANADOS OESTE	29/03/19	7:00-7:15	3					3	14	0	0	14	100.00	0.00	0.00
		7:15-7:30	5					5							
		7:30-7:45	3					3							
		7:45-8:00	3					3							
		8:00-8:15	5					5	25	0	0	25	100.00	0.00	0.00
		8:15-8:30	6					6							
		8:30-8:45	5					5							
		8:45-9:00	9					9							

Anexo 5. 9: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento G3 – G6

O-E		HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	LIVIANOS POR HORA	BUSES POR HORA	PESADOS POR HORA	TOTAL POR HORA	%LIVIANOS	%BUSES	%PESADOS
UBICACIÓN	FECHA				2 EJES	3 EJES	4 O MÁS EJES								
PASO A DESNIVEL GRANADOS OESTE	29/03/19	7:00-7:15	251	1	11			263	1042	3	39	1084	96.13	0.28	3.60
		7:15-7:30	260	1	9			270							
		7:30-7:45	257		8	2		267							
		7:45-8:00	274	1	7	2		284							
		8:00-8:15	292	2	5	2		301	1241	2	26	1269	97.79	0.16	2.05
		8:15-8:30	329		6			335							
		8:30-8:45	301		5			306							
		8:45-9:00	319		8			327							

Anexo 5. 10: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento G7 – R2

DESNIVEL DESDE CICLISTA															
UBICACIÓN	FECHA	HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	LIVIANOS POR HORA	BUSES POR HORA	PESADOS POR HORA	TOTAL POR HORA	%LIVIANOS	%BUSES	%PESADOS
					2 EJES	3 EJES	4 O MÁS EJES								
PASO A DESNIVEL DESDE AV. GRANADOS ESTE (GIRO DERECHO)	29/03/19	7:00-7:15	74	19	1			94	303	66	3	372	81.45	17.74	0.81
		7:15-7:30	71	17				88							
		7:30-7:45	88	18	2			108							
		7:45-8:00	70	12				82							
		8:00-8:15	74	14	1			89	262	57	5	324	80.86	17.59	1.54
		8:15-8:30	53	13				66							
		8:30-8:45	75	13	2			90							
		8:45-9:00	60	17	2			79							

Anexo 5. 11: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento G7 – G5

E-O															
UBICACIÓN	FECHA	HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	LIVIANOS POR HORA	BUSES POR HORA	PESADOS POR HORA	TOTAL POR HORA	%LIVIANOS	%BUSES	%PESADOS
					2 EJES	3 EJES	4 O MÁS EJES								
GRANADOS E-O	29/03/19	7:00-7:15	232	1	3			236	742	2	23	767	96.74	0.26	3.00
		7:15-7:30	173	1	4			178							
		7:30-7:45	172		10			182							
		7:45-8:00	165		6			171							
		8:00-8:15	182	2	3			187	722	4	13	739	97.70	0.54	1.76
		8:15-8:30	163	1	1	1		166							
		8:30-8:45	184		4			188							
		8:45-9:00	193	1	4			198							

Anexo 5. 12: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento G7 – E8

E-N															
UBICACIÓN	FECHA	HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	LIVIANOS POR HORA	BUSES POR HORA	PESADOS POR HORA	TOTAL POR HORA	%LIVIANOS	%BUSES	%PESADOS
					2 EJES	3 EJES	4 O MÁS EJES								
GRANADOS ESTE - ELOY ALFARO NORTE (GIRO DERECHO)	29/03/19	7:00-7:15	16	2			1	19	112	5	1	118	94.92	4.24	0.85
		7:15-7:30	21	2				23							
		7:30-7:45	40	1				41							
		7:45-8:00	35					35							
		8:00-8:15	30		1			31	109	0	2	111	98.20	0.00	1.80
		8:15-8:30	18					18							
		8:30-8:45	28					28							
		8:45-9:00	33		1			34							

Anexo 5. 13: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento G7 – E5

E-S															
UBICACIÓN	FECHA	HORA	LIVIANOS	BUSES PÚBLICOS	PESADOS			TOTAL	LIVIANOS POR HORA	BUSES POR HORA	PESADOS POR HORA	TOTAL POR HORA	%LIVIANOS	%BUSES	%PESADOS
					2 EJES	3 EJES	4 O MÁS EJES								
GRANADOS ESTE - ELOY ALFARO SUR (GIRO IZQUIERDO)	29/03/19	7:00-7:15	285		2	1		288	956	0	24	980	97.55	0.00	2.45
		7:15-7:30	208		8	1		217							
		7:30-7:45	217		9			226							
		7:45-8:00	246		3			249							
		8:00-8:15	255		1			256	1125	0	17	1142	98.51	0.00	1.49
		8:15-8:30	255		6			261							
		8:30-8:45	309		3			312							
		8:45-9:00	306		7			313							

Anexo 5. 14: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento E6 – G2

S-E															
UBICACIÓN	FECHA	HORA	LIVIANOS	BUSES PÚBLICOS	PESADOS			TOTAL	LIVIANOS POR HORA	BUSES POR HORA	PESADOS POR HORA	TOTAL POR HORA	%LIVIANOS	%BUSES	%PESADOS
					2 EJES	3 EJES	4 O MÁS EJES								
ELOY ALFARO SUR GRANADOS ESTE (GIRO DERECHO)	29/03/19	7:00-7:15	71		7			78	375	0	20	395	94.94	0.00	5.06
		7:15-7:30	95		7			102							
		7:30-7:45	92		2			94							
		7:45-8:00	117		4			121							
		8:00-8:15	105		1			106	470	0	11	481	97.71	0.00	2.29
		8:15-8:30	100		3			103							
		8:30-8:45	113		3			116							
		8:45-9:00	152		4			156							

Anexo 5. 15: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento E4 – G1

DESNIVEL ELOY SUR															
UBICACIÓN	FECHA	HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	LIVIANOS POR HORA	BUSES POR HORA	PESADOS POR HORA	TOTAL POR HORA	%LIVIANOS	%BUSES	%PESADOS
					2 EJES	3 EJES	4 O MÁS EJES								
PASO A DESNIVEL DESDE ELOY ALFARO SUR	29/03/19	7:00-7:15	28					28	172	0	2	174	98.85	0.00	1.15
		7:15-7:30	40		1			41							
		7:30-7:45	41					41							
		7:45-8:00	63		1			64							
		8:00-8:15	47					47	187	0	3	190	98.42	0.00	1.58
		8:15-8:30	37					37							
		8:30-8:45	50		2			52							
		8:45-9:00	53		1			54							

Anexo 5. 16: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento E6 – E8

S-N															
UBICACIÓN	FECHA	HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	LIVIANOS POR HORA	BUSES POR HORA	PESADOS POR HORA	TOTAL POR HORA	%LIVIANOS	%BUSES	%PESADO
					2 EJES	3 EJES	4 O MÁS EJES								
ELOY ALFARO SUR NORTE	29/03/19	7:00-7:15	181	3	9			193	772	13	34	819	94.26	1.59	4.15
		7:15-7:30	202	3	11			216							
		7:30-7:45	170	2	11			183							
		7:45-8:00	219	5	3			227							
		8:00-8:15	167	1	4			172	667	12	29	708	94.21	1.69	4.10
		8:15-8:30	170	5	10			185							
		8:30-8:45	184	3	8			195							
		8:45-9:00	146	3	7			156							

Anexo 5. 17: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento R1 – E3

DESNIVEL RIO COCA															
UBICACIÓN	FECHA	HORA	LIVIANOS	BUSES PÚBLICOS	PESADOS			TOTAL	LIVIANOS POR HORA	BUSES POR HORA	PESADOS POR HORA	TOTAL POR HORA	%LIVIANOS	%BUSES	%PESADOS
					2 EJES	3 EJES	4 O MÁS EJES								
PASO A DESNIVEL DESDE LA ELOY ALFARO Y RIO COCA	29/03/19	7:00-7:15	47				47	218	0	4	222	98.20	0.00	1.80	
		7:15-7:30	65		1		66								
		7:30-7:45	58		2		60								
		7:45-8:00	48		1		49								
		8:00-8:15	40				40	168	0	2	170	98.82	0.00	1.18	
		8:15-8:30	46				46								
		8:30-8:45	42		2		44								
		8:45-9:00	40				40								

Anexo 5. 18: Conteo vehicular en períodos de 15 minutos. Movimiento E1 – E3

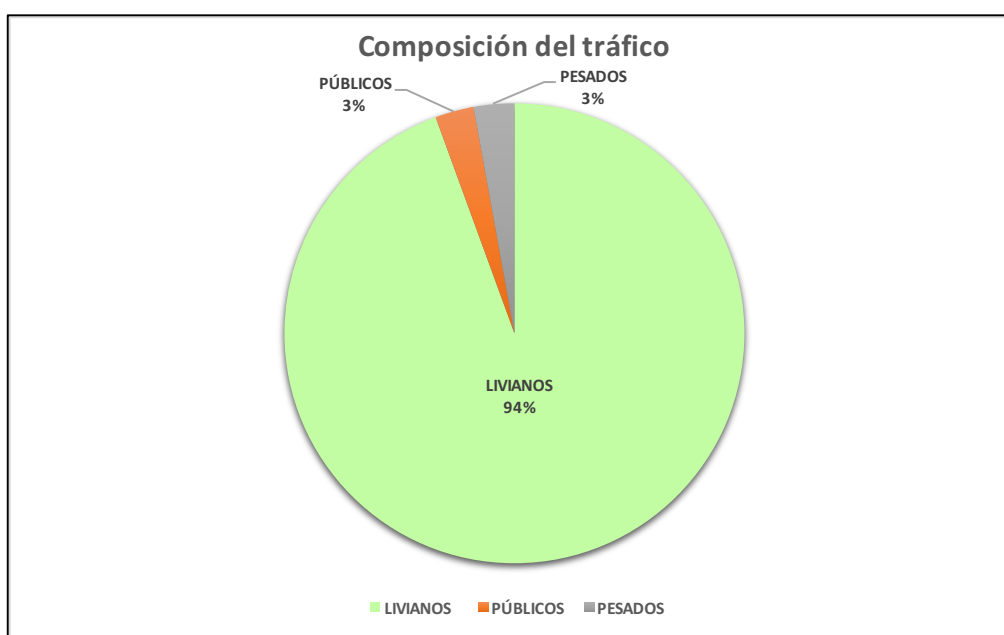
DESNIVEL ELOY (R. COCA)															
UBICACIÓN	FECHA	HORA	LIVIANOS	BUSES PÚBLICOS	PESADOS			TOTAL	LIVIANOS POR HORA	BUSES POR HORA	PESADOS POR HORA	TOTAL POR HORA	%LIVIANOS	%BUSES	%PESADOS
					2 EJES	3 EJES	4 O MÁS EJES								
DESDE LA AV. RIO COCA HACIA DESNIVEL (GIRO DERECHO)	29/03/19	7:00-7:15	71	18	4			93	269	80	9	358	75.14	22.35	2.51
		7:15-7:30	69	16	2			87							
		7:30-7:45	79	24	1			104							
		7:45-8:00	50	22	2			74							
		8:00-8:15	78	15				93	345	64	4	413	83.54	15.50	0.97
		8:15-8:30	84	13	1			98							
		8:30-8:45	77	16	2			95							
		8:45-9:00	106	20	1			127							

Anexo 5. 19: Nivel de servicio para intersecciones AWSC.

EXHIBIT 17-22. LEVEL-OF-SERVICE CRITERIA FOR AWSC INTERSECTIONS	
Level of Service	Control Delay (s/veh)
A	0–10
B	> 10–15
C	> 15–25
D	> 25–35
E	> 35–50
F	> 50

Fuente: Tomado de TRB. Highway Capacity Manual. HCM 2000.

Anexo 5. 20: Composición del tráfico en el Intercambiador



5.4 Bibliografía

Baeza, A., Martínez, E.(2012). *Metodología para el análisis de capacidad y nivel de servicio en intersecciones semaforizadas de acuerdo al Manual de Capacidad HCM 2000: caso Cerro del Agua/Ingeniería*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/2397>

Cal y Mayor, R. & Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de tránsito. Fundamentos y Aplicaciones*. (8th ed.). México D.F.: Alfaomega.

Carvajal, A. (2019). Nuevas rutas se necesitan para aliviar la congestión en Quito. *El Comercio*. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito-transito-rutas-congestion-transporte.html>

Cerquera, F. (2007). *Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial* (1st ed., pp. 5-6). Colombia. Recuperado de https://www.academia.edu/8303458/CAPACIDAD_Y_NIVELES_DE_SERVICIO_DE_LA_INFRAESTRUCTURA_VIAL

Cobeña, J. (2017). *Estudio y Diseño de jardín en el distribuidor de tráfico en la intersección de la autopista Duran - Boliche y Duran Yaguachi, 2016* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Condolo, A., & Yépez, A. (2018). *Diseño geométrico del intercambiador en la Av. Eloy Alfaro y Av. De La República en Quito*. (Tesis de pregrado). Universidad Central Del Ecuador. Quito, Ecuador. Recuperado de www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/17371/1/T-UCF-0011-ICF-075.pdf

Contraloría General del Estado. (2012). *el examen especial a los procesos precontractual, contractual, ejecución y recepción de los estudios para los proyectos: Intercambiador en la intersección de las Avs. Eloy Alfaro, De Los Granados y Rio Coca*. Quito. Recuperado de <http://www.contraloria.gob.ec/WFDescarga.aspx?id=50851&tipo=inf>

El círculo vicioso del declive urbano (s.f.). *El círculo vicioso del declive urbano*. Recuperado de <https://masqueingenieria.com/blog/elc%C3%ADrculo%20vicioso-del-declive-urbano/>

El Comercio. (29 de marzo 2017). Se inauguró el intercambiador De los Granados, en el norte de Quito. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/transito-apertura-intercambiador-Granados-quito.html>

Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas. (2015). *Informe proyecto Intercambiador Eloy Alfaro - Granados - Río Coca* (p. 1). Quito. Recuperado de [http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Sesiones%20del%20Concejo/2015/Sesi%C3%B3n%20Ordinaria%202015-09-10/VII.%20Informes%20Comisi%C3%B3n/a\)%20%20%20Comisi%C3%B3n%20Us o%20de%20Suelo/IC-2015-129.pdf](http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Sesiones%20del%20Concejo/2015/Sesi%C3%B3n%20Ordinaria%202015-09-10/VII.%20Informes%20Comisi%C3%B3n/a)%20%20%20Comisi%C3%B3n%20Us o%20de%20Suelo/IC-2015-129.pdf)

Espinosa, X., & Piedra, S. (2017). *Análisis y diseño geométrico a la intersección de la Av. 12 de Abril y Unidad Nacional* (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador.

Garber, N., & Hoel, L. (2005). *Ingeniería de tránsito y de carreteras*. (3era ed) . México: Thomson.

Guamán, D. (2016). *Diagnóstico del problema de congestión vehicular en el intercambiador Fernández salvador: intersección Av. Mariscal sucre, Av. Fernández salvador y calle Melchor de Valdez*. (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 004-1. (2011). *Señalización vial. Parte 1. Señalización vertical.*. Quito - Ecuador. Recuperado de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/LOTAIP2015_reglamento-tecnico-ecuatoriano-rte-inen-004-1-2011.pdf

Jácome, E. (2017). El intercambiador De los Granados se abre tras 13 meses de trabajo. *El Comercio*. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/lagranados-apertura-intercambiador-movilidad-quito.html>

Jácome, E. (2018). Operatividad del intercambiador De los Granados, en Quito, está en debate. *El Comercio*. Recuperado de https://www.elcomercio.com/app_public.php/actualidad/operatividad-intercambiadordelagranados-debate-informe-contraloria.html

Kraemer, C., Pardillo, J., & Rocci, S. (2003). *Ingeniería de carreteras*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana.

López, J. (1998). *Determinación del máximo valor de flujo de saturación en intersección semaforizadas* (Tesis de maestría.). Universidad Autónoma de Nuevo Leon. México. Recuperado de <http://eprints.uanl.mx/7175/1/1080080884.PDF>

Ministerio de Transportes y Obras Públicas. MTOP. (2013). *NEVI-12. Norma para estudios y diseños viales* (Libro A ed., Vol. 2). Quito, Ecuador. Recuperado de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf

Naranjo, E., & Garces, P. (2013). *Análisis de los estudios de impacto de tráfico vigentes en la ciudad de Quito bajo el enfoque del modelo de Manheim*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ecuador. Recuperado de : <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6039/T-PUCE-6293.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez Urrego, D. (2015). Revisión del HCM 2010 y 2000 intersecciones semaforizadas. *Ingenium Revista De La Facultad De Ingeniería*, 16(32), 19. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/285925975_Revision_del_HCM_2010_y_2000_intersecciones_semaforizadas

Secretaría General Del Concejo. (2015). *SESIÓN ORDINARIA DE 10 DE SEPTIEMBRE DE 2015*. Quito- Ecuador. Recuperado de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Concejo%20Abierto/Actas/2015/ASO20150924.pdf

Transportation Research Board (2000), Committee Executive. *Highway Capacity Manual. 2000*. Washington D.C. TRB. Recuperado de https://snavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway_capacity_manual.pdf

Vectio. (06 de marzo 2019). La movilidad y su planificación. [Ilustración]. Recuperado de <http://www.vectio.es/blog/blog-movilidad-planificacion/>

Ministro de Trabajo presentó normativa para el Teletrabajo en el país. (2016). *El Telégrafo*. Retrieved from <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/ministro-de-trabajo-presento-normativa-para-el-teletrabajo-en-el-pais>