



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE MASTER

---

Estudio y mejora de la funcionalidad del tráfico de la  
intersección semaforizada en Av. Del Bombero y Av.  
Leopoldo Carrera C. en la ciudad de Guayaquil (Ecuador).

---

*Presentado por*

Gómez Maldonado, Carolina

---

*Para la obtención del*

Master Universitario en Transporte, Territorio y Urbanismo

*Curso: 2017/2019*

*Fecha: Septiembre/2019*

*Tutor: Javier Soriano Ferriol*





### **Dedicatoria**

A Dios que bendice y guía cada paso de mi vida y me demuestra todos los días que vivo bajo su protección y en su infinita misericordia.

A mis abuelos, mami Pochita y papi Gemo, quienes supieron formar con infinito amor a la persona que soy hoy en día, mis logros siempre serán de Uds.

### **Agradecimiento**

A cada uno de los miembros de mi amada familia, por creer ciegamente en cada paso que doy y apoyarme en todas mis decisiones, por estar dispuestos sin medida a aportar con su granito de arena en lo que me hace falta para cumplir mis metas. Que Dios nos siga bendiciendo en unión y amor.

A la Universidad Politécnica de Valencia en especial a la Escuela de Caminos, Canales y Puertos por haberme aceptado como alumna del Máster y haberme permitido especializar bajo la tutela de excelentes profesionales.

A mi tutor, Javier Soriano Ferriol, tu experiencia y forma de llegar a tus alumnos con la docencia fueron las que desde el día uno de tus clases me condujeron a pedirte que seas mi tutor, gracias por compartir abiertamente tus valiosos conocimientos. Mi admiración y aprecio por tu calidad profesional y humana.

A todos los profesores que impartieron clases en el MATTU 2017-2019, por transmitir sus conocimientos y experiencias profesionales sin recelo, fue un honor ser su alumna y recibir sus clases de alta calidad profesional; mi agradecimiento especial a Sebastián Argente, Javier Soriano, Jordi Esparza, Miguel Ángel Carrera y Javier Camacho, quienes con la dinámica de sus clases, cada uno con su particularidad, experiencia y carisma supieron llegar a mí como alumna, logrando que me apasione aún más el área de Tráfico y Transporte.

Carolina de Jesús Gómez Maldonado.



## Tabla de Contenido

1. Antecedentes.....	10
2. Introducción .....	10
2.1. Flujo Interrumpido: Intersecciones semaforizadas .....	11
2.2. Capacidad y Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas: problemática de congestión.....	13
3. Objeto de Estudio .....	14
4. Estado del Arte .....	15
4.1. Introducción.....	15
4.2. Características del control de tráfico: semáforos.....	15
4.2.1. Tipo de semáforos.....	15
4.2.2. Tipos de movimientos en una intersección .....	17
4.2.3. Modos operativos .....	18
4.3. Características del flujo de tráfico en intersecciones semaforizadas.....	19
4.3.1. Tiempo perdido .....	20
4.4. Tasa de Flujo de Saturación.....	23
4.5. Capacidad .....	23
4.6. Nivel de servicio (LOS).....	24
4.7. Metodología de los vehículos motorizados.....	26
4.7.1. Datos y fuentes requeridos .....	26
4.7.1.1. Características del tráfico.....	26
4.7.1.2. Datos de diseño geométrico .....	39
4.7.1.3. Datos de control de semáforo .....	40
4.7.1.4. Otros datos .....	43
4.8. Visión general de la metodología .....	45
4.8.1. Pasos computacionales .....	47
4.8.1.1. Paso 1: Determinar grupos de movimientos y grupos de carriles ....	47
4.8.1.2. Paso 2: Determinar la tasa de flujo del grupo de movimiento .....	48
4.8.1.3. Paso 3: Determinar la tasa de flujo del grupo de carriles.....	49
4.8.1.4. Paso 4: Determinar la tasa de flujo de saturación ajustada .....	49



4.8.1.5.	Paso 5: Determinar la proporción de arribos durante el intervalo verde	55
4.8.1.6.	Paso 6: determinar la Capacidad y la relación Volumen-Capacidad	55
4.8.1.7.	Paso 7: Determinar la demora .....	56
4.8.1.8.	Paso 8: Determinar el Nivel de Servicio .....	59
4.9.	Interpretación de los resultados.....	60
4.9.1.	Nivel de servicio .....	60
4.9.2.	Relación volumen-capacidad .....	60
4.9.3.	Relación volumen-capacidad y combinaciones de demora.....	62
5.	Caracterización de la Intersección Semaforizada.....	63
5.1.	Características de la intersección en la problemática de la congestión..	63
5.2.	Geometría de la intersección.....	67
5.3.	Características del semáforo .....	70
5.4.	Características del tráfico .....	75
6.	Análisis de capacidad y nivel de servicio de la intersección semaforizada de acuerdo al HCM 6th Edition.....	79
7.	Presentación y elección de propuestas de solución a la intersección semaforizada.....	83
7.1.	Alternativa 1:.....	85
7.2.	Alternativa 2.....	99
7.3.	Alternativa 3:.....	112
8.	Selección de la alternativa más viable .....	128
9.	Conclusiones y recomendaciones .....	132
10.	Bibliografía .....	133
11.	Anexos .....	134



## Listado de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Tipos de Intersecciones .....	12
<b>Tabla 2.</b> Variables fundamentales del Flujo de Tráfico en Intersecciones Semaforizadas .....	21
<b>Tabla 3.</b> Criterio de nivel de servicio para el Modo Vehículo Motorizado.....	26
<b>Tabla 4.</b> Datos de entrada requeridos, fuente de datos potenciales y valores por defecto para el análisis de vehículos motorizados. ....	27
<b>Tabla 5.</b> Relación entre el tipo de llegada y la calidad de la progresión. ....	31
<b>Tabla 6.</b> Lineamientos para la selección del tipo de llegada.....	33
<b>Tabla 7.</b> Factores por defecto para el ajuste de utilización de carril .....	37
<b>Tabla 8.</b> Tasa de maniobras de parqueo por defecto .....	38
<b>Tabla 9.</b> Valores predeterminados (por defecto) para la longitud del ciclo .....	43
<b>Tabla 10.</b> Factor de ajuste por ancho de carril.....	50
<b>Tabla 11.</b> Características geométricas de la intersección Av. Del Bombero – Av. Leopolo Carrera .....	69
<b>Tabla 12.</b> Duración de las luces de los semáforos de cada acceso de la intersección en estudio.....	70
<b>Tabla 13.</b> Características del semáforo de la intersección Av. Del Bombero – Av. Leopolo Carrera .....	74
<b>Tabla 14.</b> Tasa de flujo de demanda/hora en la mañana y tarde en la intersección Av. del Bombero - Av. Leopoldo Carrera.....	75
<b>Tabla 15.</b> Tasa de flujo de demanda/15 min en la hora de máxima demanda de vehículos en la intersección Av. del Bombero - Av. Leopoldo Carrera.....	76
<b>Tabla 16.</b> Características del tráfico de la intersección Av. del Bombero - Av. Leopoldo Carrera .....	77
<b>Tabla 17.</b> Reporte de los datos de entrada de la intersección en estudio en el HCS7.....	80
<b>Tabla 18.</b> Factores de ajuste para obtención de flujo de saturación ajustado de los grupos de movimientos de la intersección en estudio y los tiempos de semáforo por grupos de movimiento .....	81
<b>Tabla 19.</b> Resultados del flujo de saturación ajustado, capacidad, demoras y nivel de servicio de los grupos de movimientos de la intersección en estudio .	83
<b>Tabla 20.</b> Factores de proyecciones .....	84
<b>Tabla 21.</b> Tasas de flujo de demanda de los movimientos de la intersección en estudio para la solución planteada como alternativa 1 .....	95
<b>Tabla 22.</b> Análisis de demanda-capacidad de los movimientos libres de la intersección en estudio propuestos en la alternativa 1 .....	95
<b>Tabla 23.</b> Comparación de los resultados de análisis de capacidad y nivel de servicio de la alternativa 1 de la intersección a nivel con demandas actuales y proyectadas a 20 años .....	98



<b>Tabla 24.</b> Tasas de flujo de demanda de los movimientos de la intersección en estudio para la solución planteada como alternativa 2.....	109
<b>Tabla 25.</b> Análisis de demanda-capacidad de los movimientos libres de la intersección en estudio propuestos en la alternativa 2.....	109
<b>Tabla 26.</b> Comparación de los resultados de análisis de capacidad y nivel de servicio de la alternativa 2 de la intersección a nivel con demandas actuales y proyectadas a 20 años .....	111
<b>Tabla 27.</b> Tasas de flujo de demanda de los movimientos de la intersección en estudio para la solución planteada como alternativa 3.....	123
<b>Tabla 28.</b> Análisis de demanda-capacidad de los movimientos libres de la intersección en estudio propuestos en la alternativa 3.....	123
<b>Tabla 29.</b> Comparación de los resultados de análisis de capacidad y nivel de servicio de la alternativa 3 de la intersección a nivel con demandas actuales y proyectadas a 20 años .....	127
<b>Tabla 30.</b> Comparación entre la situación actual y las alternativas de solución propuestas.....	129



## Listado de Figuras

<b>Figura 1.</b> Movimientos de tráfico en una intersección y esquema numérico ...	17
<b>Figura 2.</b> Características fundamentales de un flujo de tráfico en Intersecciones Semaforizadas .....	20
<b>Figura 3.</b> Metodología para vehículos motorizados en Intersecciones semaforizadas .....	46
<b>Figura 4.</b> Grupos de movimientos y grupos de carriles típicos .....	47
<b>Figura 5.</b> Ubicación de Intersección Av. Del Bombero – Av. Leopoldo Carrera mapa amplio de Guayaquil.....	65
<b>Figura 6.</b> Ubicación de Intersección Av. Del Bombero – Av. Leopoldo Carrera mapa del sector de la intersección en estudio.....	66
<b>Figura 7.</b> Geometría de la intersección semaforizada Av. del Bombero - Av. Leopoldo Carrera .....	68
<b>Figura 8.</b> Diagrama de fases de la intersección semaforizada Av. del Bombero - Av. Leopoldo Carrera .....	70
<b>Figura 9.</b> Movimientos vehiculares en la fase uno del control semafórico.....	71
<b>Figura 10.</b> Movimientos vehiculares en la fase dos del control semafórico .....	72
<b>Figura 11.</b> Movimientos vehiculares en la fase tres del control semafórico.....	73
<b>Figura 12.</b> Representación de los carriles y sus respectivos movimientos de la intersección semaforizada en estudio .....	79
<b>Figura 13.</b> Detalle de la vista longitudinal y en planta del paso elevado alternativa 1 .....	85
<b>Figura 14.</b> Intersección a nivel alternativa 1 .....	88
<b>Figura 15.</b> Alternativas de desvío del flujo EBL de la intersección en estudio .	90
<b>Figura 16.</b> Salida de la Av. Carlos Arroyo del Río hacia el Norte (Guayaquil) .	91
<b>Figura 17.</b> Salida de la Av. Carlos Arroyo del Río hacia el Norte (Guayaquil) Vista de la calle .....	91
<b>Figura 18.</b> Movimientos vehiculares en la fase uno del control semafórico Alternativa 1 .....	92
<b>Figura 19.</b> Movimientos vehiculares en la fase dos del control semafórico Alternativa 1 .....	93
<b>Figura 20.</b> Movimientos vehiculares en la fase tres del control semafórico Alternativa 1 .....	94
<b>Figura 21.</b> Intersección a nivel alternativa 2 .....	101
<b>Figura 22.</b> Detalle de la intersección a nivel alternativa 2.....	102
<b>Figura 23.</b> Alternativa de desvío del flujo EBR de la intersección en estudio	103
<b>Figura 24.</b> Salida de la calle Padre Alfonso Villalba hacia Av. del Bombero - Alternativa de desvío del flujo EBR de la intersección en estudio.....	104
<b>Figura 25.</b> Movimientos vehiculares en la fase uno del control semafórico Alternativa 2 .....	106



<b>Figura 26.</b> Movimientos vehiculares en la fase dos del control semafórico Alternativa 2 .....	107
<b>Figura 27.</b> Movimientos vehiculares en la fase tres del control semafórico Alternativa 2 .....	108
<b>Figura 28.</b> Detalle de la vista en planta del paso elevado alternativa 3 .....	112
<b>Figura 29.</b> Detalle de la vista longitudinal del paso elevado alternativa.....	112
<b>Figura 30.</b> Intersección a nivel alternativa 3 .....	113
<b>Figura 31.</b> Alternativa de desvío del flujo EBT y EBL de la intersección en estudio .....	115
<b>Figura 32.</b> Detalle de la intersección a nivel alternativa 3.....	118
<b>Figura 33.</b> Alternativa de ingreso al C.C Río Centro Los Ceibos.....	119
<b>Figura 34.</b> Movimientos vehiculares en la fase uno del control semafórico Alternativa 3 .....	120
<b>Figura 35.</b> Movimientos vehiculares en la fase dos del control semafórico Alternativa 3 .....	121



### Listado de Ecuaciones

<b>Ecuación 1.</b> .....	22
<b>Ecuación 2.</b> .....	22
<b>Ecuación 3.</b> .....	31
<b>Ecuación 4.</b> .....	32
<b>Ecuación 5.</b> .....	35
<b>Ecuación 6.</b> .....	36
<b>Ecuación 7.</b> .....	49
<b>Ecuación 8.</b> .....	51
<b>Ecuación 9.</b> .....	51
<b>Ecuación 10.</b> .....	51
<b>Ecuación 11.</b> .....	52
<b>Ecuación 12.</b> .....	53
<b>Ecuación 13.</b> .....	53
<b>Ecuación 14.</b> .....	55
<b>Ecuación 15.</b> .....	55
<b>Ecuación 16.</b> .....	55
<b>Ecuación 17.</b> .....	56
<b>Ecuación 18.</b> .....	56
<b>Ecuación 19.</b> .....	56
<b>Ecuación 20.</b> .....	57
<b>Ecuación 21.</b> .....	58
<b>Ecuación 22.</b> .....	58
<b>Ecuación 23.</b> .....	59
<b>Ecuación 24.</b> .....	59



### Listado de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Flujos vehiculares presentes en la intersección Av. del Bombero-Av. Leopoldo Carrera y medidos en el campo.....	134
<b>Anexo 2.</b> Reportes de cálculo de capacidad y nivel de servicio en el HCS7 para demandas actuales y proyectadas a 20 años. Alternativa 1 .....	149
<b>Anexo 3.</b> Reportes de cálculo de capacidad y nivel de servicio en el HCS7 para demandas actuales y proyectadas a 20 años. Alternativa 2 .....	155
<b>Anexo 4.</b> Reportes de cálculo de capacidad y nivel de servicio en el HCS7 para demandas actuales y proyectadas a 20 años. Alternativa 3 .....	161



## 1. Antecedentes

En orden de obtener el Título de Máster en Transporte, Territorio y Urbanismo de la Universidad Politécnica de Valencia se presenta el siguiente Trabajo de Fin de Máster titulado “Estudio y mejora de la funcionalidad del tráfico de la intersección semaforizada en Av. Del Bombero y Av. Leopoldo Carrera C. en la ciudad de Guayaquil (Ecuador)”, perteneciente a la estudiante Ing. Carolina de Jesús Gómez Maldonado bajo la tutoría del Ing. Javier Soriano Ferriol, Profesor Asociado del Dpto. de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes perteneciente a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

El presente Trabajo de Fin de Máster será realizado mediante la aplicación del Highway Capacity Manual 6th Edition (2016) del Transportation Research Board (TRB).

## 2. Introducción

El presente estudio se basará en el análisis de una intersección semaforizada ubicada en el Noroeste del entorno urbano de la ciudad de Guayaquil, Ecuador, en el sector llamado Los Ceibos, en el cual habita una población de clase alta y media alta. En la actualidad la intersección en estudio presenta problemas de congestión vehicular en las horas de máxima demanda de vehículos y esto se debe a que la Av. del Bombero sirve de conexión a los habitantes de las urbanizaciones situadas a lo largo de Vía a la Costa para ingresar a Guayaquil en las mañanas y para regresar a sus hogares en la tarde. La Av. Leopoldo Carrera es usada por los habitantes de las ciudadelas ubicadas a los alrededores de la misma así mismo para salir la Av. Del Bombero y dirigirse a los diferentes sectores de Guayaquil; sobre esta última también se encuentra la escuela y colegio Alemán Humboldt, que es una gran atracción del sector, además la Av. Leopoldo Carrera conecta al sector con la Vía Perimetral.

El sector de Vía a la Costa ha tenido un desarrollo muy importante a la largo de los últimos años, inicialmente en expansión residencial con el desarrollo de urbanizaciones y posteriormente con Piazzas y Plazas que albergan locales para recreación y de principales servicios para los habitantes de la zona (restaurantes, supermercados, bancos, entre otros).

Adicional a esto, a aproximadamente 400 metros de la intersección se encuentra ubicado el Centro Comercial Río Centro Los Ceibos sobre la Av. del Bombero, el cual genera una gran atracción de viajes y que tendrá una segunda etapa en los próximos meses del presente año (entre octubre y diciembre) ubicada al frente del actual; igualmente sobre la Av. del Bombero y a aproximadamente 300



m de la intersección se ubica el Hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) Los Ceibos, el más grande del Ecuador hasta la fecha inaugurado a finales de marzo del 2017. A estas infraestructuras generadoras de viajes se suman las Piazzas que quedan cerca de la intersección como son: La Vista San Eduardo (inaugurada en noviembre del 2018) y la Piazza Los Ceibos.

Por todo lo anteriormente mencionado es razonable que conforme han pasado los años, la infraestructura actual de la intersección en estudio se haya vuelto ineficiente y se produzca congestión en las horas de máxima demanda de vehículos.

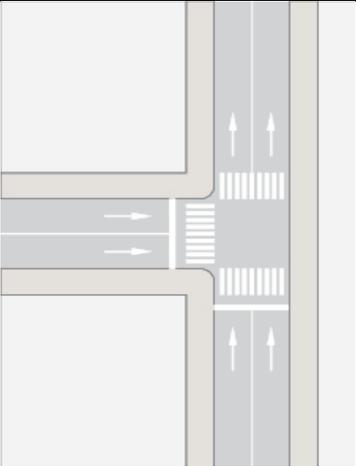
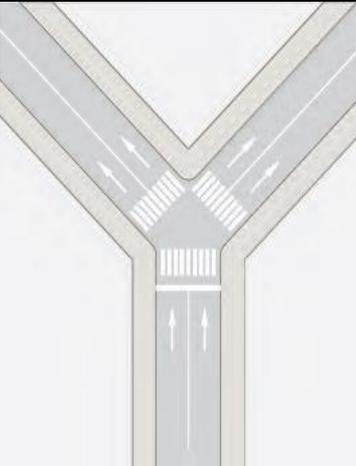
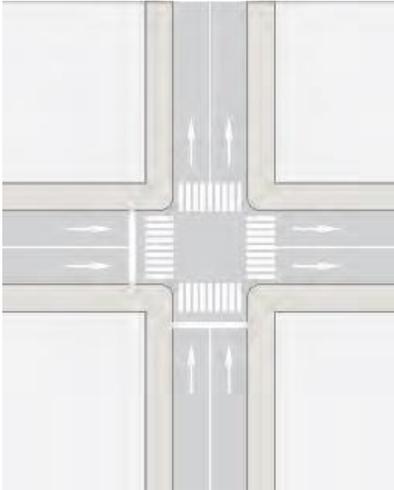
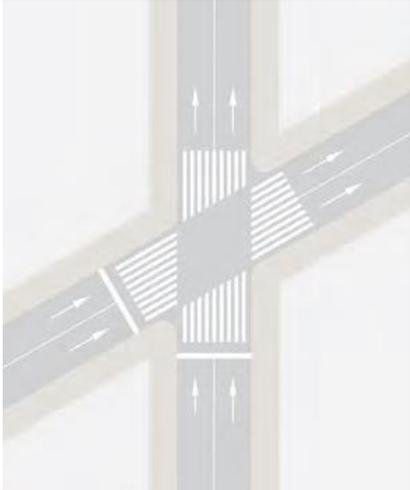
Para entender la condición actual con la que opera la intersección, a continuación se presentan los principales conceptos sobre los cuales se basa el estudio.

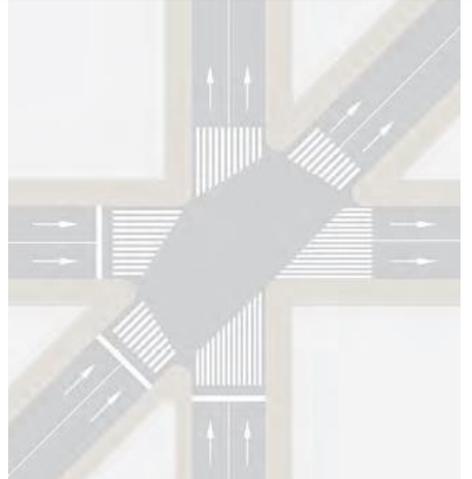
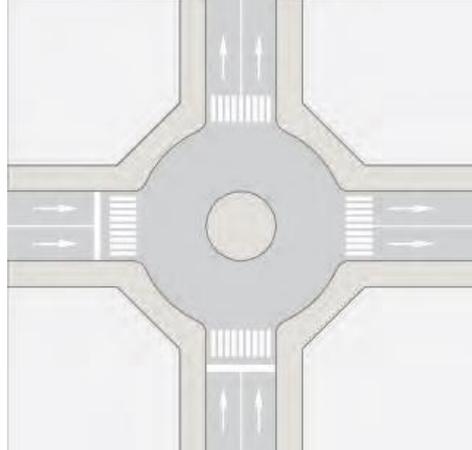
### **2.1. Flujo Interrumpido: Intersecciones semaforizadas**

Las calles urbanas son aquellas con densidades de vehículos relativamente altas y con accesos ubicados entre áreas urbanas, donde el flujo del tráfico es interrumpido por intervalos iguales o menores a 2 minutos por señales de tráfico, rotondas, etc.

En general, las intersecciones son todos los cruces que se realizan al mismo nivel en un determinado punto de la vía, de acuerdo al número de ramales que poseen se clasifican en intersecciones de 3 ramales, 4 ramales, ramales múltiples y glorietas/rotondas y, de acuerdo al ángulo en que se encuentran se subclasifican en perpendiculares y oblicuas como se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Tipos de Intersecciones

Cantidad de ramales	Ángulo en que se encuentran	
	Perpendiculares	Oblicuas
3 Ramales	 <p style="text-align: center;">En T</p>	 <p style="text-align: center;">En Y</p>
4 Ramales	 <p style="text-align: center;">En cruz</p>	 <p style="text-align: center;">En equis</p>

<p><b>Múltiples</b></p>		<p>--</p>
<p><b>Glorietas / Rotondas</b></p>		<p>--</p>

*Fuente: (ITDP, IDOM, Céntrico, & BID, 2017)*

Las intersecciones semaforizadas son aquellas que están reguladas mediante sistemas de luces denominados semáforos, los cuales establecen las prioridades de paso de los diferentes movimientos que intervienen en la intersección, es decir, tienen la función de separar y ordenar períodos de tiempo para regular la circulación de vehículos (motorizados y no motorizados) y peatones.

La intersección en estudio corresponde al tipo de 4 ramales en cruz, controlada por semáforos.

## **2.2. Capacidad y Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas: problemática de congestión.**

La capacidad de una intersección semaforizada está relacionada con las características geométricas de la misma, la composición del tráfico que en ella



circula y la asignación de tiempo (a través de semáforos) entre los movimientos de tráfico conflictivos que desean utilizar el mismo espacio.

La geometría de la intersección es una característica fija de la misma, y aunque la composición del tráfico puede variar a lo largo del tiempo, la capacidad de una vía es un valor estable sin embargo, la forma en que se le asigna tiempo a los movimientos de tráfico a través de un semáforo afecta significativamente la operación y la capacidad de la intersección.

La capacidad de una intersección semaforizada se define para cada grupo de carril existente, y corresponde al máximo volumen horario de vehículos que tiene una probabilidad razonable de cruzar la intersección en condiciones prevaletientes de tráfico, calzada y semaforización, tema que se profundizará en el apartado *Estado del Arte* del presente estudio. La capacidad de una intersección semaforizada se expresa en vehículos por hora (veh/h), cuando el volumen de vehículos que cruza una intersección es mayor que la capacidad de la misma entonces hay congestión.

El nivel de servicio de intersecciones semaforizadas es una medida del malestar, frustración, consumo de combustible e incremento en el tiempo de viaje del conductor, se define a través de las demoras y se expresa en términos de demora promedio por vehículo en s/veh. Para determinados rangos de demora/veh el nivel de servicio se expresa de A a F, correspondiendo A a una operación de la intersección con demoras inferiores a 10 s/veh y F a demoras superiores a 80 s/veh, lo que ocasiona congestión. El nivel de servicio D corresponde al objetivo de diseño deseable.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

En el caso de la intersección semaforizada en estudio, al tratarse de una intersección importante que conecta Vía a la Costa con Guayaquil, el volumen de vehículos que cruza la misma es alto, reflejándose un congestión sobre todo en las horas punta de la mañana y la tarde-noche, las mismas que corresponden a las horas de entrada y salida tanto de la jornada laboral como de la jornada educativa.

### 3. Objeto de Estudio

En el presente Trabajo de Fin de Máster se analizará la intersección semaforizada Av. del Bombero – Av. Leopoldo Carrera C. situada al Noroeste de la ciudad de Guayaquil, Ecuador; la cual presenta problemas de congestión en las horas punta del día. Para esto se determinará la capacidad y el nivel de servicio al cual está operando actualmente de acuerdo a



sus características geométricas, de tráfico y de asignación de tiempo de semáforo. Finalmente se presentarán varias alternativas de solución y se seleccionará la más factible.

La metodología a seguir para determinar la capacidad y nivel de servicio tanto para la condición actual de la intersección como para las alternativas de solución a presentarse se basará en el Highway Capacity Manual 6th Edition (2016) del Transportation Research Board (TRB), volumen 3: Interrupted Flow, Capítulo 19: Signalized Intersection y volumen 4: Applications Guide, Capítulo 31: Signalized Intersection Supplemental. Con los resultados obtenidos se realizará una comparación entre alternativas y se seleccionará la que presente mejores condiciones para la operación de la intersección.

#### **4. Estado del Arte**

La información presentada en este apartado (Estado del Arte) está tomada del Capítulo 19: *Intersecciones Semaforizadas* del volumen 3: *Flujo Interrumpido* de la 6ta Edición del Manual de Capacidad de Vías (2016) del Transportation Research Board (TRB).

##### **4.1. Introducción**

Las intersecciones son lugares donde dos o más calles se unen o se cruzan, las maniobras de cruce y giros que ocurren en ellas crean escenarios de conflictos entre vehículo-vehículo, vehículo-peatón y vehículo-bicicleta; la intención de un semáforo en intersecciones es controlar y separar los conflictos entre los usuarios de estos medios de transporte para permitir operaciones seguras y eficientes. (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2004)

##### **4.2. Características del control de tráfico: semáforos**

###### **4.2.1. Tipo de semáforos**

El semáforo puede ser de control preestablecido o actuado.

- Control preestablecido: consiste en una secuencia de fases en orden repetitivo en que la duración de cada fase es fija. Sin embargo, la duración del intervalo en verde puede cambiar de acuerdo a la hora del día o día de la semana con el fin de atender las variaciones del tráfico. La combinación



de una secuencia de fases fija y la duración fija produce una longitud de ciclo constante.

- **Control actuado:** consiste en una secuencia de fases definida en la que la presentación de cada una depende de si la fase está en la memoria de control del semáforo o si el movimiento de tráfico asociado a la fase envía una señal de servicio a través de un detector. La duración del intervalo en verde depende de la demanda de tráfico obtenida por el detector, sujeta a límites mínimos y máximos preestablecidos.

La finalización de una fase actuada requiere la detección de un movimiento de tráfico conflictivo (contrario) y una fase actuada puede ser omitida si no se detecta una demanda de vehículos.

La operación de un controlador actuado puede ser totalmente actuada, semiactuada y actuada-coordinada, las cuales se describen a continuación:

- **Control totalmente actuado:** cuando todos los movimientos de tráfico de la intersección son detectados por el detector de vehículos y todas las fases son actuadas. La secuencia y duración de cada fase se basa en la demanda de tráfico existente en el momento y están sujetas a un mínimo y un máximo tiempo en verde; algunas fases pueden ser saltadas si no se detecta demanda de vehículos. La longitud del ciclo para este tipo de control varía de ciclo a ciclo (no es constante).
- **Control semiactuado:** usa fases actuadas (emplea detectores de vehículos) para servir a los movimientos de la calle secundaria de la intersección mientras que, los movimientos de la calle principal operan como no actuados, tratando de que estos flujos estén siempre en fase verde y cuando se detecte flujo vehicular en las calles secundarias se le dará paso con un intervalo determinado. Este tipo de control no está asociado con una longitud de ciclo constante.
- **Semáforos coordinados-actuados:** es una variación de la operación semiactuada, utiliza la configuración de desactivación del controlador para restringir las fases no coordinadas asociadas con los movimientos secundarios de tal forma que las fases coordinadas se sirvan en el momento adecuado durante el ciclo del semáforo y se mantenga la progresión para los movimientos principales. Este tipo de control está asociado con una longitud de ciclo constante.

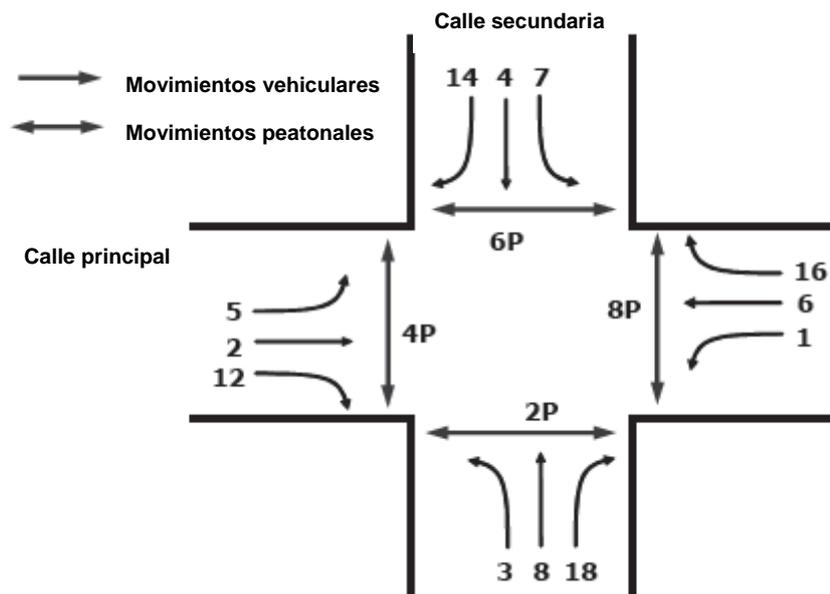
Las intersecciones semaforizadas ubicadas cerca de otras de la misma calle son usualmente operadas con semáforos coordinados en los que las fases específicas de cada intersección son operadas en un horario específico común para permitir el flujo continuo de los movimientos asociados a la velocidad planeada. Los semáforos en un sistema coordinado típicamente operan usando un control preestablecido o coordinado-actuado y las fases coordinadas

típicamente sirven a los movimientos rectos (through) de la calle principal. Las intersecciones semaforizadas que no son parte de un sistema coordinado se llaman “aisladas” y típicamente operan usando un control totalmente actuado o semiactuado.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

#### 4.2.2. Tipos de movimientos en una intersección

La Figura 1 muestra los movimientos de tráfico de vehículos y peatones típicos en una intersección de 4 ramales, para cada acceso a la intersección (ramal) se identifican tres movimientos vehiculares y uno peatonal. Cada movimiento tiene asignado un número o número+letra único; la letra P se usa para identificar los movimientos peatonales y los números asignados para cada movimiento recto o giro a la izquierda son iguales a los números que las especificaciones de la Asociación Nacional de Manufactureros Eléctricos (NEMA por sus siglas en inglés) le asignan a cada fase.



**Figura 1.** Movimientos de tráfico en una intersección y esquema numérico

*Fuente:* (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

El semáforo le asigna el derecho de paso a los movimientos de la intersección, cada uno puede ser asignado a una o más fases del semáforo. Una fase se define como los intervalos de verde, amarillo y rojo en un ciclo que son asignados



a un movimiento o movimientos de tráfico específico para darles derecho de paso. La asignación de movimientos a las fases varía en la práctica de acuerdo a la secuencia de fases deseada y los movimientos presentes en la intersección.

#### 4.2.3. Modos operativos

Si bien es cierto, la asignación del tiempo de verde afecta la capacidad y operación de una intersección semaforizada, también influye la forma en que se disponen los movimientos de giro dentro la secuencia de fases (orden de servicio que se le da a cada movimiento de tráfico), las señales de paso se asignan para 3 modos operativos de movimientos de giro en una intersección, los nombres usados se refieren a la forma en que el semáforo da servicio al movimiento de giro y son los siguientes:

- **Modo permitido:** se realizan a través de un flujo conflictivo de peatones o bicicletas o flujo opuesto de vehículos, los giros permitidos requieren que los conductores cedan el paso al tráfico conflictivo antes de completar el giro. Giros permitidos a la izquierda ceden el paso a los vehículos que se aproximan y a peatones en conflicto mientras que en los giros a la derecha permitidos los conductores deben ceder el paso solo a los peatones en conflicto. La eficiencia de este modo depende de la disponibilidad de espacios en los flujos en conflicto, se puede proporcionar un carril para giros exclusivos pero no es obligatorio.
- **Modo protegido:** el vehículo no presenta oposición vehicular o peatonal al momento de realizar la maniobra. El modo protegido da el derecho de paso a los conductores que giran durante la fase asociada mientras que todos los movimientos en conflicto deben detenerse. Este modo proporciona un servicio eficiente de giro sin embargo, la fase de giro adicional generalmente resulta en un mayor retraso de los otros movimientos. Normalmente se proporciona un carril de giro exclusivo con este modo y la fase de giro se indica mediante una flecha verde.
- **Modo protegido-permitido:** representa una combinación de los anteriores, los conductores que giran tienen el derecho de paso durante la fase asociada al giro y pueden completar el giro “permisivamente” cuando el movimiento recto adyacente reciba su indicación de verde (o cuando el conductor que gira recibe la flecha amarilla intermitente). Este modo proporciona un servicio eficiente de giro, a menudo sin causar un aumento significativo en el retraso de otros movimientos.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

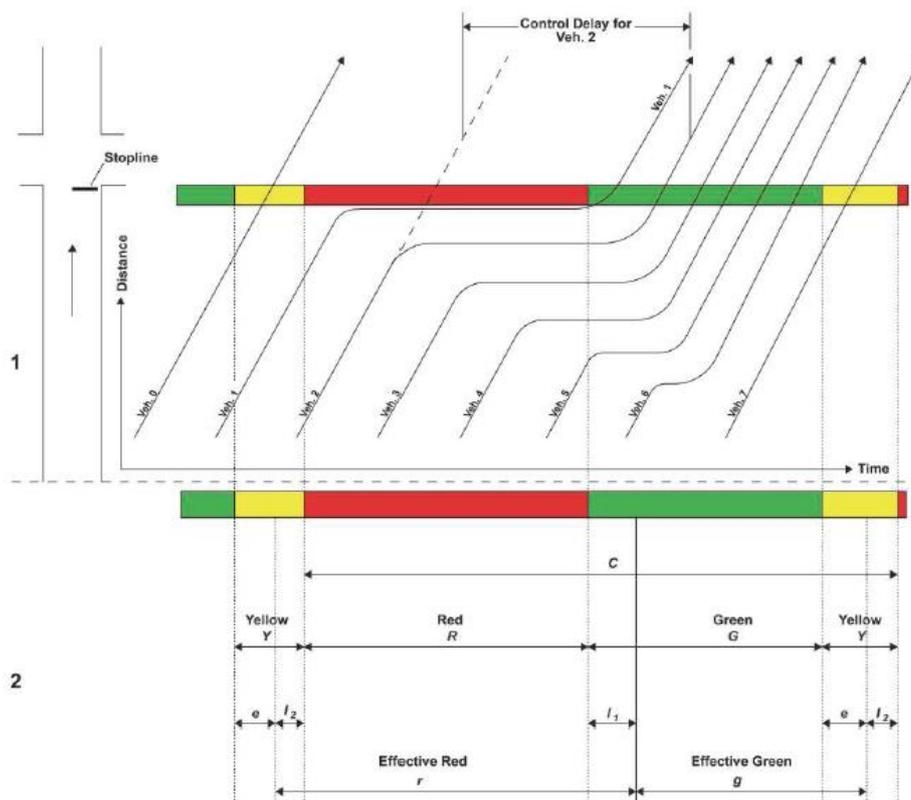


### 4.3. Características del flujo de tráfico en intersecciones semaforizadas

Para un grupo de carriles dado, el semáforo asigna tres señales indicativas: verde, amarillo y rojo, el tiempo en rojo puede incluir un corto período en el que todas las indicaciones son rojo (denominado rojo de despeje o todo rojo). Si la instalación y operación de los semáforos es correcta éstos podrán aportar ventajas al paso de los diferentes flujos de la intersección por el contrario, si uno o más semáforos son deficientes, entorpecerán el tráfico de los usuarios de la misma (vehículos, peatones, ciclistas) por lo que es necesario que antes de su implementación se realice un estudio completo de las condiciones geométricas y del tráfico de la intersección.

En el diagrama que se presenta en la Figura 2 se muestran los principales conceptos de una simple situación de vehículos que se aproximan a una intersección semaforizada durante un ciclo de semáforo, los mismos que serán detallados en este apartado (el intervalo todo rojo no se usa en este ejemplo de secuencia de fases). En la parte 1 se muestra la trayectoria espacio-tiempo de varios vehículos que se acercan hacia y a través de la intersección, la barra horizontal representa la exposición del semáforo a través del tiempo y está ubicada en una posición que coincide con la línea de parada de la intersección. En la parte 2 se muestra la duración de los intervalos rojo, verde y amarillo, además de la duración del verde efectivo, rojo efectivo y tiempo perdido. Los símbolos que se usan en esta parte se encuentran detallados en la Tabla 2 más adelante.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)



**Figura 2.** Características fundamentales de un flujo de tráfico en Intersecciones Semaforzadas

*Fuente:* (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

#### 4.3.1. Tiempo perdido

Como se muestra en la parte 2 de la Figura 2, a una fase se asocian dos incrementos de tiempo perdido: 1) al inicio de la misma en los primeros pocos vehículos que salen de la cola en los avances que superan el avance de saturación. El avance más largo refleja el tiempo adicional que requieren los primeros conductores de la cola para responder al cambio de señal y acelerar a la velocidad de circulación. Las pérdidas de arranque se denominan tiempo perdido de arranque  $l_1$ . Al final de la fase se presenta la señal amarilla y los conductores que se aproximan a la intersección se preparan para que la señal cambie a rojo, los conductores usan la parte inicial del amarillo de manera consistente para terminar de cruzar la intersección, este tiempo se denomina extensión de verde efectivo  $e$ .

2) La última parte del período de cambio (intervalo amarillo + todo rojo) que no se utiliza, se refiere al tiempo perdido de despeje  $l_2$ . El tiempo perdido de fase  $l_t$  es igual a la suma de los tiempos perdidos de arranque y de despeje.

En la Tabla 2 se presentan las definiciones formales de las variables que intervienen en el flujo del tráfico de las intersecciones semaforizadas.

**Tabla 2.** Variables fundamentales del Flujo de Tráfico en Intersecciones Semaforizadas

Nombre de la variable	Símbolo	Definición	Unidad
Intervalo verde	G	Duración del intervalo verde asociado a una fase.	s
Intervalo amarillo	Y	Intervalo que le sigue al verde. Se usa para advertir a los conductores del cambio inmediato al rojo. Se encuentra en un rango de 3 a 6 s.	s
Intervalo todo rojo o rojo de despeje	R <sub>c</sub>	Intervalo que le sigue al amarillo y se usa opcionalmente para proporcionar un tiempo adicional antes de que los movimientos conflictivos reciban la indicación de verde. Si se usa este intervalo suele ser 1 o 2 s.	s
Período de cambio	CP	Suma del intervalo amarillo y el intervalo todo rojo para una fase dada.	-
Tiempo en rojo	R	Tiempo en el ciclo de un semáforo en el que la indicación es luz roja para una fase dada.	s
Longitud del ciclo	C	Tiempo total para que un semáforo complete un ciclo.	s
Tiempo de verde efectivo	g	Tiempo durante el cual una combinación de movimientos de tráfico puede proceder efectivamente en la tasa del flujo de saturación. Es igual a $G - I_1 + e$	s
Tiempo de rojo efectivo	r	Tiempo durante el cual una combinación de movimientos de tráfico no puede proceder efectivamente en la tasa del flujo de saturación; es igual a la longitud del ciclo menos el tiempo verde efectivo.	s
Extensión de verde efectivo	e	Porción inicial del intervalo amarillo durante el cual una combinación de movimientos de tráfico puede proceder efectivamente en la tasa del flujo de saturación.	s
Tiempo perdido de arranque	I <sub>1</sub>	Tiempo adicional consumido por los primeros vehículos de la cola cuyo avance excede el avance de saturación por la necesidad de reaccionar al inicio del intervalo en verde y acelerar.	s
Tiempo de despeje perdido	I <sub>2</sub>	La última parte del período de cambio (CP) que los conductores no suelen usar para cruzar la intersección (usan este tiempo para detenerse antes de la línea de parada).	s

Nombre de la variable	Símbolo	Definición	Unidad
Tiempo perdido de fase	$l_t$	Suma del tiempo de despeje perdido ( $l_2$ ) y el tiempo perdido de arranque ( $l_1$ ).	s
Tiempo de ciclo perdido	L	Representa la suma del tiempo perdido para cada fase crítica.	s
Tasa de flujo de saturación ajustada	s	Tasa horaria equivalente para la cual los vehículos previamente en cola pueden atravesar una intersección en condiciones prevalecientes, asumiendo que la señal de verde está disponible en todo momento, sin experimentar pérdidas de tiempo.	veh/h/ca
Control de demora	d	Componente de demora que resulta cuando un semáforo causa que un movimiento de tráfico reduzca su velocidad o se detenga. Representa el incremento de tiempo de viaje relativo a una condición sin semáforo.	s/veh
<b>Términos no usados como variables</b>			
Ciclo	-	Tiempo para completar una secuencia de indicaciones de semáforo.	-
Intervalo	-	Período de tiempo durante el cual todas las indicaciones del semáforo permanecen constantes.	-
Fase	-	Intervalos verde, amarillo y todo rojo asignados a uno o más movimientos específicos.	-

Fuente: (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

La relación entre el tiempo perdido de fase y el tiempo del semáforo se muestra en la siguiente ecuación:

$$l_t = l_1 + l_2 \quad \text{Ecuación 1.}$$

$$l_t = l_1 + Y + R_c - e \quad \text{Ecuación 2.}$$

Donde:

$l_t$  = tiempo perdido de fase (s)

$l_1$  = tiempo perdido de arranque = 2 (s)

$l_2$  = tiempo perdido de despeje =  $Y + R_c - e$  (s)

$e$  = extensión de verde efectivo = 2 (s)

$Y$  = intervalo amarillo (s)

$R_c$  = intervalo todo rojo (s)

Estudios han demostrado que el tiempo perdido de arranque es alrededor de 2s y que la extensión de verde efectivo está alrededor de 2s (tiempos más largos)



pueden ser apropiados para condiciones de congestionamiento, velocidades mayores o vehículos pesados). Si el tiempo perdido de arranque es igual que la extensión de verde efectivo entonces el tiempo perdido de fase es igual al período de cambio ( $l_t = Y + R_c$ ).

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

#### 4.4. Tasa de Flujo de Saturación

Es la tasa de flujo equivalente por hora a la que los vehículos que están previamente en cola pueden atravesar la intersección asumiendo que la señal de verde está disponible en todo momento, el flujo de vehículos nunca se detiene, no hay grandes avances entre vehículos y no se experimentan tiempos perdidos.

Se expresa como la tasa por hora promedio esperada en unidades de vehículos por hora por carril.

El flujo de saturación base representa la tasa del flujo promedio esperada para un carril de tránsito con condiciones geométricas y de tráfico favorables (sin pendientes, sin camiones, etc).

Las condiciones dominantes usualmente dan como resultado una tasa de flujo de saturación ajustado más pequeña que la del flujo de saturación base, el procedimiento para estimarla consiste en una tasa de tasa de flujo de saturación base y una serie de factores usados para ajustar la tasa de flujo de saturación base y de esta forma reflejar las condiciones dominantes asociadas al grupo de carril en estudio.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

#### 4.5. Capacidad

La capacidad se define como el número máximo de vehículos que se puede esperar que pasen a través de la intersección en condiciones prevalecientes de tráfico, de carretera y señalización durante un período de 15 minutos. La capacidad se calcula como el producto de la tasa ajustada del flujo de saturación y la relación de longitud de verde efectivo del ciclo, la misma se expresa como la tasa horaria promedio esperada en unidades de vehículos por hora.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)



#### 4.6. Nivel de servicio (LOS)

El nivel de servicio LOS por sus siglas en inglés referentes a Level of Service es una estratificación cuantitativa de medida de desempeño, representa la percepción de los conductores sobre la calidad de servicio que ofrece una vía. El HCM define seis niveles de servicio que van en el rango de A a F, el nivel de servicio A representa la mejor condición de operación desde la perspectiva de la persona que viaja y el nivel de servicio F representa la peor. Debido al costo, impacto ambiental y otras razones, las calzadas no son diseñadas para operar a nivel de servicio A durante las horas pico sino para dar un menor nivel de servicio que equilibre los deseos de los conductores individuales con los deseos y recursos financieros de la sociedad. Sin embargo, un elemento del sistema puede operar a nivel de servicio A durante períodos de bajos volúmenes de vehículos en el día. Una de las razones por las que las agencias de transporte adoptan este concepto de nivel de servicio es por la habilidad del mismo para comunicar el desempeño de la calzada a los políticos que toman decisiones y público en general que no son técnicos.

El concepto de nivel de servicio para vehículos motorizados es diferente para peatones y bicicletas, específicamente el criterio para vehículos motorizados se basa en medidas de desempeño que son medibles en el campo y perceptibles por los viajeros mientras que para los otros dos modos se basa en las puntuaciones informadas por los viajeros que indican su percepción de la calidad del servicio.

El criterio de nivel de servicio puede ser caracterizado para la intersección completa, para cada acceso de la intersección y para cada grupo de carril. El control de demora es usado para caracterizar el nivel de servicio de toda la intersección o para un acceso mientras que el control de demora y el volumen a capacidad son usados para caracterizar el nivel de servicio para un grupo de carriles.

La demora cuantifica el incremento del tiempo de viaje debido a la señal de control de tráfico, además es una medida de la incomodidad del conductor y del consumo de combustible.

La relación volumen-capacidad cuantifica el grado en que la capacidad de una fase es usada por un grupo de carriles. A continuación se describe cada nivel de servicio:

Nivel de servicio A: describe operaciones con un control de demora menor o igual a 10 s/veh y una relación volumen-capacidad no mayor a 1. Este nivel generalmente se asigna cuando la relación volumen-capacidad es baja y



cualquiera de las progresiones es excepcionalmente favorable o si la duración del ciclo es muy corta. Si el nivel de servicio A es el resultado de una progresión favorable, esto quiere decir que la mayoría de los vehículos llegan durante la luz verde y viajan a través de la intersección sin detenerse.

Nivel de servicio B: describe operaciones con control de demora entre 10 y 20 s/veh y una relación volumen-capacidad no mayor que 1. Este nivel de servicio es típicamente asignado cuando la relación volumen-capacidad es baja y la progresión es altamente favorable o la duración del ciclo es corta. Más vehículos paran en comparación con el nivel de servicio A.

Nivel de servicio C: describe operaciones con control de demora entre 20 y 35 s/veh y una relación volumen-capacidad no mayor que 1. Este nivel de servicio es típicamente asignado cuando cualquiera de las progresiones es favorable o la duración del ciclo es moderada. Las fallas individuales del ciclo (por ejemplo que uno o más vehículos no puedan salir como resultado de capacidad insuficiente durante el ciclo) pueden empezar a aparecer en este nivel de servicio. El número de vehículos que se detienen es significativo aunque muchos vehículos aún pueden pasar a través de la intersección sin detenerse.

Nivel de servicio D: describe operaciones con control de demora entre 35 y 55 s/veh y una relación volumen-capacidad no mayor que 1. Este nivel de servicio es típicamente asignado cuando la relación volumen-capacidad es alta y cualquiera de las progresiones es inefectiva o la duración del ciclo es larga. Muchos vehículos se detienen y se notan las fallas individuales del ciclo.

Nivel de servicio E: describe operaciones con control de demora entre 55 y 80 s/veh y una relación volumen-capacidad no mayor que 1. Este nivel de servicio es típicamente asignado cuando la relación volumen-capacidad es alta, la progresión no es favorable y la duración del ciclo es larga. Las fallas individuales del ciclo son frecuentes.

Nivel de servicio F: describe operaciones con control de demora mayor a 80 s/veh o una relación volumen-capacidad mayor a 1. Este nivel de servicio es típicamente asignado cuando la relación volumen-capacidad es muy alta, la progresión es muy pobre y el ciclo es muy largo. La mayoría de los ciclos no pueden despejar la cola de vehículos. Un grupo de carriles puede incurrir en una demora menor de 80 s/veh cuando la relación volumen-capacidad supera la unidad (1). Esta condición ocurre típicamente cuando la duración del ciclo es corta, la progresión de la señal es favorable o ambas. Como resultado, tanto la demora como la relación volumen-capacidad son consideradas cuando se establece el nivel de servicio del grupo de carriles. Una relación mayor o igual a



1 indica que la capacidad del ciclo es usada completamente y representa una falla desde la perspectiva de capacidad (de la misma manera que si una demora excede 80 s/veh representa una falla desde la perspectiva de demora). La Tabla 3 enumera los umbrales de nivel de servicio establecidos para el vehículo motorizado en una intersección semaforizada.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

**Tabla 3.** Criterio de nivel de servicio para el Modo Vehículo Motorizado

Control de demora (s/veh)	Nivel de servicio de acuerdo a la relación Volumen-capacidad*	
	$\leq 1.0$	$>1.0$
$\leq 10$	A	F
$>10-20$	B	F
$>20-35$	C	F
$>35-55$	D	F
$>55-80$	E	F
$>80$	F	F

Nota: \*para la evaluación amplia de accesos e intersecciones, el nivel de servicio es definido únicamente por el control de demora.

Fuente: (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

#### 4.7. Metodología de los vehículos motorizados

En esta sección se describirá la metodología para evaluar la capacidad y nivel de servicio proporcionados por una intersección semaforizada a los vehículos motorizados de acuerdo al HCM 6th Edition.

##### 4.7.1. Datos y fuentes requeridos

###### 4.7.1.1. Características del tráfico

Estos datos describen las características del flujo de tráfico de vehículos motorizados que viajan a través de la intersección durante el período de estudio.

Tasa de flujo de demanda: para un movimiento de tráfico en intersección esta se define como la cantidad de vehículos que llegan a la intersección durante el período de análisis dividido para la duración del período de análisis. Se expresa como una tasa de flujo horaria pero puede representar un período de análisis

menor a una hora. La cantidad de vehículos se puede obtener de varias fuentes: del campo o de un pronóstico en el caso de planificación de un modelo; cuando es medida en el campo la tasa del flujo de demanda está referida al conteo de tráfico aguas arriba de la cola asociada a la intersección en estudio. Esta distinción es importante para conteos durante periodos de congestión porque el conteo de vehículos que salen de un acceso congestionado producirá una tasa de flujo de demanda estimada menor a la tasa real es decir, la estimación será igual a la capacidad en lugar de la demanda real.

**Tabla 4.** Datos de entrada requeridos, fuente de datos potenciales y valores por defecto para el análisis de vehículos motorizados.

Datos requeridos con sus unidades	Base	Fuentes potenciales de los datos	Valor sugerido por defecto
<b>Características del Tráfico</b>			
Tasa de flujo de demanda (veh/h)	M	Datos de campo, conteos pasados	Debe ser dado.
Tasa de flujo de giro a la derecha en rojo (veh/h)	A	Datos de campo, conteos pasados	0,0 veh/h
Porcentaje de vehículos pesados	MG	Datos de campo, conteos pasados	3%
Factor de hora pico (decimal)	I	Datos de campo, criterio del analista	Datos para 1 hora y para 0,25h del periodo de análisis: -Volumen total ingresando $\geq$ 1.000 veh/h: 0,92 -Volumen total ingresando $\leq$ 1.000 veh/h: 0,90 -Otros casos: 1,00
Proporción de pelotón (decimal)	MG	Datos de campo, criterio del analista	-
Factor de ajuste para filtración aguas arriba (decimal)	MG	Datos de campo, criterio del analista	1,0
Cola inicial (veh)	MG	Datos de campo, criterio del analista	Debe ser dado.
Tasa de flujo de saturación base (veh/h/ca)	MG	Datos de campo, criterio del analista	-Población metropolitana $\geq$ 250.000: 1.900 veh/h/ca. -Otros casos: 1.750 veh/h/ca



Datos requeridos con sus unidades	Base	Fuentes potenciales de los datos	Valor sugerido por defecto
Factor de ajuste por uso de carril (decimal)	MG	Datos de campo, criterio del analista	-
Tasa de flujo de peatones (p/h)	A	Datos de campo, conteos pasados	Debe ser dado.
Tasa de flujo de bicicletas (bicicletas/h)	A	Datos de campo, conteos pasados	Debe ser dado.
Tasa de maniobras de parqueo en la calle (veh/h)	MG	Datos de campo, criterio del analista	-
Tasa de paradas de buses convencionales (buses/h)	A	Datos de campo, criterio del analista	-Paradas de bus en Centro urbano:12 buses/h -Paradas de buses fuera del centro urbano: 2buses/h
Demora de movimientos sin señal (s)	M	Datos de campo	-
<b>Diseño Geométrico</b>			
Número de carriles (ca)	M	Datos de campo, foto aérea.	Debe ser dado.
Ancho promedio de carril (pies)	MG	Datos de campo, foto aérea.	12 pies
Número de carriles de recepción (ca)	A	Datos de campo, foto aérea.	Debe ser dado.
Longitud de área de giro (pies)	MG	Datos de campo, foto aérea.	Debe ser dado.
Presencia de estacionamiento en la calle	MG	Datos de campo, foto aérea.	Debe ser dado.
Pendiente del acceso (%)	A	Datos de campo	-Sin pendiente= 0% -Pendiente moderada= 3% -Pendiente empinada= 6%
<b>Semáforo</b>			
Tipo de semáforo	I	Datos de campo	Debe ser dado.
Secuencia de la fase	A	Datos de campo	Debe ser dado.
Modo operativo del giro a la izquierda	A	Datos de campo	Debe ser dado.
Tiempo de paso (si es actuado)	P	Datos de campo	2,0 s (detección de presencia)
Máximo verde (s) (si es actuado)	P	Datos de campo	-Calle principal a través del movimiento: 50s -Calle secundaria a través del movimiento: 30s

Datos requeridos con sus unidades	Base	Fuentes potenciales de los datos	Valor sugerido por defecto
			-Giro a la izquierda: 20s
Duración del verde (s) (si es preestablecido)	P	Datos de campo	- Movimiento recto en Calle principal: 50s -Movimiento recto en Calle secundaria: 30s -Giro a la izquierda: 20s
Mínimo verde (s)	P	Datos de campo	-Movimiento recto en Calle principal: 10s - Movimiento recto en Calle secundaria: 8s -Giro a la izquierda: 6s
Amarillo de cambio + rojo de despeje (s) <sup>a</sup>	P	Datos de campo	4,0s
Caminata (s)	P	Datos de campo	-Actuado: 7s -Preestablecido: intervalo en verde menos despeje de peatones
Despeje peatonal (s)	P	Datos de campo	Basado en una velocidad de caminata de 3,5 pies/s
Recuperación de fase (si es actuado)	P	Datos de campo	No hay recuperación.
Entrada doble (si es actuado)	P	Datos de campo	Se usa entrada única.
Brecha simultánea (si es actuado)	A	Datos de campo	Habilitado
Duración del ciclo	I	Datos de campo	
<b>Datos potenciales</b>			
Duración del período de análisis (h)	I	Establecido por el analista	0,25h
Límite de velocidad (mi/h)	A	Datos de campo, inventario de la calle	Debe ser dado
Longitud del detector de la línea de parada (pies) y el modo de detección (si es actuado)	MG	Datos de campo	40 pies, presencia de modo de detección
Tipo de área (Centro urbano o no)	I	Criterio del analista	Debe ser dado

Nota: M= movimiento: un valor para cada movimiento de giro a la izquierda, recto y giro a la derecha.



A= Acceso: un valor o condición para el acceso de la intersección.

MG= Movimiento grupal: un valor para cada movimiento de giro con carriles exclusivos de giro y un valor para el movimiento recto (incluyendo cualquier movimiento de giro en carril compartido).

I= Intersección: un valor o condición para la intersección.

P= Fase: un valor o condición para cada fase del semáforo.

CBD= Central Business District, Centro Urbano; vol.= volumen; pop.= población.

a: Valores específicos de Amarillo de cambio y rojo de despeje deben ser determinados por guías o prácticas locales.

*Fuente:* (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

La tasa de flujo de demanda para todos los movimientos controlados por semáforo debe ser dada. Si existe un movimiento que no tiene señal pero su tasa de flujo no ha sido dada, este movimiento debe ser excluido del cálculo de la demora del acceso y de la intersección.

#### *Tasa de flujo de giro a la derecha en rojo*

Se define como el volumen de vehículos que giran a la derecha en la intersección cuando la indicación del semáforo está en rojo, dividido para la duración del período de análisis. Usualmente se expresa como tasa de flujo horario sin embargo, puede representar un período de análisis menor a 1 hora.

Es complicado asumir esta tasa de flujo de demanda debido a varios factores que varían de intersección a intersección por lo que ésta debe ser medida en el campo en tanto sea posible. Si el análisis se basa en condiciones futuras o si la tasa de flujo de demanda no se conoce de los datos de campo entonces se debe asumir que para cada giro a la derecha la tasa de flujo de demanda es igual a 0 veh/h.

#### *Porcentaje de vehículos pesados*

Un vehículo pesado se define como cualquier vehículo con más de 4 llantas tocando el pavimento. Los buses locales que paran en el área de la intersección no son incluidos en la cantidad de vehículos pesados. El porcentaje de pesados representa la cantidad de vehículos pesados que llegan a la intersección durante el período de análisis dividido para el total de vehículos registrado en el mismo período.



### Factor de hora pico de la intersección

Un factor de hora pico para toda la intersección se calcula con la fórmula:

$$PHF = \frac{n_{60}}{4n_{15}} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde:

PHF: Factor de hora pico.

$n_{60}$ : Cantidad de vehículos en un período de 1h (veh)

$n_{15}$ : Cantidad de vehículos durante un período de 15min máximos (dentro del período de 1 hora presentado en el numerador)

Se ingresa un solo factor de hora pico para la intersección, este factor luego se aplica individualmente para cada movimiento de tráfico, típicamente se encuentra en un rango de 0,80 y 0,95.

### Proporción de pelotón

Se usa para describir la calidad de la progresión del semáforo correspondiente a un grupo en movimiento, se registra como la tasa de flujo de demanda durante la indicación verde dividido para la tasa de flujo de demanda promedio. Estos valores típicamente se encuentran en un rango de 0,33 a 2,0.

**Tabla 5.** Relación entre el tipo de llegada y la calidad de la progresión.

Proporción de pelotón	Tipo de llegada	Calidad de progresión
0,33	1	Muy pobre
0,67	2	Desfavorable
1,00	3	Llegadas aleatorias
1,33	4	Favorable
1,67	5	Altamente favorable
2,00	6	Excepcionalmente favorable

Fuente: (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

Para giros a la izquierda protegidos o giros a la izquierda protegidos-permitidos operando en un carril exclusivo, la proporción de pelotón se usa para describir la calidad de la progresión durante la fase de giro asociada (por ejemplo el período protegido). Por lo tanto, la proporción de pelotón está basada en la tasa de flujo durante la indicación en verde de la fase de giro a la izquierda.



Para giros a la izquierda permitidos operando en un carril exclusivo, la proporción de pelotón se usa para describir la calidad de progresión durante el período permitido. Por lo tanto, la proporción de pelotón se basa en la tasa de flujo de giro a la izquierda durante la indicación de verde de la fase que le da paso a la operación permitida.

Para giros a la derecha protegidos-permitidos operando en un carril exclusivo, la proporción de pelotón es usada para describir la calidad de la progresión durante el periodo permitido (incluso si se permite la operación de un giro a la derecha protegido durante la fase de giro a la izquierda complementaria de la calle que cruza). Por lo tanto, la proporción de pelotón se basa en la tasa de flujo a la derecha durante la señal de verde de la fase que da paso a la operación permitida.

Para los movimientos rectos servidos por carriles exclusivos (no hay carriles compartidos en el acceso), la proporción de pelotón para el grupo de movimiento recto, se basa en la tasa de flujo recto durante la señal de verde asociada a la fase.

Para todos los movimientos a los que sirve la división de fases, la proporción de pelotón se basa en su tasa de flujo de demanda durante la señal en verde de la fase común.

Para las aproximaciones de la intersección con uno o más carriles compartidos, se registra una sola proporción de pelotón para el grupo de movimientos compartidos basado en la tasa de flujo de todos los carriles compartidos (más algún carril exclusivo recto que también se sirve) durante la señal de verde de la fase común.

La proporción de pelotón para un grupo de movimientos puede ser estimada desde la información recolectada en el campo usando la siguiente ecuación:

$$R_p = \frac{P}{g/C} \quad \text{Ecuación 4.}$$

Donde:

$R_p$ : Proporción de pelotón,

P: Proporción de vehículos llegando durante la señal de verde (decimal).

g: tiempo de verde efectivo (s),

C: longitud del ciclo (s).

P se registra como la cantidad de vehículos que llegan a la intersección durante la señal de verde dividido para la cantidad de vehículos que llega durante todo el ciclo. Es un valor promedio que representa las condiciones durante el período de análisis.

Si el análisis de la intersección en estudio se maneja con condiciones futuras o las variables de la ecuación anterior no se conocen de la información del campo, la proporción de pelotón se puede estimar usando la Tabla 5. La Tabla 6 contiene lineamientos para seleccionar el tipo de llegada para movimientos rectos, los lineamientos consideran un espaciado típico de señal y la provisión de coordinación de señales (del semáforo). El tipo de arribo 3 es asumido usualmente para giros.

**Tabla 6.** Lineamientos para la selección del tipo de llegada

<b>Tipo de arribo</b>	<b>Espaciado típico de señal (pies)</b>	<b>Condiciones bajo las cuales es probable que ocurra el tipo de arribo</b>
1	$\leq 1.600$	Operación coordinada en una calle de doble sentido donde la dirección en estudio no recibe buena progresión.
2	$>1.600 - 3.200$	Versión menos extrema que el tipo de arribo 1.
3	$>3.200$	Señales aisladas o señales coordinadas ampliamente espaciadas.
4	$>1.600 - 3.200$	Operación coordinada en una calle de doble sentido donde la dirección en estudio recibe buena progresión.
5	$\leq 1.600$	Operación coordinada en una calle de doble sentido donde la dirección en estudio recibe buena progresión.
6	$\leq 800$	Operación coordinada en una calle de un sentido con redes densas y centros comerciales.

*Fuente:* (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

Para una mejor elección de tipo de arribo, a continuación se describe con amplitud cada uno:

- Tipo de arribo 1: se caracteriza por un pelotón denso de más del 80% del volumen del grupo de movimiento llegando al inicio del intervalo en rojo. Este tipo de arribo se asocia usualmente con segmentos cortos con una



progresión pobre en la dirección de viaje en estudio (y posiblemente una buena progresión para la otra dirección).

- Tipo de arribo 2: se caracteriza por un pelotón con densidad moderada llegando en medio del intervalo rojo o un pelotón disperso con un 40% a 80% del volumen del grupo de movimiento llegando a través del intervalo en rojo. Este tipo de arribo se asocia usualmente con segmentos de longitud promedio con progresión no favorable en la dirección de viaje en estudio.
- Tipo de arribo 3: describe una de dos condiciones: si las señales que delimitan el segmento están coordinadas, este tipo de llegada se caracteriza por un pelotón que contiene menos del 40% del volumen del grupo de movimiento que llega en parte durante el intervalo rojo y en parte durante el intervalo verde. Si las señales no están coordinadas, entonces este tipo de llegada se caracteriza por los pelotones que llegan a la intersección en estudio en diferentes puntos en el tiempo durante el transcurso del período de análisis para que las llegadas sean efectivamente aleatorias.
- Tipo de llegada 4: se caracteriza por una densidad moderada de pelotón llegando a mitad del intervalo verde o pelotón disperso con el 40% a 80% del volumen del grupo de movimiento llegando a través del intervalo verde. Este tipo de arribo es usualmente asociado con segmentos de longitud promedio con progresión favorable en la dirección de viaje en estudio.
- Tipo de arribo 5: se caracteriza por un pelotón denso de más del 80% del volumen del grupo de movimiento llegando al inicio del intervalo verde. Este tipo de arribo está asociado con segmentos cortos con progresiones altamente favorables en la dirección de viaje en estudio y bajo a moderado número de entradas laterales de la calle.
- Tipo de arribo 6: se caracteriza por un pelotón denso de más del 80% del volumen del grupo de movimiento llegando al inicio del intervalo verde. Este tipo de arribo ocurre solo en segmentos muy cortos con progresiones excepcionalmente favorables en la dirección de viaje en estudio y entradas laterales insignificantes. Está reservado para rutas en redes con señales densas, posiblemente de un sentido.

#### *Factor de ajuste de filtrado aguas arriba (I)*

Este factor explica el efecto de una señal aguas arriba en las llegadas de los vehículos del grupo de movimiento estudiado. Específicamente, este factor refleja la forma en que la señal aguas arriba cambia la variación del número de arribos por ciclo, la variación disminuye cuando la relación volumen-capacidad



incrementa, lo cual puede reducir la frecuencia de falla del ciclo y el retraso (demora) resultante. El factor de ajuste de filtrado varía de 0,09 a 1,0, un valor de 1,0 es apropiado para una intersección aislada (que esté a 0,6 millas o más de la intersección aguas arriba señalizada más cercana), un valor menos de 1,0 es apropiado para las intersecciones no aisladas, la siguiente ecuación se usa para calcular este factor.

$$I = 1,0 - 0,91X_u^{2,68} \geq 0,090 \quad \text{Ecuación 5.}$$

Donde:

I: factor de ajuste de filtrado de aguas arriba,

$X_u$ : Relación ponderada de la razón volumen-capacidad para todos los movimientos aguas arriba que contribuyen al volumen del grupo de movimiento en estudio.

La variable  $X_u$  se calcula como el promedio ponderado con la relación volumen-capacidad de cada movimiento aguas arriba contribuyente ponderado por su volumen de descarga. Para análisis de planificación y diseño,  $X_u$  se puede aproximar como la relación volumen-capacidad que contribuye el movimiento recto en la intersección señalizada aguas arriba. El valor de  $X_u$  usado en la ecuación anterior no puede exceder el valor de 1,0.

### Cola inicial

Representa la cola presente al inicio del período de análisis para el grupo de movimiento estudiado. Esta cola se crea cuando la sobresaturación se mantiene durante tiempo prolongado. La cola inicial se puede estimar al monitorear el conteo de la cola continuamente durante cada uno de los tres ciclos consecutivos que ocurren justo antes del inicio del período de análisis. Se registra el conteo más pequeño observado durante cada ciclo. La estimación inicial de la cola es igual al promedio de los tres conteos, esta no debe incluir vehículos en la cola debido a fluctuaciones aleatorias ciclo por ciclo.

La cola inicial tiene un efecto significativo en la demora y puede variar ampliamente entre las intersecciones y los movimientos del tráfico. Si no es posible obtener una estimación inicial de la cola, entonces el período de análisis debe establecerse de modo que se sepa que el período anterior tiene una demanda menor que la capacidad y no una cola residual.

### Tasa de flujo de saturación base

Representa la máxima tasa de flujo para un carril de tráfico medido en la línea de parada durante la indicación en verde. La tasa de flujo de saturación base



representa la tasa de flujo de saturación para un carril de 12 pies de ancho, sin vehículos pesados, sin pendiente, sin estacionamientos, sin buses que paran en la intersección, incluso la utilización de los carriles y no hay giro de vehículos. Típicamente, se selecciona una tasa base expresada en pasajeros de vehículos por vehículo por carril para representar todas las intersecciones semaforizadas de la jurisdicción (o área) entre las cuales se ubica la intersección en estudio.

### Factor de ajuste por uso de carriles

Este factor explica la distribución desigual del tráfico entre los carriles de grupos de movimiento con más de un carril exclusivo. Este factor proporciona un ajuste a la tasa de flujo de saturación base para tener en cuenta el uso desigual de los carriles. El factor de ajuste no se usa a menos que un grupo de movimiento tenga más de un carril exclusivo. El factor de ajuste por uso de carril se calcula con la Ecuación 6.

$$f_{LU} = \frac{v_g}{N_e v_{g1}} \quad \text{Ecuación 6.}$$

Donde:

$f_{LU}$ : Factor de ajuste de utilización de carriles.

$v_g$ : Tasa de flujo de demanda para el grupo de movimiento (veh/h),

$v_{g1}$ : Tasa de flujo de demanda en el carril exclusivo con mayor tasa de flujo de todos los carriles exclusivos del grupo de movimiento (veh/h/ca),

$N_e$ : Número de carriles exclusivos para el grupo de movimientos (ca).

Se utiliza un factor igual a 1,0 cuando el grupo de movimiento solo tiene un carril o se puede asumir que hay una distribución uniforme del tráfico en todos los carriles exclusivos del grupo de movimiento. Valores inferiores a 1,0 se usan cuando el tráfico no se distribuye uniformemente. A medida que la demanda se aproxima a la capacidad el factor de utilización de carril se aproxima a 1,0 porque los conductores tienen menos oportunidad de seleccionar su carril.

Se puede usar un valor por defecto para este factor cuando los conductores eligen aleatoriamente entre los carriles exclusivos del acceso de la intersección. Los factores no se aplican a condiciones especiales (por ejemplo caídas cortas de carriles o rampas de acceso a autopistas en sentido descendente) que podrían causar que los conductores elijan intencionalmente la posición de su carril en función de una maniobra en sentido descendente anticipada. La Tabla 7 presenta valores por defecto para factores de ajuste por uso de carriles para diferentes grupos de movimientos y números de carriles.

**Tabla 7.** Factores por defecto para el ajuste de utilización de carril

Grupo de movimiento	Número de carriles en el grupo de movimiento (ca)	Tráfico en el carril más transitado (%)	Factor de ajuste por utilización de carril $f_{LU}$
Exclusivo recto	1	100,0	1,000
	2	52,5	0,952
	3 <sup>a</sup>	36,7	0,908
Exclusivo Giro a la izquierda	1	100,0	1,000
	2 <sup>a</sup>	52,5	0,971
Exclusivo giro a la derecha	1	100,0	1,000
	2 <sup>a</sup>	56,5	0,885

Nota: <sup>a</sup>: si un grupo de movimiento tiene más carriles que los mostrados en esta tabla, se recomienda que se hagan conteos en campo o que se use el valor del factor más pequeño mostrado para ese tipo de grupo de movimiento.

Fuente: (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

A medida que la demanda se acerca a la capacidad, el analista debe usar los factores de utilización de carriles que son más cercanos a 1 que los ofrecidos en la Tabla 7. Este refinamiento del valor del factor reconoce que una mayor relación volumen-capacidad se asocia con un uso más uniforme de los carriles disponibles porque se reduce la oportunidad de que los conductores elijan un carril con libertad.

#### Tasa de flujo de peatones

Está basado en la cantidad de peatones circulando por el paso cebra y que se cruza con los vehículos que giran a la derecha desde el acceso en estudio durante el período de análisis. Por ejemplo, la tasa de flujo de peatones para la el flujo del acceso que va hacia el este describe el flujo de peatones en el paso cebra del acceso norte. Se debe hacer un conteo separado para cada dirección de cruce de paso cebra.

#### Tasa de flujo de bicicletas

Está basado en el conteo de bicicletas cuyo carril es cruzado por los vehículos que giran a la derecha desde el acceso en estudio durante el período de análisis. Las bicicletas pueden circular por el espaldón o por un carril bici. Cualquier tráfico de bicicleta circulando en el carril derecho con vehículos motorizados no debe ser incluido en este conteo. Esta interacción no se modela con esta metodología.

### Tasa de maniobras de estacionamiento en la calle

Representa el conteo de maniobras de estacionamiento que se producen en un acceso de la intersección según lo medido durante el período de análisis. Se considera que se produce una maniobra influyente adyacente a un grupo de movimiento dentro de una zona que se extiende desde la línea de parada hasta un punto a 250 pies aguas arriba de ella. La maniobra se produce cuando un vehículo entra o sale de un puesto de estacionamiento, si existen más de 180 maniobras/h, se debe usar un límite práctico de 180. En un acceso de doble sentido, las maniobras se cuentan solo para el lado derecho, en una de un solo sentido las maniobras se cuentan por separado para cada lado. El recuento se divide por la duración del período de análisis para producir un volumen por hora.

La tabla 8 proporciona valores predeterminados por defecto para la tasa de maniobra de estacionamiento, estas se estiman para una distancia de 250 pies desde la línea de parada. Los cálculos suponen 25 pies por espacio de estacionamiento y 80% de ocupación. Cada rotación (un automóvil que sale y otro que llega) genera dos maniobras de estacionamiento.

**Tabla 8.** Tasa de maniobras de parqueo por defecto

Tipo de calle	N. de espacios para estacionamientos en 250 pies	Tiempo límite de estacionamiento (h)	Tasa de rotación (veh/h)	Tasa de maniobras (maniobras/h)
Un sentido	10	1	1,0	16
		2	0,5	8
Doble sentido	20	1	1,0	32
		2	0,5	16

*Fuente:* (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

### Tasa de parada de autobuses locales

Representa el número de autobuses locales que se detienen y bloquean el flujo de tráfico en un grupo de movimiento dentro de los 250 pies de la línea de parada (ascendente o descendente) según se mide durante el período de análisis. Un autobús local es un autobús que se detiene para descargar o recoger pasajeros en una parada de autobús. Si existen más de 250 buses/h, entonces debe usarse un límite práctico de 250, el recuento se divide por la duración del período de análisis para producir un volumen por hora.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)



#### **4.7.1.2. Datos de diseño geométrico**

Esta subsección describe los datos de diseño geométrico enumerados en la Tabla 4, los cuales a su vez describen los elementos geométricos de la intersección que influyen en la operación del tráfico.

##### Número de carriles

Representa el número de carriles provistos para cada movimiento de tráfico de la intersección. Para un movimiento de giro, este conteo representa los carriles reservados para el uso exclusivo de vehículos de giro. Los carriles compartidos por dos o más movimientos se incluyen en el conteo de los carriles y se describen como carriles compartidos. Si no se proporcionan carriles de giro exclusivos, entonces se indica que el movimiento de giro tiene cero carriles.

El número de carriles en un acceso depende del volumen de vehículos y la sincronización del semáforo. Con frecuencia, se proporciona un único carril exclusivo de giro a la izquierda cuando el volumen de giro a la izquierda oscila entre 100 y 300 veh/h. De manera similar, a menudo se proporciona un carril doble de giro exclusivo a la izquierda cuando el volumen de giro a la izquierda supera los 300 veh/h. A menudo se proporciona un carril exclusivo de giro a la derecha cuando el volumen del giro a la derecha supera los 300 veh/h y el volumen adyacente supera los 300 veh/h/ca.

##### Ancho de carril promedio

Representa el ancho promedio de los carriles en un grupo de movimiento. El ancho promedio mínimo de los carriles es de 8 pies. Los anchos de carril estándar son de 12 pies. Se pueden incluir anchos de carril de más de 16 pies; sin embargo, el analista debe considerar si el ancho de carril realmente funciona como dos carriles angostos.

##### Número de carriles de recepción

Representa el conteo de carriles que salen de la intersección. Este número debe determinarse por separado para cada movimiento de giro a la izquierda y a la derecha. La experiencia indica que el giro correcto no se puede ejecutar en algunas intersecciones porque un carril de recepción está frecuentemente bloqueado por vehículos estacionados doble. Por esta razón, el número de carriles receptores debe determinarse a partir de la observación de campo cuando sea posible.



### Longitud del área de giro

Representa la longitud del área para la cual los carriles tienen un ancho completo y en la que se pueden almacenar los vehículos en cola. La longitud del área se mide paralela a la línea central de la carretera. Si hay varios carriles y tienen diferentes longitudes, entonces la longitud ingresada debe ser un valor promedio.

Si se proporciona un carril de giro a la izquierda de doble sentido para el almacenamiento de los vehículos que giran a la izquierda y existen puntos de acceso adyacentes, entonces la longitud del compartimiento ingresada debe representar la longitud de almacenamiento "efectiva" disponible para el movimiento de giro a la izquierda. La determinación de la longitud efectiva se basa en la consideración de los puntos de acceso adyacentes y los vehículos de giro a la izquierda asociados que se pueden almacenar en el carril de doble sentido hacia la izquierda.

### Presencia de aparcamiento en la calle

Indica si se permite el estacionamiento en la calle a lo largo de la línea de bordillo adyacente a un grupo de movimiento y dentro de los 250 pies aguas arriba de la línea de parada durante el período de análisis. En una calle de doble sentido, la presencia de estacionamiento se observa justo en el lado derecho de la calle. En una calle de sentido único, la presencia de estacionamiento en la calle se señala por separado para cada lado de la calle.

### Pendiente del Acceso

Define la pendiente promedio a lo largo del acceso, medida desde la línea de parada hasta un punto a 100 pies aguas arriba de la línea de parada a lo largo de una línea paralela a la dirección de viaje. Una condición cuesta arriba tiene una pendiente positiva, y una condición cuesta abajo tiene una pendiente negativa.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

#### **4.7.1.3. Datos de control de semáforo**

Esta subsección describe los datos de control de señal enumerados en la Tabla 4, son específicos de un semáforo que se opera de manera preprogramada, semi accionada, completamente accionada o coordinada.



### Tipo de control de semáforo

El control del semáforo de intersección es una entrada en la metodología, puede ser preestablecido o control accionado. El control preestablecido se puede describir como coordinado (o coordinado preestablecido) si la intersección es parte de un sistema de semáforos. El control accionado se puede describir como completamente accionado, semiactuado o coordinado.

### Secuencia de fase

Describe el orden de servicio proporcionado a cada movimiento de tráfico. Esta definición se restringe aquí para limitar la secuencia de fases al orden en que se sirven los movimientos de giro a la izquierda en relación con los movimientos de cruce. Las opciones de secuencia abordadas en la metodología incluyen fase sin giro a la izquierda, fase inicial de giro a la izquierda, fase de desvío a la izquierda y fase de división.

### Modo operativo de giro a la izquierda

Describe cómo el semáforo le da el derecho de paso al movimiento de giro a la izquierda. Puede ser descrito como permitido, protegido o protegido-permitido.

### Duración verde: Control preestablecido

Para un análisis de la operación preestablecida, la duración del intervalo verde es una entrada a la metodología, los valores típicos son similares a los de máximo verde en el control actuado: 15 a 30 s para las fases de giro a la izquierda, 20 a 40s para las fases que sirven al movimiento recto en la acceso de la calle secundaria y 30 a 60 s para las fases que sirven al movimiento recto de la acceso de la calle principal.

### Mínimo verde

Representa la menor cantidad de tiempo que se muestra la indicación de verde cuando se activa una fase del semáforo. Su duración se basa en la consideración del tiempo de reacción del conductor, el tamaño de la cola y la expectativa del conductor. El verde mínimo suele oscilar entre 4 y 15 s, y los valores más cortos en este rango se utilizan para las fases en las que se realizan movimientos de giro y de menor volumen. Para las intersecciones sin pulsadores de peatones, el ajuste mínimo de verde también puede ser lo suficientemente largo como para permitir que los peatones reaccionen a la indicación del semáforo y crucen la calle.

### Cambio amarillo y rojo de despeje (todo rojo)

Ambos se ingresan para cada fase del semáforo, el intervalo de cambio amarillo pretende alertar al conductor sobre la presentación inminente de una indicación



roja. El rango oscila entre 3 y 6 s, los valores más largos de este rango se utilizan en fases que sirven movimientos de alta velocidad.

El intervalo de rojo de despeje se puede usar para permitir que transcurra un breve tiempo después de la indicación amarilla, durante la cual los principales intervalos de señal asociados con la fase final y todas las fases en conflicto muestran una indicación roja. Si se utiliza, el intervalo todo rojo suele ser de 1 o 2 s.

### Caminata

El intervalo de caminata está destinado a dar a los peatones el tiempo adecuado para percibir la indicación de cruce de peatones y abandonar la acera antes de que comience el intervalo de paso de peatones.

Para una fase actuada o no coordinada, el intervalo de caminata se establece típicamente en el valor mínimo necesario para la percepción del peatón y la salida del bordillo. Muchas agencias consideran que este valor es de 7 s; sin embargo, algunas agencias usan tan poco como 4 s. Las duraciones de caminata más largas deben ser consideradas en zonas escolares y áreas con un gran número de peatones ancianos.

Para una fase preestablecida, el intervalo de caminata a menudo se establece en un valor igual a la duración del intervalo verde necesario para el servicio del vehículo menos la configuración de despeje peatonal (siempre que el intervalo resultante exceda el tiempo mínimo necesario para la percepción del peatón y la salida de la acera).

Para una fase coordinada, el controlador a veces se configura para usar un modo de coordinación que extiende el intervalo de caminata durante la mayor parte de la duración del intervalo verde. Si no se utilizan estos ajustes, se asume que cualquier ajuste peatonal necesario se proporciona en el ajuste de verde mínimo.

### Despeje peatonal

El intervalo de paso peatonal está destinado a proporcionar tiempo a los peatones que salen de la acera durante la indicación de caminata para llegar a la acera opuesta (o la mediana). Algunas agencias establecen que el despeje para peatones es igual al "tiempo de cruce", donde el tiempo de cruce es igual a la distancia de cruce de acera a acera dividida por la velocidad de peatón de 3,5 pies/s. Otras agencias establecen que el despeje de peatones es igual al tiempo de cruce menos el período de cambio del vehículo (es decir, los intervalos combinados de amarillo de cambio y despeje en rojo). Esta elección depende de la política y la práctica de la agencia. Durante este intervalo se muestra una indicación de *no cruzar* parpadeando.

Duración del ciclo: Control coordinado-actuado o preestablecido

Es el tiempo transcurrido entre los finales de dos presentaciones secuenciales de un intervalo verde de fase coordinada. Se necesita una longitud de ciclo para el control preestablecido y para el control de actuación coordinada.

*Valor por defecto.* La longitud del ciclo utilizada para un sistema de señal coordinado a menudo representa un valor basado en la capacidad de intersección, el tamaño de la cola, la secuencia de fase, la longitud del segmento, la velocidad y la calidad de la progresión. La consideración de estos factores conduce a las longitudes de ciclo predeterminadas (por defecto) que se muestran en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Valores predeterminados (por defecto) para la longitud del ciclo

Longitud promedio del segmento (pies) <sup>a</sup>	Longitud del ciclo por tipo de calle y fase de giro a la izquierda (s) <sup>b</sup>					
	Calle arterial principal			Calle arterial secundaria o red de cuadrícula		
	Sin fase de giro a la izquierda	Fase de giro a la izquierda en una calle	Fase de giro a la izquierda en ambas calles	Sin fase de giro a la izquierda	Fase de giro a la izquierda en una calle	Fase de giro a la izquierda en ambas calles
1.300	90	120	150	60	80	120
2.600	90	120	150	100	100	120
3.900	110	120	150	-	-	-

<sup>a</sup>: longitud promedio en base de todos los segmentos del sistema de semáforo

<sup>b</sup>: la columna de fase de giro a la izquierda seleccionada debe describir la secuencia de fase en las intersecciones con mayor volumen del sistema

*Fuente:* (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

**4.7.1.4. Otros datos**

Esta subsección describe los datos enumerados en la Tabla 4 que se clasifican como "otros" datos.

Duración del Periodo de Análisis

El periodo de análisis es el intervalo de tiempo considerado para la evaluación. Su duración varía de 15 min a 1 h, las duraciones más largas de este rango son usadas a veces para análisis de planificación. En general, el analista debe tener



cuidado al interpretar los resultados de un período de análisis de 1 hora o más, ya que es posible que no se detecte el impacto adverso de los picos cortos en la demanda de tráfico.

Cualquier período de interés de 15 minutos se puede evaluar con la metodología; sin embargo, una evaluación completa siempre debe incluir un análisis de las condiciones durante el período de 15 minutos que experimenta la mayor demanda de tráfico durante un período de 24 horas.

Los análisis operacionales requieren un período de análisis de 15 minutos, esta duración captará con precisión los efectos adversos de los picos de demanda. La mayoría de los análisis de planificación utilizan un período de análisis de 15 minutos, sin embargo, un periodo de análisis de 1 h puede ser usado si es apropiado.

### Límite de velocidad

La metodología se basa en el supuesto de que el límite de velocidad publicado es (a) coherente con los límites de velocidad que se encuentran en otras calles del sector de la intersección en estudio y (b) es coherente con la política del organismo con respecto a la especificación de los límites de velocidad. Si se sabe que el límite de velocidad publicado no satisface estas suposiciones, entonces el valor del límite de velocidad que se ingresa a la metodología debe ajustarse para que sea consistente con las suposiciones.

### Tipo de área

Indica si una intersección se encuentra en un entorno de tipo Central Business District (CBD), en castellano Centro Urbano de Negocios. Se considera que una intersección está en un CBD o en un tipo de área similar cuando sus características incluyen derechos de vía estrechos, frecuentes maniobras de estacionamiento, bloqueos de vehículos, actividad de taxis y autobuses, radios de giro pequeños, uso limitado de carriles exclusivos para giros, actividad peatonal elevada y población densa. El progreso de saturación promedio en las intersecciones en áreas con características similares a CBD es significativamente más largo que en las intersecciones en áreas que son menos limitadas y menos intensas visualmente.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

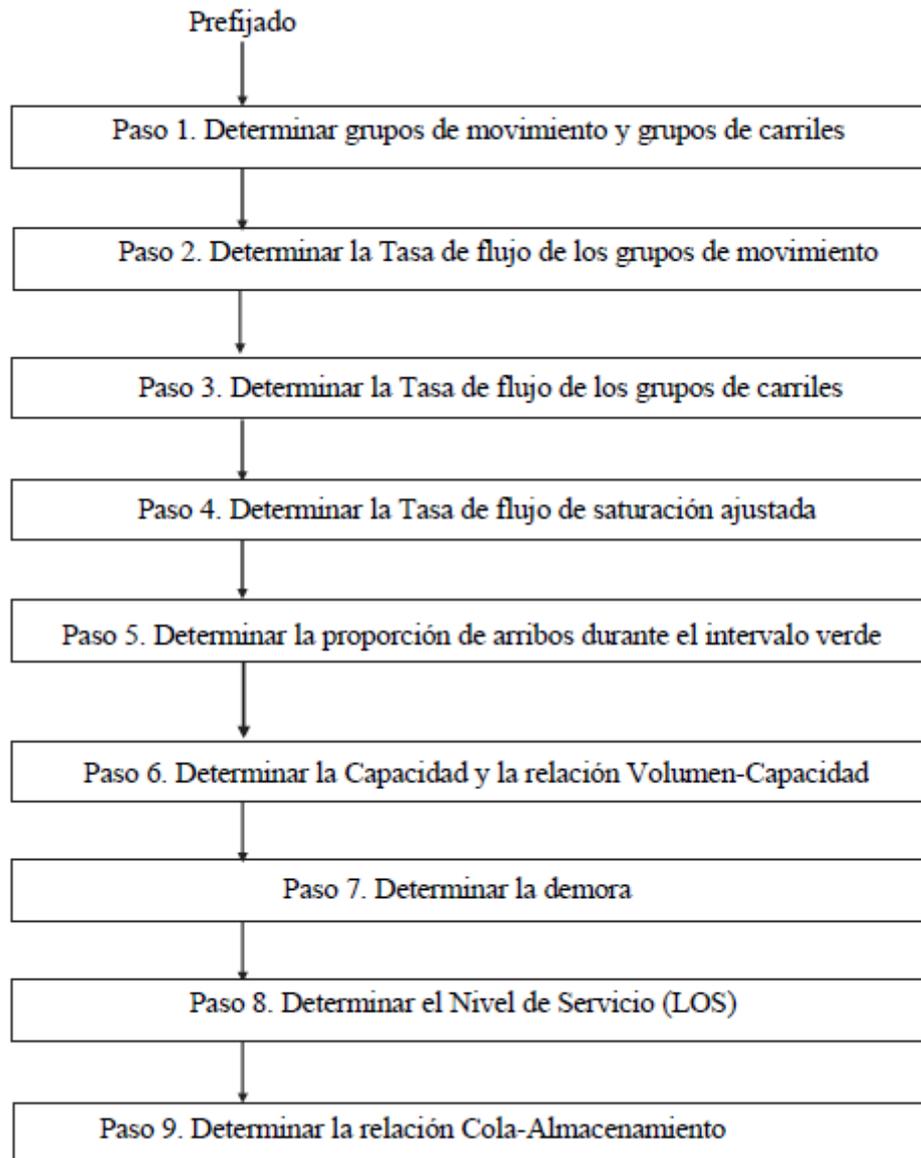


#### 4.8. Visión general de la metodología

La Figura 3 identifica la secuencia de cálculos necesarios para estimar las medidas de rendimiento de intersecciones semaforizadas al servicio de los vehículos motorizados. En el primer paso de la metodología se determinan los grupos de carriles asociados a cada acceso de la intersección, estos grupos de carriles representan la unidad básica de análisis. Cada grupo de carril se evalúa por separado y los resultados se expanden a los niveles de acceso e intersección posteriormente.

El segundo y tercer paso se usan para determinar cómo los conductores de giro a la izquierda, recto y de giro a la derecha se distribuyen entre los grupos de carriles en cada intersección. El cuarto paso se usa para predecir la tasa de flujo de saturación para cada grupo de carril según las condiciones prevalecientes. El quinto paso se utiliza para cuantificar el efecto de los semáforos aguas arriba en el volumen de vehículos de llegada para cada grupo de carril. En el sexto paso se evalúa la capacidad del grupo de carril en términos de la relación tasa de flujo con la capacidad, la cual se usa en el paso 7 para estimar el control de demora para cada grupo de carril. Este control de demora estimado se usa en el paso 8 para estimar el nivel de servicio de cada grupo de carril, acceso e intersección. El noveno paso se puede usar opcionalmente para estimar la longitud de la cola del grupo de carril y la relación de almacenamiento.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)



**Figura 3.** Metodología para vehículos motorizados en Intersecciones semaforizadas

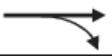
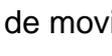
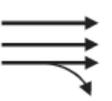
*Fuente:* (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

#### 4.8.1. Pasos computacionales

##### 4.8.1.1. Paso 1: Determinar grupos de movimientos y grupos de carriles

Los grupos de movimiento y los grupos de carril se establecen por separado para cada acceso de la intersección.

La Figura 4 muestra algunos grupos de movimientos y grupos de carriles comunes.

No. de carriles	Movimientos por carriles	Grupos de movimientos (MG)	Grupos de carriles (LG)
1	Izquierda, recto, derecha: 	MG 1: 	LG 1: 
2	Exclusivo a izquierda:  Recto y derecha: 	MG 1:  MG 2: 	LG 1:  LG 2: 
3	Izquierda y recto:  Recto y derecha: 	MG 1: 	LG 1:  LG 2: 
4	Exclusivo a izquierda:  Exclusivo a izquierda:  Recto:  Recto:  Recto y derecha: 	MG 1:  MG 2: 	LG 1:  LG 2:  LG 3: 

**Figura 4.** Grupos de movimientos y grupos de carriles típicos

*Fuente:* (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

##### Determinar grupos de movimiento

Para determinar los grupos de movimiento en intersección se utilizan las siguientes reglas:

- Un movimiento de giro servido por uno o más carriles exclusivos y no compartidos debe ser designado como un grupo de movimiento.
- Cualquier carril no asignado a un grupo por la regla anterior debe ser combinado en un grupo de movimiento.



Estas reglas dan como resultado la designación de uno a tres grupos de movimiento para cada acceso. Un grupo de movimiento puede incluir uno o más carriles.

#### Determinar los grupos de carril

Un grupo de carriles puede incluir uno o más carriles. Para determinar los grupos de carriles para cada acceso se utilizan las siguientes reglas:

- Un carril o carriles exclusivos para giro a la izquierda deben designarse como un grupo de carril separado. Lo mismo se aplica para carril exclusivo de giro a la derecha.
- Cualquier carril compartido debe designarse como un grupo de carril separado.
- Los carriles que no sean de giro exclusivo o carriles compartidos se deben combinar en un grupo de carriles.

Estas reglas dan como resultado la designación de una o más de las siguientes posibilidades de grupo de carril para un acceso de una intersección:

- Carril (o carriles) exclusivo de giro a la izquierda,
- Carril (o carriles) exclusivo recto,
- Carril (o carriles) exclusivo de giro a la derecha,
- Carril compartido de giro a la izquierda y recto,
- Carril compartido de giro a la izquierda y recto,
- Carril compartido de giro a la derecha y por carril, y
- Carril compartido de giro a la izquierda, recto y de giro a la derecha.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

#### **4.8.1.2. Paso 2: Determinar la tasa de flujo del grupo de movimiento**

Si un movimiento de giro se hace con uno o más carriles exclusivos sin carriles compartidos, la tasa de flujo de ese movimiento se asigna a un grupo de movimiento para los carriles exclusivos.

La tasa de flujo del giro a la derecha en rojo se resta de la tasa de flujo de giro a la derecha, independientemente de si el giro se produce desde un carril compartido o exclusivo. El volumen reducido de giro a la derecha se utiliza para calcular la capacidad y el nivel de servicio en los pasos posteriores.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)



#### 4.8.1.3. Paso 3: Determinar la tasa de flujo del grupo de carriles

Si no hay carriles compartidos en la intersección o los accesos o si el acceso tiene solo un carril, hay una correspondencia uno a uno entre grupos de carril y grupos de movimiento. En esta situación, la tasa de flujo del grupo de carriles es igual a la tasa de flujo del grupo de movimiento.

Si hay uno o más carriles compartidos en el acceso y dos o más carriles, entonces la tasa de flujo del grupo de carriles se calcula mediante el procedimiento descrito en la Sección 2 del Capítulo 31 en la subsección titulada Tasa de flujo del grupo de carriles en las aproximaciones de varios carriles. Este procedimiento se basa en el deseo de los conductores de elegir el carril que minimiza su tiempo de servicio en la intersección, donde se utiliza la relación volumen-flujo de saturación del carril para estimar las diferencias relativas entre carriles en este tiempo.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

#### 4.8.1.4. Paso 4: Determinar la tasa de flujo de saturación ajustada

La tasa de flujo de saturación base se proporciona como un dato de entrada para este cálculo. La tasa de flujo de saturación calculada se conoce como ajustada porque refleja la aplicación de varios factores que ajustan la tasa de flujo de saturación base a las condiciones específicas presentes en el acceso de estudio de la intersección.

El procedimiento descrito en este paso se aplica a grupos de carriles que consisten en un carril (o carriles) exclusivo que operan en un modo protegido preestablecido y sin interacción de peatones o bicicletas. Cuando estas condiciones no se cumplen, los procedimientos complementarios descritos en las Secciones 2 y 3 del Capítulo 31 deben combinarse con los procedimientos de este paso para calcular la tasa de flujo de saturación ajustada.

La Ecuación 7 se usa para calcular la tasa de flujo de saturación ajustada por carril del grupo de carriles en estudio:

$$s = s_o f_w f_{HVg} f_p f_{bb} f_a f_{lu} f_{rt} f_{lt} f_{Lpb} f_{Rpb} f_{wz} f_{ms} f_{sp} \quad \text{Ecuación 7.}$$

Donde:

$s$ : Tasa de flujo de saturación (veh/h/ca),

$s_o$ : Tasa de flujo de saturación base (pc/h/ca),

$f_w$ : Factor de ajuste por ancho de carril,

$f_{HVg}$ : Factor de ajuste por vehículos pesados y pendiente,



- $f_p$ : Factor de ajuste por existencia de carril de estacionamiento y actividad de estacionamiento junto a un grupo de carriles,
- $f_{bb}$ : Factor de ajuste por efecto de bloqueo de buses locales que paran en el área de intersección,
- $f_a$ : Factor de ajuste por tipo de área,
- $f_{lu}$ : Factor de ajuste por utilización de carril,
- $f_{lt}$ : Factor de ajuste por la presencia de vehículos que giran a la izquierda en un grupo de carriles,
- $f_{rt}$ : Factor de ajuste por la presencia de vehículos que giran a la derecha en un grupo de carriles
- $f_{Lpb}$ : Factor de ajuste de peatones para grupos que giran a la izquierda,
- $f_{Rpb}$ : Factor de ajuste de peatones-bicicleta para grupos que giran a la derecha,
- $f_{wz}$ : Factor de ajuste por la presencia de zonas de trabajo en la intersección,
- $f_{ms}$ : Factor de ajuste por bloqueo de carril aguas abajo, y
- $f_{sp}$ : Factor de ajuste por vertido de vuelta sostenido.

A continuación se describirán todos los factores de ajuste listados:

Tasa de flujo de saturación base

Representa la tasa de flujo promedio esperada para un carril de tráfico recto que tiene condiciones geométricas y de tráfico que corresponden a un valor de 1 para cada factor de ajuste. Normalmente, se selecciona una tasa base para representar todas las intersecciones semaforizadas en el área dentro de la cual se encuentra la intersección en estudio. Los valores predeterminados (por defecto) para esta tasa se proporcionan en la Tabla 4.

Ajuste por ancho de carril

El factor de ajuste de ancho de carril  $f_w$  explica el impacto negativo de los carriles estrechos en la tasa de flujo de saturación y permiten una mayor tasa flujo en los carriles anchos. Los valores de este factor se enumeran en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Factor de ajuste por ancho de carril

Ancho de carril promedio (pies)	Factor de ajuste fw
<10.0 <sup>a</sup>	0,96
>= 10,0 – 12,9	1,00
>12,9	1,04

Nota: <sup>a</sup> los factores se aplican a anchos de carril promedio de 8 o más pies.

Fuente: (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

Los carriles estándar son de 12 pies de ancho, el factor de ancho de carril se debe usar con precaución para anchos de carril mayores de 16 pies, o se puede



realizar un análisis de dos carriles angostos. El uso de dos carriles angostos siempre resultará en una mayor tasa de flujo de saturación que un solo carril ancho, pero, en cualquier caso, el análisis debe reflejar la forma en que realmente se usa o se espera que se use el ancho. En ningún caso, se debe usar este factor para estimar la tasa de flujo de saturación de un grupo de carriles con un ancho de carril promedio menor a 8,0 pies.

#### Ajuste por vehículos pesados y pendiente

El factor de ajuste por pendiente y vehículos pesados  $f_{HVg}$  representa el efecto combinado de los vehículos pesados y la pendiente del acceso en la tasa de flujo de saturación.

El componente de vehículos pesados de este factor explica el espacio adicional ocupado por los vehículos pesados y la diferencia en sus capacidades operativas en comparación con los automóviles de pasajeros. El componente de la pendiente explica los efectos de la pendiente de acceso en el rendimiento del vehículo, una pendiente cuesta arriba tiene un valor positivo y una pendiente cuesta abajo tiene un valor negativo.

Si la pendiente es negativa (es decir, cuesta abajo), entonces el factor se calcula con la Ecuación 8:

$$f_{HVg} = \frac{100 - 0,79P_{HV} - 2,07P_g}{100} \quad \text{Ecuación 8.}$$

Si la pendiente es a nivel o positiva (cuesta arriba), se usará la Ecuación 9:

$$f_{HVg} = \frac{100 - 0,78P_{HV} - 0,31P_g^2}{100} \quad \text{Ecuación 9.}$$

Donde:

$P_{HV}$ : Porcentaje de vehículos pesados correspondiente al grupo de movimiento (%), y

$P_g$ : Pendiente de acceso correspondiente al grupo de movimiento (%)

Este factor se aplica a porcentajes de vehículos pesados de hasta el 50% y pendientes que van desde -4.0% a +10.0%. Este factor no aborda los autobuses locales que se detienen en el área de intersección.

#### Ajuste por estacionamiento

El factor de ajuste por estacionamiento  $f_p$  explica el efecto de un carril de estacionamiento en el flujo en el grupo de carriles adyacente al carril de estacionamiento. También es responsable del bloqueo ocasional de un carril adyacente por parte de los vehículos que entran y salen de los espacios de estacionamiento. Si no hay estacionamiento, entonces este factor tiene un valor de 1,00, por el contrario, si hay estacionamiento el valor se calcula con la Ecuación 10:

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18Nm}{3.600}}{N} \geq 0,050 \quad \text{Ecuación 10.}$$



Donde:

$N_m$ : Tasa de maniobras de estacionamiento adyacentes al grupo de carriles (maniobras/h), y

$N$ : Número de carriles del grupo de carriles (ca)

La tasa de maniobra de estacionamiento corresponde a las áreas de estacionamiento directamente adyacentes al grupo de carriles y dentro de 250 pies aguas arriba de la línea de parada. Se debe mantener un límite superior práctico de 180 maniobras/h con la Ecuación 10. Un valor mínimo de  $f_p$  de esta ecuación es 0,050. Se supone que cada maniobra (ya sea de entrada o salida) bloquea el tráfico en el carril al lado de la maniobra de estacionamiento durante un promedio de 18s.

El factor se aplica solo al grupo de carril adyacente al estacionamiento. En una calle de un solo sentido con un grupo de carril de un solo carril, el número de maniobras utilizadas es el total para ambos lados del grupo de carril. En una calle de un solo sentido con dos o más grupos de carriles, el factor se calcula por separado para cada grupo de carriles y se basa en el número de maniobras adyacentes al grupo. Las condiciones de estacionamiento con cero maniobras tienen un impacto diferente al de una situación donde no hay estacionamiento.

#### Ajuste por bloqueo de bus

El factor de ajuste por bloqueo de autobús  $f_{bb}$  explica el impacto de los autobuses locales que se detienen para descargar o recoger a pasajeros en una parada de autobús cercana o lejana dentro de los 250 pies de la línea de parada (aguas arriba o aguas abajo). Los valores de este factor se calculan con la Ecuación 11.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3.600}}{N} \geq 0,050 \quad \text{Ecuación 11.}$$

Donde:

$N$ : Número de carriles del grupo de carriles (ca)

$N_b$ :  $N$  es la tasa de paradas de autobús en el acceso en estudio (buses/h).

Este factor se debe utilizar solo cuando la parada de autobuses bloquea el flujo de tráfico en el grupo de carril estudiado. Se debe mantener un límite superior práctico de 250 autobuses/h con la Ecuación 11. Un valor mínimo de  $f_{bb}$  de esta ecuación es 0,050. El factor utilizado aquí supone un tiempo de bloqueo promedio de 14,4s durante la luz verde.

#### Ajuste por tipo de área

El factor de ajuste de tipo de área  $f_a$  explica la ineficiencia de las intersecciones en los centros urbanos de negocios en relación con las de otras ubicaciones. Cuando se usa tiene un valor de 0,90.



El uso de este factor debe determinarse caso por caso. Este factor no se limita a las áreas designadas del CBD, ni tampoco debe usarse para todas las áreas del CBD. En su lugar, debe usarse en áreas donde el diseño geométrico y el tráfico o los flujos de peatones, o ambos, sean tales que los avances de vehículos se aumentan significativamente.

#### Ajuste por la utilización del carril

El factor de ajuste de utilización del carril se utiliza para estimar la tasa de flujo de saturación para un grupo de carriles con más de un carril exclusivo. Si el grupo de carriles tiene un carril compartido o un carril exclusivo, este factor es 1,0.

#### Ajuste por giros a la derecha

El factor de ajuste por giro a la derecha  $f_{RT}$  está destinado principalmente a reflejar el efecto de la geometría de trayectoria de giro a la derecha en la tasa de flujo de saturación. El valor de este factor de ajuste se calcula con la Ecuación 12.

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R} \text{ Ecuación 12.}$$

Donde:

$E_R$ : Número equivalente de vehículos de paso para un vehículo protegido que gira a la derecha (= 1,18).

Si el movimiento de giro a la derecha comparte un carril con otro movimiento o tiene una operación permitida, entonces debe usarse el procedimiento descrito en la Sección 3 del Capítulo 31 para calcular la tasa de flujo de saturación ajustada para el grupo de carril de carril compartido. El efecto de los peatones y las bicicletas en el giro a la derecha en la tasa de flujo de saturación se considera en un factor de ajuste separado.

#### Ajuste para giros a la izquierda

El factor de ajuste de giro a la izquierda  $f_{LT}$  está destinado principalmente a reflejar el efecto de la geometría de la trayectoria de giro a la izquierda en la tasa de flujo de saturación. El valor de este factor de ajuste se calcula con la Ecuación 13.

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L} \text{ Ecuación 13.}$$

Donde:

$E_L$ : Número equivalente de vehículos de paso para un vehículo protegido que gira a la izquierda (= 1,05).

Si el movimiento de giro a la izquierda comparte un carril con otro movimiento o tiene operación permitida, entonces el procedimiento descrito en la Sección 3 del Capítulo 31 debe usarse para calcular la tasa de flujo de saturación ajustada para el grupo de carril de carril compartido.



### Ajuste para peatones y bicicletas.

El procedimiento para determinar el factor de ajuste de peatones y bicicletas en el giro a la izquierda  $f_{Lpb}$  y en el giro a la derecha  $f_{Rpb}$  se basa en el concepto de ocupación en la zona de conflicto, que explica el conflicto entre vehículos en movimiento, peatones y bicicletas. La ocupación de la zona de conflicto toma en cuenta si el flujo del vehículo opuesto también está en conflicto con el movimiento de giro a la izquierda. La proporción de tiempo verde en que se ocupa la zona de conflicto se determina en función de la ocupación relevante y el número de carriles de recepción para los vehículos que giran. En la Sección 2 del Capítulo 31 se proporciona un procedimiento para calcular estos factores que tienen un valor de 1,0 si no hay peatones o bicicletas presentes.

### Ajuste por Presencia de Zona de Trabajo

El factor de ajuste para la presencia de la zona de trabajo  $f_{wz}$  se utiliza para evaluar el efecto de la presencia de la zona de trabajo (construcción) en la tasa de flujo de saturación. Este factor aborda el caso en el que la zona de trabajo se encuentra en el acceso de la intersección, esto es si una parte o toda la zona de trabajo se encuentra entre la línea de parada y 250 pies aguas arriba de la línea de parada.

Se proporciona un procedimiento para calcular este factor en la Sección 2 del Capítulo 31. El factor tiene un valor de 1,0 si no hay una zona de trabajo presente.

### Ajuste para el bloqueo del carril aguas abajo

El factor de ajuste para el bloqueo de carril aguas abajo  $f_{ms}$  se utiliza para evaluar el efecto de un cierre de carril aguas abajo en la tasa de flujo de saturación. Un cierre de carril descendente es un cierre ubicado aguas abajo de la intersección en estudio. El factor se aplica solo a los grupos de carriles que ingresan al segmento en el que está presente el cierre, el cual puede estar asociado a una zona de trabajo o un evento especial.

Se proporciona un procedimiento para calcular este factor en la Sección 3 del Capítulo 30, Segmentos de calles urbanas: suplementario. El factor tiene un valor de 1,0 si no existe tal bloqueo de carril aguas abajo.

### Ajuste para el vertido de vuelta sostenido (spillback)

El factor de ajuste para vertido de vuelta sostenido  $f_{sp}$  se usa para evaluar el efecto de vertido de vuelta desde la intersección aguas abajo, cuando se produce un vertido de vuelta su efecto se cuantifica como una reducción en la tasa de flujo de saturación de los grupos de carriles ascendentes que ingresan al segmento. Se describe un procedimiento en la Sección 3 del Capítulo 29, Instalaciones de calles urbanas: Suplementario, para evaluar las instalaciones de calles urbanas que experimentan spillback en uno o más segmentos durante el período de análisis. El factor tiene un valor de 1,0 si no se produce un spillback.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)



#### 4.8.1.5. Paso 5: Determinar la proporción de arribos durante el intervalo verde

El control de demora y el tamaño de la cola en una intersección señalizada dependen en gran medida de la proporción de vehículos que llegan durante las indicaciones de señal verde y roja. La demora y el tamaño de la cola son más pequeños cuando una proporción mayor de vehículos llega durante la indicación verde. La Ecuación 14 se utiliza para calcular esta proporción para cada grupo de carril.

$$P = R_p \left( \frac{g}{C} \right) \text{ Ecuación 14.}$$

Donde todas las variables han sido definidas previamente.

La Ecuación 14 requiere el conocimiento del tiempo de verde efectivo  $g$  y la longitud del ciclo  $C$ . Estos valores son conocidos por la operación prefijada.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

#### 4.8.1.6. Paso 6: determinar la Capacidad y la relación Volumen-Capacidad

La Ecuación 15 define la capacidad de un grupo de carril dado que sirve para un movimiento de tráfico y para el cual no hay movimientos permitidos para girar a la izquierda.

$$c = Ns \frac{g}{C} \text{ Ecuación 15.}$$

Donde:

$C$ : capacidad (veh/h) y

Todas las demás variables han sido previamente definidas.

La relación de volumen a capacidad para un grupo de carril se define como la relación del volumen del grupo de carril y su capacidad. Se calcula con la Ecuación 16.

$$X = \frac{v}{c} \text{ Ecuación 16.}$$



Donde:

X: relación volumen-capacidad.

v: tasa de flujo de demanda (veh/h) y,

c: capacidad (veh/h).

La relación volumen-capacidad crítica también se calcula en este paso, las pautas para calcular esta relación se proporcionan en la Sección 4, Extensiones a la Metodología de Vehículos Motorizados.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

#### 4.8.1.7. Paso 7: Determinar la demora

La demora calculada en este paso representa el control de demora promedio experimentado por todos los vehículos que llegan durante el periodo de análisis. Incluye cualquier demora en la que incurran estos vehículos que aún están en la cola después de que finalice el período de análisis. Para un grupo de carril dado se calcula con la Ecuación 17.

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \quad \text{Ecuación 17.}$$

Donde:

d: Control de demora (s/veh),

$d_1$ : Demora uniforme (s/veh),

$d_2$ : Incremento de demora (s/veh), y

$d_3$ : Demora de cola inicial (s/veh).

##### Cálculo de la demora uniforme ( $d_1$ )

La demora uniforme para un grupo de carril dado que sirve a un movimiento de tráfico, y para el cual no hay movimientos permitidos, se calcula utilizando las Ecuaciones 18, 19 y 20.

$$d_1 = PF \frac{0,5c(1-\frac{g}{c})^2}{1-[(1,X)g/C]} \quad \text{Ecuación 18.}$$

Con:

$$PF = \frac{1-P}{1-g/C} X \frac{1-y}{1-\min(1,X)P} X \left[ 1 + y \frac{1-PC/g}{1-g/C} \right] \quad \text{Ecuación 19.}$$



$$y = \min(1, X)g/C \quad \text{Ecuación 20.}$$

Donde:

PF: Factor de ajuste de progresión,

Y: relación de flujo,

P: proporción de vehículos llegando durante la indicación verde (decimal),

G: tiempo de verde efectivo (s), y

C: duración del ciclo (s).

La Ecuación 18 no proporciona una estimación precisa del retraso uniforme para un grupo de carril compartido o un grupo de carril con operación permitida porque estos grupos de carril tienen otros factores que afectan su retraso. Además, esta ecuación no proporciona una estimación precisa de la demora uniforme cuando hay una cola inicial presente para uno o más movimientos de tráfico en la intersección. La Sección 4, Extensiones a la Metodología del Vehículo Motorizado, describe un procedimiento para estimar con precisión el retraso uniforme cuando cualquiera de estas condiciones está presente.

#### Cálculo de la demora de la cola inicial

La demora de cola inicial representa la demora uniforme adicional debido a una cola inicial de vehículos, esta cola es el resultado de una demanda no satisfecha en el período de tiempo anterior. No incluye la demora de ningún vehículo que pueda estar en cola de forma aleatoria debido a las fluctuaciones ciclo por ciclo en la demanda que ocasionalmente excede la capacidad. La demora de la cola inicial es igual a 0,0 s/veh cuando no hay una cola inicial presente al inicio del período de análisis para cualquier grupo de carril de intersección. En la Sección 4, Extensiones de la metodología del vehículo motorizado, se proporciona un procedimiento para estimar el retraso asociado para los grupos de carriles con una cola inicial presente.

#### Cálculo del factor de demora incremental

La ecuación para calcular la demora incremental incluye una variable que explica el efecto del tipo de controlador en la demora. Esta variable se conoce como el factor de demora incremental k. Su valor varía de 0,04 a 0,50, para las fases prefijadas y coordinadas se recomienda un valor de factor de 0,50.

#### Cálculo de la demora incremental

La demora incremental consiste en dos componentes de demora: un componente explica la demora debido al efecto de fluctuaciones aleatorias en la demanda que ocasionalmente exceden la capacidad. Esta demora se evidencia



por la cola de desbordamiento ocasional al final del intervalo verde (es decir, falla de ciclo). El segundo componente explica la demora debido a una sobresaturación sostenida durante el período de análisis. Este retraso se produce cuando la demanda agregada durante el período de análisis excede la capacidad agregada.

El término demora incremental explica la demora debido a la variación aleatoria en el número de arribos en una base ciclo por ciclo. Además explica la demora causada por la demanda que excede la capacidad durante el período de análisis. La cantidad por la que la demanda excede la capacidad durante el período de análisis se refiere a una demanda insatisfecha. La ecuación de la demanda incremental se derivó usando el supuesto que no hay cola inicial debido a una demanda insatisfecha en el período de análisis que le precede. Las ecuaciones 21 y 22 se usan para el cálculo de la demora incremental.

$$d_2 = 900T \left[ (X_A - 1) + \sqrt{(X_A - 1)^2 + \frac{8kLX_A}{c_A T}} \right] \text{ Ecuación 21.}$$

Con:

$$X_A = v/c_A \text{ Ecuación 22.}$$

Donde:

$X_A$ : La relación volumen-capacidad promedio,

$c_A$ : Capacidad promedio (veh/h)

Las demás variables han sido definidas previamente.

Si ningún grupo de carriles de la intersección tiene cola inicial, el promedio de la capacidad del grupo de carril  $c_A$  es igual a la capacidad  $c$  calculada en el paso 6 ( $c_A = c$ ). Si uno o más grupos de carriles tienen una cola inicial, el procedimiento descrito en la sección 4 debe usarse para calcular la capacidad  $c_A$ .

El término de demora incremental es válida para todos los valores de  $X_A$ , incluyendo el de los grupos de carriles con alta sobresaturación.

#### Calculo del control de demora del grupo de carriles

Los valores de demora uniforme, demora incremental, y la demora de cola inicial calculados en los pasos anteriores se añaden para estimar el control de demora del grupo de carril en estudio.

#### Calculo de estimación de demora agregada

Esta demora agregada representa el promedio ponderado de demora donde cada demora de grupo de carril se pondera por su tasa de flujo de demanda. El control de demora del acceso se calcula con la Ecuación 23.



$$d_{A,j} = \frac{\sum_{i=1}^{m_j} d_i v_i}{\sum_{i=1}^{m_j} v_i} \quad \text{Ecuación 23.}$$

Donde:

$d_{A,j}$ : Control de demora del acceso por acceso j (s/veh),

$d_i$ : Control de demora por grupo de carril i (s/veh),

$m_j$ : Número de grupos de carriles en un acceso j, y

Todas las otras variables han sido previamente definidas.

Los términos de la suma en la Ecuación 23 representan la suma de todos los grupos de carriles en el acceso en estudio.

De forma similar, el control de demora de la intersección se calcula con la Ecuación 24.

$$d_I = \frac{\sum d_i v_i}{\sum v_i} \quad \text{Ecuación 24.}$$

Donde:

$d_I$ : Control de demora de la intersección (s/veh).

La suma de los términos de la Ecuación 24 resenta la suma de todos los grupos de carriles de la intersección en estudio.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

#### 4.8.1.8. Paso 8: Determinar el Nivel de Servicio

La Tabla 3 se utiliza para determinar el nivel de servicio para cada grupo de carril, cada acceso y la intersección en su conjunto. El nivel de servicio (LOS) es una indicación de la aceptabilidad de los niveles de demora para los automovilistas en la intersección, también puede indicar una operación sobresaturada inaceptable para grupos de carriles individuales.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)



#### **4.9. Interpretación de los resultados**

Los cálculos discutidos en los pasos previos dan como resultado la estimación del control de demora y el nivel de servicio para cada grupo de carril, para cada acceso y para la intersección en su totalidad. También producen una relación volumen-capacidad para cada grupo de carriles y una relación volumen-capacidad crítica de la intersección. A continuación se proporcionan algunas interpretaciones útiles de estas medidas de rendimiento.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

##### **4.9.1. Nivel de servicio**

En general, como se ha mencionado en secciones anteriores, el nivel de servicio es una indicación de la aceptabilidad general de la demora para los conductores. En este sentido, debe considerarse que lo que podría ser aceptable en una ciudad grande no es necesariamente aceptable en una ciudad más pequeña o área rural.

El nivel de servicio de una intersección debe interpretarse con cautela, se puede sugerir aceptable la operación de la intersección cuando en realidad ciertos grupos de carriles (particularmente aquellos con volúmenes bajos) están operando con un nivel de servicio inaceptable pero están enmascarados en el nivel de intersección por el desempeño aceptable de los grupos de carriles de mayor volumen. El analista siempre debe verificar que cada grupo de carriles ofrezca una operación aceptable y considerar la posibilidad de notificar el nivel de servicio con peor desempeño del grupo de carril como un medio para proporcionar contexto a la interpretación del nivel de servicio de la intersección.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

##### **4.9.2. Relación volumen-capacidad**

En general, una relación de volumen-capacidad superior a 1,0 es una indicación de un colapso real o potencial, en tales casos, se aconseja un análisis de



múltiples períodos que abarcaría todos los períodos consecutivos en los que se presenta una cola residual.

La relación volumen-capacidad crítica de la intersección es útil para evaluar la misma desde una perspectiva solamente de capacidad. Es posible una relación crítica inferior a 1,0 y aun así tener movimientos individuales sobresaturados dentro del ciclo de la señal, si ocurre esta situación, entonces el tiempo del ciclo generalmente no se asigna adecuadamente entre las fases. Se debe considerar la reasignación del tiempo del ciclo de modo que se otorgue tiempo adicional a las fases que sirven a los grupos de carriles con una relación de volumen-capacidad superior a 1,0.

Una relación de volumen-capacidad crítica de intersección superior a 1,0 indica que la temporización de la señal general y el diseño geométrico proporcionan una capacidad inadecuada para los flujos de demanda dados, las mejoras que podrían considerarse incluyen las siguientes:

- Cambios básicos en la geometría de intersección (es decir, cambio en el número o uso de carriles),
- Incremento en la duración del ciclo del semáforo si se determina que es demasiado corto, y
- Cambios en la secuencia de fase del semáforo o el tiempo.

Siempre se deben consultar las directrices locales antes de desarrollar posibles mejoras. El control completamente actuado está destinado a asignar dinámicamente el tiempo de ciclo a los movimientos de acuerdo a la demanda y, por lo tanto, mantener una operación eficiente ciclo por ciclo. La relación volumen-capacidad crítica de la intersección puede proporcionar una indicación de esta eficiencia. En general, esta relación variará entre 0,85 y 0,95 para la mayoría de las intersecciones con control actuado, siendo los valores más bajos en este rango más comunes para las intersecciones que tienen varios detectores en los carriles de tránsito. Una relación menor a 0,85 puede indicar una extensión verde excesiva por llegadas aleatorias, y el analista puede considerar reducir el tiempo de paso, el verde mínimo o ambos. Una relación de más de 0,95 puede indicar la terminación frecuente de la fase por la capacidad limitada del controlador para reasignar el tiempo del ciclo de forma dinámica sobre la base de la demanda detectada. Aumentar el máximo verde puede mejorar la operación en algunos casos; sin embargo, también puede degradar la operación cuando los volúmenes de fase varían ampliamente (porque la extensión verde se basa en el volumen total servido por la fase, no en el volumen por carril).

Para el control semiaactuado y coordinado, la relación volumen-capacidad crítica de la intersección puede variar ampliamente debido a la naturaleza no controlada de algunas fases. La duración de estas fases puede no estar directamente



relacionada con su demanda asociada; en cambio, puede ser dictada por el tiempo de coordinación o la demanda de las otras fases. Una relación volumen-capacidad crítica de intersección que exceda de 0,95 tiene la misma interpretación que se ofreció anteriormente para el control completamente actuado.

La relación volumen-capacidad crítica de la intersección puede ser engañosa cuando se utiliza para evaluar la suficiencia general de la geometría de la intersección, como a menudo se requiere en las aplicaciones de planificación. El problema es que los flujos bajos dictan la necesidad de ciclos cortos para minimizar el retraso. Sin embargo, la ecuación para calcular esta relación indica que la longitud de ciclo más corta deseada produce una mayor relación volumen-capacidad. Por lo tanto, un valor relativamente grande para esta relación (siempre que sea menor que 1,0) no es una indicación cierta de funcionamiento deficiente. Más bien, significa que debe prestarse mayor atención a la adecuación de la duración de la fase y tamaño de la cola, especialmente para las fases críticas.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

#### **4.9.3. Relación volumen-capacidad y combinaciones de demora**

En algunos casos, la demora es alta incluso cuando la relación volumen-capacidad es baja. En estas situaciones, la causa suele ser una progresión deficiente, una duración del ciclo notablemente larga o un plan de fase ineficiente. Cuando la intersección es parte de un sistema coordinado, la duración del ciclo está determinada por consideraciones del sistema, y las modificaciones en las intersecciones individuales pueden no ser prácticas.

Es posible que la demora esté en niveles aceptables incluso cuando la relación volumen-capacidad es alta. Esta situación puede ocurrir cuando existe alguna combinación de las siguientes condiciones: la duración del ciclo es relativamente corta, el período de análisis es corto, la capacidad del grupo de carril es alta y no hay una cola inicial. Si se crea una cola residual en este escenario, entonces es necesario un análisis de múltiples períodos para obtener una imagen real de la demora.

Cuando los niveles de demora y las relaciones de volumen-capacidad son inaceptablemente altas, la situación es crítica. En tales situaciones, la demora puede aumentar rápidamente con pequeños cambios en la demanda. La gama



completa de posibles cambios geométricos y de diseño de señales debe considerarse en la búsqueda de mejoras.

En resumen, puede haber una demora inaceptable cuando la capacidad es un problema, así como cuando la capacidad es adecuada, además, los niveles de demora aceptables no aseguran automáticamente que la capacidad es suficiente. La demora y la capacidad son variables complejas que están influenciadas por una amplia gama de condiciones de tráfico, carreteras y señalización.

(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB), 2016)

## 5. Caracterización de la Intersección SemafORIZADA

Como se especificó en el apartado *Antecedentes*, la intersección a analizarse en el presente trabajo está ubicada en el Noroeste del entorno urbano de la ciudad de Guayaquil, Ecuador, en el sector llamado Los Ceibos. La calle principal es la Av. del Bombero y la calle secundaria la Av. Leopoldo Carrera.

### 5.1. Características de la intersección en la problemática de la congestión

La Av. del Bombero sirve a flujos vehiculares que entran y salen de Guayaquil, en su mayoría desde y hacia el sector de Vía a la Costa, el cual ha tenido un crecimiento residencial muy alto en los últimos 10 años acompañado de la implementación de infraestructuras con usos de suelo variados al servicio de los habitantes del sector, como los pequeños centros comerciales a los cuales se les denomina Piazzas y Plazas y que albergan locales de comida, gimnasios, bancos, bares, supermercados, minimarkets, entre otros. Esta avenida por lo tanto, sirve en su mayoría a los habitantes de las urbanizaciones ubicadas en este sector (Vía a la Costa) que tienen sus principales actividades diarias dentro de la ciudad de Guayaquil. La Av. Leopoldo Carrera sirve a los habitantes de las ciudadelas ubicadas a los alrededores que así mismo tienen sus principales orígenes y destinos tanto en Guayaquil como en Vía a la Costa, además le sirve a los conductores que desean conectarse con la Vía Perimetral de la ciudad; sobre esta avenida además se encuentran otros usos de suelo con alta atracción de viajes como es el caso de la Escuela y Colegio Alemán Humboldt.

Adicional a lo antes mencionado, a aproximadamente 400 metros de la intersección, sobre la Av. del Bombero se encuentra ubicado el Centro Comercial Río Centro Los Ceibos el cual genera una gran atracción de viajes y que entre



octubre y diciembre del 2019 inaugurará su segunda etapa ubicada frente al actual. Igualmente sobre la Av. del Bombero y a aproximadamente 300 m de la intersección se encuentra el Hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) Los Ceibos, el cual fue inaugurado a finales de marzo del 2017 y es el hospital más grande del Ecuador hasta la fecha, con un área de 76.000m<sup>2</sup> y con una infraestructura de seis torres de ocho pisos cada una, tiene 600 camas, 22 quirófanos y 105 consultorios.

Además de estas infraestructuras que tienen una gran atracción de viajes se suman las Piazzas ubicadas cerca de la intersección como son: La Vista San Eduardo (inaugurada en noviembre del 2018) y la Piazza Los Ceibos. Todos estos usos de suelo que se han desarrollado en los últimos años dentro de la zona en la que se ubica la intersección en estudio generan grandes atracciones de viajes y han sido detonantes para que la infraestructura actual de la intersección en estudio se vuelva ineficiente y se produzca congestión vehicular en las horas de máxima demanda.

En la Figura 5 se presenta la ubicación de la intersección en un mapa amplio de Guayaquil de Google Earth



**Figura 5.** Ubicación de Intersección Av. Del Bombero – Av. Leopoldo Carrera mapa amplio de Guayaquil.

Estudio y mejora de la funcionalidad del tráfico de la intersección semaforizada en Av. Del Bombero y Av. Leopoldo Carrera C. en la ciudad de Guayaquil (Ecuador).



**Figura 6.** Ubicación de Intersección Av. Del Bombero – Av. Leopoldo Carrera mapa del sector de la intersección en estudio

Estudio y mejora de la funcionalidad del tráfico de la intersección semafORIZADA en Av. Del Bombero y Av. Leopoldo Carrera C. en la ciudad de Guayaquil (Ecuador).



## 5.2. Geometría de la intersección

Hacia el Norte de la intersección los vehículos se dirigen hacia el centro y norte de la ciudad de Guayaquil y hacia el Sur salen de la misma hacia Vía a la Costa mientras que, hacia el Este los vehículos entran al supermercado Megamaxi de Ceibos y hacia el Oeste ingresan a la Av. Leopoldo Carrera (Ver Figura 7). La intersección está controlada por semáforos de control preestablecido, los flujos que salen del Norte, Sur y Oeste tienen derecho al paso de acuerdo a los tiempos establecidos de los semáforos mientras que el flujo que sale del Este es libre (sin control de semáforo). Si bien es cierto, la aproximación que sale del Este no corresponde a una calle que sirve a los usuarios para conectarla con otros sectores, sino que sirve a los flujos de vehículos que entran y salen del supermercado Supermaxi, por lo que la intersección se analiza como intersección tipo Cruz con las debidas consideraciones. Además, en el futuro este acceso puede servir para que la intersección en estudio se conecte al Hospital del IESS de Ceibos y así aliviar el tráfico de la avenida del Bombero a la salida del Hospital.

En la Figura 7 se presenta un esquema de la intersección con sus características geométricas, detalladas posteriormente en la Tabla 11. Los accesos en adelante tomarán las abreviaturas designadas en la misma, como se puede evidenciar los giros a la derecha de los accesos SB, EB y WB son permitidos.

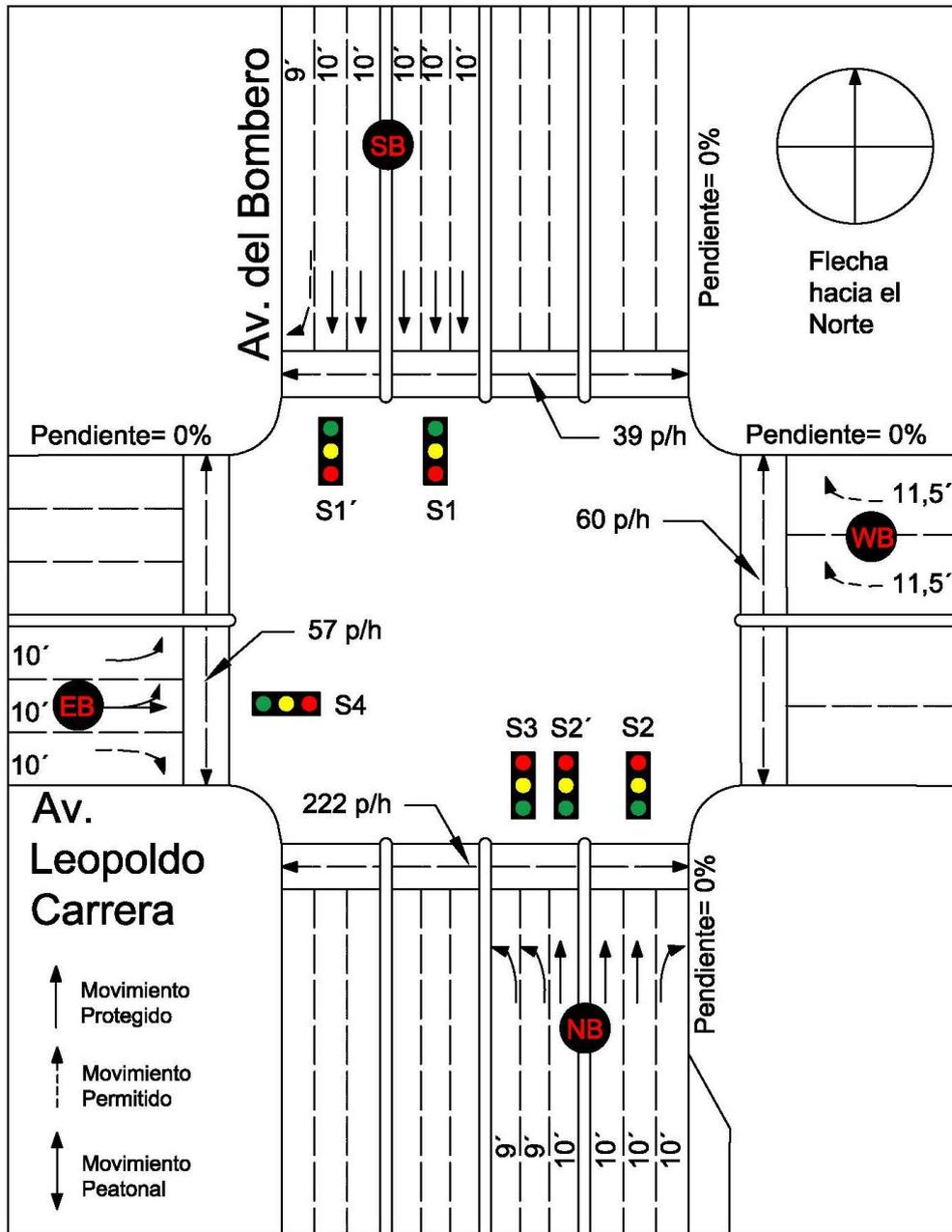


Figura 7. Geometría de la intersección semaforizada Av. del Bombero - Av. Leopoldo Carrera



**Tabla 11.** Características geométricas de la intersección Av. Del Bombero – Av. Leopoldo Carrera

Variable	Abreviatura	Unidades	VALORES											
			NB (hacia Guayaquil)			SB (hacia Vía a la Costa)			EB (hacia Megamaxi)			WB (hacia Av. Leopoldo Carrera)		
			LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Número de carriles de cada grupo	N	ca	2	3	1	0	5	1	1	1	1	0	0	2
Ancho promedio de carril	W	m	2,7	3	3	N/A	3	2,7	3	3	3	N/A	N/A	3,5
Ancho promedio de carril	W	pies	8,8	9,8	9,8	N/A	9,8	8,8	9,8	9,8	9,8	N/A	N/A	11,5
Presencia de estacionamiento en la calle	-	-	NO		NO	NO		NO	NO		NO	NO		NO
Pendiente de la aproximación		%	0			0			0			0		

### 5.3. Características del semáforo

El control de la intersección es preestablecido mediante 5 dispositivos de semáforo con una duración de 120s (2min), en la Figura 7 se muestra la ubicación y el nombre asignado a cada uno. Dos semáforos están destinados para el control de los movimientos del acceso SB, tres para los movimientos del acceso NB y uno para los movimientos del acceso EB. En la Tabla 12 se presentan los tiempos correspondientes a cada luz de cada dispositivo de semáforo de la intersección, los semáforos S1 y S1' tienen la misma programación (misma duración de verde, amarillo y rojo) al igual que los semáforos S2 y S2'.

**Tabla 12.** Duración de las luces de los semáforos de cada acceso de la intersección en estudio

Semáforo	Duración			Ciclo
	Verde	Amarillo	Rojo	
<b>S1</b>	0:00:55	0:00:03	0:01:02	0:02:00
<b>S1'</b>	0:00:55	0:00:03	0:01:02	0:02:00
<b>S2</b>	0:01:24	0:00:03	0:00:33	0:02:00
<b>S2'</b>	0:01:24	0:00:03	0:00:33	0:02:00
<b>S3</b>	0:00:27	0:00:03	0:01:30	0:02:00
<b>S4</b>	0:00:27	0:00:03	0:01:30	0:02:00

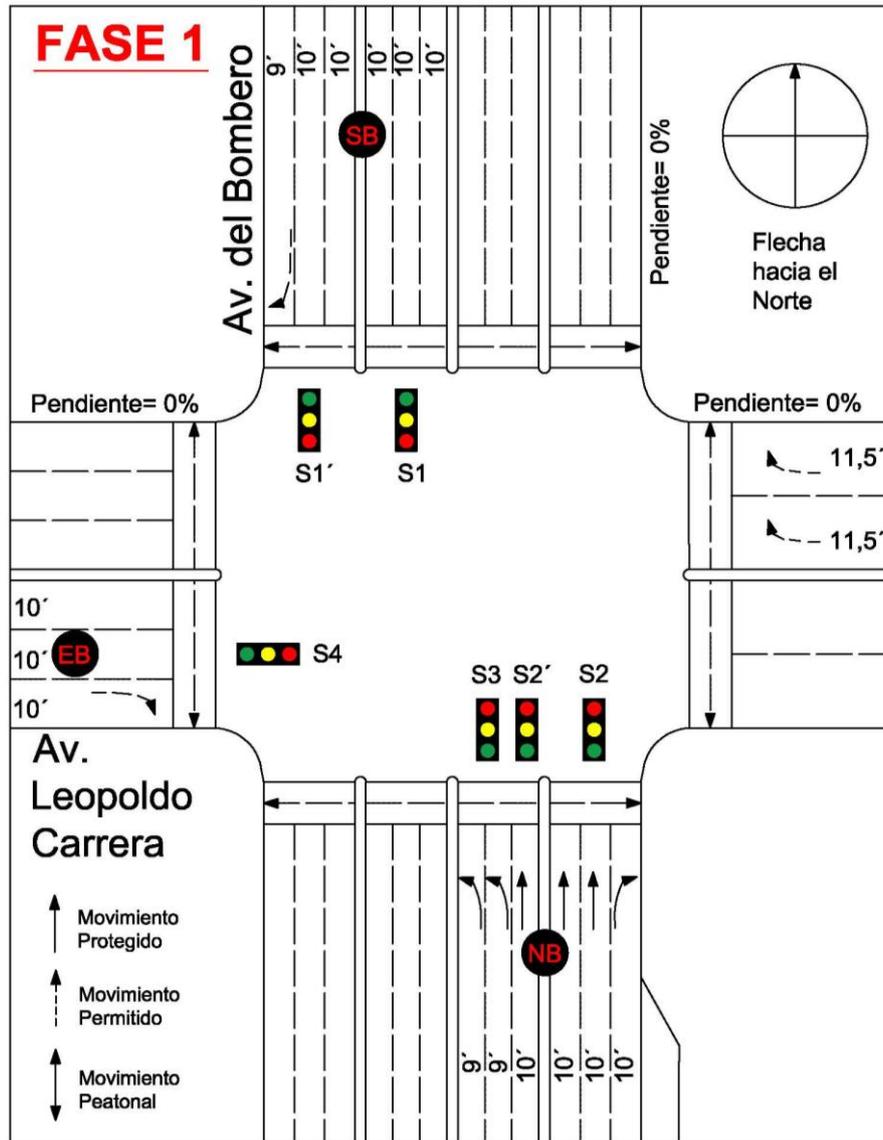
El control de la intersección se da en 3 fases cuyo diagrama se presenta en la Figura 8 en el que se observa que el control tiene un Rojo de Despeje o Todo Rojo ( $R_c$ ) de 2s.



**Figura 8.** Diagrama de fases de la intersección semaforizada Av. del Bombero - Av. Leopoldo Carrera

Nota: los tiempos se encuentran unidad de segundos

En la Figura 9, Figura 10 y Figura 11, se muestran los movimientos de vehículos con derecho de paso en cada fase. Como se mencionó antes, el flujo vehicular que sale del acceso WB funciona como permitido en todo el ciclo al igual que los flujos con movimiento a la derecha de los accesos SB y EB por lo que para entender la operación de la intersección se los grafica como permitidos en las 3 fases.



**Figura 9.** Movimientos vehiculares en la fase uno del control semafórico

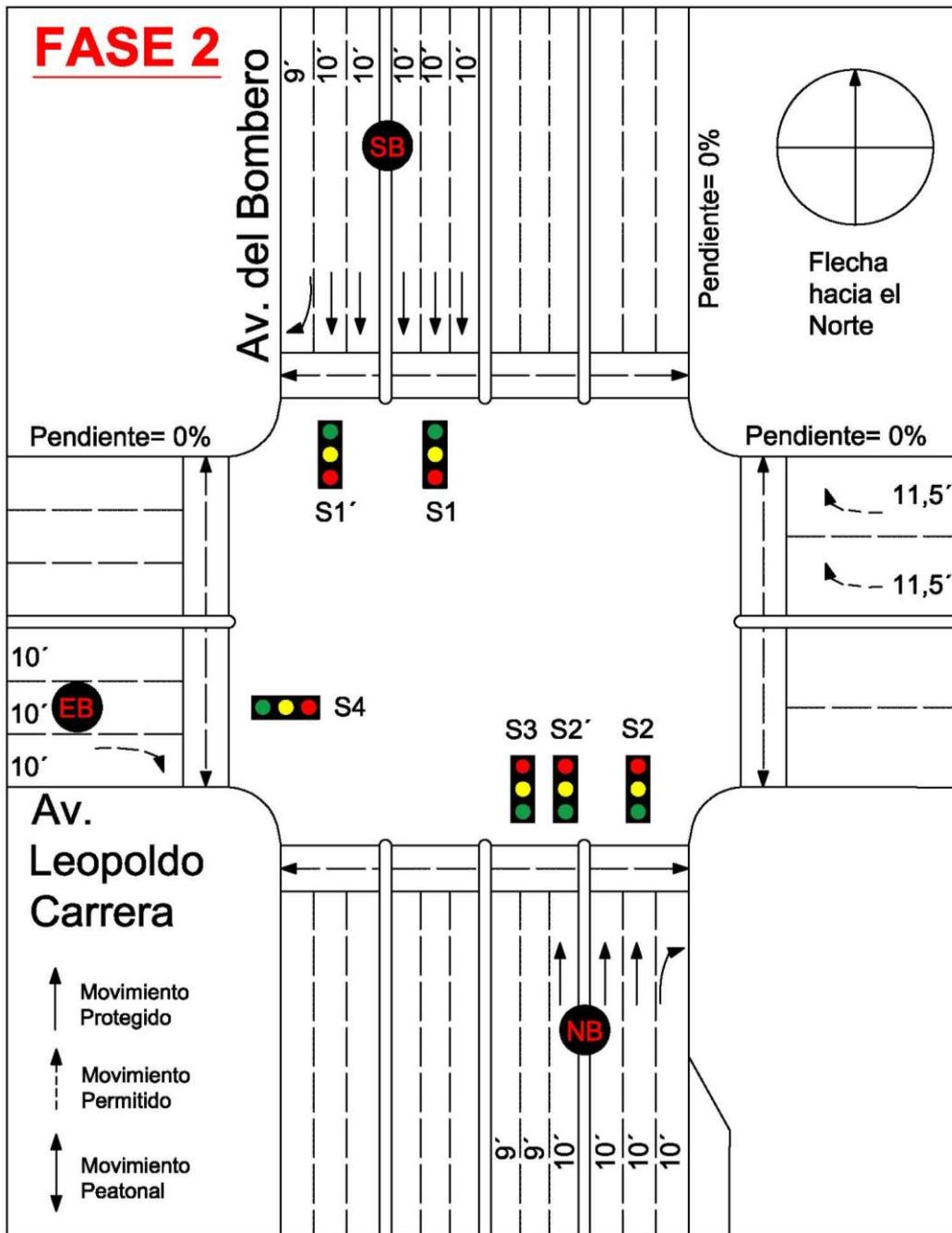
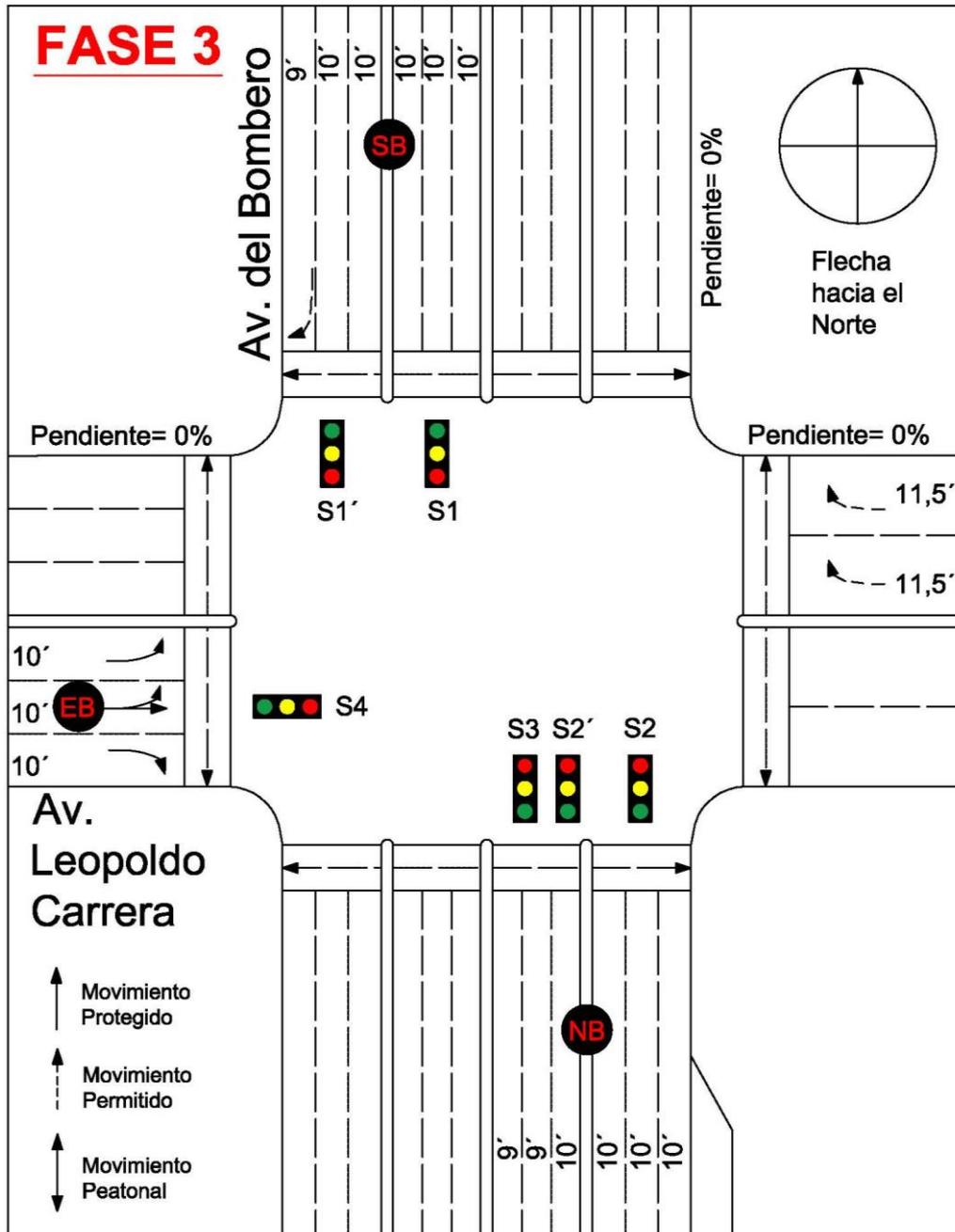


Figura 10. Movimientos vehiculares en la fase dos del control semafórico



**Figura 11.** Movimientos vehiculares en la fase tres del control semafórico

Las características generales de los semáforos por acceso se encuentran detalladas en la Tabla 13.



**Tabla 13.** Características del semáforo de la intersección Av. Del Bombero – Av. Leopoldo Carrera

Variables	Abreviatura	Unidades	VALORES											
			NB (hacia Guayaquil)			SB (hacia Vía a la Costa)			EB (hacia Megamaxi)			WB (hacia Av. Leopoldo Carrera)		
			LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
<b>CARACTERÍSTICAS DEL SEMÁFORO</b>														
Tipo de semáforo	-	-	Preestablecido											
Modo operativo del giro a la izquierda	Protegido - Permitido	-	Protegido	-	-	N/A	-	-	Protegido	-	-			
Duración del verde	G	s	27	84		55			27					
Intervalo de cambio amarillo	Y	s	3			3			3					
Intervalo rojo de despeje (todo rojo)	R <sub>c</sub>	s	2			2			2					
Tiempo perdido de arranque	l <sub>1</sub>	s	2			2			2					
Extensión de verde efectivo	e	s	2			2			2					
Verde efectivo	g	s	27	84		55			27					
Longitud del paso cebra	L	m	18,5			16,5			9					
Ancho del paso cebra	W <sub>E</sub>	m	4,2			4,2			4,2					
Mínimo verde	G <sub>p</sub>	s	22			19			12					
Amarillo de cambio + rojo de despeje (Y+R <sub>c</sub> )	l <sub>t</sub>	s	5			5			5					
Duración del ciclo	C	s	120											

#### 5.4. Características del tráfico

Para determinar la hora de máxima demanda de vehículos de la intersección, la cual representa el estado crítico de la intersección, se realizó un aforo de vehículos con 6 personas en dos días laborables del mes de noviembre del 2018. Los horarios de toma de datos fueron en la mañana de 6H30 a 10H00 y en la tarde de 16H30 a 20H30 ya que en estos horarios se presenta la mayor afluencia de vehículos. Los datos se registraron cada 15 minutos, en la Tabla 14 se presenta un resumen de los volúmenes de vehículos (en adelante denominados tasa de flujo de demanda) por hora agrupados por movimiento obtenidos del campo, la hora máxima se dio de 18H45 a 19H45 con 9.712 vehículos que cruzaron la intersección desde sus 4 accesos (El desglose de la recolección en campo de la tasa de flujo de demanda de los movimientos de la intersección se muestra en el Anexo 1).

**Tabla 14.** Tasa de flujo de demanda/hora en la mañana y tarde en la intersección Av. del Bombero - Av. Leopoldo Carrera

Hora	S-N (NB)			N-S (SB)			E-O (WB)			O-E (EB)			Intersección
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	
<b>Mañana</b>													
6:30 - 7:30	265	1862	2	0	2048	413	0	0	5	460	4	276	5335
6:45 - 7:45	328	1881	2	0	2154	437	0	0	6	554	2	277	5641
7:00 - 8:00	403	1931	3	0	2238	457	0	0	13	608	10	321	5984
7:15 - 8:15	475	2044	7	0	2321	488	0	0	14	647	15	332	6343
7:30 - 8:30	526	2056	9	0	2054	490	0	0	17	755	24	345	6276
7:45 - 8:45	551	2063	14	0	2016	528	0	0	22	753	28	391	6366
8:00 - 9:00	553	2109	19	0	2039	577	0	0	22	847	25	374	6565
8:15 - 9:15	538	2005	22	0	2101	606	0	0	31	855	25	376	6559
8:30 - 9:30	508	1992	30	0	2270	635	0	0	31	821	32	350	6669
<b>8:45 - 9:45</b>	<b>504</b>	<b>2021</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>2349</b>	<b>627</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>774</b>	<b>44</b>	<b>329</b>	<b>6719</b>
9:00 - 10:00	493	1885	44	0	2395	620	0	0	36	650	61	301	6485
<b>Tarde</b>													
16:30 - 17:30	396	2224	103	0	2433	773	0	0	145	847	53	708	7682
16:45 - 17:00	428	2425	112	0	2455	766	0	0	164	886	52	669	7957
17:00 - 18:00	416	2536	127	0	2446	805	0	0	162	883	54	733	8162
17:15 - 18:15	422	2717	109	0	2593	803	0	0	151	921	53	750	8519
17:30 - 18:30	434	2770	115	0	2900	806	0	0	160	872	53	766	8876
17:45 - 18:45	405	2852	113	0	2924	803	0	0	169	844	52	799	8961
18:00 - 19:00	405	2945	96	0	3446	743	0	0	194	851	46	720	9446



18:15 - 19:15	393	3069	101	0	3483	763	0	0	208	871	52	630	9570
18:30 - 19:30	411	3209	87	0	3498	761	0	0	191	875	52	557	9641
<b>18:45 - 19:45</b>	<b>415</b>	<b>3294</b>	<b>71</b>	<b>0</b>	<b>3676</b>	<b>721</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>167</b>	<b>855</b>	<b>52</b>	<b>461</b>	<b>9712</b>
19:00 - 20:00	408	3257	68	0	3322	742	0	0	164	835	59	440	9295
19:15 - 20:15	412	3058	58	0	3050	722	0	0	157	822	59	500	8838
19:30 - 20:30	376	2785	44	0	2757	741	0	0	157	846	62	541	8309

El análisis operacional de la intersección semaforizada en estudio tendrá un período de 0,25h (15min), tal como lo recomienda el HCM 6th Edition por lo que, en la Tabla 15 se presenta el desglose de la tasa de flujo en la hora máxima desglosada cada 15 min y en adelante se trabajará con el valor de los 15min máximos que corresponde al período 18H45 – 19H00 con 2.601 vehículos cruzando la intersección.

**Tabla 15.** Tasa de flujo de demanda/15 min en la hora de máxima demanda de vehículos en la intersección Av. del Bombero - Av. Leopoldo Carrera

Hora	S-N (NB)			N-S (SB)			E-O (WB)			O-E (EB)			Total
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	
<b>18:45 - 19:00</b>	<b>100</b>	<b>748</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>1127</b>	<b>160</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>58</b>	<b>219</b>	<b>12</b>	<b>159</b>	<b>2601</b>
19:00 - 19:15	101	848	21	0	813	200	0	0	45	236	15	78	2357
19:15 - 19:30	115	885	21	0	872	181	0	0	28	209	12	126	2449
19:30 - 19:45	99	813	11	0	864	180	0	0	36	191	13	98	2305

Una vez establecida la tasa de flujo de demanda en el período de análisis, se maximizó el valor a 1 hora que es el período de estudio y se regresó al campo en esta hora para tomar los datos faltantes necesarios para realizar el cálculo de la tasa de flujo de saturación y la capacidad de la intersección tales como la tasa del flujo de giro a la derecha en rojo, la tasa de flujo de peatones, tasa de paradas de buses, entre otros. El resumen de la información recolectada se muestra en la Tabla 16. La intersección está ubicada fuera del Centro Urbano de la ciudad.

**Tabla 16.** Características del tráfico de la intersección Av. del Bombero - Av. Leopoldo Carrera

Variables	Abreviatura	Unidades	VALORES											
			NB (hacia Guayaquil)			SB (hacia Vía a la Costa)			EB (hacia Megamaxi)			WB (hacia Av. Leopoldo Carrera)		
			LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Tasa de flujo de demanda <sup>1</sup>	V	veh/h	400	2.992	72	0	4.508	640	876	48	636	0	0	232
Tasa de flujo de giro a la derecha en rojo	RTOR	veh/h	0			365			259			0		
Porcentaje de vehículos pesados	HV	%	1,45	0,18	0,00		0,44	0,14	0,12	3,85	1,08			0,60
Factor de hora pico <sup>2</sup>	PHF	decimal	1											
Proporción de pelotón <sup>3</sup>	R <sub>p</sub>	decimal	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			1,00
Factor de ajuste por filtración aguas arriba <sup>4</sup>	I	decimal	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			1,00
Cola inicial		veh	40	6	0		10	0	0	0	0			
Tasa de flujo de saturación base <sup>5</sup>	so	veh/h/ca	1900	1900	1900		1900	1900	1900	1900	1900			1900
Factor de ajuste por uso de carril <sup>6</sup>	f <sub>LU</sub>	decimal	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			1,00
Tasa de flujo de peatones	V <sub>p</sub>	peatones/h	222			39			57			60		
Tasa de flujo de bicicletas	V <sub>b</sub>	bicicletas/h	0			0			0			0		
Tasa de maniobras de estacionamiento en la calle	N <sub>m</sub>	veh/h	0			0			0			0		



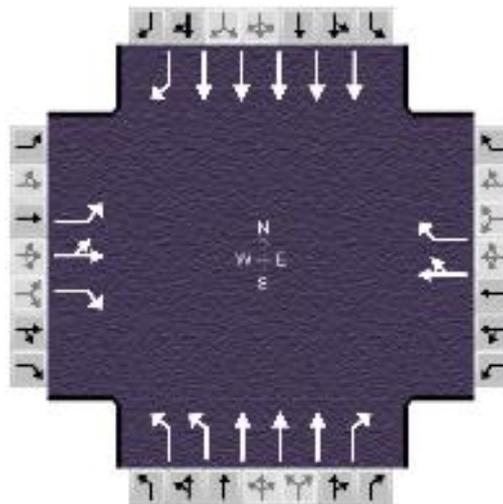
Tasa de paradas de buses convencionales	N <sub>b</sub>	buses/h	7	0	23	0
---	----------------	---------	---	---	----	---

- 1: En los flujos de los movimientos a la derecha de los accesos SB y EB está incluida la tasa de flujo que gira a la derecha en rojo.
- 2: Se trabaja con un período de análisis de 0,25h
- 3: De acuerdo a la Tabla 6 el tipo de llegada para todos los movimientos es 3 por lo tanto de acuerdo a la Tabla 5 la proporción de pelotón para todos los grupos de movimiento es igual a 1.
- 4: La intersección se encuentra a más de 0,6 millas de la intersección semaforizada más cercana por lo que de acuerdo al HCM 6th Edition se trata de una intersección aislada y por lo tanto el factor de ajuste por filtración aguas arriba es 1.
- 5: De acuerdo a la Tabla 4, el valor por defecto para una población metropolitana  $\geq 250.000$  hab le corresponde un valor de 1.900 veh/h/ca, la población metropolitana de Guayaquil es 2'644.891 (INEC, 2017).
- 6: Los carriles presentan una distribución de tráfico uniforme entre carriles.

## 6. Análisis de capacidad y nivel de servicio de la intersección semaforizada de acuerdo al HCM 6th Edition

Para el cálculo de capacidad y nivel de servicio actual de la intersección semaforizada en estudio se empleó el programa Highway Capacity Software 7. El HCS7 corresponde a una fiel implementación de los procedimientos del Manual de Capacidad de Carreteras HCM, fue desarrollado y es mantenido por McTrans Center, centro autosuficiente que desarrolla, distribuye y admite software para aplicaciones de ingeniería de tráfico y planificación de transporte.

La configuración de los carriles y sus movimientos se presentan en el HCS7 como lo muestra la Figura 12.



**Figura 12.** Representación de los carriles y sus respectivos movimientos de la intersección semaforizada en estudio

En la Tabla 17 se presenta el reporte de los datos de entrada de la intersección que fueron ingresados en el programa HCS7 de acuerdo a las tablas 11, 13 y 16.

**Tabla 17.** Reporte de los datos de entrada de la intersección en estudio en el HCS7.

HCS7 Datos de entrada de una Intersección SemafORIZADA															
<b>Información General</b>						<b>Información del proyecto</b>									
Agencia	Universidad Politécnica de Valencia (UPV)					Duración, h	0.25								
Analista	Ing. Carolina Gómez		Fecha de análisis	6/11/2019			Tipo de área	Other							
Jurisdicción	Guayaquil, Ecuador		Periodo de análisis				PHF	1.00							
Calle urbana	Av. del Bombero		Año de análisis	2018			Periodo de análisis	1 > 7:00							
Intersección	Av. del Bombero - Av. Leopoldo Carrera		File Name	Av. del Bombero - Av. Leopoldo Carrera actual											
Descripción del Proyecto	Situación actual														
<b>Información sobre la demanda</b>				EB			WB			NB			SB		
Movimiento del acceso (aproximación)				L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Demanda (v), veh/h				876	48	636		0	232	400	2992	72		4508	640
<b>Información del semáforo</b>															
Ciclo, s	120.0	Fase de referencia	2	Verde				25.0				25.0			
Compensación, s	0	Punto de referencia	Fin	Amarillo				3.0				3.0			
No coordinada	No	Desfase Simult. E/W	Apagado	Rojo				2.0				2.0			
Modo forzado	Fijado	Desfase Simult. N/S	Apagado												
<b>Información de Tráfico</b>				EB			WB			NB			SB		
Movimiento del acceso				L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Demanda (v), veh/h				876	48	636		0	232	400	2992	72		4508	640
Cola Inicial (Q <sub>s</sub> ), veh/h				0	0	0		0	0	40	6	0		10	0
Flujo de saturación Base (s <sub>0</sub> ), veh/h				1900	1900	1900		1900	1900	1900	1900	1900		1900	1900
Parqueo (N <sub>m</sub> ), man/h				None			None			None			None		
Vehículos pesados (P <sub>HV</sub> ), %				0	4	1		0	1	1	0	0		0	0
Peatones / Bicicleta / RTOR, /h				57	0	259	0	0	0	222	0	0	39	0	365
Buses (N <sub>b</sub> ), buses/h				0	0	23		0	0	0	0	7		0	0
Tipo de arribo (AT)				3	3	3		3	3	3	3	3		3	3
Vertido Aguas arriba (I)				1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00
Ancho de carril (W), pies				9.8	9.8	9.8		12.0	11.5	8.8	9.8	9.8		9.8	8.8
Longitud de espacio de giro, ft				0	0	0		0	0	0	0	0		0	0
Pendiente (Pg), %					0			0			0			0	
Velocidad Límite, mi/h				44	44	44		44	44	44	44	44		44	44
<b>Información de fase</b>				EBL	EBT	WBL	WBT	NBL	NBT	SBL	SBT				
Máximo verde (G <sub>max</sub> ) or o División de fase, s					30.0		30.0	30.0	60.0		30.0				
Intervalo amarillo (Y), s					3.0		3.0	3.0	3.0		3.0				
Intervalo Todo Rojo (R <sub>c</sub> ), s					2.0		2.0	2.0	2.0		2.0				
Mínimo Verde (G <sub>min</sub> ), s				12	12		19	22	19		19				
Tiempo inicial perdido (I <sub>f</sub> ), s				2.0	2.0		2.0	2.0	2.0		2.0				
Extensión de verde efectív (e), s				2.0	2.0		2.0	2.0	2.0		2.0				
Paso (PT), s				2.0	2.0		2.0	2.0	2.0		2.0				
Modo llamada				Max	Max		Max	Max	Max		Max				
Entrada dual				No	Si		Si	No	Si		Si				
Marcha (Walk), s				0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0				
Tiempo de despeje de peatones (PC), s				0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0				

En la Tabla 18 se presentan los resultados de los factores de ajustes para la obtención del flujo de saturación ajustado y los tiempos de semáforo por grupos de movimiento.

**Tabla 18.** Factores de ajuste para obtención de flujo de saturación ajustado de los grupos de movimientos de la intersección en estudio y los tiempos de semáforo por grupos de movimiento

Flujo de saturación y demora												
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Factor de ajuste por ancho de carril ( $f_w$ )	0.960	0.960	0.960	1.000	1.000	1.000	0.960	0.960	0.960	1.000	0.960	0.960
Factor de ajuste por vehículos pesados y pendiente ( $f_{pv}$ )	1.000	0.969	0.992	1.000	1.000	0.992	0.992	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Factor de actividad de estacionamiento ( $f_p$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Factor de ajuste por bloqueo de buses ( $f_{bb}$ )	1.000	1.000	0.908	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.972	1.000	1.000	1.000
Factor de ajuste por tipo de área ( $f_a$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Factor de ajuste por utilización de carril ( $f_{LU}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.885	0.971	0.908	1.000	1.000	0.908	1.000
Factor de ajuste por giro a la izquierda ( $f_{LT}$ )	0.952	0.000		1.000	1.000		0.952	0.000		1.000	1.000	
Factor de ajuste por giro a la derecha ( $f_{RT}$ )		0.000	0.847		0.000	0.847		0.000	0.847		0.000	0.847
Factor de ajuste por giro a la izquierda peatones/bic ( $f_{LPB}$ )	1.000			1.000			1.000			1.000		
Factor de ajuste por giro a la derecha peatones/bic ( $f_{RPB}$ )			0.918			1.000			0.758			0.944
Factor de ajuste por zona de trabajo ( $f_{wz}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Tasa de flujo de saturación por movimiento ( $s$ ), veh/h	1737	1767	1278	0	1900	2828	3347	4969	1139	0	8449	1459
Proporción de vehículos llegando en verde ( $P$ )	0.21	0.21	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21	0.46	0.46	0.00	0.21	0.21
Factor de demora incremental ( $k$ )	0.50	0.50	0.50			0.50	0.50	0.50	0.50		0.50	0.50

Tiempos de semáforo / grupos de mov.								
	EBL	EBT/R	WBL	WBT/R	NBL	NBT/R	SBL	SBT/R
Tiempo perdido ( $t_L$ )		4.0		5.0	5.0	5.0		5.0
Relación de verde ( $g/C$ )		0.21		0.21	0.21	0.46		0.21
Tasa de flujo de saturación permitida ( $s_p$ ) veh/h/ln		1737		0	0	0		81
Tasa de flujo de saturación compartida ( $s_{sh}$ ) veh/h/ln								0
Tiempo de verde efectivo permitido ( $g_p$ ), s		0.0		0.0	0.0	0.0		0.0
Tiempo de servicio permitido ( $g_u$ ), s		0.0		0.0	0.0	0.0		0.0
Tiempo de servicio en cola permitido ( $g_{ps}$ ), s								
Tiempo del primero bloqueo ( $g_t$ ), s		0.0		0.0	0.0	0.0		25.0
Tiempo de servicio en cola antes del bloqueo ( $g_s$ ), s								
Flujo de saturación derecha protegido ( $s_{r^*}$ ), veh/h/ln		1393		0		0		0
Tiempo efectivo en verde de derecha protegido ( $g_{r^*}$ ), s		25.0		0.0		0.0		0.0

Mediante la aplicación de la metodología HCM se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 19. La intersección en conjunto opera a un nivel de servicio F con un tiempo de demora promedio por vehículo de 494,3s (8,24min/veh) sin embargo, este resultado se deriva de un promedio ponderado de los resultados individuales de grupos de movimiento en el que se le da más peso a los flujos más densos. Si bien este resultado da una idea de la situación de la intersección en conjunto, el análisis debe realizarse para cada grupo de movimiento presente en la intersección de tal forma que sea posible establecer prioridades entre los grupos de movimiento, saber cuáles necesitan mejoras que favorezcan el flujo de los vehículos y enfocarse en presentar alternativas de solución en los que reflejen una alta relación volumen-capacidad o una mala progresión debido a la baja relación  $g/C$ .

Los grupos de movimientos críticos de la intersección en los que se evidencia un colapso es decir, en los que la demanda excede la capacidad son los siguientes:

- El movimiento recto del acceso SB (Gye – Vía a la Costa) ya que el volumen de vehículos en la hora máxima en los 4 carriles disponibles es 2,613 veces su capacidad, por lo que cada vehículo experimenta un tiempo de demora de 795,9s (13,27min/veh), correspondiente a un nivel de servicio F.



- El giro a la izquierda del acceso EB (Av. Leopoldo Carrera – Gye), ya que el volumen de vehículos presente en el único carril disponible para ese movimiento es 2,421 veces su capacidad. Cada vehículo experimenta una demora total de 695,1s (11,6 min/veh), lo que corresponde a un nivel de servicio F. Su estado crítico se debe además a que la duración de verde disponible para este movimiento representa el 21% del ciclo total.
- El movimiento recto del acceso NB (Vía a la Costa – Gye), ya que el volumen de vehículos presentes en los 3 carriles disponibles para este movimiento es 1,314 veces su capacidad, generándose un tiempo de demora total de 186,5 s/veh (3,10min/veh) correspondiente a un nivel de servicio F.
- El giro a la derecha del acceso SB (Gye - Av. Leopoldo Carrera), si bien es cierto el volumen de vehículos presente en el carril disponible para este movimiento no supera la capacidad, se acerca a ella representando el 95% de la misma. El tiempo de demora que experimentan los vehículos en la hora máxima es 78,5 s (1,31 min/veh), correspondiente a un nivel de servicio E.
- Teóricamente el giro a la izquierda del acceso NB no es crítico debido a una relación v/c no cercana a la unidad, el volumen presente en los dos carriles disponibles para este movimiento representa el 57% de su capacidad sin embargo, la mala progresión de los vehículos debido al poco tiempo de luz verde destinado a este movimiento (21% de la duración del ciclo), hace que cada vehículo experimente una demora de 104,3s (1,74 min/veh) correspondiente a un nivel de servicio F.

Los movimientos restantes de la intersección presentan características de progresión buenas, con niveles de servicio aceptables (de A a D).

El HCM 6th Edition expresa que el objetivo de diseño deseable es el nivel de servicio D, por lo que las alternativas de solución para los grupos de movimiento críticos que se presentarán en adelante se enfocarán en mejorar la progresión de vehículos de estos movimientos y por lo tanto mejorar los tiempos de demora por vehículo y su nivel de servicio (tiempos de demora menores a 55s/veh dentro del nivel de servicio D).

**Tabla 19.** Resultados del flujo de saturación ajustado, capacidad, demoras y nivel de servicio de los grupos de movimientos de la intersección en estudio

Resultados de Grupos de movimiento	EB			WB			NB			SB		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Movimiento del acceso	7	4	14									
Movimiento Asignado				8	18		1	6	16		2	12
Flujo de saturación ( $v$ ), veh/h	876	48	377	0	232	400	2992	72		4508	275	
Tasa de flujo de saturación ajustada (s), veh/h/ln	1737	1767	1278	1900	1414	1674	1656	1139		1656	1459	
Tiempo de servicio en cola ( $g_s$ ), s	25.0	2.7	25.0	0.0	8.5	12.9	55.0	4.4		25.0	22.1	
Tiempo de despeje de la cola del ciclo ( $g_c$ ), s	25.0	2.7	25.0	0.0	8.5	12.9	55.0	4.4		25.0	22.1	
Relación de verde ( $g/C$ )	0.21	0.21	0.42	0.21	0.21	0.21	0.46	0.46		0.21	0.21	
Capacidad ( $c$ ), veh/h	362	368	556	396	589	697	2277	522		1725	304	
Relación Volumen-Capacidad ( $X$ )	2.421	0.130	0.678	0.000	0.394	0.574	1.314	0.138		2.613	0.905	
Detrás de la cola ( $Q$ ), pies/ca ( 50 th percentile)	1888.7	31.1	240.2	0	76.8	340.9	1320.8	29.9		2042.2	261.7	
Detrás de la cola ( $Q$ ), veh/CA ( 50 th percentile)	75.5	1.2	9.5	0.0	3.0	13.5	52.8	1.2		81.7	10.5	
Relación de almacenamiento de cola ( $RQ$ ) ( 50 th percentile)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	
Demora Uniforme ( $d_r$ ), s/veh	47.5	38.7	28.9	0.0	41.0	45.3	32.5	18.8		47.5	46.3	
Demora incremental ( $d_i$ ), s/veh	647.6	0.7	6.5	0.0	2.0	3.4	144.5	0.6		727.5	32.1	
Demora de cola inicial ( $d_b$ ), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.6	9.5	0.0		20.9	0.0	
Demora del control ( $d$ ), s/veh	695.1	39.4	35.4	0.0	0.0	104.3	186.5	19.3		795.9	78.5	
Nivel de Servicio (LOS)	F	D	D			A	F	F	B		F	E
Demora del acceso, s/veh / LOS	479.8		F	0.0	A	173.5		F		754.7		F
Demora de la intersección, s/veh / LOS				494.3						F		

## 7. Presentación y elección de propuestas de solución a la intersección semaforizada

Como se pudo apreciar en el Apartado 6, los flujos que operan en condiciones críticas son principalmente los rectos de la calle principal (Av. del Bombero) que son los que presentan la mayor tasa de flujo de vehículos de la intersección, por lo que la solución principal será par atender a estos movimientos.

Se propone como solución principal la construcción de un paso a desnivel con pendiente del 7%, que sirva a los movimientos Norte-Sur (Gye - Vía a la Costa) y al movimiento Sur-Norte (Vía a la Costa – Gye). Ecuador, al ser un país del tercer mundo con recursos muy limitados (al igual que muchos países de Latinoamérica), se tiende a optar por la construcción de pasos elevados sobre los pasos inferiores, ya que estos suponen un menor coste ya que no hay que realizar excavaciones y el nivel freático (influyente y alto en Guayaquil) no es un problema, a diferencia de los países de Europa que optan por pasos inferiores ya que aunque estos suponen un impacto ambiental y visual menores a los de implementar pasos elevados.

Los políticos de turno con el objetivo de abarcar la mayor cantidad de obras necesarias posibles, optan por elegir alternativas económicas que representen una solución hasta 20 años (periodo normado al cual se deben proyectar las obras destinadas a la mejora del tránsito), por esta razón las normas referentes a impactos ambientales que deben cumplir las obras son más flexibles y menos exigentes que las vigentes en los países de Europa.



Con los antecedentes antes mencionados se propone que el paso para atender a los flujos SBT y NBT sea elevado, para la atención de los demás movimientos de la intersección a nivel se presentarán 3 alternativas y se escogerá aquella en la que se generen las menores demoras por vehículo y por consiguiente ofrezca un mejor nivel de servicio.

Para todas las alternativas (tanto elevadas como a nivel) se realizará una proyección a 20 años que permita asegurar que la intersección no colapse durante ese período tal como lo pide la Agencia Municipal de Tránsito de Guayaquil (ATM).

Para realizar las proyecciones vehiculares, se utilizarán los valores presentados en la Tabla 20, producto de una proyección de tasa de crecimiento vehicular, poblacional y económico realizada en la ciudad de Guayaquil por el consultor Roberto Sáenz, Economista de la Escuela Politécnica del Litoral (Guayaquil, Ecuador) para el proyecto del Puente Sur de Guayaquil.

**Tabla 20.** Factores de proyecciones

Proyección a:		r	años	Factor
P <sub>5=</sub>	$Ta(1+r)^n =$	1,70%	5	1,087994
P <sub>10=</sub>	$Ta(1+r)^n =$	2,85%	10	1,324456
P <sub>15=</sub>	$Ta(1+r)^n =$	2,65%	15	1,481212
P <sub>20=</sub>	$Ta(1+r)^n =$	2,69%	20	1,70046

A continuación se presentan las alternativas de operación de la intersección a nivel con la solución principal propuesta, de un paso elevado para servir a los flujos vehiculares N-S y S-N.

### 7.1. Alternativa 1:

Consideraciones generales:

1. Paso elevado sobre la Av. Leopoldo Carrera: tendrá 6 carriles, 3 carriles de 3,50m cada uno para servir al movimiento recto de Norte a Sur (SBT) y 3 carriles de 3,50m cada uno para servir al movimiento recto de Sur a Norte (NBT). Ambos movimientos tendrían flujo libre por lo que el análisis de sus capacidades se realizará separado de la intersección.

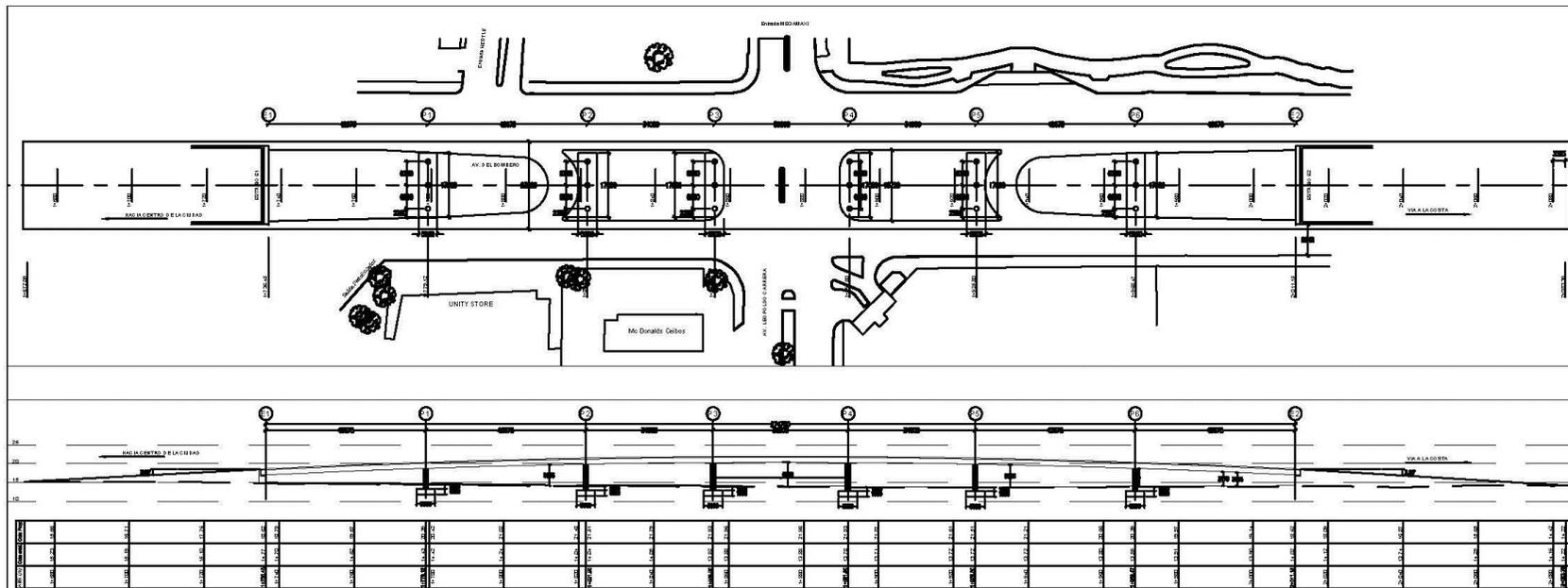


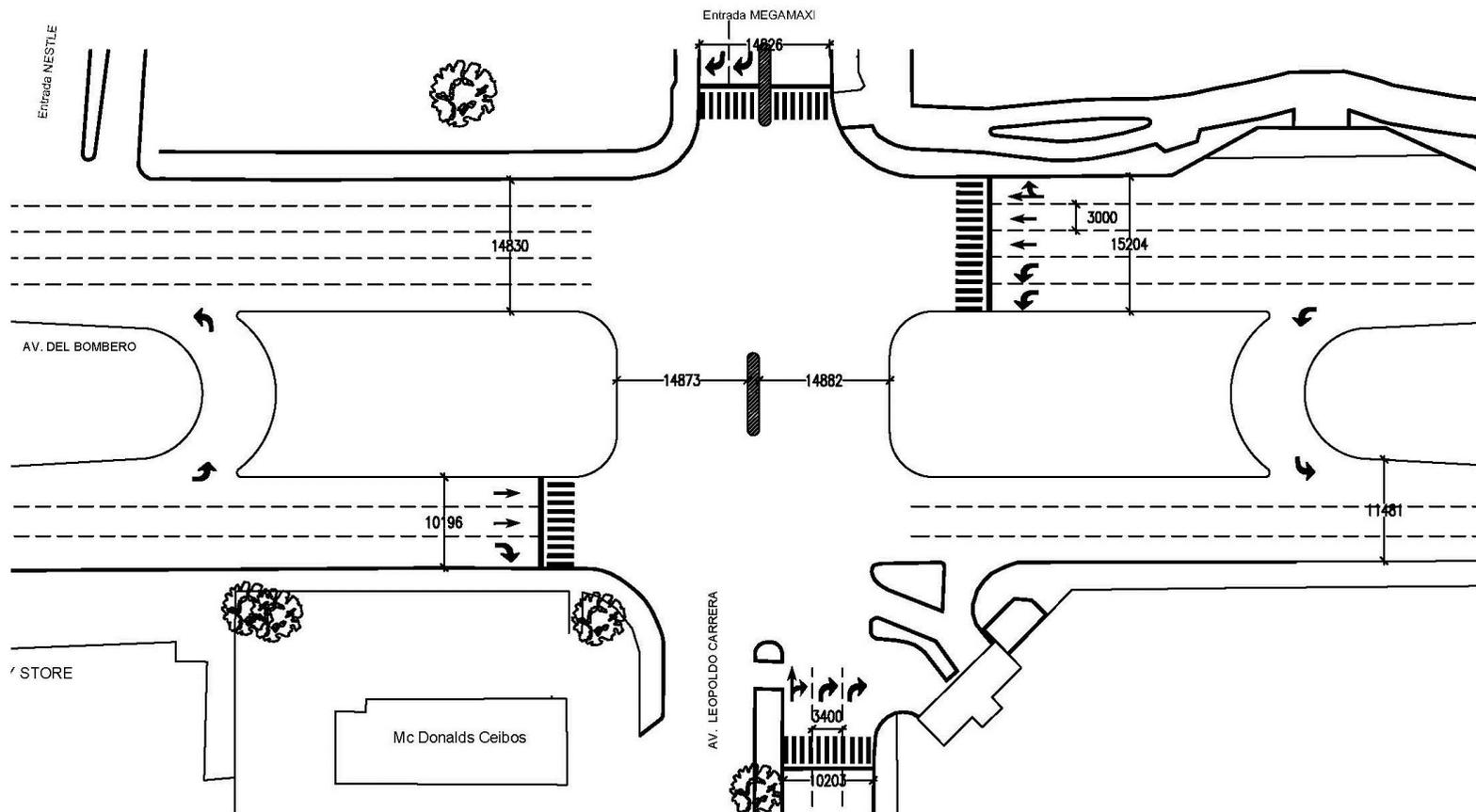
Figura 13. Detalle de la vista longitudinal y en planta del paso elevado alternativa 1



2. El sentido N-S del paso elevado tendrá una tasa de flujo de demanda de 3.220 veh/h, correspondiente al que pasa actualmente por los carriles directos con sentido N-S (movimiento 4 especificado en el Anexo 1).
3. En el sentido S-N actualmente existe una tasa de flujo de demanda considerable que sale del Hospital del IESS de Ceibos hacia Guayaquil y que se incorpora a la Av. del Bombero mediante los carriles de servicio actuales, esta demanda no podrá acceder a la rampa de subida del paso elevado porque la distancia a ella es muy corta. Por esta razón esta demanda deberá cruzar por la intersección a nivel; para obtener una aproximación de la cantidad de vehículos que tendría este movimiento se tomó como referencia un aforo vehicular realizado en la intersección en el año 2017 en el cual no existía el hospital, esa demanda fue proyectada a 2018 (porque el conteo usado para el presente estudio fue realizado a finales de 2018), de acuerdo los factores obtenidos por el consultor Roberto Sáenz a 2018 la demanda que circula por el carril de servicio (Ver Anexo 1, flujo 7) debía ser 1.220 vehículos, pero la demanda real fue 2.808, se evidencia una diferencia de 1.588 vehículos, un 56% de la demanda real; se consideró que esta diferencia corresponde a la demanda que sale del nuevo Hospital por lo que se concluye que el paso elevado serviría a 1.404 vehículos en la hora máxima, correspondiente a la resta entre la tasa de flujo de demanda actual de ese movimiento (2.992) y la que sale del Hospital del IESS hacia la intersección a nivel (1.588).
4. Con la implementación del paso elevado, por debajo antes de llegar a la intersección semaforizada a nivel se crean giros en U de operación libre, de tal forma que las tasas de flujo de demanda de estos movimientos no intervienen en la misma y no se considerarán parte de los giros a la izquierda SBL y NBL, (el volumen de vehículos de estos giros en U se encuentran definidos en el Anexo 1).
5. Los movimientos que intervendrán en la intersección semaforizada a nivel son:
  - EBR: mantiene la tasa de flujo de demanda actual de 636 veh/h.
  - EBT: mantiene la tasa de flujo de demanda actual de 48 veh/h.
  - WBR: mantiene la tasa de flujo de demanda actual de 232 veh/h, se mantendrá la condición actual de que el flujo opera sin semáforo y realice el giro cuando los movimientos del acceso NB tengan señal rojo o con precaución.
  - NBL: actualmente el giro a la izquierda corresponde a 224veh/h. (no se incluye la demanda del giro en U, movimiento 3C presentado en el Anexo 1).
  - NBT: de acuerdo al cálculo explicado en el punto 3 la demanda será 1.588 vehículos, que saldrían del nuevo Hospital.



- NBR: mantiene la tasa de flujo de demanda actual de 72veh/h.
  - SBT: mantiene la tasa de flujo de demanda del carril de servicio actual correspondiente al movimiento 5 presentado en el Anexo 1, de 1.288 veh/h. La diferencia, correspondiente al movimiento 4 del Anexo 1 será atendido por el paso elevado N-S.
  - SBR: mantiene la tasa de flujo de demanda actual de 640 veh/h.
6. Los carriles disponibles para los diferentes accesos de la intersección son los siguientes:
- El acceso NB tendrá 5 carriles de 3m cada uno (reestructurado), dos serán exclusivos para giro a la izquierda, dos para el flujo recto y uno será compartido entre los movimientos recto y a la derecha.
  - El acceso EB mantendrá los 3 carriles actuales de 3m, dos servirán exclusivamente al giro a la derecha y el tercero será compartido entre los movimientos rectos y a la derecha.
  - El acceso SB tendrá 3 carriles de 3,4m cada uno, uno servirá exclusivamente al giro a la derecha y los dos restantes al movimiento recto.
  - El acceso WB mantendrá los dos carriles actuales de 3,4m que servirán al giro a la derecha.



**Figura 14.** Intersección a nivel alternativa 1



7. De la intersección semaforizada a nivel se eliminan los siguientes movimientos:
- De la calle principal, Av. del Bombero: ningún movimiento.
  - De la calle secundaria, Av. Leopoldo Carrera: EBL, la tasa de flujo de demanda de este movimiento (876veh/h) deberá salir de la intersección en estudio y buscar rutas alternas para dirigirse a Guayaquil. Entre las alternativas convenientes se encuentran la Av. Carlos Antonio Arroyo del o las calles que tienen salida del sector de Mapasingue (al norte del sector de Ceibos) hacia la Vía a Daule como por ejemplo la Av. 6ta entre otras.



Figura 15. Alternativas de desvío del flujo EBL de la intersección en estudio

Estudio y mejora de la funcionalidad del tráfico de la intersección semaforzada en Av. Del Bombero y Av. Leopoldo Carrera C. en la ciudad de Guayaquil (Ecuador).



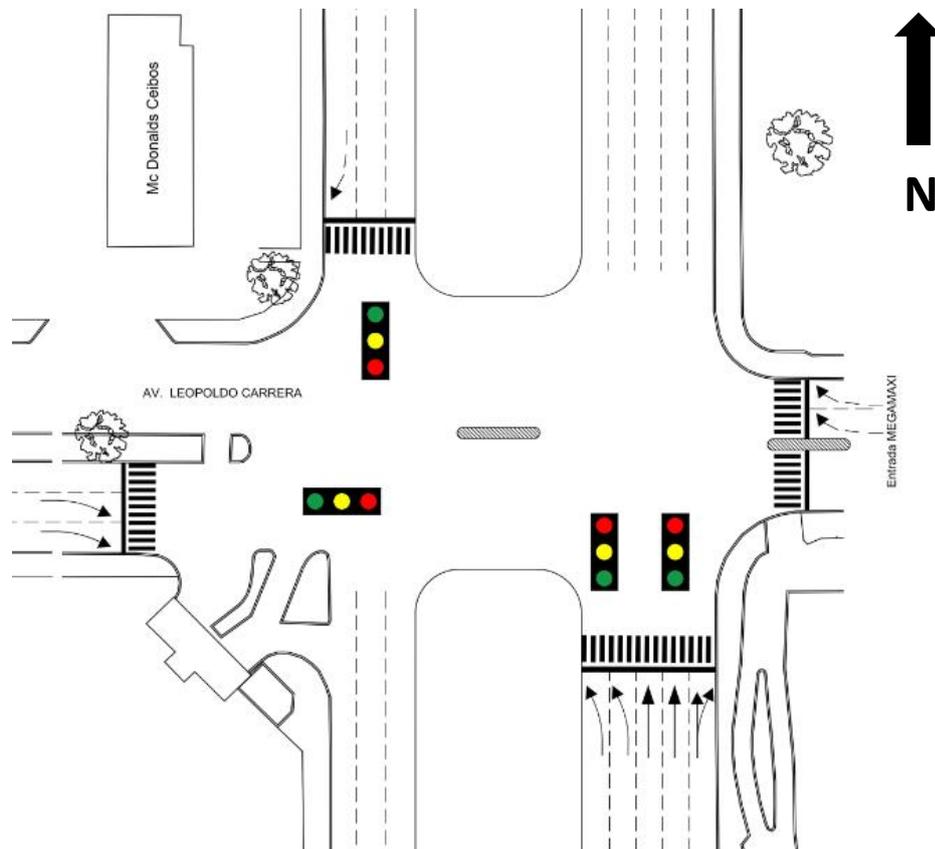
**Figura 16.** Salida de la Av. Carlos Arroyo del Río hacia el Norte (Guayaquil)



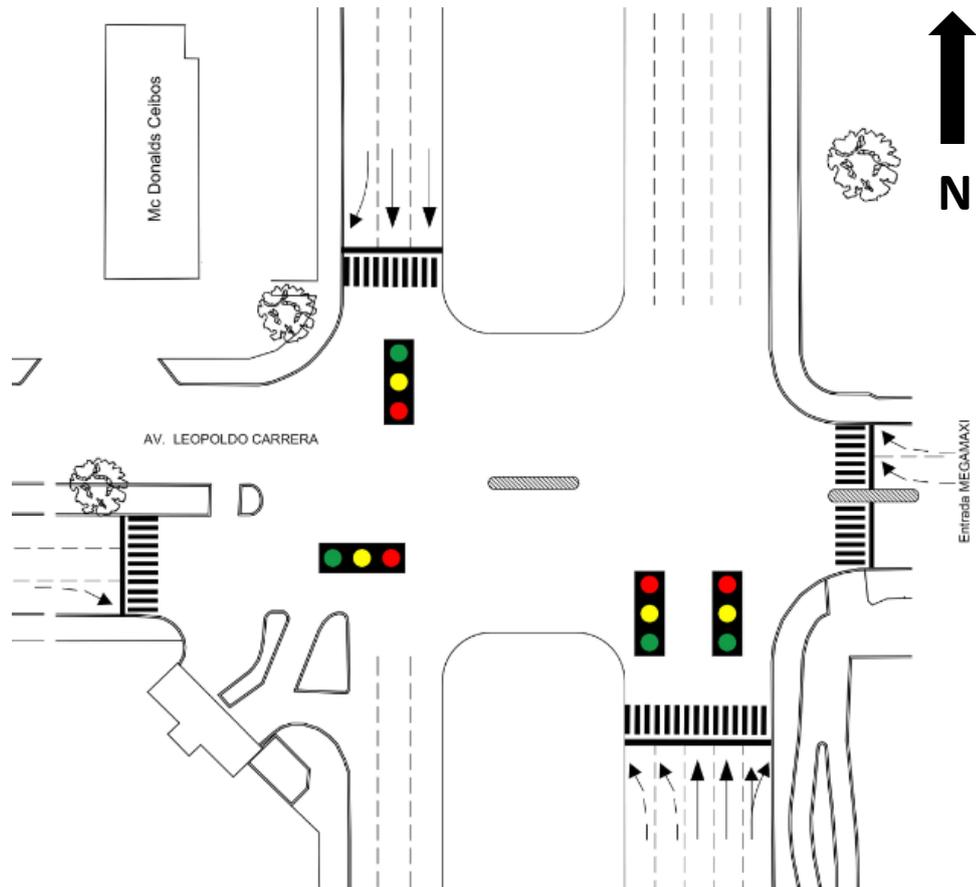
**Figura 17.** Salida de la Av. Carlos Arroyo del Río hacia el Norte (Guayaquil)  
Vista de la calle

8. La intersección a nivel operará con un semáforo de ciclo 150s y tres fases con duraciones de 10s, 78s y 62s respectivamente, la duración del intervalo amarillo (ámbar) y del “todo rojo” serán de 3s y 1s respectivamente para las 3 fases. El derecho de paso se dará de la siguiente forma:
- Fase 1: NBL+NBT+NBR+EBR, fase creada para proteger el giro a la izquierda que viene de Vía a la Costa y darle mayor servicio al giro a la derecha que sale de la Av. Leopoldo Carrera.
  - Fase 2: NBL (permitido)+NBT+NBR+SBT+SBR.
  - Fase 3: EBT+EBR
  - Los movimientos WBR, EBR y SBR mantendrán la condición actual de giro en rojo con precaución.

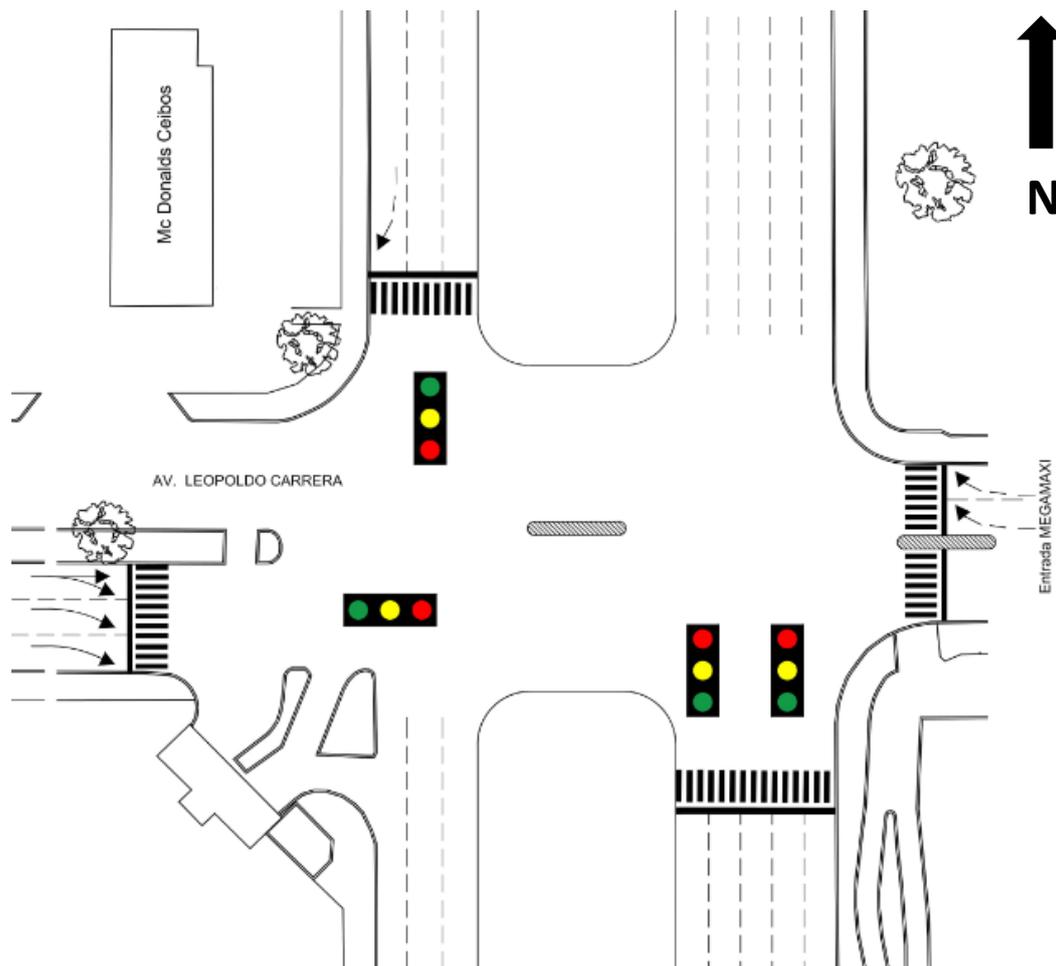
(Ver Figuras adjuntas)



**Figura 18.** Movimientos vehiculares en la fase uno del control semafórico  
Alternativa 1



**Figura 19.** Movimientos vehiculares en la fase dos del control semafórico  
Alternativa 1



**Figura 20.** Movimientos vehiculares en la fase tres del control semafórico Alternativa 1

9. El coste de la solución planteada en esta alternativa es el siguiente:
- Paso vehicular elevado sobre la Av. del Bombero: el coste aproximado es USD 3.000 por metro cuadrado de tablero, se considera un 10% adicional correspondiente a coste de estribos y acabados y un 20% adicional por la configuración adicional de la intersección en planta (retornos, etc.) por lo que el paso elevado en conjunto tendría un coste aproximado de USD 17'000.000 (con los valores propuestos:  $16'584.188,4 = 2.000 \times 274,7 \text{ m largo} \times 23,22 \text{ m de ancho} \times 1,30$ ).

En la Tabla 21 se presenta un resumen de las tasas de flujo de demanda de los movimientos antes mencionados con sus respectivas consideraciones, así como las proyecciones a 5, 10, 15 y 20 años.

**Tabla 21.** Tasas de flujo de demanda de los movimientos de la intersección en estudio para la solución planteada como alternativa 1

Movimientos	2018	Proyección anual			
		5	10	15	20
SBT (paso elevado)	3.220	3.503	4.265	4.770	5.475
SBT (intersección a nivel)	1.288	1.401	1.706	1.908	2.190
SBR	640	696	848	948	1.088
NBT (paso elevado)	1.404	1.528	1.860	2.080	2.388
NBT (intersección a nivel)	1.588	1.727	2.103	2.352	2.700
NBR	72	78	95	107	122
NBL	224	244	297	332	381
EBT	48	52	64	71	82
EBR	636	692	842	942	1.081
WBR	232	252	307	344	395

En la Tabla 22 se presenta el análisis de los flujos que operarán libres sin restricciones, que corresponden a los movimientos N-S, S-N a ser trasladados al paso elevado. El análisis se ha realizado para las tasas de flujo de demanda actuales y las proyectadas a 20 años con el fin de justificar que la solución seguirá siendo efectiva en 20 años. La capacidad de cada sentido es 5.700 veh, como se puede observar, para la demanda actual los sentidos S-N y N-S operarían a un 25% y 57% de su capacidad respectivamente y a 20 años operarían a un 42% y 96% de su capacidad.

**Tabla 22.** Análisis de demanda-capacidad de los movimientos libres de la intersección en estudio propuestos en la alternativa 1

Alternativa 1	Paso elevado	
	S-N (hacia Guayaquil)	N-S (hacia Vía a la Costa)
<b>Características geométricas</b>		
Número de carriles	3	3
Ancho promedio de carril (m)	3,5	3,5
Ancho promedio de carril (pies)	11,48	11,48
Presencia de parqueo en la calle	NO	NO
Presencia de estacionamiento en la calle	NO	NO
Pendiente de la aproximación	7%	7%
<b>Características de tráfico</b>		
Tasa de flujo de demanda actual (veh/h)	1.404	3.220
Porcentaje de vehículos pesados	0,18%	0,44%



Alternativa 1	Paso elevado		
	S-N (hacia Guayaquil)	N-S (hacia Vía a la Costa)	
Factor de hora pico	1	1	
Proporción de pelotón	1	1	
Factor de ajuste para filtración aguas arriba	1	1	
Cola inicial	0	0	
Tasa de flujo de saturación base (veh/h/ln)	1.900	1.900	
Factor de ajuste por uso de carril	1	1	
Tasa de flujo de peatones	0	0	
Tasa de flujo de bicicletas	0	0	
Tasa de maniobras de estacionamiento en la calle	0	0	
Tasa de paradas de buses convencionales	0	0	
Demora de movimientos sin señal	0	0	
<b>Datos potenciales</b>			
Duración del período de análisis (h)	0,25	0,25	
Límite de velocidad (mi/h)	44	44	
Tipo de área (Centro urbano o no)	NO CBD		
<b>CALCULOS</b>			
<b>Tasa de flujo de saturación</b>	<b>S<sup>s</sup> (veh/h/ln)</b>	<b>1.899,944</b>	<b>1.899,906</b>
Tasa de flujo de saturación base (veh/h/ln)	so	1.900	1.900
Factor de ajuste por ancho de carril	fw	1	1
Factor de ajuste por vehículos pesados y pendiente	fHVg	0,9999706	0,99995086
Factor de ajuste por estacionamiento	fp	1	1
Factor de ajuste por parada de buses	fbp	1	1
Factor de ajuste por tipo de área	fa	1	1
Factor de ajuste por utilización de carril	fLU	1	1
Factor de ajuste por presencia de vehículos con giro a la izquierda	fLT	1	1
Factor de ajuste por presencia de vehículos con giro a la derecha	fRT	1	1
Factor de ajuste por peatones para giros a la izquierda	fLpb	1	1
Flujo de peatones durante el servicio (p/h)	Vped	1	1
Factor de ajuste por peatones-ciclistas para giros a la derecha	fRpb	1	1
Factor de ajuste por presencia de zona de trabajo	fwz	1	1
Factor de ajuste por bloqueo de carril aguas abajo	fms	1	1



Alternativa 1		Paso elevado	
		S-N (hacia Guayaquil)	N-S (hacia Vía a la Costa)
Factor de ajuste por spillback	fsp	1	1
Capacidad (veh/h)	c	5.700	5.700
Relación Volumen-Capacidad actual	$X_a$	<b>0,246</b>	<b>0,565</b>
Tasa de flujo de demanda proyectada a 20 años (veh/h)		2.388	5.475
Relación Volumen-Capacidad proyectado a 20 años	$X_{20}$	<b>0,419</b>	<b>0,961</b>

En la Tabla 23 se presenta un resumen de los resultados obtenidos con el programa HCS7 del análisis de la alternativa 1 con las demandas actuales y con las demandas proyectadas a 20 años, las tablas con todos los detalles de entrada y los resultados detallados se encuentran registrados en el Anexo 2.

Con la demanda actual, los movimientos EBT y EBR que vienen de la Av. Leopoldo Carrera operarían a un Nivel de servicio D, mientras que los demás movimientos lo harían a un nivel de servicio C. Si bien es cierto el nivel de servicio D se considera aceptable, y la intersección evidentemente mejora en todos sus movimientos el tiempo de demora que se tiene actualmente, en la proyección a 20 años los movimientos EBR, NBL y SBT vuelven a colapsar, aunque con menores tiempos de demoras frente a los que se tiene actualmente. Los movimientos NBR y SBR operarían a nivel de servicio E y los movimientos EBT y NBT operarían a nivel de servicio D.



**Tabla 23.** Comparación de los resultados de análisis de capacidad y nivel de servicio de la alternativa 1 de la intersección a nivel con demandas actuales y proyectadas a 20 años

	Demanda actual							Demanda proyectada a 20 años						
	EB		NB			SB		EB		NB			SB	
	T	R	L	T	R	T	R	T	R	L	T	R	T	R
<b>Tasa de flujo de demanda (veh/h)</b>	48	636	224	1.588	72	1288	640	82	1081	381	2.700	122	2.190	1.088
<b>RTOR</b>	0	259	0	0	0	0	365	0	259	0	0	0	0	365
<b>Tasa de flujo de demanda ajustada (veh/h)</b>	48	377	224	1.140	520	1288	275	82	822	381	1.904	918	2.190	723
<b>Tasa de flujo de saturación ajustado s (veh/h/ln)</b>	1.824	1.300	1.687	1.824	1.664	1.809	1.572	1.824	1.300	1.687	1.824	1.664	1.809	1.572
<b>Relación de verde (g/C)</b>	0,24	0,28	0,55	0,56	0,56	0,49	0,49	0,24	0,28	0,55	0,56	0,56	0,49	0,49
<b>Capacidad</b>	438	742	409	2.043	932	1.785	776	438	742	231	2.043	932	1.785	776
<b>Relación Volumen/ capacidad (X)</b>	0,11	0,508	0,547	0,558	0,558	0,722	0,355	0,187	1,108	1,65	0,932	0,983	1,227	0,932
<b>Control de demora/ movimiento d (s/veh)</b>	45	48	30,5	22,2	23,5	32,5	24,6	46,3	121,1	353,5	39,6	57,8	145,4	55,1
<b>Nivel de Servicio/ movimiento (LOS)</b>	D	D	C	C	C	C	C	D	F	F	D	E	F	E
<b>Control de demora/ acceso d (s/veh)</b>	47,6		23,6			31,1		114,4		82,2			123	
<b>Nivel de Servicio/ acceso (LOS)</b>	D		C			C		F		F			F	
<b>Control de demora/ intersección d (s/veh)</b>	27,6							97,8						
<b>Nivel de Servicio/ intersección (LOS)</b>	C							F						



## 7.2. Alternativa 2

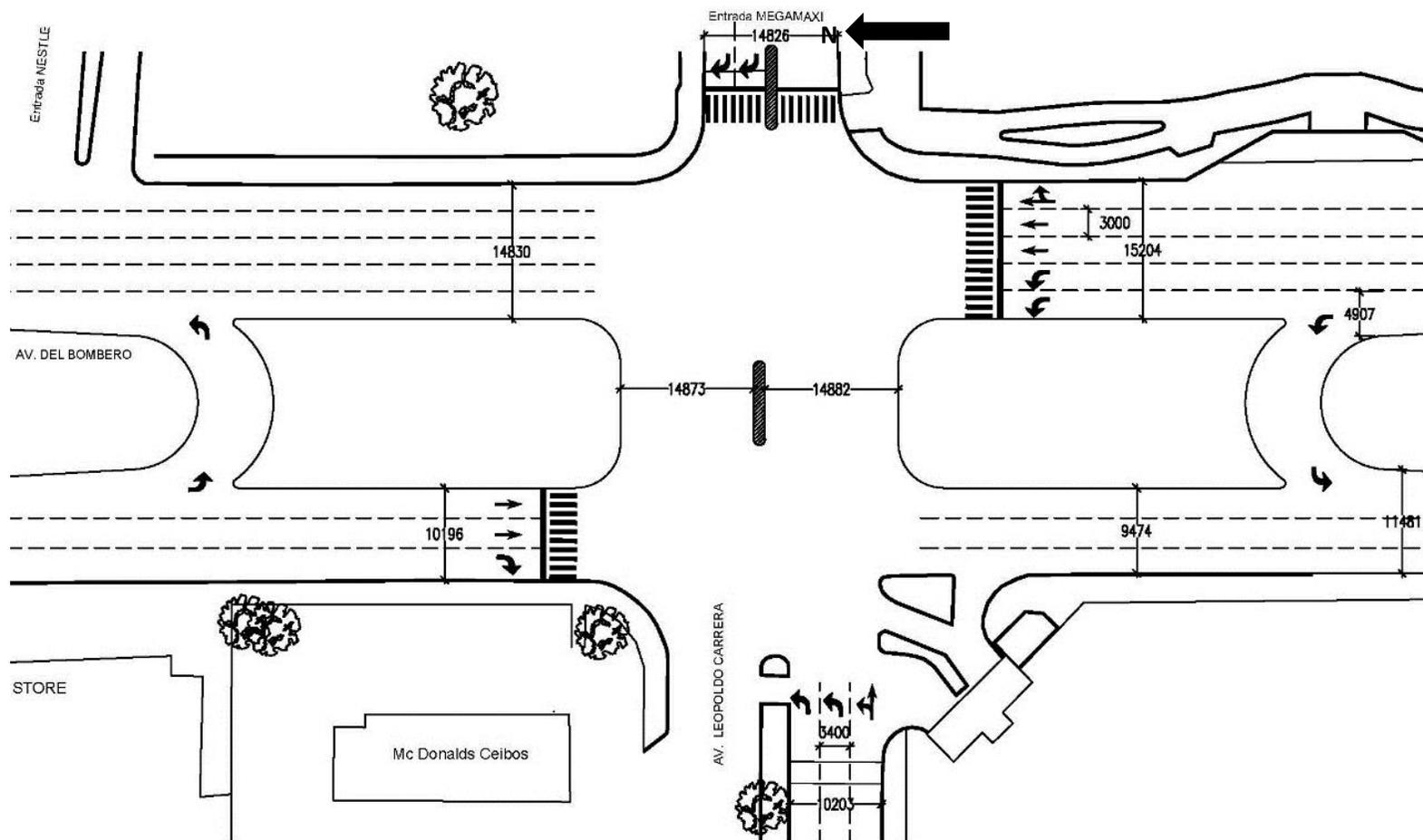
Consideraciones generales:

1. Paso elevado sobre la Av. Leopoldo Carrera: tendrá 6 carriles, 3 carriles de 3,50m cada uno para servir al movimiento recto de Norte a Sur (SBT) y 3 carriles de 3,50m cada uno para servir al movimiento recto de Sur a Norte (NBT). Ambos movimientos tendrían flujo libre por lo que el análisis de sus capacidades se realizará separado de la intersección. El paso elevado tendrá el mismo diseño que el presentado en la alternativa 1 en la Figura 13.
2. Con la implementación del paso elevado, por debajo antes de llegar a la intersección semaforizada a nivel se crean giros en U de operación libre, de tal forma que las tasas de flujo de demanda de estos movimientos no intervienen en la misma y no se considerarán en los giros a la izquierda SBL y NBL, (el volumen de vehículos de estos giros en U se encuentran definidos en el Anexo 1).
3. Los movimientos actuales que intervendrán en la intersección semaforizada a nivel son:
  - EBL: mantiene la tasa de flujo de demanda actual de 876 veh/h.
  - EBT: mantiene la tasa de flujo de demanda actual de 48 veh/h.
  - WBR: mantiene la tasa de flujo de demanda actual de 232 veh/h y se mantendrá la condición actual de no estar señalizado (flujo opera sin semáforo) y realizar el giro cuando los movimientos del acceso NB tengan señal rojo o con precaución.
  - NBL: actualmente el giro a la izquierda corresponde a 224veh/h. (no incluye la demanda del giro en U, movimiento 3C presentado en el Anexo 1).
  - NBT: Aun cuando el paso elevado da servicio a este movimiento, existe una tasa de flujo de demanda considerable que sale del Hospital del IESS de Ceibos hacia Guayaquil y que se incorpora a la Av. del Bombero mediante los carriles de servicio actuales, esta demanda no podrá acceder a la rampa de subida del paso elevado porque la distancia a ella es muy corta. Por esta razón se ha considerado que la misma será atendida por la intersección a nivel; para obtener una aproximación de la cantidad de vehículos para este movimiento se tomó como referencia un aforo vehicular realizado en la intersección en el año 2017 (en este año no existía el hospital), la demanda obtenida de ese año fue proyectada a 2018 (el conteo usado para el presente estudio fue realizado a finales de este año) de acuerdo los factores obtenidos por el consultor Roberto Sáenz. Se obtuvo que a 2018 la demanda que circula por el carril de servicio (Ver Anexo 1, flujo 7) debía ser 1.220 vehículos, pero la real es 2.808, se evidencia una



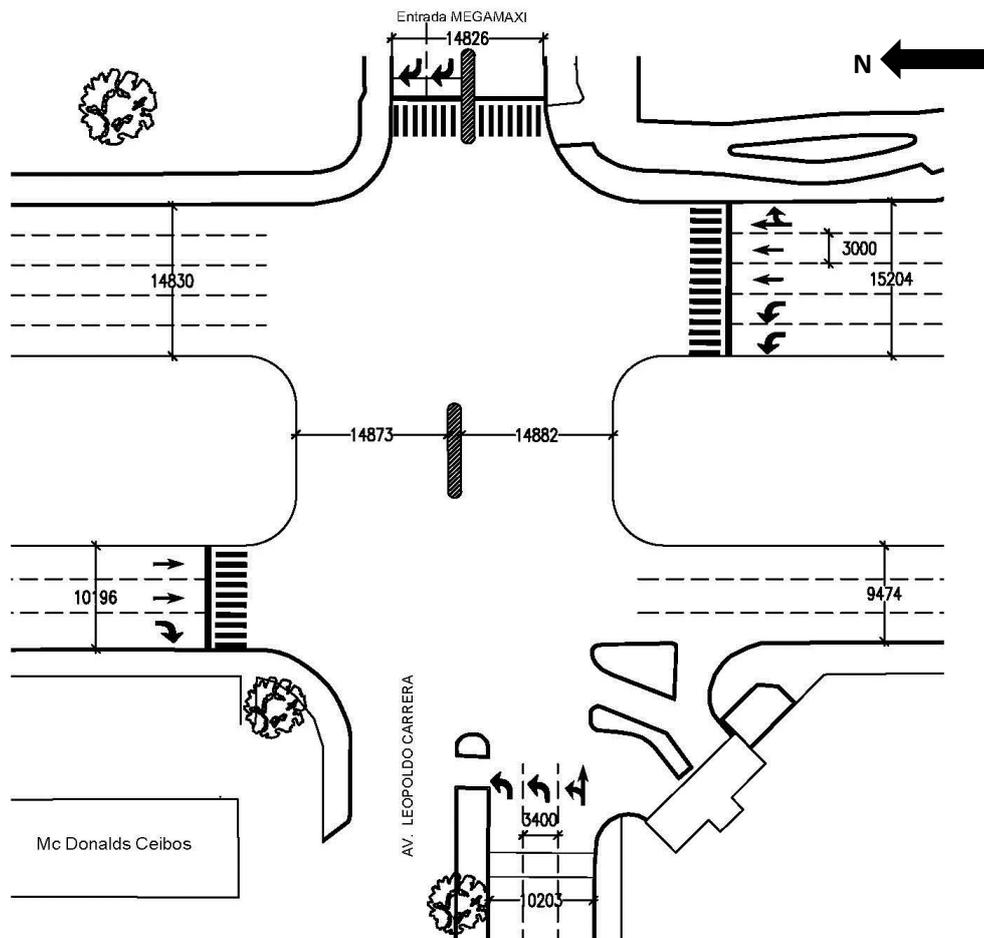
diferencia de 1.588 vehículos, un 56% de la demanda real; se consideró que esta diferencia corresponde a la demanda que sale del nuevo Hospital es decir, a la tasa de flujo de demanda que tendrá el movimiento NBT de la intersección semaforizada a nivel.

- NBR: mantiene la tasa de flujo de demanda actual de 72veh/h.
  - SBT: mantiene la tasa de flujo de demanda del carril de servicio actual correspondiente al movimiento 5 presentado en el Anexo 1, de 1.288veh/h. La diferencia, correspondiente al movimiento 4 del Anexo 1 será atendido por el paso elevado N-S.
  - SBR: mantiene la tasa de flujo de demanda actual de 640 veh/h.
4. Los carriles disponibles para los diferentes accesos de la intersección son los siguientes:
- El acceso NB tendrá 5 carriles de 3m cada uno (reestructurado), dos serán exclusivos para giro a la izquierda, dos para el flujo recto y uno será compartido entre los movimientos recto y a la derecha.
  - El acceso EB mantendrá los 3 carriles actuales de 3m, dos servirán exclusivamente al giro a la izquierda y el tercero será compartido entre los movimientos rectos y a la izquierda.
  - El acceso SB tendrá 3 carriles de 3,4m cada uno, uno servirá exclusivamente al giro a la derecha y los dos restantes al movimiento recto.
  - El acceso WB mantendrá los dos carriles actuales de 3,4m que servirán al giro a la derecha.



**Figura 21.** Intersección a nivel alternativa 2

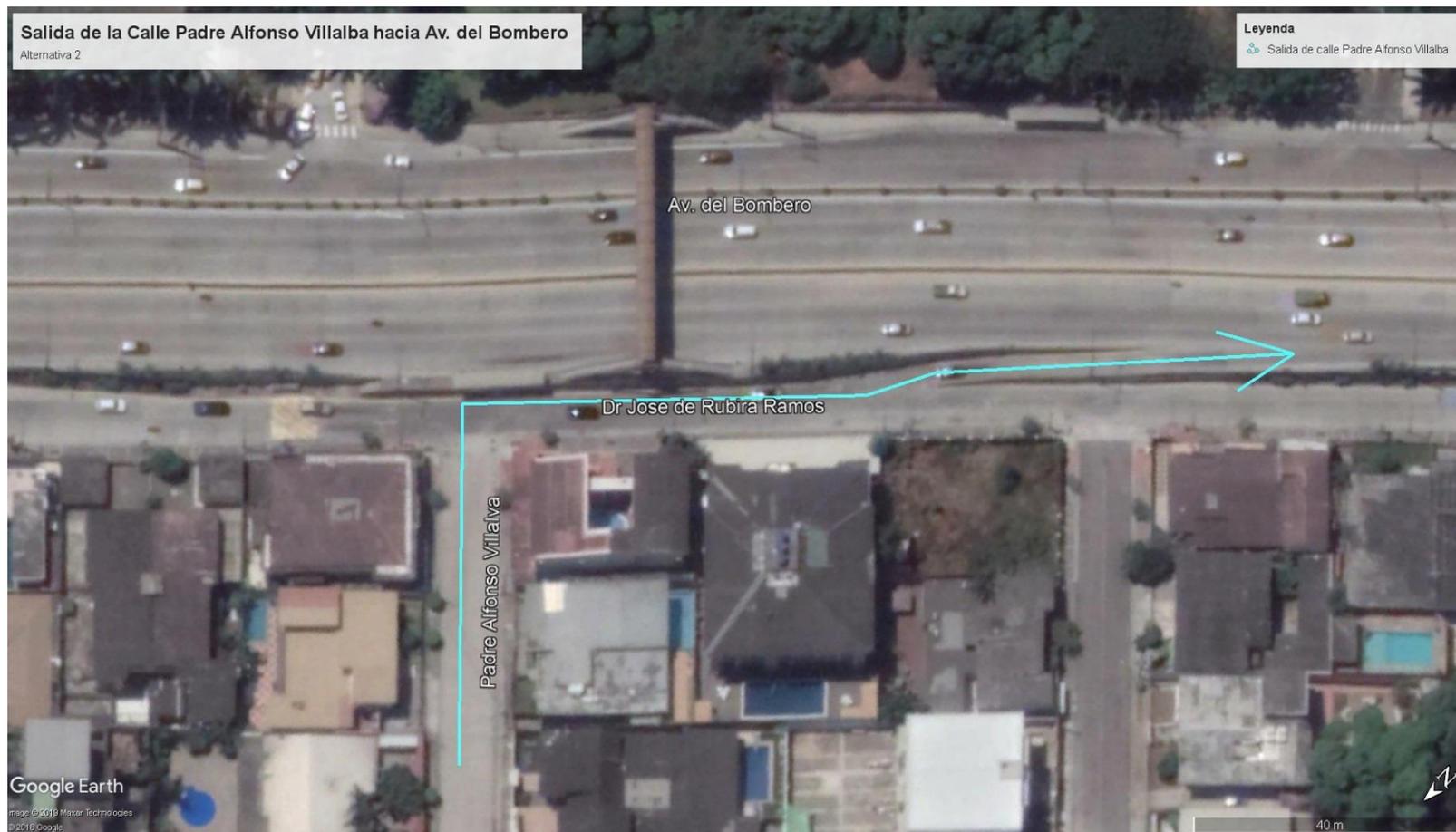
Estudio y mejora de la funcionalidad del tráfico de la intersección semaforizada en Av. Del Bombero y Av. Leopoldo Carrera C. en la ciudad de Guayaquil (Ecuador).



**Figura 22.** Detalle de la intersección a nivel alternativa 2

5. De la intersección semaforizada a nivel se eliminan los siguientes movimientos:
- De la calle principal, Av. del Bombero: ningún movimiento.
  - De la calle secundaria, Av. Leopoldo Carrera: EBR, la tasa de flujo de demanda de este movimiento (636veh/h) deberá salir de la intersección en estudio y buscar rutas alternas para dirigirse a Vía a la Costa. Una alternativa conveniente sería la Calle Padre Alfonso Villalba (Calle 8) ubicada al Norte de la intersección, para posteriormente incorporarse al paso elevado en sentido N-S y dirigirse hacia Vía a la Costa.



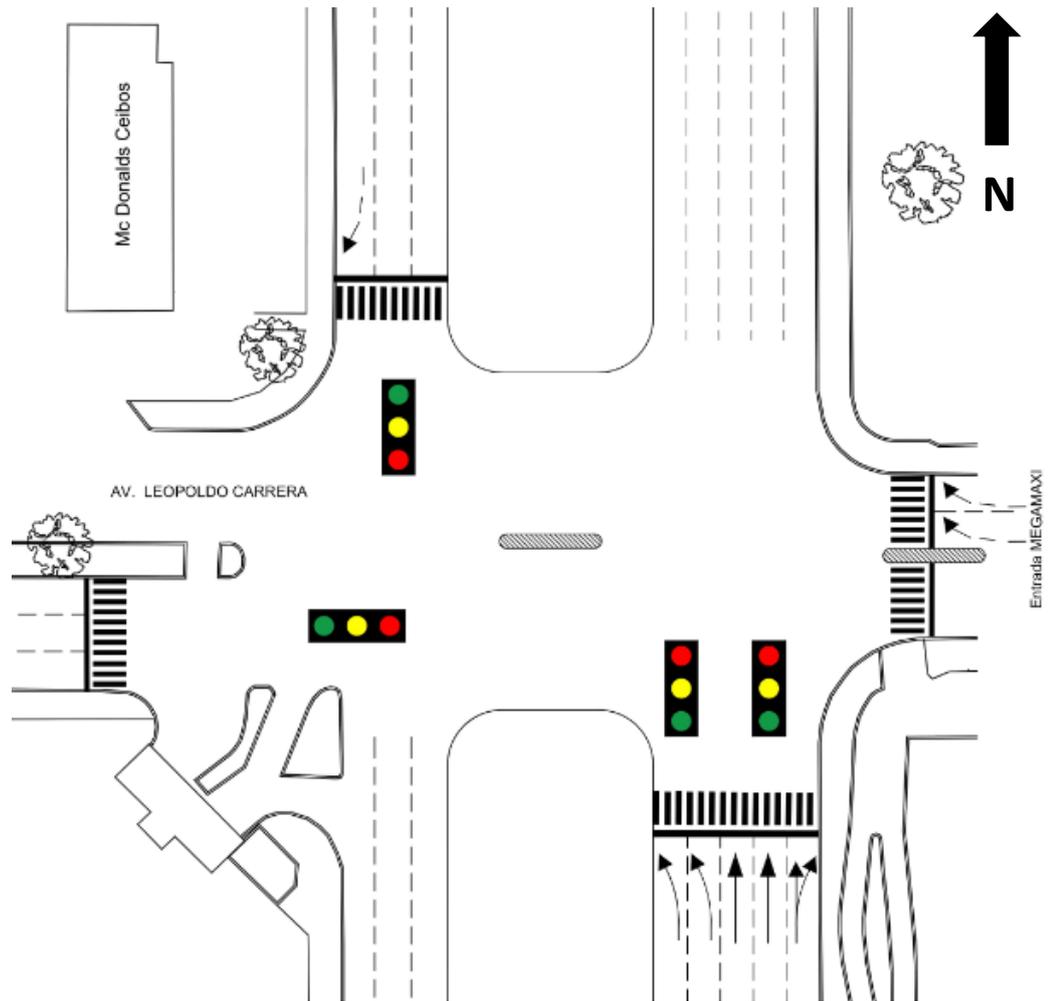


**Figura 24.** Salida de la calle Padre Alfonso Villalba hacia Av. del Bombero - Alternativa de desvío del flujo EBR de la intersección en estudio

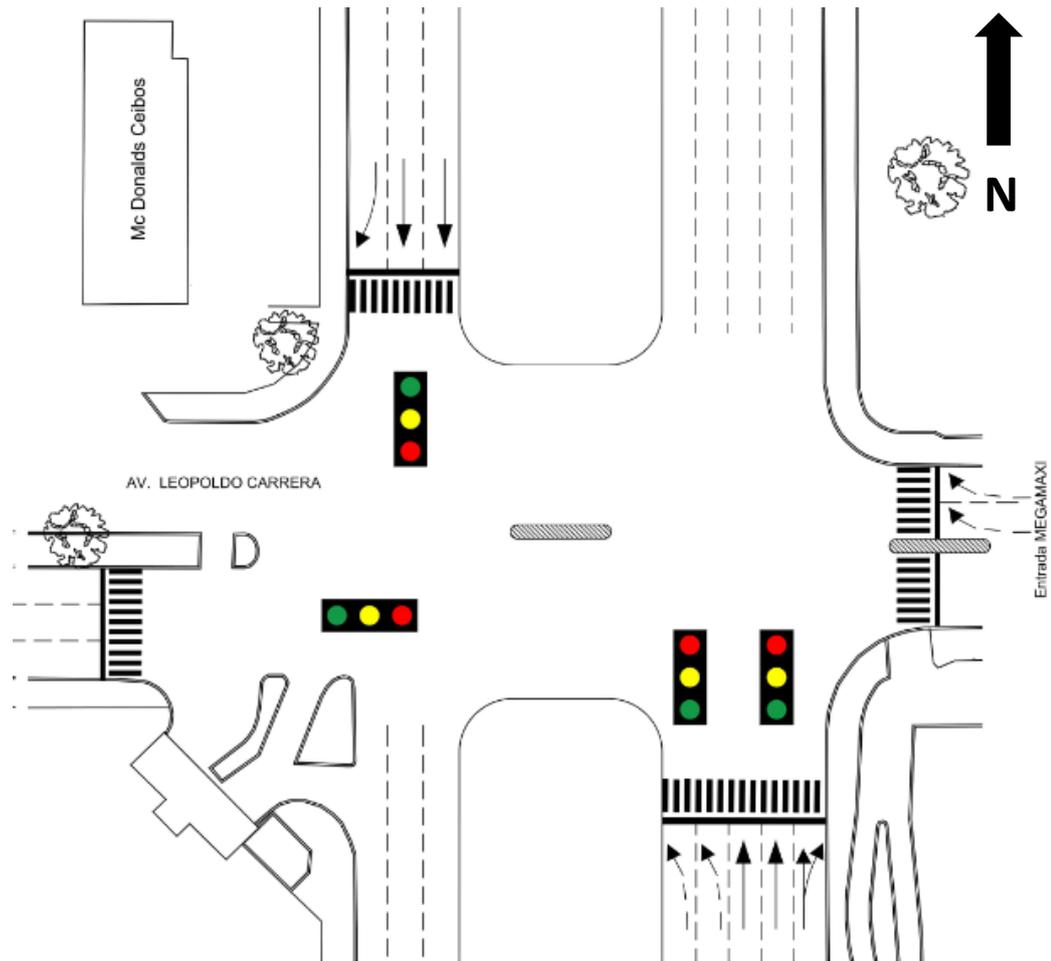


6. El sentido N-S del paso elevado tendrá una tasa de flujo de demanda de 3.220 veh/h, correspondiente al que pasa actualmente por los carriles directos con sentido N-S (movimiento 4 especificado en el Anexo 1). Se tomará la opción propuesta en el punto 5 en el que la tasa de flujo de demanda EBR de la intersección actual sea desviada y posteriormente se incorpore al paso elevado N-S, por lo cual la tasa sería 3.856 veh/h (3.220+636).
7. El sentido S-N del paso elevado servirá a 1.404 vehículos en la hora máxima, correspondiente a la resta entre la tasa de flujo de demanda actual de ese movimiento (2.992) y la que sale del Hospital del IESS hacia la intersección a nivel (1.588).
8. El semáforo de la intersección a nivel operará con ciclo de 150s y tres fases con duraciones de 15s, 63s y 72s respectivamente, la duración del intervalo amarillo (ámbar) y del “todo rojo” será de 3s y 1s respectivamente para las 3 fases. E derecho de paso se dará de la siguiente forma:
  - Fase 1: NBL+NBT+NBR, fase creada para proteger el giro a la izquierda.
  - Fase 2: NBL (permitido)+NBT+NBR+SBT+SBR.
  - Fase 3: EBL+EBT
  - Los movimientos SBR mantendrá la condición actual de giro en rojo con precaución y el y WBR giro con precaución todo el tiempo.

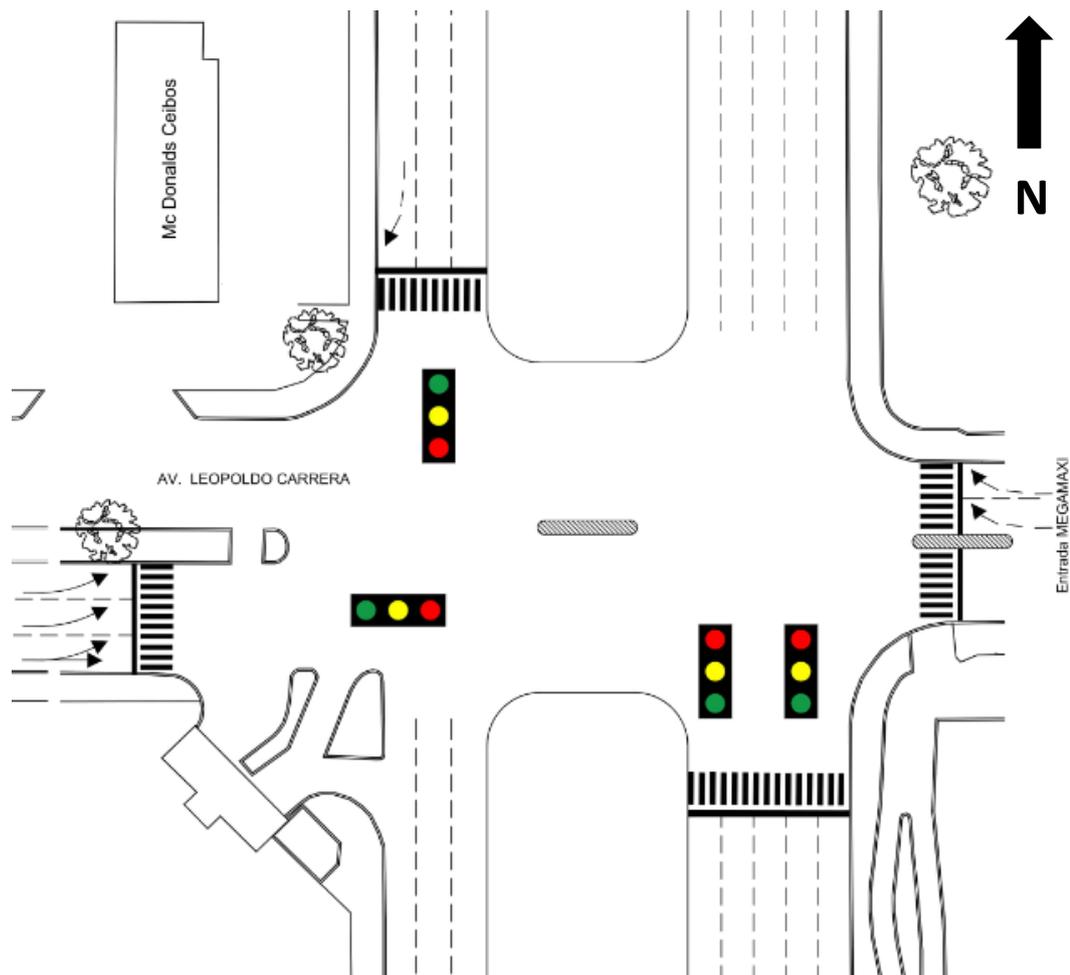
(Ver Figuras adjuntas)



**Figura 25.** Movimientos vehiculares en la fase uno del control semafórico  
Alternativa 2



**Figura 26.** Movimientos vehiculares en la fase dos del control semafórico  
Alternativa 2



**Figura 27.** Movimientos vehiculares en la fase tres del control semafórico  
Alternativa 2

9. El coste de la solución planteada en esta alternativa es el siguiente:
- Paso vehicular elevado: sobre la Av. del Bombero: el coste aproximado de un paso elevado es USD 3.000 por metro cuadrado de tablero, se considera un 10% adicional correspondiente a coste de estribos y acabados y un 20% adicional por la configuración adicional de la intersección en planta (retornos, etc.) por lo que el paso elevado en conjunto tendría un coste aproximado de USD 17'000.000 (con los valores propuestos:  $16'584.188,4 = 2.000 \times 274,7 \text{ m largo} \times 23,22 \text{ m de ancho} \times 1,30$ ).

En la Tabla 24 se presenta un resumen de las tasas de flujo de demanda de los movimientos antes mencionados con sus respectivas consideraciones, así como las proyecciones a 5, 10, 15 y 20 años.

**Tabla 24.** Tasas de flujo de demanda de los movimientos de la intersección en estudio para la solución planteada como alternativa 2

Movimientos	2018	Proyección anual			
		5	10	15	20
SBT (paso elevado)	3.220	3.503	4.265	4.770	5.475
SBT (intersección a nivel)	1.288	1.401	1.706	1.908	2.190
SBR	640	696	848	948	1.088
NBT (paso elevado)	1.404	1.528	1.860	2.080	2.388
NBT (intersección a nivel)	1.588	1.727	2.103	2.352	2.700
NBR	72	78	95	107	122
NBL	224	244	297	332	381
EBT	48	52	64	71	82
EBL	876	953	1.160	1.298	1.490
WBR	232	252	307	344	395

Los flujos que operarán libres sin restricciones son los movimientos N-S, S-N a ser trasladados al paso elevado. El análisis es el mismo presentado en la alternativa 1 en la Tabla 22. La capacidad de cada sentido es 5.700 veh, los sentidos S-N y N-S operarían a un 25% y 57% de su capacidad respectivamente de acuerdo a la demanda actual y a 20 años operarían a un 42% y 96% de su capacidad. Si se cumple con la recomendación del punto 5 de las consideraciones generales, la tasa de flujo de demanda del movimiento EBR de la intersección actual pasaría por el paso elevado en sentido N-S y con la demanda actual operaría a un 68% y a 20 años a un 115% de su capacidad (Ver Tabla 25).

**Tabla 25.** Análisis de demanda-capacidad de los movimientos libres de la intersección en estudio propuestos en la alternativa 2

Alternativa 2		Paso elevado	
		S-N (hacia Guayaquil)	N-S (hacia Vía a la Costa)
Capacidad (veh/h)	c	5.700	5.700
Relación Volumen-Capacidad actual	$X_a$	<b>0,246</b>	<b>0,565</b>
Tasa de flujo de demanda proyectada a 20 años (veh/h)		2.388	5.475
Relación Volumen-Capacidad proyectado a 20 años	$X_{20}$	<b>0,419</b>	<b>0,961</b>



Alternativa 2		Paso elevado	
		S-N (hacia Guayaquil)	N-S (hacia Vía a la Costa)
Tasa de flujo de demanda actual considerando el movimiento EBR (veh/h)			3.856
Relación Volumen-Capacidad actual considerando movimiento EBR	$X_a$		<b>0,677</b>
Tasa de flujo de demanda proyectada a 20 años considerando el movimiento EBR (veh/h)			6.557
Relación Volumen-Capacidad proyectado a 20 años considerando movimiento EBR	$X_{20}$		<b>1,150</b>

En la Tabla 26 se presenta un resumen de los resultados obtenidos con el programa HCS7 del análisis de la alternativa 2 con las demandas actuales y con las demandas proyectadas a 20 años, las tablas con todos los detalles de entrada y los resultados detallados se encuentran registrados en el Anexo 3.

Con la demanda actual los movimientos NBT y NBR que vienen de Vía a la Costa operarían a un Nivel de servicio C, mientras que los demás movimientos lo harían a un nivel de servicio D. Si bien es cierto el nivel de servicio D se considera aceptable, y la intersección evidentemente mejora en todos sus movimientos el tiempo de demora que se tiene actualmente, en la proyección a 20 años la intersección vuelve a colapsar, aunque con menores tiempos de demoras frente a los que se tiene actualmente.

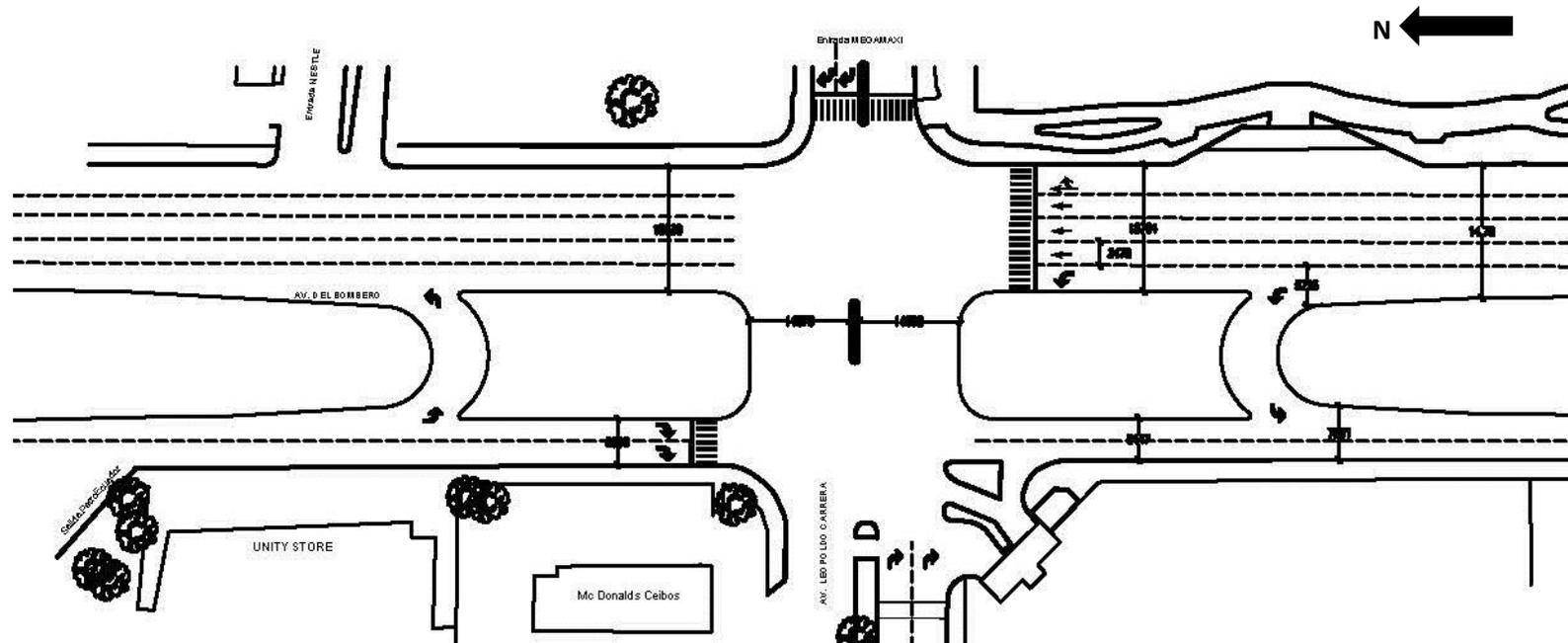


**Tabla 26.** Comparación de los resultados de análisis de capacidad y nivel de servicio de la alternativa 2 de la intersección a nivel con demandas actuales y proyectadas a 20 años

	Demanda actual							Demanda proyectada a 20 años						
	EB		NB			SB		EB		NB			SB	
	L	T	L	T	R	T	R	L	T	L	T	R	T	R
<b>Tasa de flujo de demanda (veh/h)</b>	876	48	224	1588	72	1288	640	1566	86	400	2838	129	2302	1144
<b>RTOR</b>	0	0	0	0	365	0	0	0	0	0	0	0	0	365
<b>Tasa de flujo de demanda ajustada (veh/h)</b>	876	48	224	1142	518	1288	275	1566	86	400	1997	970	2302	779
<b>Tasa de flujo de saturación ajustados (veh/h)</b>	1737	1656	1687	1824	1653	1809	1562	1737	1656	1687	1824	1653	1809	1562
<b>Relación de verde (g/C)</b>	0,32	0,32	0,48	0,49	0,49	0,39	0,39	0,32	0,32	0,48	0,49	0,49	0,39	0,39
<b>Capacidad</b>	1112	530	392	1800	815	1423	614	1112	530	392	1800	815	1423	614
<b>Relación Volumen/capacidad (X)</b>	0,788	0,091	0,572	0,635	0,635	0,905	0,448	1,409	0,162	1,165	1,109	1,187	1,618	1,268
<b>Control de demora/movimiento d (s/veh)</b>	52	36,1	39,1	29,7	31,8	52,7	35,9	240,3	37,2	147,5	95,9	134,1	326,8	178,5
<b>Nivel de Servicio/movimiento (LOS)</b>	D	D	D	C	C	D	D	F	D	F	F	F	F	F
<b>Control de demora/accesod (s/veh)</b>	51,2		31,4			49,7		229,7		113			289,3	
<b>Nivel de Servicio/accesod (LOS)</b>	D		C			D		F		F			F	
<b>Control de demora/intersección d (s/veh)</b>	40							193,9						
<b>Nivel de Servicio/intersección (LOS)</b>	D							F						



2. Con la implementación del paso elevado, se crean giros en U de operación libre debajo de los pasos antes de llegar a la intersección semaforizada a nivel, de tal forma que las tasas de flujo de demanda de estos movimientos no intervienen en la misma y no se considerarán en los giros a la izquierda SBL y NBL, (el volumen de vehículos de estos giros en U se encuentran definidos en el Anexo 1).



**Figura 30.** Intersección a nivel alternativa 3



3. De la intersección semaforizada a nivel se eliminan los siguientes movimientos:
- De la calle principal, Av. del Bombero: SBT ya que toda esta tasa de flujo de demanda será atendida por el paso elevado.
  - De la calle secundaria, Av. Leopoldo Carrera: EBT y EBL. Como se mencionó anteriormente, la intersección en estudio es aislada y al no haber intersecciones cercanas que den acceso a los habitantes del sector a la Av. del Bombero para ingresar a la ciudad, sus tasas de flujo de demanda serán obligadas a girar a la derecha hacia Vía a la Costa y retornarían en el intercambiador más cercano (localizado en Vía a la Costa). El flujo EBL tiene también la opción de desvío planteada en la alternativa 1, de esta forma no se dejaría de dar servicio a estos flujos sin embargo, en esta alternativa se considerará el peor escenario para la intersección que es que ambos flujos EBL y EBT saldrán por la Av. Leopoldo Carrera, la misma que se muestra en la Figura 31.



**Figura 31.** Alternativa de desvío del flujo EBT y EBL de la intersección en estudio

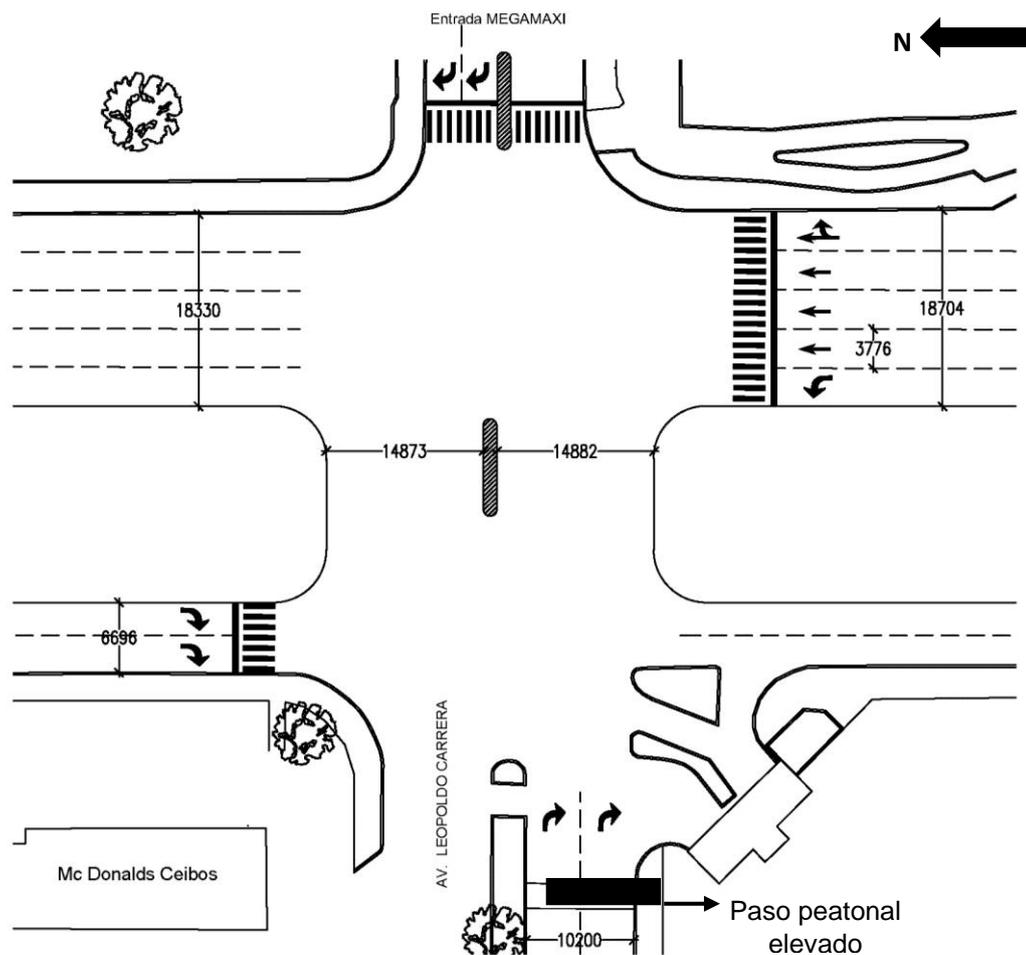
Estudio y mejora de la funcionalidad del tráfico de la intersección semaforizada en Av. Del Bombero y Av. Leopoldo Carrera C. en la ciudad de Guayaquil (Ecuador).



4. De acuerdo a lo expuesto, la salida EB operaría con 2 carriles de 4,50m que podrán únicamente girar a la derecha, por lo que a la tasa de flujo de demanda EBR que es 636 veh/h se le sumarán las correspondientes a EBT y EBL que son 48 y 876 veh/h respectivamente. Además, al momento de retornar, la tasa de flujo de demanda EBL de la intersección actual (que se dirige a Guayaquil) intervendría en el paso elevado S-N, mientras que la de EBT (que se dirige a Supermaxi) intervendría en el movimiento NBR de la intersección semaforizada a nivel, la tasa de flujo de demanda para NBR sería entonces 120 (72+48) veh/h.
5. El sentido N-S del paso elevado tendrá una tasa de flujo de demanda de 4.508 veh/h.
6. Aun cuando paso elevado atenderá el sentido S-N, existe una tasa de flujo de demanda considerable que sale del Hospital del IESS de Ceibos hacia Guayaquil y que se incorpora a la Av. del Bombero mediante los carriles de servicio actuales, esta demanda no podrá acceder a la rampa de subida del paso elevado porque la distancia a ella es muy corta. Por esta razón se ha considerado que esta demanda cruzará por la intersección a nivel, para obtener una aproximación de la cantidad de vehículos para este movimiento se tomó como referencia un aforo vehicular realizado en la intersección en el año 2017, en el que no existía el hospital, la demanda de ese año fue proyectada a 2018 (el conteo usado para el presente estudio fue realizado a finales de este año) de acuerdo los factores obtenidos por el consultor Roberto Sáenz y resultó que debía ser 1.220 vehículos, mientras que la demanda real es 2.808, se evidencia una diferencia de 1.588 vehículos (56% de la demanda real) la cual se consideró que corresponde a la demanda que sale del nuevo Hospital es decir, el paso elevado servirá a 2.280 vehículos en la hora máxima, correspondiente a la resta entre la tasa de flujo de demanda actual de ese movimiento (2.992) y la que sale del Hospital del IESS hacia la intersección a nivel (1.588) más la tasa de flujo de demanda del movimiento EBL (876) especificado en el punto 4.
7. Los movimientos actuales que intervendrán en la intersección semaforizada a nivel son por lo tanto:
  - NBL: actualmente el giro a la izquierda corresponde a 224veh/h. (no se incluye la demanda del giro en U, movimiento 3C presentado en el Anexo 1).
  - NBT: 1.588 veh/h, correspondiente a la demanda que sale del nuevo Hospital.
  - NBR: la tasa de flujo de demanda de acuerdo al punto 4 será 120 (72+48) veh/h.
  - WBR: mantiene la tasa de flujo de demanda actual de 232 veh/h.
  - SBR: mantiene la tasa de flujo de demanda actual de 640 veh/h.



- EBR: la tasa de flujo de demanda sería 1.560 veh/h de acuerdo a lo expresado en el punto 4.
8. Para que el movimiento EBR pueda incorporar las tasas de flujo de demanda de los movimientos EBL y EBT de tal forma que no se perjudique la operación de los demás movimientos que intervienen en la intersección a nivel, se propone que este movimiento (EBR) opere libre sin semáforo ya que no se presentan movimientos vehiculares conflictivos para el mismo. Para atender a los peatones que cruzan este acceso se propone un paso peatonal elevado. Aun cuando en concepto los peatones deben tener preferencia de paso, la realidad es que la cultura vial en Guayaquil a nivel general es muy pobre, los conductores de vehículos no respetan a los peatones y en calles muy concurridas, los planificadores, consultores viales y políticos prefieren optar por la implementación de pasos peatonales elevados para dar seguridad a los peatones y que sus vidas no peligren. Por esta razón aunque en España esta propuesta no es atractiva (ya que prefieren pasos peatonales a nivel por diferentes motivos entre ellos el impacto visual negativo), en Guayaquil donde las leyes no son tan estrictas en lo que se refiere a impacto visual, sí sería atractiva por seguridad al peatón y por mejorar el nivel de servicio de la intersección atendiendo a todos los flujos actuales presentes.
- El movimiento EBR al ser libre no afecta en el tiempo de demora de cruce de los vehículos de los demás movimientos de la intersección ni en sus niveles de servicio, por lo que el análisis de este flujo se realizará por separado al igual que los pasos elevados.
9. Los carriles disponibles para los diferentes accesos de la intersección son los siguientes:
- El acceso NB tendrá 5 carriles, uno servirá exclusivamente al flujo a la izquierda, tres al flujo recto y uno de ellos será compartido con el movimiento a la derecha.
  - El acceso EB tendrá 2 carriles (reestructuración) de 4,5m cada uno cuya demanda será dirigida hacia la derecha como se mencionó en el punto 5.
  - El acceso SB tendrá 2 carriles que servirán al giro a la derecha.
  - El acceso WB mantendrá dos carriles que servirán al giro a la derecha.



**Figura 32.** Detalle de la intersección a nivel alternativa 3

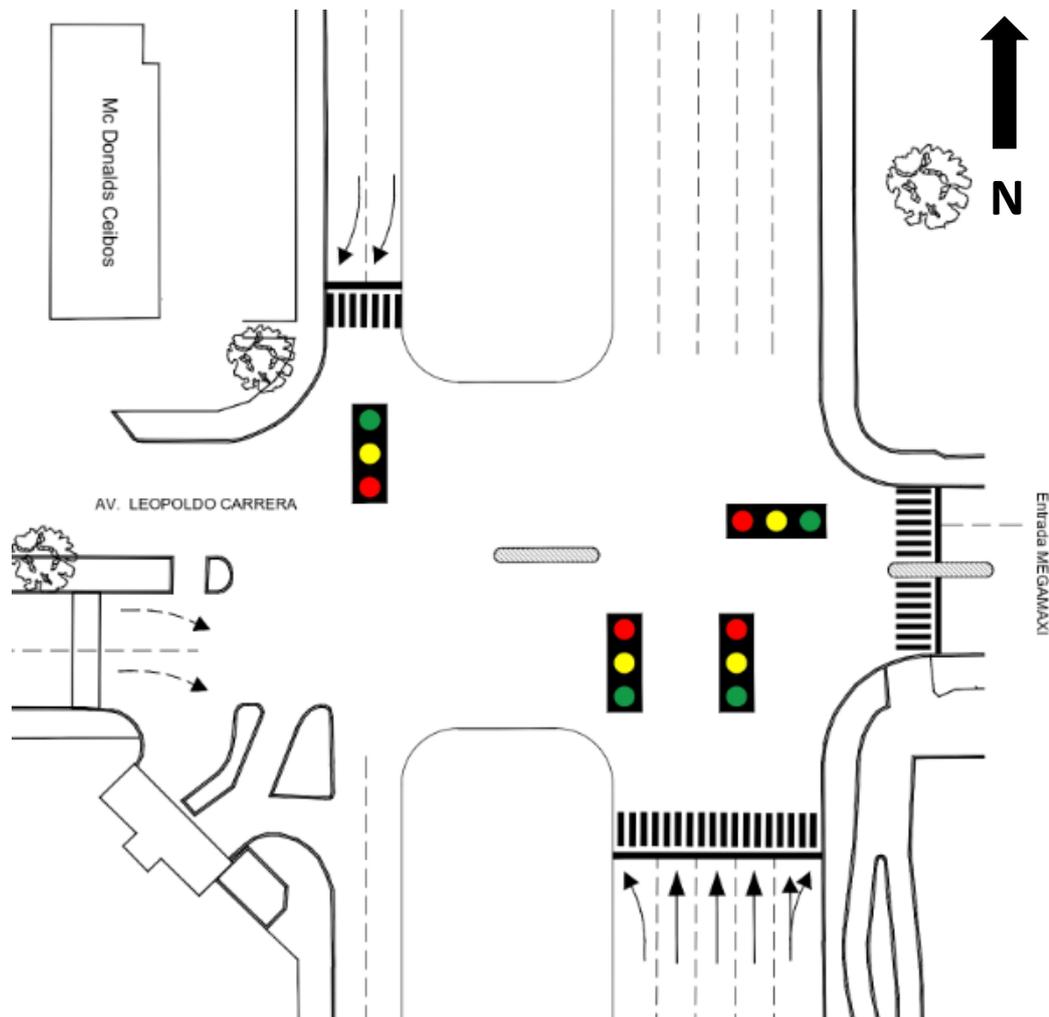
10. Al no permitirse el movimiento N-S por el carril de servicio de la intersección semaforizada a nivel, la demanda que tenga como destino el C.C. Rio Centro los Ceibos deberá usar el paso vehicular elevado, el mismo cuya rampa de descenso termina después del actual acceso vehicular al C.C., por lo que se propone que el mismo sea reubicado en la esquina posterior (sentido N-S) del C.C. y, que de esta forma los vehículos con este destino puedan realizar las maniobras de acceso correspondientes con seguridad. No obstante es importante recalcar que los usuarios de la Av. del Bombero con este destino además podrán acceder a esta primera etapa del C.C ingresando por la segunda etapa ubicada al frente mediante el uso del intercambiador más cercano ubicado en Vía a la Costa que igualmente tendrá área de estacionamientos y estará conectada a la primera etapa mediante un paso peatonal elevado directo.



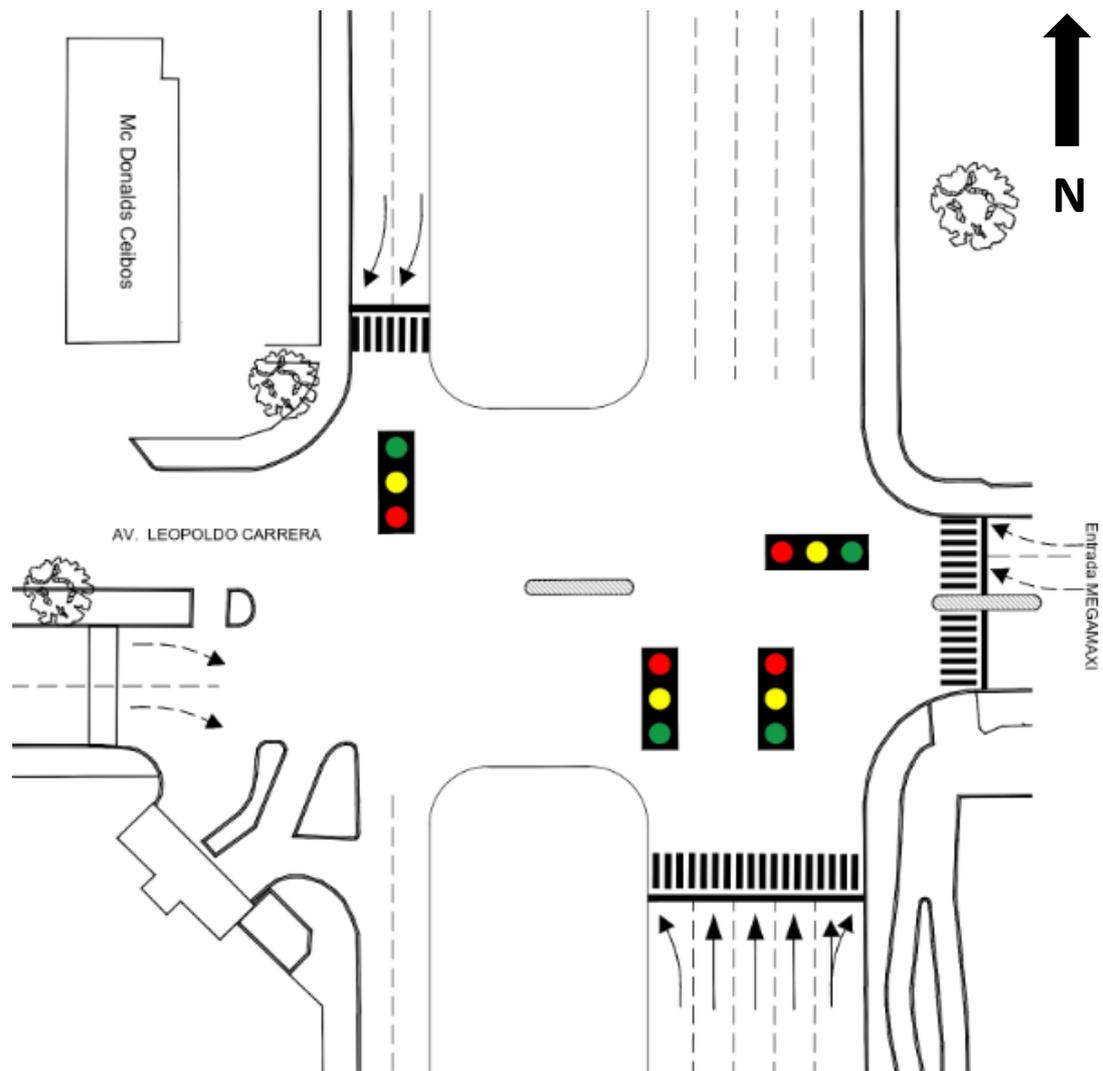
Figura 33. Alternativa de ingreso al C.C Río Centro Los Ceibos

Estudio y mejora de la funcionalidad del tráfico de la intersección semaforizada en Av. Del Bombero y Av. Leopoldo Carrera C. en la ciudad de Guayaquil (Ecuador).

11. La intersección a nivel semaforizada operará con ciclo de 120s (se mantiene el actual) operando a dos fases, una al servicio de los movimientos de la calle principal (Av. del Bombero) de 70s y la otra al servicio de los movimientos de la calle secundaria (Av. Leopoldo Carrera) de 50s. La duración del intervalo amarillo (ámbar) y del “todo rojo” se mantendrán en 3s y 2s respectivamente para ambas fases.



**Figura 34.** Movimientos vehiculares en la fase uno del control semafórico  
Alternativa 3



**Figura 35.** Movimientos vehiculares en la fase dos del control semafórico  
Alternativa 3

12. El movimiento SBR ya no podrá realizar el giro a la derecha en rojo con precaución ya que la configuración propuesta de la intersección a nivel le permite tener una buena progresión de vehículos y de esta forma se proporciona una mayor seguridad los movimientos en conflicto.
13. El coste de la solución planteada en esta alternativa es el siguiente:
  - Paso vehicular elevado: sobre la Av. del Bombero: el coste aproximado de un paso elevado es USD 3.000 por metro cuadrado de tablero, se considera un 10% adicional correspondiente a coste de estribos y acabados y un 20% adicional por la configuración adicional de la intersección en planta (retornos, etc.) por lo que el paso elevado en conjunto tendría un coste aproximado de USD 17'000.000 (con los



valores propuestos:  $16'584.188,4 = 2.000 \times 274,7$  m largo x 23,22 m de ancho x 1,30).

- Paso peatonal elevado sobre la Av. Leopoldo Carrera: de acuerdo al libro A Policy on Geometric Design of Highways and Streets de AASHTO, el ancho mínimo de los pasos peatonales debe ser 2,4 m que es el ancho que se seleccionará para el paso peatonal en estudio. De acuerdo al Highway Capacity Manual el ancho ocupado por una persona para caminar cómodamente junto a otras es 80 cms, con el ancho mínimo se lograría el paso de dos personas (una en cada sentido) y una tercera persona rebasando. Analizando el caso específico de la intersección estudiada, actualmente cruzan 60 peatones en la hora máxima, 1 peatón por minuto, para una velocidad promedio de 1,2 m/s establecida tanto por la AASHTO como por el TRB a través del HCM, el espacio ocupado por peatón es  $3,3\text{m}^2$  y el tiempo entre peatón y peatón es 60s. Además, considerando el caso de que hayan dos sillas de ruedas (una en cada sentido) las cuales tienen un ancho promedio de 90cms, éstas pasarían sin ningún tipo de inconveniente la una junto a la otra por lo que el ancho seleccionado (2,4m) cubre las necesidades de los peatones existentes en la intersección. Se debe considerar además que el crecimiento poblacional de este sector de Ceibos (sobre el cual se encuentra ubicada la intersección en estudio) es limitado debido a que ya se encuentra totalmente urbanizado por lo que se considera que el crecimiento de peatones en el sector no incrementará mayormente con el paso de los años.

De acuerdo a las consideraciones antes señaladas, el paso peatonal elevado tendría un área de  $62,4\text{m}^2$  (26m de largo x 2,4m de ancho), el coste de un paso elevado sencillo (considerando costes de pilas y acabados) es alrededor de USD 400,00 por metro cuadrado. Se ha considerado un porcentaje adicional del 20% por costes indirectos por lo que el paso peatonal elevado tendría un coste de alrededor de USD 30.000.

En la Tabla 27 se presenta un resumen de las tasas de flujo de demanda de los movimientos antes mencionados con sus respectivas consideraciones, así como las proyecciones a 5, 10, 15 y 20 años.

**Tabla 27.** Tasas de flujo de demanda de los movimientos de la intersección en estudio para la solución planteada como alternativa 3

Movimientos	2018	Proyección anual			
		5	10	15	20
<b>N-S (paso elevado)</b>	4.508	4.905	5.971	6.677	7.666
<b>S-N (paso elevado)</b>	2.280	2.481	3.020	3.378	3.878
<b>EBR</b>	1.560	1.697	2.066	2.311	2.653
<b>WBR</b>	232	252	307	344	395
<b>NBL</b>	224	244	297	332	381
<b>NBT</b>	1.588	1.727	2.103	2.352	2.700
<b>NBR</b>	120	131	159	178	204
<b>SBR</b>	640	696	848	948	1.088

En la Tabla 28 se presenta el análisis de los flujos vehiculares libres, los mismos que corresponden a los movimientos N-S, S-N a ser trasladados al paso elevado, y el movimiento EBR, el cual no tendrá conflictos con otros movimientos (vehiculares y peatonales). El análisis se ha realizado para las tasas de flujo de demanda actuales y las proyectadas a 20 años con el fin de justificar que la solución será viable a 20 años. Como se puede observar, para la demanda actual los sentidos N-S y S-N operarían a un 60% de su capacidad y recién a 20 años operarían al 100% de su capacidad, mientras que el movimiento EBR con la demanda actual operaría a un 40% de su capacidad y con la demanda proyectada a 20 años a un 67% de su capacidad.

**Tabla 28.** Análisis de demanda-capacidad de los movimientos libres de la intersección en estudio propuestos en la alternativa 3

Alternativa 3	Paso elevado		Intersección a nivel
	S-N (hacia Guayaquil)	N-S (hacia Vía a la Costa)	EBR
<b>Características geométricas</b>			
Número de carriles	2	4	2
Ancho promedio de carril (m)	3,5	3,5	4,5
Ancho promedio de carril (pies)	11,48	11,48	14,76
Presencia de parqueo en la calle	NO	NO	NO
Presencia de estacionamiento en la calle	NO	NO	NO
Pendiente de la aproximación	7%	7%	0



Alternativa 3	Paso elevado		Intersección a nivel	
	S-N (hacia Guayaquil)	N-S (hacia Vía a la Costa)	EBR	
<b>Características de tráfico</b>				
Tasa de flujo de demanda actual	2.280	4.508	1.560	
Porcentaje de vehículos pesados	0,18%	0,44%	5,05%	
Factor de hora pico	1	1	1	
Proporción de pelotón	1	1	1	
Factor de ajuste para filtración aguas arriba	1	1	1	
Cola inicial	0	0	0	
Tasa de flujo de saturación base	1.900	1.900	1.900	
Factor de ajuste por uso de carril	1	1	1	
Tasa de flujo de peatones	0	0	0	
Tasa de flujo de bicicletas	0	0	0	
Tasa de maniobras de estacionamiento en la calle	0	0	0	
Tasa de paradas de buses convencionales	0	0	0	
Demora de movimientos sin señal	0	0	0	
<b>Datos potenciales</b>				
Duración del período de análisis (h)	0,25	0,25	0,25	
Límite de velocidad (mi/h)	44	44	44	
Tipo de área (Centro urbano o no)	NO CBD			
<b>CALCULOS</b>				
<b>Tasa de flujo de saturación</b>	<b>s (veh/h/ln)</b>	<b>1.899,94</b>	<b>1.899,90</b>	<b>1.975,22</b>
Flujo de saturación base	so	1.900	1.900	1.900
Factor de ajuste por ancho de carril	fw	1	1	1,04
Factor de ajuste por vehículos pesados y pendiente	fHVg	0,999970602	0,99995086	0,999606278
Factor de ajuste por estacionamiento	fp	1	1	1
Factor de ajuste por parada de buses	fb	1	1	1
Factor de ajuste por tipo de área	fa	1	1	1

Alternativa 3		Paso elevado		Intersección a nivel
		S-N (hacia Guayaquil)	N-S (hacia Vía a la Costa)	EBR
Factor de ajuste por utilización de carril	fLU	1	1	1
Factor de ajuste por presencia de vehículos con giro a la izquierda	fLT	1	1	1
Factor de ajuste por presencia de vehículos con giro a la derecha	fRT	1	1	1
Factor de ajuste por peatones para giros a la izquierda	fLpb	1	1	1
Flujo de peatones durante el servicio (p/h)	Vped	1	1	1
Factor de ajuste por peatones-ciclistas para giros a la derecha	fRpb	1	1	1
Factor de ajuste por presencia de zona de trabajo	fwz	1	1	1
Factor de ajuste por bloqueo de carril aguas abajo	fms	1	1	1
Factor de ajuste por spillback	fsp	1	1	1
Capacidad (veh/h)	c	3.800	7.600	3.950
<b>Relación Volumen-Capacidad actual</b>	<b>X</b>	<b>0,600</b>	<b>0,593</b>	<b>0,395</b>
Tasa de flujo de demanda proyectado a 20 años		3.878	7.666	2.653
<b>Relación Volumen-Capacidad a 20 años</b>	<b>X<sub>20</sub></b>	<b>1,020</b>	<b>1,009</b>	<b>0,671</b>

Una vez comprobado que la solución es válida para los flujos libres, en la Tabla 29 se presenta un resumen de los resultados obtenidos con el programa HCS7 del análisis de la intersección semaforizada de la alternativa 3 con las demandas actuales y con las demandas proyectadas a 20 años, las tablas con todos los detalles de entrada y todos los resultados se encuentran registrados en el Anexo 4.



Con la demanda actual el movimiento WBR que sale de Supermaxi hacia Guayaquil operaría con una demora de 25,8 s/veh y nivel de servicio C, mientras que los demás movimientos operarán con nivel de servicio B, lo que corresponde a una intersección con buena progresión de vehículos. En la proyección a 20 años bajo las mismas condiciones todos los movimientos que intervienen en la intersección operan a nivel de servicio C a excepción del movimiento NBL el cual operaría a nivel de servicio B, lo que quiere decir que a 20 años la operación de la intersección es eficiente y no llega a congestionarse.



**Tabla 29.** Comparación de los resultados de análisis de capacidad y nivel de servicio de la alternativa 3 de la intersección a nivel con demandas actuales y proyectadas a 20 años

	Demanda actual					Demanda proyectada a 20 años				
	WB	NB			SB	WB	NB			SB
	R	L	T	R	R	R	L	T	R	R
<b>Tasa de flujo de demanda (veh/h)</b>	232	224	1588	120	640	395	381	2700	204	1088
<b>RTOR</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Tasa de flujo de demanda ajustada (veh/h)</b>	232	224	1333	375	640	395	381	2250	654	1088
<b>Tasa de flujo de saturación ajustado s (veh/h/ln)</b>	1533	1770	1900	1599	1552	1533	1770	1900	1605	1374
<b>Relación de verde (g/C)</b>	0,38	0,54	0,54	0,54	0,54	0,38	0,54	0,54	0,54	0,54
<b>Capacidad</b>	1150	1019	3088	866	1682	1150	1019	3088	869	1488
<b>Relación Volumen/ capacidad (X)</b>	0,202	0,22	0,432	0,433	0,381	0,344	0,374	0,729	0,753	0,731
<b>Control de demora/ movimiento d (s/veh)</b>	25,8	14,9	16,9	18	16,5	27,7	17,1	22,4	27,3	24,1
<b>Nivel de Servicio/ movimiento (LOS)</b>	C	B	B	B	B	C	B	C	C	C
<b>Control de demora/ acceso d (s/veh)</b>	25,8	16,9			16,5	27,7	22,7			24,1
<b>Nivel de Servicio/ acceso (LOS)</b>	C	B			B	C	C			C
<b>Control de demora/ intersección d (s/veh)</b>	17,5					23,5				
<b>Nivel de Servicio/ intersección (LOS)</b>	B					C				



## 8. Selección de la alternativa más viable

En la Tabla 30 se presenta una comparación de variables de la situación actual y las alternativas de solución propuestas para la selección de la más viable. De acuerdo a la misma, la alternativa 3 es la que presenta mejores resultados, recién a los 20 años el paso elevado opera a su capacidad mientras que, en la intersección a nivel con la demanda actual reduciría 28 veces el tiempo de demora por vehículo, operando a nivel de servicio B, y a 20 años se prevé que el tiempo de demora frente a la condición con la demanda actual aumentaría 1,34 veces llegando a operar con nivel de servicio C lo que corresponde a una progresión de vehículos buena y no se presentan colapsos en sus movimientos.

Con la alternativa 3, la intersección resultante pasa de dar servicio a 9 movimientos a dar servicio a 5 movimientos, la demora total de todos los movimientos involucrados en la intersección se reduce 21,22 veces frente a la demanda actual y 16,48 veces frente a la situación a 20 años.

Bajo la hipótesis de que la mitad de los vehículos que circulan se mueven por motivo de trabajo, que hay 22 días laborales al mes (264 al año) y que en Guayaquil los picos se presentan por alrededor de 2 horas en la mañana y 2 horas en la tarde, es decir, las condiciones de la hora máxima se presentan por 4 horas en el día; la alternativa 3 presenta un ahorro de 701.888,88 horas en un año, mayor que los que presentan las otras dos alternativas frente a la condición actual. En Ecuador el coste medio de una hora laboral es USD 8,00, por lo que el ahorro en tiempo se traduce a un ahorro monetario de USD 5.615.111,04. Si bien es cierto, el coste de la implementación de la alternativa 3 es un 0,18% más alto debido a la implementación del paso peatonal a desnivel, la amortización de la obra se daría en 3,03 años, tiempo que sigue siendo igualmente menor en comparación con las otras dos alternativas.

Por todas estas razones se concluye que la alternativa seleccionada corresponde a la 3.

**Tabla 30.** Comparación entre la situación actual y las alternativas de solución propuestas

	Situación actual	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Con demandas actuales	Con demandas proyectadas a 20 años	Con demandas actuales	Con demandas proyectadas a 20 años	Con demandas actuales	Con demandas proyectadas a 20 años
Número de movimientos a los que da servicio la intersección a nivel	9	7		7		5	
Movimiento más crítico	SBT	EBR		SBT		WBR	WBR
Tiempo de demora del movimiento más crítico (s/veh)	795,9	48	353,5	52,7	326,8	25,8	27,7
LOS del movimiento más crítico	F	D	F	D	F	<b>C</b>	<b>C</b>
Cantidad de movimientos que colapsan	4	0	3	0	6	<b>0</b>	<b>0</b>
Tiempo de demora de la intersección (s/veh) (promedio ponderado)	494,3	27,6	97,8	40	193,9	17,5	23,5
LOS de la intersección	F	C	F	D	F	<b>B</b>	<b>C</b>
Demora total de todos los movimientos en la hora máxima (s/veh)	1.954,40	226,30	818,80	277,30	1.160,30	<b>92,10</b>	<b>118,60</b>



	Situación actual	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Con demandas actuales	Con demandas proyectadas a 20 años	Con demandas actuales	Con demandas proyectadas a 20 años	Con demandas actuales	Con demandas proyectadas a 20 años
Demora total de todos los vehículos en la hora máxima (s)	4.834.766,90	113.241,00	724.746,40	184.183,10	1.651.443,40	49.160,90	111.931,60
Demora total de todos los vehículos que viajan por trabajo en 1 año laboral (s) <sup>1</sup>	2.552.756.923,2	59.791.248	382.666.099,2	97.248.676,8	871.962.115,2	25.956.955,2	59.099.884,8
Ahorro de tiempo en un año (s) <sup>2</sup>	-	2.492.965.675,2	-	2.455.508.246,4	-	2.526.799.968	-
Ahorro de tiempo en un año (h)	-	692.490,47	-	682.085,62	-	<b>701.888,88</b>	-
Representación monetaria del ahorro de tiempo en un año (USD) <sup>3</sup>	-	5.539.923,72	-	5.456.684,99	-	<b>5.615.111,04</b>	-
Relación volumen/capacidad para pasos elevados propuestos	-	0,57 y 0,25 (N-S y S-N)	0,96 y 0,42 (N-S y S-N)	0,57 y 0,25 (N-S y S-N)	0,96 y 0,42 (N-S y S-N)	0,6 (N-S y S-N)	1 (N-S y S-N)
Coste de la solución (USD)	-	17.000.000		17.000.000		17.030.000	
Amortización de la obra de solución (años)	-	<b>3,07</b>	-	<b>3,12</b>	-	<b>3,03</b>	-



- 1:** Bajo la hipótesis de que la mitad de los vehículos que circulan se mueven por motivo de trabajo, además se considera que hay 22 días laborales al mes por lo que resultan 264 días laborales al año y que 3 horas adicionales en el día presentan valores de demanda de vehículos cercanos a los de la hora máxima (4 horas en el día).
- 2:** Comparación entre situación actual y alternativa de solución con demanda actual.
- 3:** Basado en que en Ecuador el coste medio de una hora laboral es USD 8,00.



## 9. Conclusiones y recomendaciones

- La intersección Av. del Bombero-Av. Leopoldo Carrera actualmente presenta atasco en 4 de los 9 movimientos a los que da servicio y presenta una demora total de 1.954,4 s/veh en la hora máxima entre todos los movimientos (no corresponde al promedio ponderado).
- Se propone la construcción de un paso vehicular elevado sobre la Av. del Bombero, de 4 carriles al servicio del movimiento N-S y 2 carriles al servicio del movimiento S-N, con la implementación del mismo la intersección resultante debajo de éste daría servicio a 5 movimientos vehiculares cuyos derecho al paso estaría regulado por semáforo a excepción del movimiento EBR el cual operaría libre.
- La duración del ciclo de semáforo se mantiene igual al actual de 120 s pero operando a 2 fases.
- Debido a que el movimiento EBR operaría libre se propone la construcción de un paso peatonal elevado para atender a los peatones que crucen este movimiento.
- El coste de la solución propuesta se encuentra alrededor de USD 17.030.000.
- Con la implementación de esta propuesta se disminuye el tiempo de demora de todos los movimientos actuales (1.954,4s) 21,22 veces (frente a la demanda actual) y 16,48 veces frente a la situación a 20 años.
- Con la implementación de la solución propuesta ningún movimiento de la intersección colapsa tanto en la situación usando la demanda vehicular actual como la proyectada a 20 años.
- El ahorro de tiempo en un año que significa la implementación de la solución planteada en base a la demanda vehicular actual se traduce en 701.888,88 horas, lo que representa un valor de USD 5.615.111,04.
- La obra de solución planteada se amortizaría en 3 años.
- Los pasos vehiculares elevados sobre la intersección operarían de forma eficiente y recién a 20 años llegarían a su capacidad.
- Debido a que la proyección a 20 años revela que los pasos elevados alcanzarán su capacidad en las horas de mayor demanda vehicular y debido a la creciente implementación de proyectos en el sector de Vía a la Costa, entre ellos el nuevo aeropuerto Daular de Guayaquil proyectado para 2029, se recomienda a la municipalidad de Guayaquil realizar los respectivos estudios y análisis que conlleven a proyectar vías alternas de acceso a la ciudad para este sector.
- Se recomienda además realizar encuestas origen-destino a los vehículos que salen del Hospital del IESS para confirmar la tasa de flujo de demanda que pasará por la intersección a nivel.



## 10. Bibliografía

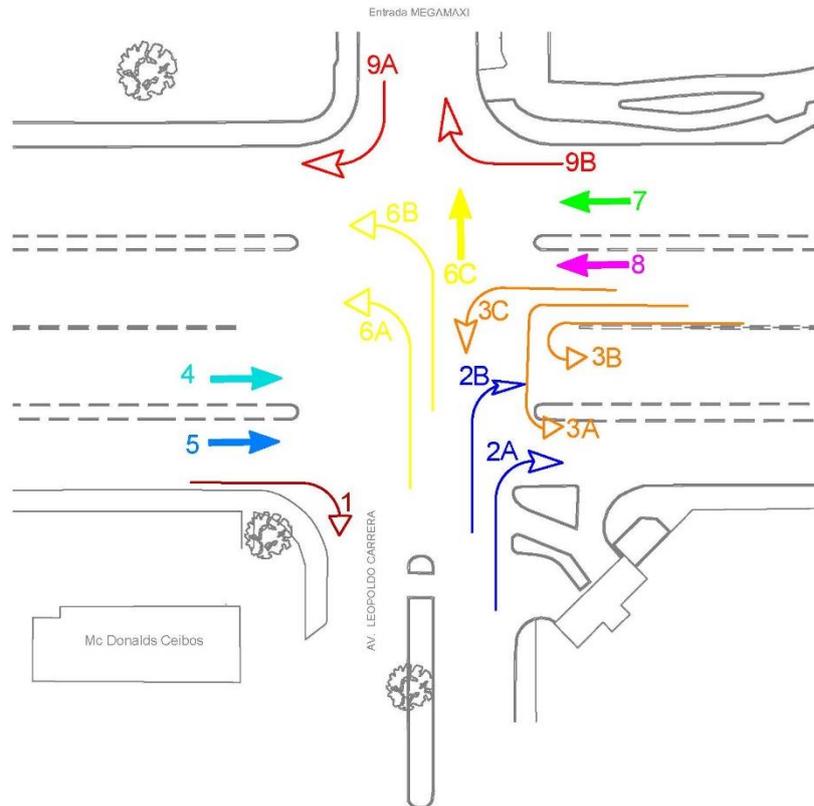
ITDP, IDOM, Céntrico, S., & BID. (2017). *Manual de Calles, Diseño vial para ciudades mexicanas*. The Institute for Transportation and Development Policy.

National Academies of Sciences, Engineering, and M. (2004). *A Guide for Reducing Collisions at Signalized Intersections. A Guide for Reducing Collisions at Signalized Intersections*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/23423>

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB). (2016). Highway Capacity Manual. In *Highway Capacity Manual* (6th ed., p. 106). The Institute for Transportation and Development Policy. <https://doi.org/10.5555/9780309441483.21>

## 11. Anexos

### Anexo 1. Flujos vehiculares presentes en la intersección Av. del Bombero-Av. Leopoldo Carrera y medidos en el campo



Movimiento vehicular 4						
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM
MAÑANA	6:00 - 6:15	447	7	0	454	
	6:15 - 6:30	544	16	0	560	
	6:30 - 6:45	373	6	0	379	
	6:45 - 7:00	388	6	0	394	1787
	7:00 - 7:15	410	3	0	413	1746
	7:15 - 7:30	610	4	0	614	1800
	7:30 - 7:45	455	3	0	458	1879
	7:45 - 8:00	428	1	0	429	1914
	8:00 - 8:15	437	9	0	446	1947
	8:15 - 8:30	292	3	0	295	1628
	8:30 - 8:45	392	4	0	396	1566
	<b>8:45 - 9:00</b>	429	7	0	436	1573



	<b>9:00 - 9:15</b>	499	3	0	502	1629
	<b>9:15 - 9:30</b>	468	5	0	473	1807
	<b>9:30 - 9:45</b>	463	7	0	470	<b>1881</b>
	9:45 - 10:00	452	5	0	457	1902
TARDE	16:30 - 16:45	486	3	0	489	
	16:45 - 17:00	439	6	0	445	
	17:00 - 17:15	426	1	0	427	
	17:15 - 17:30	400	2	0	402	1763
	17:30 - 17:45	482	1	0	483	1757
	17:45 - 18:00	441	3	0	444	1756
	18:00 - 18:15	558	7	0	565	1894
	18:15 - 18:30	611	3	0	614	2106
	18:30 - 18:45	451	7	0	458	2081
	<b>18:45 - 19:00</b>	802	3	0	805	2442
	<b>19:00 - 19:15</b>	593	2	0	595	2472
	<b>19:15 - 19:30</b>	648	2	0	650	2508
	<b>19:30 - 19:45</b>	628	7	0	635	<b>2685</b>
	19:45 - 20:00	594	7	0	601	2481
	20:00 - 20:15	335	2	0	337	2223
	20:15 - 20:30	405	3	0	408	1981

Movimiento vehicular 5						
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM
MAÑANA	6:00 - 6:15	61	2	3	66	
	6:15 - 6:30	59	1	2	62	
	6:30 - 6:45	59	2	2	63	
	6:45 - 7:00	49	1	2	52	243
	7:00 - 7:15	59	1	2	62	239
	7:15 - 7:30	65	2	4	71	248
	7:30 - 7:45	85	2	3	90	275
	7:45 - 8:00	97	2	2	101	324
	8:00 - 8:15	107	2	3	112	374
	8:15 - 8:30	119	2	2	123	426
	8:30 - 8:45	107	4	3	114	450
	<b>8:45 - 9:00</b>	111	4	2	117	466
	<b>9:00 - 9:15</b>	103	12	3	118	472
	<b>9:15 - 9:30</b>	108	4	2	114	463
	<b>9:30 - 9:45</b>	112	5	2	119	<b>468</b>
	9:45 - 10:00	136	4	2	142	493



TARDE	16:30 - 16:45	147	2	2	151	
	16:45 - 17:00	164	3	2	169	
	17:00 - 17:15	199	1	2	202	
	17:15 - 17:30	144	2	2	148	670
	17:30 - 17:45	174	3	2	179	698
	17:45 - 18:00	157	2	2	161	690
	18:00 - 18:15	206	3	2	211	699
	18:15 - 18:30	241	0	2	243	794
	18:30 - 18:45	226	0	2	228	843
	<b>18:45 - 19:00</b>	318	2	2	322	1004
	<b>19:00 - 19:15</b>	216	0	2	218	1011
	<b>19:15 - 19:30</b>	220	0	2	222	990
	<b>19:30 - 19:45</b>	227	0	2	229	<b>991</b>
	19:45 - 20:00	170	0	2	172	841
	20:00 - 20:15	200	2	2	204	827
20:15 - 20:30	168	1	2	171	776	

Movimiento vehicular 1						
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM
MAÑANA	6:00 - 6:15	100	0	0	100	
	6:15 - 6:30	70	2	1	73	
	6:30 - 6:45	90	0	0	90	
	6:45 - 7:00	90	0	1	91	354
	7:00 - 7:15	100	1	0	101	355
	7:15 - 7:30	131	0	0	131	413
	7:30 - 7:45	110	2	2	114	437
	7:45 - 8:00	110	0	1	111	457
	8:00 - 8:15	130	2	0	132	488
	8:15 - 8:30	130	3	0	133	490
	8:30 - 8:45	150	1	1	152	528
	<b>8:45 - 9:00</b>	160	0	0	160	577
	<b>9:00 - 9:15</b>	160	1	0	161	606
	<b>9:15 - 9:30</b>	160	1	1	162	635
	<b>9:30 - 9:45</b>	140	3	1	144	<b>627</b>
9:45 - 10:00	150	3	0	153	620	
TARDE	16:30 - 16:45	230	0	0	230	
	16:45 - 17:00	180	1	0	181	
	17:00 - 17:15	180	2	0	182	
	17:15 - 17:30	180	0	0	180	773



	17:30 - 17:45	220	3	0	223	766
	17:45 - 18:00	220	0	0	220	805
	18:00 - 18:15	180	0	0	180	803
	18:15 - 18:30	180	3	0	183	806
	18:30 - 18:45	220	0	0	220	803
	<b>18:45 - 19:00</b>	160	0	0	160	743
	<b>19:00 - 19:15</b>	200	0	0	200	763
	<b>19:15 - 19:30</b>	180	1	0	181	761
	<b>19:30 - 19:45</b>	180	0	0	180	<b>721</b>
	19:45 - 20:00	180	1	0	181	742
	20:00 - 20:15	180	0	0	180	722
	20:15 - 20:30	200	0	0	200	741

Movimiento vehicular 2A						
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM
MAÑANA	6:00 - 6:15	29	2	4	35	
	6:15 - 6:30	48	0	5	53	
	6:30 - 6:45	33	0	7	40	
	6:45 - 7:00	48	0	5	53	181
	7:00 - 7:15	45	0	11	56	202
	7:15 - 7:30	44	0	6	50	199
	7:30 - 7:45	43	0	4	47	206
	7:45 - 8:00	78	0	6	84	237
	8:00 - 8:15	58	2	6	66	247
	8:15 - 8:30	56	0	4	60	257
	8:30 - 8:45	65	0	11	76	286
	<b>8:45 - 9:00</b>	67	0	4	71	273
	<b>9:00 - 9:15</b>	62	3	10	75	282
	<b>9:15 - 9:30</b>	41	0	6	47	269
	<b>9:30 - 9:45</b>	49	2	7	58	<b>251</b>
9:45 - 10:00	58	0	6	64	244	
TARDE	16:30 - 16:45	177	7	13	197	
	16:45 - 17:00	157	3	11	171	
	17:00 - 17:15	131	2	9	142	
	17:15 - 17:30	163	4	10	177	687
	17:30 - 17:45	131	3	15	149	639
	17:45 - 18:00	207	2	13	222	690
	18:00 - 18:15	147	1	7	155	703
	18:15 - 18:30	143	0	6	149	675



	18:30 - 18:45	140	3	3	146	672
	<b>18:45 - 19:00</b>	122	1	13	136	586
	<b>19:00 - 19:15</b>	59	1	2	62	493
	<b>19:15 - 19:30</b>	119	0	5	124	468
	<b>19:30 - 19:45</b>	75	3	3	81	<b>403</b>
	19:45 - 20:00	102	3	12	117	384
	20:00 - 20:15	129	1	4	134	456
	20:15 - 20:30	145	2	9	156	488

Movimiento vehicular 2B						
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM
MAÑANA	6:00 - 6:15	11	0	0	11	
	6:15 - 6:30	15	1	0	16	
	6:30 - 6:45	11	1	1	13	
	6:45 - 7:00	20	1	0	21	61
	7:00 - 7:15	25	1	0	26	76
	7:15 - 7:30	17	0	0	17	77
	7:30 - 7:45	7	0	0	7	71
	7:45 - 8:00	31	1	2	34	84
	8:00 - 8:15	26	0	1	27	85
	8:15 - 8:30	20	0	0	20	88
	8:30 - 8:45	20	4	0	24	105
	<b>8:45 - 9:00</b>	30	0	0	30	101
	<b>9:00 - 9:15</b>	20	0	0	20	94
	<b>9:15 - 9:30</b>	6	1	0	7	81
	<b>9:30 - 9:45</b>	18	3	0	21	<b>78</b>
9:45 - 10:00	8	1	0	9	57	
TARDE	16:30 - 16:45	2	1	0	3	
	16:45 - 17:00	3	0	0	3	
	17:00 - 17:15	9	0	0	9	
	17:15 - 17:30	6	0	0	6	21
	17:30 - 17:45	12	0	0	12	30
	17:45 - 18:00	16	0	0	16	43
	18:00 - 18:15	13	0	0	13	47
	18:15 - 18:30	50	0	0	50	91
	18:30 - 18:45	48	0	0	48	127
	<b>18:45 - 19:00</b>	23	0	0	23	134
	<b>19:00 - 19:15</b>	16	0	0	16	137
	<b>19:15 - 19:30</b>	2	0	0	2	89



	<b>19:30 - 19:45</b>	17	0	0	17	<b>58</b>
	19:45 - 20:00	21	0	0	21	56
	20:00 - 20:15	4	0	0	4	44
	20:15 - 20:30	11	0	0	11	53

Movimiento vehicular 3A							
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM	
MAÑANA	6:00 - 6:15	0	0	0	0		
	6:15 - 6:30	0	0	0	0		
	6:30 - 6:45	9	0	0	9		
	6:45 - 7:00	8	0	0	8	17	
	7:00 - 7:15	3	2	0	5	22	
	7:15 - 7:30	12	1	0	13	35	
	7:30 - 7:45	13	0	0	13	39	
	7:45 - 8:00	9	3	0	12	43	
	8:00 - 8:15	14	2	0	16	54	
	8:15 - 8:30	18	1	0	19	60	
	8:30 - 8:45	22	0	0	22	69	
	<b>8:45 - 9:00</b>	31	2	0	33	90	
	<b>9:00 - 9:15</b>	16	2	0	18	92	
	<b>9:15 - 9:30</b>	23	2	0	25	98	
	<b>9:30 - 9:45</b>	12	2	0	14	<b>90</b>	
	9:45 - 10:00	50	1	0	51	108	
TARDE	16:30 - 16:45	38	2	0	40		
	16:45 - 17:00	59	1	0	60		
	17:00 - 17:15	50	2	0	52		
	17:15 - 17:30	30	2	0	32	184	
	17:30 - 17:45	69	2	0	71	215	
	17:45 - 18:00	48	1	0	49	204	
	18:00 - 18:15	52	0	0	52	204	
	18:15 - 18:30	51	0	0	51	223	
	18:30 - 18:45	44	1	0	45	197	
	<b>18:45 - 19:00</b>	42	0	0	42	190	
	<b>19:00 - 19:15</b>	49	0	0	49	187	
	<b>19:15 - 19:30</b>	66	0	0	66	202	
	<b>19:30 - 19:45</b>	47	0	0	47	<b>204</b>	
		19:45 - 20:00	39	1	0	40	202
		20:00 - 20:15	46	0	0	46	199
	20:15 - 20:30	31	0	0	31	164	



Movimiento vehicular 3B						
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM
MAÑANA	6:00 - 6:15	0	0	0	0	
	6:15 - 6:30	0	0	0	0	
	6:30 - 6:45	0	0	0	0	
	6:45 - 7:00	2	0	0	2	2
	7:00 - 7:15	4	0	0	4	6
	7:15 - 7:30	1	0	0	1	7
	7:30 - 7:45	2	0	0	2	9
	7:45 - 8:00	7	0	0	7	14
	8:00 - 8:15	8	0	0	8	18
	8:15 - 8:30	5	0	0	5	22
	8:30 - 8:45	2	0	0	2	22
	<b>8:45 - 9:00</b>	3	0	0	3	18
	<b>9:00 - 9:15</b>	3	0	0	3	13
	<b>9:15 - 9:30</b>	2	0	0	2	10
	<b>9:30 - 9:45</b>	4	0	0	4	<b>12</b>
9:45 - 10:00	3	0	0	3	12	
TARDE	16:30 - 16:45	1	0	0	1	
	16:45 - 17:00	2	0	0	2	
	17:00 - 17:15	1	0	0	1	
	17:15 - 17:30	5	0	0	5	9
	17:30 - 17:45	4	0	0	4	12
	17:45 - 18:00	4	0	0	4	14
	18:00 - 18:15	5	0	0	5	18
	18:15 - 18:30	2	0	0	2	15
	18:30 - 18:45	4	0	0	4	15
	<b>18:45 - 19:00</b>	2	0	0	2	13
	<b>19:00 - 19:15</b>	1	0	0	1	9
	<b>19:15 - 19:30</b>	3	0	0	3	10
	<b>19:30 - 19:45</b>	1	0	0	1	<b>7</b>
	19:45 - 20:00	1	0	0	1	6
	20:00 - 20:15	3	0	0	3	8
20:15 - 20:30	1	0	0	1	6	

Movimiento vehicular 3C						
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM
MAÑANA	6:00 - 6:15	23	1	4	28	
	6:15 - 6:30	24	2	5	31	



	6:30 - 6:45	23	1	7	31	
	6:45 - 7:00	51	0	7	58	148
	7:00 - 7:15	49	1	8	58	178
	7:15 - 7:30	70	1	5	76	223
	7:30 - 7:45	76	4	8	88	280
	7:45 - 8:00	112	3	9	124	346
	8:00 - 8:15	104	5	6	115	403
	8:15 - 8:30	110	2	5	117	444
	8:30 - 8:45	97	3	4	104	460
	<b>8:45 - 9:00</b>	102	3	4	109	445
	<b>9:00 - 9:15</b>	96	0	7	103	433
	<b>9:15 - 9:30</b>	75	5	4	84	400
	<b>9:30 - 9:45</b>	98	2	6	106	<b>402</b>
	9:45 - 10:00	74	1	5	80	373
TARDE	16:30 - 16:45	45	2	4	51	
	16:45 - 17:00	46	0	4	50	
	17:00 - 17:15	48	1	5	54	
	17:15 - 17:30	43	1	4	48	203
	17:30 - 17:45	42	3	4	49	201
	17:45 - 18:00	40	2	5	47	198
	18:00 - 18:15	51	1	4	56	200
	18:15 - 18:30	39	1	4	44	196
	18:30 - 18:45	41	1	4	46	193
	<b>18:45 - 19:00</b>	50	2	4	56	202
	<b>19:00 - 19:15</b>	44	2	5	51	197
	<b>19:15 - 19:30</b>	41	1	4	46	199
	<b>19:30 - 19:45</b>	45	1	5	51	<b>204</b>
	19:45 - 20:00	48	0	4	52	200
	20:00 - 20:15	51	1	4	56	205
20:15 - 20:30	43	0	4	47	206	

Movimiento vehicular 7						
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM
MAÑANA	6:00 - 6:15	250	1	2	253	
	6:15 - 6:30	384	2	2	388	
	6:30 - 6:45	400	1	2	403	
	6:45 - 7:00	334	2	1	337	1381
	7:00 - 7:15	388	1	2	391	1519
	7:15 - 7:30	449	2	1	452	1583



	7:30 - 7:45	446	1	2	449	1629
	7:45 - 8:00	436	2	1	439	1731
	8:00 - 8:15	530	1	2	533	1873
	8:15 - 8:30	441	2	1	444	1865
	8:30 - 8:45	446	2	2	450	1866
	<b>8:45 - 9:00</b>	458	1	1	460	1887
	<b>9:00 - 9:15</b>	391	1	2	394	1748
	<b>9:15 - 9:30</b>	435	1	2	438	1742
	<b>9:30 - 9:45</b>	471	0	0	471	<b>1763</b>
	9:45 - 10:00	343	0	0	343	1646
TARDE	16:30 - 16:45	409	1	2	412	
	16:45 - 17:00	495	2	3	500	
	17:00 - 17:15	486	1	2	489	
	17:15 - 17:30	616	2	2	620	2021
	17:30 - 17:45	578	1	1	580	2189
	17:45 - 18:00	582	1	1	584	2273
	18:00 - 18:15	656	2	2	660	2444
	18:15 - 18:30	704	1	2	707	2531
	18:30 - 18:45	680	2	1	683	2634
	<b>18:45 - 19:00</b>	699	1	2	702	2752
	<b>19:00 - 19:15</b>	751	2	1	754	2846
	<b>19:15 - 19:30</b>	824	1	2	827	2966
	<b>19:30 - 19:45</b>	748	1	2	751	<b>3034</b>
	19:45 - 20:00	662	2	1	665	2997
20:00 - 20:15	594	3	2	599	2842	
20:15 - 20:30	551	1	2	554	2569	

Movimiento vehicular 8						
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM
MAÑANA	6:00 - 6:15	61	2	1	64	
	6:15 - 6:30	83	0	0	83	
	6:30 - 6:45	76	0	0	76	
	6:45 - 7:00	101	0	2	103	326
	7:00 - 7:15	60	1	0	61	323
	7:15 - 7:30	36	2	1	39	279
	7:30 - 7:45	49	0	0	49	252
	7:45 - 8:00	49	0	2	51	200
	8:00 - 8:15	31	0	1	32	171
	8:15 - 8:30	57	2	0	59	191



	8:30 - 8:45	54	0	1	55	197
	<b>8:45 - 9:00</b>	76	0	0	76	222
	<b>9:00 - 9:15</b>	65	2	0	67	257
	<b>9:15 - 9:30</b>	49	0	3	52	250
	<b>9:30 - 9:45</b>	62	1	0	63	<b>258</b>
	9:45 - 10:00	57	0	0	57	239
TARDE	16:30 - 16:45	30	1	2	33	
	16:45 - 17:00	44	0	0	44	
	17:00 - 17:15	53	1	0	54	
	17:15 - 17:30	71	0	1	72	203
	17:30 - 17:45	66	0	0	66	236
	17:45 - 18:00	69	0	2	71	263
	18:00 - 18:15	64	0	0	64	273
	18:15 - 18:30	36	0	2	38	239
	18:30 - 18:45	44	1	0	45	218
	<b>18:45 - 19:00</b>	44	0	2	46	193
	<b>19:00 - 19:15</b>	94	0	0	94	223
	<b>19:15 - 19:30</b>	57	1	0	58	243
	<b>19:30 - 19:45</b>	61	0	1	62	<b>260</b>
	19:45 - 20:00	44	2	0	46	260
	20:00 - 20:15	50	0	0	50	216
20:15 - 20:30	56	1	1	58	216	

Movimiento vehicular 9B						
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM
MAÑANA	6:00 - 6:15	0	0	0	0	
	6:15 - 6:30	0	0	0	0	
	6:30 - 6:45	0	0	0	0	
	6:45 - 7:00	1	0	0	1	1
	7:00 - 7:15	1	0	0	1	2
	7:15 - 7:30	0	0	0	0	2
	7:30 - 7:45	0	0	0	0	2
	7:45 - 8:00	2	0	0	2	3
	8:00 - 8:15	4	1	0	5	7
	8:15 - 8:30	2	0	0	2	9
	8:30 - 8:45	5	0	0	5	14
	<b>8:45 - 9:00</b>	6	1	0	7	19
	<b>9:00 - 9:15</b>	8	0	0	8	22
	<b>9:15 - 9:30</b>	10	0	0	10	30



	<b>9:30 - 9:45</b>	10	3	0	13	<b>38</b>
	9:45 - 10:00	13	0	0	13	44
TARDE	16:30 - 16:45	20	0	0	20	
	16:45 - 17:00	19	1	0	20	
	17:00 - 17:15	34	0	0	34	
	17:15 - 17:30	29	0	0	29	103
	17:30 - 17:45	29	0	0	29	112
	17:45 - 18:00	35	0	0	35	127
	18:00 - 18:15	16	0	0	16	109
	18:15 - 18:30	35	0	0	35	115
	18:30 - 18:45	27	0	0	27	113
	<b>18:45 - 19:00</b>	18	0	0	18	96
	<b>19:00 - 19:15</b>	21	0	0	21	101
	<b>19:15 - 19:30</b>	21	0	0	21	87
	<b>19:30 - 19:45</b>	11	0	0	11	<b>71</b>
	19:45 - 20:00	15	0	0	15	68
	20:00 - 20:15	11	0	0	11	58
20:15 - 20:30	7	0	0	7	44	

Movimiento vehicular 9A						
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM
MAÑANA	6:00 - 6:15	0	0	0	0	
	6:15 - 6:30	0	0	0	0	
	6:30 - 6:45	0	0	0	0	
	6:45 - 7:00	2	0	0	2	2
	7:00 - 7:15	1	0	0	1	3
	7:15 - 7:30	2	0	0	2	5
	7:30 - 7:45	1	0	0	1	6
	7:45 - 8:00	9	0	0	9	13
	8:00 - 8:15	2	0	0	2	14
	8:15 - 8:30	5	0	0	5	17
	8:30 - 8:45	5	1	0	6	22
	<b>8:45 - 9:00</b>	8	1	0	9	22
	<b>9:00 - 9:15</b>	11	0	0	11	31
	<b>9:15 - 9:30</b>	5	0	0	5	31
	<b>9:30 - 9:45</b>	8	0	0	8	<b>33</b>
	9:45 - 10:00	12	0	0	12	36
	TARDE	16:30 - 16:45	32	0	0	32
16:45 - 17:00		34	1	0	35	



	17:00 - 17:15	42	0	0	42	
	17:15 - 17:30	36	0	0	36	145
	17:30 - 17:45	50	1	0	51	164
	17:45 - 18:00	33	0	0	33	162
	18:00 - 18:15	31	0	0	31	151
	18:15 - 18:30	45	0	0	45	160
	18:30 - 18:45	60	0	0	60	169
	<b>18:45 - 19:00</b>	58	0	0	58	194
	<b>19:00 - 19:15</b>	44	1	0	45	208
	<b>19:15 - 19:30</b>	28	0	0	28	191
	<b>19:30 - 19:45</b>	36	0	0	36	<b>167</b>
	19:45 - 20:00	55	0	0	55	164
	20:00 - 20:15	38	0	0	38	157
	20:15 - 20:30	28	0	0	28	157

Movimiento vehicular 6A						
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM
MAÑANA	6:00 - 6:15	54	0	3	57	
	6:15 - 6:30	50	0	0	50	
	6:30 - 6:45	72	0	0	72	
	6:45 - 7:00	71	0	0	71	250
	7:00 - 7:15	82	0	0	82	275
	7:15 - 7:30	75	0	0	75	300
	7:30 - 7:45	149	0	0	149	377
	7:45 - 8:00	120	0	0	120	426
	8:00 - 8:15	161	0	0	161	505
	8:15 - 8:30	141	0	0	141	571
	8:30 - 8:45	144	0	0	144	566
	<b>8:45 - 9:00</b>	210	0	0	210	656
	<b>9:00 - 9:15</b>	151	0	0	151	646
	<b>9:15 - 9:30</b>	119	0	0	119	624
	<b>9:30 - 9:45</b>	105	0	0	105	<b>585</b>
9:45 - 10:00	86	0	0	86	461	
TARDE	16:30 - 16:45	128	0	0	128	
	16:45 - 17:00	133	0	0	133	
	17:00 - 17:15	120	0	0	120	
	17:15 - 17:30	138	0	0	138	519
	17:30 - 17:45	134	0	0	134	525
	17:45 - 18:00	136	0	0	136	528



	18:00 - 18:15	141	0	0	141	549
	18:15 - 18:30	152	0	0	152	563
	18:30 - 18:45	158	0	0	158	587
	<b>18:45 - 19:00</b>	151	0	0	151	602
	<b>19:00 - 19:15</b>	154	0	0	154	615
	<b>19:15 - 19:30</b>	126	0	0	126	589
	<b>19:30 - 19:45</b>	133	0	0	133	<b>564</b>
	19:45 - 20:00	144	0	0	144	557
	20:00 - 20:15	141	0	0	141	544
	20:15 - 20:30	141	0	0	141	559

Movimiento vehicular 6B						
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM
MAÑANA	6:00 - 6:15	10	0	0	10	
	6:15 - 6:30	25	0	0	25	
	6:30 - 6:45	28	0	0	28	
	6:45 - 7:00	34	1	0	35	98
	7:00 - 7:15	70	0	2	72	160
	7:15 - 7:30	24	1	0	25	160
	7:30 - 7:45	45	0	0	45	177
	7:45 - 8:00	39	0	1	40	182
	8:00 - 8:15	29	2	1	32	142
	8:15 - 8:30	66	0	1	67	184
	8:30 - 8:45	48	0	0	48	187
	<b>8:45 - 9:00</b>	43	1	0	44	191
	<b>9:00 - 9:15</b>	50	0	0	50	209
	<b>9:15 - 9:30</b>	52	1	2	55	197
	<b>9:30 - 9:45</b>	39	0	1	40	<b>189</b>
	9:45 - 10:00	41	2	1	44	189
TARDE	16:30 - 16:45	69	2	1	72	
	16:45 - 17:00	82	0	0	82	
	17:00 - 17:15	57	0	1	58	
	17:15 - 17:30	116	0	0	116	328
	17:30 - 17:45	105	0	0	105	361
	17:45 - 18:00	75	0	1	76	355
	18:00 - 18:15	75	0	0	75	372
	18:15 - 18:30	51	2	0	53	309
	18:30 - 18:45	53	0	0	53	257
	<b>18:45 - 19:00</b>	67	0	1	68	249



	<b>19:00 - 19:15</b>	79	1	2	82	256
	<b>19:15 - 19:30</b>	83	0	0	83	286
	<b>19:30 - 19:45</b>	57	0	1	58	<b>291</b>
	19:45 - 20:00	54	0	1	55	278
	20:00 - 20:15	81	1	0	82	278
	20:15 - 20:30	91	0	1	92	287

Movimiento vehicular 6C						
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses	Total	HM
MAÑANA	6:00 - 6:15	1	0	0	1	
	6:15 - 6:30	0	0	0	0	
	6:30 - 6:45	3	0	0	3	
	6:45 - 7:00	0	0	0	0	4
	7:00 - 7:15	1	0	0	1	4
	7:15 - 7:30	0	0	0	0	4
	7:30 - 7:45	1	0	0	1	2
	7:45 - 8:00	6	2	0	8	10
	8:00 - 8:15	5	1	0	6	15
	8:15 - 8:30	8	1	0	9	24
	8:30 - 8:45	4	1	0	5	28
	<b>8:45 - 9:00</b>	5	0	0	5	25
	<b>9:00 - 9:15</b>	6	0	0	6	25
	<b>9:15 - 9:30</b>	16	0	0	16	32
	<b>9:30 - 9:45</b>	17	0	0	17	<b>44</b>
9:45 - 10:00	22	0	0	22	61	
TARDE	16:30 - 16:45	14	1	0	15	
	16:45 - 17:00	15	1	0	16	
	17:00 - 17:15	10	0	0	10	
	17:15 - 17:30	11	1	0	12	53
	17:30 - 17:45	14	0	0	14	52
	17:45 - 18:00	15	3	0	18	54
	18:00 - 18:15	9	0	0	9	53
	18:15 - 18:30	10	2	0	12	53
	18:30 - 18:45	12	1	0	13	52
	<b>18:45 - 19:00</b>	12	0	0	12	46
	<b>19:00 - 19:15</b>	14	1	0	15	52
	<b>19:15 - 19:30</b>	12	0	0	12	52
	<b>19:30 - 19:45</b>	12	1	0	13	<b>52</b>
	19:45 - 20:00	19	0	0	19	59



	20:00 - 20:15	15	0	0	15	59
	20:15 - 20:30	15	0	0	15	62

Intersección					Total	HM
Horario	Hora	Livianos	Pesados	Buses		
MAÑANA	6:00 - 6:15	1047	15	17	1079	
	6:15 - 6:30	1302	24	15	1341	
	6:30 - 6:45	1177	11	19	1207	
	6:45 - 7:00	1199	11	18	1228	4855
	7:00 - 7:15	1298	11	25	1334	5110
	7:15 - 7:30	1536	13	17	1566	5335
	7:30 - 7:45	1482	12	19	1513	5641
	7:45 - 8:00	1533	14	24	1571	5984
	8:00 - 8:15	1646	27	20	1693	6343
	8:15 - 8:30	1470	16	13	1499	6276
	8:30 - 8:45	1561	20	22	1603	6366
	<b>8:45 - 9:00</b>	1739	20	11	1770	6565
	<b>9:00 - 9:15</b>	1641	24	22	1687	6559
	<b>9:15 - 9:30</b>	1569	20	20	1609	6669
	<b>9:30 - 9:45</b>	1608	28	17	1653	<b>6719</b>
	9:45 - 10:00	1505	17	14	1536	6485
TARDE	16:30 - 16:45	1828	22	24	1874	
	16:45 - 17:00	1872	19	20	1911	
	17:00 - 17:15	1846	11	19	1876	
	17:15 - 17:30	1988	14	19	2021	7682
	17:30 - 17:45	2110	17	22	2149	7957
	17:45 - 18:00	2078	14	24	2116	8162
	18:00 - 18:15	2204	14	15	2233	8519
	18:15 - 18:30	2350	12	16	2378	8876
	18:30 - 18:45	2208	16	10	2234	8961
	<b>18:45 - 19:00</b>	2568	9	24	<b>2601</b>	9446
	<b>19:00 - 19:15</b>	2335	10	12	2357	9570
	<b>19:15 - 19:30</b>	2430	6	13	2449	9641
	<b>19:30 - 19:45</b>	2278	13	14	2305	<b>9712</b>
	19:45 - 20:00	2148	16	20	2184	9295
	20:00 - 20:15	1878	10	12	1900	8838
20:15 - 20:30	1893	8	19	1920	8309	



**Anexo 2.** Reportes de cálculo de capacidad y nivel de servicio en el HCS7 para demandas actuales y proyectadas a 20 años. Alternativa 1

**Demanda actual**

HCS7 Signalized Intersection Input Data															
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>									
Agency						Duration, h	0.25								
Analyst	Ing. Carolina Gómez		Analysis Date	7/19/2019			Area Type	Other							
Jurisdiction						Time Period	PHF								
Urban Street	Av. del Bombero		Analysis Year	2019			Analysis Period	1> 7:00							
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...		File Name	alternativa 1 actualidad solo giro a derecha LC.xus											
Project Description	Alternativa 1 actualidad														
<b>Demand Information</b>				EB			WB			NB			SB		
Approach Movement	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R			
Demand (v), veh/h		48	636			0	232	224	1588	72		1288	640		
<b>Signal Information</b>															
Cycle, s	150.0	Reference Phase	2												
Offset, s	0	Reference Point	End	Green	6.0	74.0	18.0	36.0	0.0	0.0					
Uncoordinated	No	Simult. Gap E/W	On	Yellow	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0					
Force Mode	Fixed	Simult. Gap N/S	On	Red	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0					
<b>Traffic Information</b>				EB			WB			NB			SB		
Approach Movement	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R			
Demand (v), veh/h		48	636			0	232	224	1588	72		1288	640		
Initial Queue (Q <sub>0</sub> ), veh/h		0	0			0	0	0	0	0		0	0		
Base Saturation Flow Rate (s <sub>0</sub> ), veh/h		1900	1900			1900	1900	1900	1900	1900		1900	1900		
Parking (N <sub>m</sub> ), man/h		None				None			None			None			
Heavy Vehicles (P <sub>HV</sub> ), %		0	0			0	0	0	0	0		0	0		
Ped / Bike / RTOR, /h	57	0	259	60	0	0	0	222	0	0	39	0	365		
Buses (N <sub>b</sub> ), buses/h		0	23			0	0	0	0	7		0	0		
Arrival Type (AT)		3	3			3	3	3	3	3		3	3		
Upstream Filtering (f)		1.00	1.00			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00		
Lane Width (W), ft		9.8	9.8			12.0	8.8	9.8	9.8			11.2	11.2		
Turn Bay Length, ft		0	0			0	0	0	0			0	0		
Grade (Pg), %		0				0			0			0			
Speed Limit, mi/h		43	43			43	43	43	43	43		43	43		
<b>Phase Information</b>				EBL	EBT	WBL	WBT	NBL	NBT	SBL	SBT				
Maximum Green (G <sub>max</sub> ) or Phase Split, s		40.0			22.0			10.0		88.0		78.0			
Yellow Change Interval (Y), s		3.0			3.0			3.0		3.0		3.0			
Red Clearance Interval (R <sub>c</sub> ), s		1.0			1.0			1.0		1.0		1.0			
Minimum Green (G <sub>min</sub> ), s		12			6			6		6		6			
Start-Up Lost Time (l), s		2.0			2.0			2.0		2.0		2.0			
Extension of Effective Green (e), s		2.0			2.0			2.0		2.0		2.0			
Passage (PT), s		2.0			2.0			2.0		2.0		2.0			
Recall Mode		Max			Max			Max		Max		Max			
Dual Entry		Yes			Yes			No		Yes		Yes			
Walk (Walk), s		0.0			0.0			0.0		0.0		0.0			
Pedestrian Clearance Time (PC), s		0.0			0.0			0.0		0.0		0.0			
<b>Multimodal Information</b>				EB			WB			NB			SB		
85th % Speed / Rest in Walk / Corner Radius	0	No	25	0	No	25	0	No	25	0	No	25			
Walkway / Crosswalk Width / Length, ft	9.0	12	0	9.0	12	0	9.0	12	0	9.0	12	0			
Street Width / Island / Curb	0	0	No	0	0	No	0	0	No	0	0	No			
Width Outside / Bike Lane / Shoulder, ft	12	5.0	2.0	12	5.0	2.0	12	5.0	2.0	12	5.0	2.0			
Pedestrian Signal / Occupied Parking	No		0.50	No		0.50	No		0.50	No		0.50			



HCS7 Signalized Intersection Results Summary														
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>								
Agency						Duration, h	0.25							
Analyst	Ing. Carolina Gómez		Analysis Date	7/19/2019		Area Type	Other							
Jurisdiction						Time Period	PHF							
Urban Street	Av. del Bombero		Analysis Year	2019		Analysis Period	1 > 7:00							
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...		File Name	alternativa 1 actualidad solo giro a derecha LC.xus										
Project Description	Alternativa 1 actualidad													
<b>Demand Information</b>			EB			WB			NB			SB		
Approach Movement			L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Demand (v), veh/h			48 636			0 232			224 1588 72			1288 640		
<b>Signal Information</b>														
Cycle, s	150.0		Reference Phase	2										
Offset, s	0		Reference Point	End										
Uncoordinated	No		Simult. Gap E/W	On		Green	6.0	74.0	18.0	36.0	0.0	0.0		
Force Mode	Fixed		Simult. Gap N/S	On		Yellow	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0		
			Red	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0					
<b>Timer Results</b>			EBL	EBT	WBL	WBT	NBL	NBT	SBL	SBT				
Assigned Phase			8		4		1 6		2					
Case Number			11.0		11.0		1.0 4.0		7.3					
Phase Duration, s			40.0		22.0		10.0 88.0		78.0					
Change Period, (Y+R <sub>c</sub> ), s			4.0		4.0		4.0 4.0		4.0					
Max Allow Headway (MAH), s			3.5		3.7		3.0 0.0		0.0					
Queue Clearance Time (g <sub>s</sub> ), s			20.3		16.6		6.8							
Green Extension Time (g <sub>e</sub> ), s			1.1		0.1		0.0 0.0		0.0					
Phase Call Probability			1.00		1.00		1.00							
Max Out Probability			0.00		1.00		1.00							
<b>Movement Group Results</b>			EB			WB			NB			SB		
Approach Movement			L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Assigned Movement			8 18			4 14			1 6 16			2 12		
Adjusted Flow Rate (v), veh/h			48 377			0 232			224 1140 520			1288 275		
Adjusted Saturation Flow Rate (s), veh/h/ln			1824 1300			1900 1163			1687 1824 1664			1809 1572		
Queue Service Time (g <sub>s</sub> ), s			3.1 18.3			0.0 14.6			4.8 30.0 30.0			42.0 16.1		
Cycle Queue Clearance Time (g <sub>c</sub> ), s			3.1 18.3			0.0 14.6			4.8 30.0 30.0			42.0 16.1		
Green Ratio (g/C)			0.24 0.28			0.12 0.12			0.55 0.56 0.56			0.49 0.49		
Capacity (c), veh/h			438 742			228 279			409 2043 932			1785 776		
Volume-to-Capacity Ratio (X)			0.110 0.508			0.000 0.831			0.547 0.558 0.558			0.722 0.355		
Back of Queue (Q), ft/ln (50 th percentile)			36.2 152.3			0 130.2			53.3 314.9 296.1			455.9 153.5		
Back of Queue (Q), veh/ln (50 th percentile)			1.4 6.1			0.0 5.2			2.1 12.6 11.8			18.2 6.1		
Queue Storage Ratio (RQ) (50 th percentile)			0.00 0.00			0.00 0.00			0.00 0.00 0.00			0.00 0.00		
Uniform Delay (d <sub>1</sub> ), s/veh			44.5 45.5			0.0 64.5			25.3 21.1 21.1			29.9 23.3		
Incremental Delay (d <sub>2</sub> ), s/veh			0.5 2.5			0.0 24.1			5.2 1.1 2.4			2.6 1.3		
Initial Queue Delay (d <sub>3</sub> ), s/veh			0.0 0.0			0.0 0.0			0.0 0.0 0.0			0.0 0.0		
Control Delay (d), s/veh			45.0 48.0			0.0 0.0			30.5 22.2 23.5			32.5 24.6		
Level of Service (LOS)			D D			A			C C C			C C		
Approach Delay, s/veh / LOS			47.6 D		0.0 A		23.6 C		31.1 C		C			
Intersection Delay, s/veh / LOS			27.6						C					
<b>Multimodal Results</b>			EB			WB			NB			SB		
Pedestrian LOS Score / LOS			3.1 C			3.7 D			2.4 B			3.2 C		
Bicycle LOS Score / LOS			1.2 A			0.9 A			1.5 B			1.8 B		



HCS7 Signalized Intersection Intermediate Values															
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>									
Agency						Duration, h	0.25								
Analyst	Ing. Carolina Gómez		Analysis Date	7/19/2019		Area Type	Other								
Jurisdiction						Time Period	PHF								
Urban Street	Av. del Bombero		Analysis Year	2019		Analysis Period	1 > 7:00								
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...		File Name	alternativa 1 actualidad solo giro a derecha LC.xus											
Project Description	Alternativa 1 actualidad														
<b>Demand Information</b>				EB			WB			NB		SB			
Approach Movement	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R			
Demand (v), veh/h			48			636			0	232	224	1588	72	1288	640
<b>Signal Information</b>															
Cycle, s	150.0		Reference Phase	2											
Offset, s	0		Reference Point	End											
Uncoordinated	No	Simult. Gap E/W	On	Green	6.0	74.0	18.0	36.0	0.0	0.0					
Force Mode	Fixed	Simult. Gap N/S	On	Yellow	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0					
				Red	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0					
<b>Saturation Flow / Delay</b>															
Lane Width Adjustment Factor ( $f_{lw}$ )	0.960	0.960	0.960	1.000	1.000	0.960	0.960	0.960	1.000	1.000	1.000	1.000			
Heavy Vehicles and Grade Factor ( $f_{HVG}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
Parking Activity Adjustment Factor ( $f_p$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
Bus Blockage Adjustment Factor ( $f_{bb}$ )	1.000	1.000	0.954	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.972	1.000	1.000	1.000			
Area Type Adjustment Factor ( $f_a$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
Lane Utilization Adjustment Factor ( $f_{LU}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.885	0.971	1.000	1.000	1.000	0.952	1.000			
Left-Turn Adjustment Factor ( $f_{LT}$ )	1.000	1.000		1.000	1.000		0.952	0.000		1.000	1.000				
Right-Turn Adjustment Factor ( $f_{RT}$ )		0.000	0.847		0.000	0.847		0.912	0.912		0.000	0.847			
Left-Turn Pedestrian Adjustment Factor ( $f_{LPB}$ )	1.000			1.000			0.995			1.000					
Right-Turn Ped-Bike Adjustment Factor ( $f_{RPB}$ )			0.881			0.850		0.802				0.976			
Work Zone Adjustment Factor ( $f_{WZ}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
Movement Saturation Flow Rate (s), veh/h	0	1824	2599	0	1900	2326	3374	5082	230	0	3709	1572			
Proportion of Vehicles Arriving on Green (P)	0.00	0.24	0.24	0.00	0.00	0.12	0.04	0.56	0.56	0.00	0.49	0.49			
Incremental Delay Factor (k)		0.50	0.50			0.50	0.50	0.50	0.50		0.50	0.50			
<b>Signal Timing / Movement Groups</b>															
Lost Time (t <sub>L</sub> )			4.0				4.0		4.0		4.0				
Green Ratio (g/C)			0.24				0.12		0.55		0.56				
Permitted Saturation Flow Rate (s <sub>p</sub> ), veh/h/ln			0				0		418		0				
Shared Saturation Flow Rate (s <sub>sh</sub> ), veh/h/ln											0				
Permitted Effective Green Time (g <sub>e</sub> ), s			0.0				0.0		76.0		0.0				
Permitted Service Time (g <sub>s</sub> ), s			0.0				0.0		32.0		0.0				
Permitted Queue Service Time (g <sub>qs</sub> ), s									16.1						
Time to First Blockage (g <sub>t</sub> ), s			0.0				0.0		0.0		0.0				
Queue Service Time Before Blockage (g <sub>sb</sub> ), s											74.0				
Protected Right Saturation Flow (s <sub>r</sub> ), veh/h/ln			1475				0				0				
Protected Right Effective Green Time (g <sub>r</sub> ), s			6.0				0.0				0.0				
<b>Multimodal</b>															
Pedestrian $F_w / F_v$	2.336		0.00		2.443		0.52		1.710		0.00				
Pedestrian $F_s / F_{delay}$	0.000		0.176		0.000		0.151		0.000		0.107				
Pedestrian $M_{corner} / M_{CW}$															
Bicycle $c_b / d_b$	-66.67		80.08		480.00		43.32		1120.00		14.52				
Bicycle $F_w / F_v$	-3.64		0.70		-3.64		0.38		-3.64		1.04				



Demanda proyectada a 20 años

HCS7 Signalized Intersection Input Data															
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>									
Agency						Duration, h	0.25								
Analyst	Ing. Carolina Gómez	Analysis Date	7/19/2019			Area Type	Other								
Jurisdiction						PHF	1.00								
Urban Street	Av. del Bombero	Analysis Year	2019			Analysis Period	1> 7:00								
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...	File Name	alternativa 1 a 20 años solo giro a derecha LC.xus												
Project Description	Alternativa 1 a 20 años														
<b>Demand Information</b>				EB			WB			NB			SB		
Approach Movement				L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Demand (v), veh/h					82	1081		0	395	381	2700	122		2190	1088
<b>Signal Information</b>															
Cycle, s	150.0	Reference Phase	2												
Offset, s	0	Reference Point	End												
Uncoordinated	No	Simult. Gap E/W	On		Green	6.0	74.0	18.0	36.0	0.0	0.0				
Force Mode	Fixed	Simult. Gap N/S	On		Yellow	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0				
					Red	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0				
<b>Traffic Information</b>				EB			WB			NB			SB		
Approach Movement				L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Demand (v), veh/h					82	1081		0	395	381	2700	122		2190	1088
Initial Queue (Q <sub>0</sub> ), veh/h					0	0		0	0	0	0	0		0	0
Base Saturation Flow Rate (s <sub>0</sub> ), veh/h					1900	1900		1900	1900	1900	1900	1900		1900	1900
Parking (N <sub>m</sub> ), man/h					None			None			None			None	
Heavy Vehicles (P <sub>HV</sub> ), %					0	0		0	0	0	0		0	0	
Ped / Bike / RTOR, /h				57	0	259	60	0	0	222	0	0	39	0	365
Buses (N <sub>b</sub> ), buses/h					0	23		0	0	0	0	7		0	0
Arrival Type (AT)					3	3		3	3	3	3		3	3	
Upstream Filtering (I)					1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	
Lane Width (W), ft					9.8	9.8		12.0	8.8	9.8	9.8		11.2	11.2	
Turn Bay Length, ft					0	0		0	0	0	0		0	0	
Grade (Pg), %					0			0		0			0		
Speed Limit, mi/h					43	43		43	43	43	43		43	43	
<b>Phase Information</b>				EBL	EBT	WBL	WBT	NBL	NBT	SBL	SBT				
Maximum Green (G <sub>max</sub> ) or Phase Split, s					40.0		22.0	10.0	88.0		78.0				
Yellow Change Interval (Y), s					3.0		3.0	3.0	3.0		3.0				
Red Clearance Interval (R <sub>c</sub> ), s					1.0		1.0	1.0	1.0		1.0				
Minimum Green (G <sub>min</sub> ), s					12		6	6	6		6				
Start-Up Lost Time (I <sub>t</sub> ), s					2.0		2.0	2.0	2.0		2.0				
Extension of Effective Green (e), s					2.0		2.0	2.0	2.0		2.0				
Passage (PT), s					2.0		2.0	2.0	2.0		2.0				
Recall Mode					Max		Max	Max	Max		Max				
Dual Entry					Yes		Yes	No	Yes		Yes				
Walk (Walk), s					0.0		0.0	0.0	0.0		0.0				
Pedestrian Clearance Time (PC), s					0.0		0.0	0.0	0.0		0.0				
<b>Multimodal Information</b>				EB			WB			NB			SB		
85th % Speed / Rest in Walk / Corner Radius				0	No	25	0	No	25	0	No	25	0	No	25
Walkway / Crosswalk Width / Length, ft				9.0	12	0	9.0	12	0	9.0	12	0	9.0	12	0
Street Width / Island / Curb				0	0	No	0	0	No	0	0	No	0	0	No
Width Outside / Bike Lane / Shoulder, ft				12	5.0	2.0	12	5.0	2.0	12	5.0	2.0	12	5.0	2.0
Pedestrian Signal / Occupied Parking				No	0.50	No	0.50	No	0.50	No	0.50	No	0.50		



HCS7 Signalized Intersection Results Summary																										
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>																				
Agency						Duration, h	0.25																			
Analyst	Ing. Carolina Gómez		Analysis Date	7/19/2019		Area Type	Other																			
Jurisdiction						Time Period	PHF																			
Urban Street	Av. del Bombero		Analysis Year	2019		Analysis Period	1 > 7:00																			
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...		File Name	alternativa 1 a 20 años solo giro a derecha LC.xus																						
Project Description	Alternativa 1 a 20 años																									
<b>Demand Information</b>			EB			WB			NB			SB														
Approach Movement			L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R												
Demand (v), veh/h					1081			395			381			2190	1088											
<b>Signal Information</b>																										
Cycle, s	150.0		Reference Phase	2																						
Offset, s	0		Reference Point	End																						
Uncoordinated	No		Simult. Gap E/W	On		Green	6.0	74.0	18.0	36.0	0.0	0.0														
Force Mode	Fixed		Simult. Gap N/S	On		Yellow	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0														
						Red	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0														
<b>Timer Results</b>			EBL			EBT			WBL			WBT			NBL			NBT			SBL			SBT		
Assigned Phase						8						4			1			6						2		
Case Number						11.0						11.0			1.0			4.0						7.3		
Phase Duration, s						40.0						22.0			10.0			88.0						78.0		
Change Period, (Y+Rc), s						4.0						4.0			4.0			4.0						4.0		
Max Allow Headway (MAH), s						3.5						3.7			3.0			0.0						0.0		
Queue Clearance Time (gs), s						38.0						20.0			8.0											
Green Extension Time (ge), s						0.0						0.0			0.0			0.0						0.0		
Phase Call Probability						1.00						1.00			1.00											
Max Out Probability						1.00						1.00			1.00											
<b>Movement Group Results</b>			EB			WB			NB			SB														
Approach Movement			L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R												
Assigned Movement				8	18		4	14	1	6	16		2	12												
Adjusted Flow Rate (v), veh/h				82	822		0	395		381	1904		918	2190	723											
Adjusted Saturation Flow Rate (s), veh/h/ln				1824	1300		1900	1163		1687	1824		1668	1809	1572											
Queue Service Time (gs), s				5.4	36.0		0.0	18.0		6.0	72.1		80.7	74.0	64.7											
Cycle Queue Clearance Time (gc), s				5.4	36.0		0.0	18.0		6.0	72.1		80.7	74.0	64.7											
Green Ratio (g/C)				0.24	0.28		0.12	0.12		0.55	0.56		0.56	0.49	0.49											
Capacity (c), veh/h				438	742		228	279		231	2043		934	1785	776											
Volume-to-Capacity Ratio (X)				0.187	1.108		0.000	1.415		1.650	0.932		0.983	1.227	0.932											
Back of Queue (Q), ft/ln (50 th percentile)				63.3	514.8		0	331.8		300.3	804.2		922.3	1440.7	693.9											
Back of Queue (Q), veh/ln (50 th percentile)				2.5	20.6		0.0	13.3		12.0	32.2		36.9	57.6	27.8											
Queue Storage Ratio (RQ) (50 th percentile)				0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	0.00											
Uniform Delay (d1), s/veh				45.4	54.3		0.0	66.0		42.5	30.4		32.3	38.0	35.6											
Incremental Delay (d2), s/veh				0.9	66.8		0.0	206.8		311.0	9.3		25.5	107.4	19.5											
Initial Queue Delay (d3), s/veh				0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0											
Control Delay (d), s/veh				46.3	121.1		0.0	0.0		353.5	39.6		57.8	145.4	55.1											
Level of Service (LOS)				D	F		F	F		D	E		F	E												
Approach Delay, s/veh / LOS			114.4	F	0.0	A	82.2	F	123.0	F																
Intersection Delay, s/veh / LOS			97.8						F																	
<b>Multimodal Results</b>			EB			WB			NB			SB														
Pedestrian LOS Score / LOS			3.1	C	3.7	D	2.4	B	3.2	C																
Bicycle LOS Score / LOS			2.0	B	1.1	A	2.2	B	2.9	C																



HCS7 Signalized Intersection Intermediate Values																	
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>											
Agency						Duration, h	0.25										
Analyst	Ing. Carolina Gómez		Analysis Date	7/19/2019		Area Type	Other										
Jurisdiction						Time Period	PHF										
Urban Street	Av. del Bombero		Analysis Year	2019		Analysis Period	1 > 7:00										
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...		File Name	alternativa 1 a 20 años solo giro a derecha LC.xus													
Project Description	Alternativa 1 a 20 años																
<b>Demand Information</b>				EB			WB			NB		SB					
Approach Movement	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R					
Demand (v), veh/h			82			1081			0	395	381	2700	122			2190	1088
<b>Signal Information</b>																	
Cycle, s	150.0	Reference Phase	2														
Offset, s	0	Reference Point	End														
Uncoordinated	No	Simult. Gap E/W	On	Green	6.0	74.0	18.0	36.0	0.0	0.0							
Force Mode	Fixed	Simult. Gap N/S	On	Yellow	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0							
				Red	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0							
<b>Saturation Flow / Delay</b>																	
Lane Width Adjustment Factor ( $f_{lw}$ )	0.960	0.960	0.960	1.000	1.000	0.960	0.960	0.960	1.000	1.000	1.000	1.000					
Heavy Vehicles and Grade Factor ( $f_{HVG}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000					
Parking Activity Adjustment Factor ( $f_p$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000					
Bus Blockage Adjustment Factor ( $f_{bb}$ )	1.000	1.000	0.954	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.972	1.000	1.000	1.000					
Area Type Adjustment Factor ( $f_a$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000					
Lane Utilization Adjustment Factor ( $f_{LU}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.885	0.971	1.000	1.000	1.000	0.952	1.000					
Left-Turn Adjustment Factor ( $f_{LT}$ )	1.000	1.000		1.000	1.000		0.952	0.000		1.000	1.000						
Right-Turn Adjustment Factor ( $f_{RT}$ )		0.000	0.847		0.000	0.847		0.915	0.915		0.000	0.847					
Left-Turn Pedestrian Adjustment Factor ( $f_{Lpb}$ )	1.000			1.000			0.999			1.000							
Right-Turn Ped-Bike Adjustment Factor ( $f_{Rpb}$ )			0.881			0.850		0.802				0.976					
Work Zone Adjustment Factor ( $f_{wz}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000					
Movement Saturation Flow Rate (s), veh/h	0	1824	2599	0	1900	2326	3374	5095	222	0	3709	1572					
Proportion of Vehicles Arriving on Green (P)	0.00	0.24	0.24	0.00	0.00	0.12	0.04	0.56	0.56	0.00	0.49	0.49					
Incremental Delay Factor (k)		0.50	0.50			0.50	0.50	0.50	0.50		0.50	0.50					
<b>Signal Timing / Movement Groups</b>																	
Lost Time (t <sub>L</sub> )	EBL		EBT/R		WBL		WBT/R		NBL		NBT/R		SBL		SBT/R		
Green Ratio (g/C)			4.0				4.0		4.0		4.0				4.0		
Permitted Saturation Flow Rate (s <sub>p</sub> ), veh/h/ln			0.24				0.12		0.55		0.56				0.49		
Permitted Effective Green Time (g <sub>e</sub> ), s			0				0		174		0				97		
Permitted Service Time (g <sub>s</sub> ), s			0.0				0.0		76.0		0.0				0.0		
Permitted Queue Service Time (g <sub>qs</sub> ), s			0.0				0.0		0.0		0.0				0.0		
Time to First Blockage (g <sub>t</sub> ), s			0.0				0.0		0.0		0.0				74.0		
Queue Service Time Before Blockage (g <sub>sb</sub> ), s																	
Protected Right Saturation Flow (s <sub>r</sub> ), veh/h/ln			1475				0								0		
Protected Right Effective Green Time (g <sub>r</sub> ), s			6.0				0.0								0.0		
<b>Multimodal</b>																	
Pedestrian $F_w / F_v$	EB		WB		NB		SB										
Pedestrian $F_s / F_{delay}$	2.336	0.00	2.443	0.52	1.710	0.00	2.107	0.37									
Pedestrian $M_{corner} / M_{cw}$	0.000	0.176	0.000	0.151	0.000	0.107	0.000	0.119									
Bicycle $c_b / d_b$	-66.67	80.08	480.00	43.32	1120.00	14.52	986.67	19.25									
Bicycle $F_w / F_v$	-3.64	1.49	-3.64	0.65	-3.64	1.76	-3.64	2.40									



**Anexo 3.** Reportes de cálculo de capacidad y nivel de servicio en el HCS7 para demandas actuales y proyectadas a 20 años. Alternativa 2

**Demanda actual**

HCS7 Signalized Intersection Input Data																
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>										
Agency						Duration, h	0.25									
Analyst	Ing. Carolina Gómez	Analysis Date	7/19/2019			Area Type	Other									
Jurisdiction						Time Period	PHF									
Urban Street	Av. del Bombero		Analysis Year	2019		Analysis Period	1> 7:00									
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...		File Name	alternativa 2 actualidad solo giro a izq LC.xus												
Project Description	Alternativa 2 actualidad															
<b>Demand Information</b>				EB			WB			NB			SB			
Approach Movement				L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R	
Demand (v), veh/h				876	48			0	232	224	1588	72	1288	640		
<b>Signal Information</b>																
Cycle, s	150.0	Reference Phase	2													
Offset, s	0	Reference Point	End													
Uncoordinated	No	Simult. Gap E/W	On	Green	11.0	59.0	16.0	48.0	0.0	0.0						
Force Mode	Fixed	Simult. Gap N/S	On	Yellow	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0						
				Red	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0						
<b>Traffic Information</b>				EB			WB			NB			SB			
Approach Movement				L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R	
Demand (v), veh/h				876	48			0	232	224	1588	72	1288	640		
Initial Queue (Q <sub>0</sub> ), veh/h				0	0			0	0	0	0	0	0	0		
Base Saturation Flow Rate (s <sub>0</sub> ), veh/h				1900	1900			1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900		
Parking (N <sub>p</sub> ), man/h				None			None			None			None			
Heavy Vehicles (P <sub>HV</sub> ), %				0	0			0	0	0	0		0	0		
Ped / Bike / RTOR, /h				57	0		60	0	0	222	0	0	39	0	365	
Buses (N <sub>b</sub> ), buses/h				0	0			0	0	0	0	7	0	0		
Arrival Type (AT)				3	3			3	3	3	3	3	3	3		
Upstream Filtering (f)				1.00	1.00			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Lane Width (W), ft				9.8	9.8			12.0	8.8	9.8	9.8		11.2	11.2		
Turn Bay Length, ft				0	0			0	0	0	0		0	0		
Grade (Pg), %					0			0		0		0		0		
Speed Limit, mi/h				43	43			43	43	43	43	43		43		
<b>Phase Information</b>				EBL	EBT	WBL	WBT	NBL	NBT	SBL	SBT					
Maximum Green (G <sub>max</sub> ) or Phase Split, s					52.0		20.0	15.0	78.0		63.0					
Yellow Change Interval (Y), s					3.0		3.0	3.0	3.0		3.0					
Red Clearance Interval (R <sub>c</sub> ), s					1.0		1.0	1.0	1.0		1.0					
Minimum Green (G <sub>min</sub> ), s				6	12		6	6	6		6					
Start-Up Lost Time (l), s				2.0	2.0		2.0	2.0	2.0		2.0					
Extension of Effective Green (e), s				2.0	2.0		2.0	2.0	2.0		2.0					
Passage (PT), s				2.0	2.0		2.0	2.0	2.0		2.0					
Recall Mode				Max	Max		Max	Max	Max		Max					
Dual Entry				No	Yes		Yes	No	Yes		Yes					
Walk (Walk), s				0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0					
Pedestrian Clearance Time (PC), s				0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0					
<b>Multimodal Information</b>				EB			WB			NB			SB			
85th % Speed / Rest in Walk / Corner Radius				0	No	25	0	No	25	0	No	25	0	No	25	
Walkway / Crosswalk Width / Length, ft				9.0	12	0	9.0	12	0	9.0	12	0	9.0	12	0	
Street Width / Island / Curb				0	0	No	0	0	No	0	0	No	0	0	No	
Width Outside / Bike Lane / Shoulder, ft				12	5.0	2.0	12	5.0	2.0	12	5.0	2.0	12	5.0	2.0	
Pedestrian Signal / Occupied Parking				No	0.50		No	0.50		No	0.50		No	0.50		



HCS7 Signalized Intersection Results Summary														
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>								
Agency						Duration, h	0.25							
Analyst	Ing. Carolina Gómez		Analysis Date	7/19/2019		Area Type	Other							
Jurisdiction						Time Period	PHF							
Urban Street	Av. del Bombero		Analysis Year	2019		Analysis Period	1 > 7:00							
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...		File Name	alternativa 2 actualidad solo giro a izq LC.xus										
Project Description	Alternativa 2 actualidad													
<b>Demand Information</b>			EB			WB			NB			SB		
Approach Movement			L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Demand (v), veh/h			876	48			0	232	224	1588	72		1288	640
<b>Signal Information</b>														
Cycle, s	150.0	Reference Phase	2											
Offset, s	0	Reference Point	End											
Uncoordinated	No	Simult. Gap E/W	On	On	Green	11.0	59.0	16.0	48.0	0.0	0.0			
Force Mode	Fixed	Simult. Gap N/S	On	On	Yellow	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0			
					Red	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0			
<b>Timer Results</b>			EBL			EBT			WBL			WBT		
Assigned Phase			8			4			1			6		
Case Number			10.0			11.0			1.0			4.0		
Phase Duration, s			52.0			20.0			15.0			78.0		
Change Period, (Y+R <sub>c</sub> ), s			4.0			4.0			4.0			4.0		
Max Allow Headway (MAH), s			3.0			3.7			3.0			0.0		
Queue Clearance Time (g <sub>s</sub> ), s			36.4			17.2			7.5					
Green Extension Time (g <sub>e</sub> ), s			2.0			0.0			0.2			0.0		
Phase Call Probability			1.00			1.00			1.00					
Max Out Probability			0.03			1.00			0.63					
<b>Movement Group Results</b>			EB			WB			NB			SB		
Approach Movement			L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Assigned Movement			3	8			4	14	1	6	16		2	12
Adjusted Flow Rate (v), veh/h			876	48			0	232	224	1142	518		1288	275
Adjusted Saturation Flow Rate (s), veh/h/ln			1737	1656			1900	1137	1687	1824	1653		1809	1562
Queue Service Time (g <sub>s</sub> ), s			34.4	3.0			0.0	15.2	5.5	34.6	34.7		50.3	19.4
Cycle Queue Clearance Time (g <sub>c</sub> ), s			34.4	3.0			0.0	15.2	5.5	34.6	34.7		50.3	19.4
Green Ratio (g/C)			0.32	0.32			0.11	0.11	0.48	0.49	0.49		0.39	0.39
Capacity (c), veh/h			1112	530			203	243	392	1800	815		1423	614
Volume-to-Capacity Ratio (X)			0.788	0.091			0.000	0.956	0.572	0.635	0.635		0.905	0.448
Back of Queue (Q), ft/ln (50 th percentile)			385.4	31.9			0	148.9	62.4	376.3	353.4		592.8	191.6
Back of Queue (Q), veh/ln (50 th percentile)			15.4	1.3			0.0	6.0	2.5	15.1	14.1		23.7	7.7
Queue Storage Ratio (RQ) (50 th percentile)			0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
Uniform Delay (d <sub>1</sub> ), s/veh			46.4	35.7			0.0	66.7	33.2	28.0	28.0		42.9	33.5
Incremental Delay (d <sub>2</sub> ), s/veh			5.7	0.3			0.0	47.5	5.9	1.7	3.8		9.8	2.4
Initial Queue Delay (d <sub>3</sub> ), s/veh			0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
Control Delay (d), s/veh			52.0	36.1			0.0	0.0	39.1	29.7	31.8		52.7	35.9
Level of Service (LOS)			D	D			A	D	C	C		D	D	
Approach Delay, s/veh / LOS			51.2	D	0.0	A	31.4	C	49.7	D				
Intersection Delay, s/veh / LOS			40.0						D					
<b>Multimodal Results</b>			EB			WB			NB			SB		
Pedestrian LOS Score / LOS			3.1	C	3.7	D	2.4	B	3.2	C				
Bicycle LOS Score / LOS			1.6	B	0.9	A	1.5	B	1.8	B				



HCS7 Signalized Intersection Intermediate Values																
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>										
Agency						Duration, h	0.25									
Analyst	Ing. Carolina Gómez		Analysis Date	7/19/2019		Area Type	Other									
Jurisdiction						Time Period	PHF									
Urban Street	Av. del Bombero		Analysis Year	2019		Analysis Period	1 > 7:00									
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...		File Name	alternativa 2 actualidad solo giro a izq LC.xus												
Project Description	Alternativa 2 actualidad															
<b>Demand Information</b>			EB			WB			NB			SB				
Approach Movement			L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R		
Demand (v), veh/h			876	48			0	232	224	1588	72		1288	640		
<b>Signal Information</b>																
Cycle, s	150.0	Reference Phase	2													
Offset, s	0	Reference Point	End													
Uncoordinated	No	Simult. Gap E/W	On	Green	11.0	59.0	16.0	48.0	0.0	0.0						
Force Mode	Fixed	Simult. Gap N/S	On	Yellow	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0						
				Red	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0						
<b>Saturation Flow / Delay</b>																
Lane Width Adjustment Factor ( $f_{lw}$ )	0.960	0.960	0.960	1.000	1.000	0.960	0.960	0.960	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
Heavy Vehicles and Grade Factor ( $f_{HVG}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
Parking Activity Adjustment Factor ( $f_p$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
Bus Blockage Adjustment Factor ( $f_{bb}$ )	1.000	0.908	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.972	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
Area Type Adjustment Factor ( $f_a$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
Lane Utilization Adjustment Factor ( $f_{LU}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.885	0.971	1.000	1.000	1.000	1.000	0.952	1.000	1.000		
Left-Turn Adjustment Factor ( $f_{LT}$ )	0.952	0.000		1.000	1.000		0.952	0.000		1.000	1.000					
Right-Turn Adjustment Factor ( $f_{RT}$ )		1.000	1.000		0.000	0.847		0.906	0.906		0.000	0.847				
Left-Turn Pedestrian Adjustment Factor ( $f_{Lpb}$ )	1.000			1.000			0.995			1.000						
Right-Turn Ped-Bike Adjustment Factor ( $f_{Rpb}$ )			1.000			0.831		0.775					0.970			
Work Zone Adjustment Factor ( $f_{wz}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
Movement Saturation Flow Rate (s), veh/h	3474	1656	0	0	1900	2274	3374	5071	230	0	3709	1562				
Proportion of Vehicles Arriving on Green (P)	0.32	0.32	0.00	0.00	0.00	0.11	0.07	0.49	0.49	0.00	0.39	0.39				
Incremental Delay Factor (k)	0.50	0.50				0.50	0.50	0.50	0.50		0.50	0.50				
<b>Signal Timing / Movement Groups</b>																
Lost Time (t <sub>L</sub> )	EBL		EBT/R		WBL		WBT/R		NBL		NBT/R		SBL		SBT/R	
Green Ratio (g/C)			4.0				4.0		4.0		4.0				4.0	
Permitted Saturation Flow Rate (s <sub>p</sub> ), veh/h/ln			1737				0		418		0				305	
Permitted Effective Green Time (g <sub>e</sub> ), s			0.0				0.0		61.0		0.0				0.0	
Permitted Service Time (g <sub>s</sub> ), s			0.0				0.0		8.7		0.0				0.0	
Permitted Queue Service Time (g <sub>qs</sub> ), s									8.7							
Time to First Blockage (g <sub>t</sub> ), s			0.0				0.0		0.0		0.0				59.0	
Queue Service Time Before Blockage (g <sub>sb</sub> ), s																
Protected Right Saturation Flow (s <sub>r</sub> ), veh/h/ln							0								0	
Protected Right Effective Green Time (g <sub>r</sub> ), s							0.0								0.0	
<b>Multimodal</b>																
Pedestrian $F_w / F_v$	EB		WB		NB		SB									
Pedestrian $F_s / F_{delay}$	2.336	0.00	2.443	0.52	1.710	0.00	2.107	0.37								
Pedestrian $M_{corner} / M_{cw}$	0.000	0.176	0.000	0.142	0.000	0.119	0.000	0.133								
Bicycle $c_b / d_b$	-66.67	80.08	640.00	34.68	986.67	19.25	786.67	27.60								
Bicycle $F_w / F_v$	-3.64	1.10	-3.64	0.38	-3.64	1.04	-3.64	1.29								



Demanda proyectada a 20 años

HCS7 Signalized Intersection Input Data															
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>									
Agency						Duration, h	0.25								
Analyst	Ing. Carolina Gómez	Analysis Date	7/19/2019			Area Type	Other								
Jurisdiction						PHF	1.00								
Urban Street	Av. del Bombero	Analysis Year	2019			Analysis Period	1> 7:00								
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...	File Name	alternativa 2 a 20 años solo giro a izq LC.xus												
Project Description	Alternativa 2 a 20 años														
<b>Demand Information</b>				EB			WB			NB			SB		
Approach Movement	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R			
Demand (v), veh/h	1566	86			0	415	400	2838	129		2302	1144			
<b>Signal Information</b>															
Cycle, s	150.0	Reference Phase	2												
Offset, s	0	Reference Point	End												
Uncoordinated	No	Simult. Gap E/W	On												
Force Mode	Fixed	Simult. Gap N/S	On												
Green	11.0	59.0	16.0	48.0	0.0	0.0									
Yellow	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0									
Red	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0									
<b>Traffic Information</b>				EB			WB			NB			SB		
Approach Movement	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R			
Demand (v), veh/h	1566	86			0	415	400	2838	129		2302	1144			
Initial Queue (Q <sub>0</sub> ), veh/h	0	0			0	0	0	0	0		0	0			
Base Saturation Flow Rate (s <sub>0</sub> ), veh/h	1900	1900			1900	1900	1900	1900	1900		1900	1900			
Parking (N <sub>m</sub> ), man/h	None			None			None			None					
Heavy Vehicles (P <sub>HV</sub> ), %	0	0			0	0	0	0	0		0	0			
Ped / Bike / RTOR, /h	57	0		60	0	0	222	0	0	39	0	365			
Buses (N <sub>b</sub> ), buses/h	0	0			0	0	0	0	7		0	0			
Arrival Type (AT)	3	3			3	3	3	3	3		3	3			
Upstream Filtering (f)	1.00	1.00			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00			
Lane Width (W), ft	9.8	9.8			12.0	8.8	9.8	9.8			11.2	11.2			
Turn Bay Length, ft	0	0			0	0	0	0			0	0			
Grade (Pg), %	0			0			0			0					
Speed Limit, mi/h	43	43			43	43	43	43	43		43	43			
<b>Phase Information</b>				EBL	EBT	WBL	WBT	NBL	NBT	SBL	SBT				
Maximum Green (G <sub>max</sub> ) or Phase Split, s	52.0		20.0		15.0		78.0		63.0						
Yellow Change Interval (Y), s	3.0		3.0		3.0		3.0		3.0						
Red Clearance Interval (R <sub>c</sub> ), s	1.0		1.0		1.0		1.0		1.0						
Minimum Green (G <sub>min</sub> ), s	6	12	6		6	6	6		6						
Start-Up Lost Time (f <sub>l</sub> ), s	2.0	2.0	2.0		2.0	2.0	2.0		2.0						
Extension of Effective Green (e), s	2.0	2.0	2.0		2.0	2.0	2.0		2.0						
Passage (PT), s	2.0	2.0	2.0		2.0	2.0	2.0		2.0						
Recall Mode	Max	Max	Max		Max	Max	Max		Max						
Dual Entry	No	Yes	Yes		No	Yes	Yes		Yes						
Walk (Walk), s	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0						
Pedestrian Clearance Time (PC), s	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0						
<b>Multimodal Information</b>				EB			WB			NB			SB		
85th % Speed / Rest in Walk / Corner Radius	0	No	25	0	No	25	0	No	25	0	No	25			
Walkway / Crosswalk Width / Length, ft	9.0	12	0	9.0	12	0	9.0	12	0	9.0	12	0			
Street Width / Island / Curb	0	0	No	0	0	No	0	0	No	0	0	No			
Width Outside / Bike Lane / Shoulder, ft	12	5.0	2.0	12	5.0	2.0	12	5.0	2.0	12	5.0	2.0			
Pedestrian Signal / Occupied Parking	No	0.50	No	0.50	No	0.50	No	0.50	No	0.50	No	0.50			



HCS7 Signalized Intersection Results Summary																					
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>															
Agency						Duration, h		0.25													
Analyst		Ing. Carolina Gómez		Analysis Date		7/19/2019		Area Type		Other											
Jurisdiction						Time Period		PHF					1.00								
Urban Street		Av. del Bombero		Analysis Year		2019		Analysis Period		1 > 7:00											
Intersection		Av. del Bombero-Av. Le...		File Name		alternativa 2 a 20 años solo giro a izq LC.xus															
Project Description		Alternativa 2 a 20 años																			
<b>Demand Information</b>						EB		WB		NB		SB									
Approach Movement						L	T	R	L	T	R	L	T	R							
Demand (v), veh/h						1566	86			0	415	400	2838	129	2302	1144					
<b>Signal Information</b>																					
Cycle, s		150.0		Reference Phase		2															
Offset, s		0		Reference Point		End															
Uncoordinated		No		Simult. Gap E/W		On		Green		11.0		59.0		16.0		48.0		0.0		0.0	
Force Mode		Fixed		Simult. Gap N/S		On		Yellow		3.0		3.0		3.0		3.0		0.0		0.0	
								Red		1.0		1.0		1.0		1.0		0.0		0.0	
<b>Timer Results</b>						EBL		EBT		WBL		WBT		NBL		NBT		SBL		SBT	
Assigned Phase								8				4		1		6				2	
Case Number								10.0				11.0		1.0		4.0				7.3	
Phase Duration, s								52.0				20.0		15.0		78.0				63.0	
Change Period, (Y+R <sub>c</sub> ), s								4.0				4.0		4.0		4.0				4.0	
Max Allow Headway (MAH), s								3.0				3.7		3.0		0.0				0.0	
Queue Clearance Time (g <sub>s</sub> ), s								50.0				18.0		13.0							
Green Extension Time (g <sub>e</sub> ), s								0.0				0.0		0.0						0.0	
Phase Call Probability								1.00				1.00		1.00							
Max Out Probability								1.00				1.00		1.00							
<b>Movement Group Results</b>						EB			WB			NB			SB						
Approach Movement						L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R				
Assigned Movement						3	8			4	14	1	6	16		2	12				
Adjusted Flow Rate (v), veh/h						1566	86			0	415	400	1997	970		2302	779				
Adjusted Saturation Flow Rate (s), veh/h/ln						1737	1656			1900	1137	1687	1824	1658		1809	1562				
Queue Service Time (g <sub>s</sub> ), s						48.0	5.6			0.0	16.0	11.0	74.0	74.0		59.0	59.0				
Cycle Queue Clearance Time (g <sub>c</sub> ), s						48.0	5.6			0.0	16.0	11.0	74.0	74.0		59.0	59.0				
Green Ratio (g/C)						0.32	0.32			0.11	0.11	0.48	0.49	0.49		0.39	0.39				
Capacity (c), veh/h						1112	530			203	243	343	1800	818		1423	614				
Volume-to-Capacity Ratio (X)						1.409	0.162			0.000	1.711	1.165	1.109	1.187		1.618	1.268				
Back of Queue (Q), ft/ln (50 th percentile)						1237.9	58.7			0	398.1	207.2	1143.4	1256.6		2028.1	1119				
Back of Queue (Q), veh/ln (50 th percentile)						49.5	2.3			0.0	15.9	8.3	45.7	50.3		81.1	44.8				
Queue Storage Ratio (RQ) (50 th percentile)						0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00				
Uniform Delay (d <sub>1</sub> ), s/veh						51.0	36.6			0.0	67.0	46.2	38.0	38.0		45.5	45.5				
Incremental Delay (d <sub>2</sub> ), s/veh						189.3	0.7			0.0	336.8	101.3	57.9	96.1		281.3	133.0				
Initial Queue Delay (d <sub>3</sub> ), s/veh						0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0				
Control Delay (d), s/veh						240.3	37.2			0.0	0.0	147.5	95.9	134.1		326.8	178.5				
Level of Service (LOS)						F	D			F	F	F	F		F	F					
Approach Delay, s/veh / LOS						229.7		F	0.0	A	113.0		F	289.3		F					
Intersection Delay, s/veh / LOS						193.9						F									
<b>Multimodal Results</b>						EB			WB			NB			SB						
Pedestrian LOS Score / LOS						3.1	C			3.7	D	2.4	B		3.2	C					
Bicycle LOS Score / LOS						2.8	C			1.2	A	2.3	B		3.0	C					



HCS7 Signalized Intersection Intermediate Values													
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>							
Agency						Duration, h	0.25						
Analyst	Ing. Carolina Gómez		Analysis Date	7/19/2019		Area Type	Other						
Jurisdiction						Time Period	PHF						
Urban Street	Av. del Bombero		Analysis Year	2019		Analysis Period	1 > 7:00						
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...		File Name	alternativa 2 a 20 años solo giro a izq LC.xus									
Project Description	Alternativa 2 a 20 años												
<b>Demand Information</b>				EB			WB			NB		SB	
Approach Movement	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R	
Demand (v), veh/h	1566	86				0	415	400	2838	129	2302	1144	
<b>Signal Information</b>													
Cycle, s	150.0		Reference Phase	2									
Offset, s	0		Reference Point	End									
Uncoordinated	No	Simult. Gap E/W	On	Green	11.0	59.0	16.0	48.0	0.0	0.0			
Force Mode	Fixed	Simult. Gap N/S	On	Yellow	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0			
				Red	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0			
<b>Saturation Flow / Delay</b>				L	T	R	L	T	R	L	T	R	
Lane Width Adjustment Factor ( $f_{lw}$ )	0.960	0.960	0.960	1.000	1.000	0.960	0.960	0.960	1.000	1.000	1.000	1.000	
Heavy Vehicles and Grade Factor ( $f_{HVG}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Parking Activity Adjustment Factor ( $f_p$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Bus Blockage Adjustment Factor ( $f_{bb}$ )	1.000	0.908	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.972	1.000	1.000	1.000	
Area Type Adjustment Factor ( $f_a$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Lane Utilization Adjustment Factor ( $f_{LU}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.885	0.971	1.000	1.000	1.000	0.952	1.000	
Left-Turn Adjustment Factor ( $f_{LT}$ )	0.952	0.000		1.000	1.000		0.952	0.000		1.000	1.000		
Right-Turn Adjustment Factor ( $f_{RT}$ )		1.000	1.000		0.000	0.847		0.909	0.909		0.000	0.847	
Left-Turn Pedestrian Adjustment Factor ( $f_{Lpb}$ )	1.000			1.000			0.999			1.000			
Right-Turn Ped-Bike Adjustment Factor ( $f_{Rpb}$ )			1.000			0.831		0.775				0.970	
Work Zone Adjustment Factor ( $f_{wz}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Movement Saturation Flow Rate (s), veh/h	3474	1656	0	0	1900	2274	3374	5085	220	0	3709	1562	
Proportion of Vehicles Arriving on Green (P)	0.32	0.32	0.00	0.00	0.00	0.11	0.07	0.49	0.49	0.00	0.39	0.39	
Incremental Delay Factor (k)	0.50	0.50				0.50	0.50	0.50	0.50		0.50	0.50	
<b>Signal Timing / Movement Groups</b>				EBL	EBT/R	WBL	WBT/R	NBL	NBT/R	SBL	SBT/R		
Lost Time (t <sub>L</sub> )			4.0				4.0		4.0		4.0		
Green Ratio (g/C)			0.32				0.11		0.48		0.39		
Permitted Saturation Flow Rate (s <sub>p</sub> ), veh/h/ln			1737				0		156		83		
Shared Saturation Flow Rate (s <sub>sh</sub> ), veh/h/ln	0												
Permitted Effective Green Time (g <sub>e</sub> ), s			0.0				0.0		61.0		0.0		
Permitted Service Time (g <sub>s</sub> ), s			0.0				0.0		0.0		0.0		
Permitted Queue Service Time (g <sub>qs</sub> ), s	0.0												
Time to First Blockage (g <sub>t</sub> ), s			0.0				0.0		0.0		59.0		
Queue Service Time Before Blockage (g <sub>sb</sub> ), s													
Protected Right Saturation Flow (s <sub>r</sub> ), veh/h/ln	0												
Protected Right Effective Green Time (g <sub>r</sub> ), s	0.0												
<b>Multimodal</b>				EB			WB			NB		SB	
Pedestrian $F_w / F_v$	2.336	0.00	2.443	0.52	1.710	0.00	2.107	0.37					
Pedestrian $F_s / F_{delay}$	0.000	0.176	0.000	0.142	0.000	0.119	0.000	0.133					
Pedestrian $M_{corner} / M_{cw}$													
Bicycle $c_b / d_b$	-66.67	80.08	640.00	34.68	986.67	19.25	786.67	27.60					
Bicycle $F_w / F_v$	-3.64	2.30	-3.64	0.68	-3.64	1.85	-3.64	2.54					



**Anexo 4.** Reportes de cálculo de capacidad y nivel de servicio en el HCS7 para demandas actuales y proyectadas a 20 años. Alternativa 3

**Demanda actual**

HCS7 Signalized Intersection Input Data															
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>									
Agency						Duration, h	0.25								
Analyst	Ing. Carolina Gómez		Analysis Date	7/19/2019		Area Type	Other								
Jurisdiction			Time Period			PHF	1.00								
Urban Street	Av. del Bombero		Analysis Year	2019		Analysis Period	1> 7:00								
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...		File Name	Alternativa 3 actualidad.xus											
Project Description	Alternativa 3 actualidad														
<b>Demand Information</b>				EB			WB			NB			SB		
Approach Movement				L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Demand (v), veh/h							0	232	224	1588	120	0	0	640	
<b>Signal Information</b>															
Cycle, s	120.0		Reference Phase	2		Green	65.0	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Offset, s	0		Reference Point	End		Yellow	3.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Uncoordinated	No		Simult. Gap E/W	On		Red	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Force Mode	Fixed		Simult. Gap N/S	On											
<b>Traffic Information</b>				EB			WB			NB			SB		
Approach Movement				L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Demand (v), veh/h							0	232	224	1588	120	0	0	640	
Initial Queue (Q <sub>0</sub> ), veh/h							0	0	0	0	0	0	0	0	
Base Saturation Flow Rate (s <sub>0</sub> ), veh/h							1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	
Parking (N <sub>p</sub> ), man/h							None			None			None		
Heavy Vehicles (P <sub>HV</sub> ), %							0	0	0	0	0	0	0	0	
Ped / Bike / RTOR, /h							60	0	0	222	0	0	39	0	0
Buses (N <sub>b</sub> ), buses/h							0	0	0	0	7	0	0	0	
Arrival Type (AT)							3	3	3	3	3	3	3	3	
Upstream Filtering (f)							1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Lane Width (W), ft							12.1	12.1	12.1	12.1			12.5	12.5	
Turn Bay Length, ft							0	0	0	0			0	0	
Grade (Pg), %					0		0	0	0	0	0	0	0	0	
Speed Limit, mi/h							43	43	43	43	43		43	43	
<b>Phase Information</b>				EBL	EBT	WBL	WBT	NBL	NBT	SBL	SBT				
Maximum Green (G <sub>max</sub> ) or Phase Split, s							50.0		70.0					70.0	
Yellow Change Interval (Y), s							3.0		3.0					3.0	
Red Clearance Interval (R <sub>c</sub> ), s							2.0		2.0					2.0	
Minimum Green (G <sub>min</sub> ), s							12		6					6	
Start-Up Lost Time (l), s							2.0		2.0					2.0	
Extension of Effective Green (e), s							2.0		2.0					2.0	
Passage (PT), s							2.0		2.0					2.0	
Recall Mode							Max		Max				Max		
Dual Entry							Yes		No				Yes		
Walk (Walk), s							0.0		0.0				0.0		
Pedestrian Clearance Time (PC), s							0.0		0.0				0.0		
<b>Multimodal Information</b>				EB			WB			NB			SB		
85th % Speed / Rest in Walk / Corner Radius							0	No	25	0	No	25	0	No	25
Walkway / Crosswalk Width / Length, ft							9.0	12	0	9.0	12	0	9.0	12	0
Street Width / Island / Curb							0	0	No	0	0	No	0	0	No
Width Outside / Bike Lane / Shoulder, ft							12	5.0	2.0	12	5.0	2.0	12	5.0	2.0
Pedestrian Signal / Occupied Parking							No	0.50	No	No	0.50	No	No	0.50	



HCS7 Signalized Intersection Results Summary													
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>							
Agency						Duration, h	0.25						
Analyst	Ing. Carolina Gómez		Analysis Date	7/19/2019		Area Type	Other						
Jurisdiction						Time Period	PHF 1.00						
Urban Street	Av. del Bombero		Analysis Year	2019		Analysis Period	1 > 7:00						
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...		File Name	Alternativa 3 actualidad.xus									
Project Description	Alternativa 3 actualidad												
<b>Demand Information</b>				EB			WB			NB		SB	
Approach Movement	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R	
Demand (v), veh/h					0	232	224	1588	120		0	640	
<b>Signal Information</b>													
Cycle, s	120.0	Reference Phase	2										
Offset, s	0	Reference Point	End										
Uncoordinated	No	Simult. Gap E/W	On	Green	65.0	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
Force Mode	Fixed	Simult. Gap N/S	On	Yellow	3.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
				Red	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
<b>Timer Results</b>				EBL	EBT	WBL	WBT	NBL	NBT	SBL	SBT		
Assigned Phase							8		2		6		
Case Number							11.0		6.0		7.0		
Phase Duration, s							50.0		70.0		70.0		
Change Period, (Y+R <sub>c</sub> ), s							5.0		5.0		5.0		
Max Allow Headway (MAH), s							3.4		0.0		0.0		
Queue Clearance Time (g <sub>s</sub> ), s							8.1						
Green Extension Time (g <sub>e</sub> ), s							0.6		0.0		0.0		
Phase Call Probability							1.00						
Max Out Probability							0.00						
<b>Movement Group Results</b>				EB			WB			NB		SB	
Approach Movement	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R	
Assigned Movement							8	18	5	2	12	6	16
Adjusted Flow Rate (v), veh/h							0	232	224	1333	375	0	640
Adjusted Saturation Flow Rate (s), veh/h/ln							1900	1533	1770	1900	1599	1900	1552
Queue Service Time (g <sub>s</sub> ), s							0.0	6.1	8.0	16.8	16.8	0.0	14.3
Cycle Queue Clearance Time (g <sub>c</sub> ), s							0.0	6.1	8.0	16.8	16.8	0.0	14.3
Green Ratio (g/C)							0.38	0.38	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Capacity (c), veh/h							713	1150	1019	3088	866	1029	1682
Volume-to-Capacity Ratio (X)							0.000	0.202	0.220	0.432	0.433	0.000	0.381
Back of Queue (Q), ft/ln (50 th percentile)							0	56	79.1	173.8	153.4	0	122.5
Back of Queue (Q), veh/ln (50 th percentile)							0.0	2.2	3.2	7.0	6.1	0.0	4.9
Queue Storage Ratio (RQ) (50 th percentile)							0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Uniform Delay (d <sub>1</sub> ), s/veh							0.0	25.4	14.4	16.5	16.5	0.0	15.9
Incremental Delay (d <sub>2</sub> ), s/veh							0.0	0.4	0.5	0.4	1.6	0.0	0.7
Initial Queue Delay (d <sub>3</sub> ), s/veh							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Control Delay (d), s/veh							0.0	25.8	14.9	16.9	18.0	0.0	16.5
Level of Service (LOS)								C	B	B	B		B
Approach Delay, s/veh / LOS	0.0			25.8		C	16.9		B		16.5		B
Intersection Delay, s/veh / LOS				17.5			B						
<b>Multimodal Results</b>				EB			WB			NB		SB	
Pedestrian LOS Score / LOS	2.8		C	3.5		D	1.9		B		3.0		C
Bicycle LOS Score / LOS			A	0.9		A	1.3		A		1.5		B



HCS7 Signalized Intersection Intermediate Values															
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>									
Agency						Duration, h		0.25							
Analyst		Ing. Carolina Gómez		Analysis Date		7/19/2019		Area Type		Other					
Jurisdiction						Time Period		PHF					1.00		
Urban Street		Av. del Bombero		Analysis Year		2019		Analysis Period		1 > 7:00					
Intersection		Av. del Bombero-Av. Le...		File Name		Alternativa 3 actualidad.xus									
Project Description		Alternativa 3 actualidad													
<b>Demand Information</b>						EB		WB		NB		SB			
Approach Movement						L	T	R	L	T	R	L	T	R	
Demand (v), veh/h									0	232	224	1588	120	0	640
<b>Signal Information</b>															
Cycle, s		120.0		Reference Phase		2									
Offset, s		0		Reference Point		End									
Uncoordinated		No		Simult. Gap E/W		On		Green		65.0		45.0		0.0	
Force Mode		Fixed		Simult. Gap N/S		On		Yellow		3.0		3.0		0.0	
								Red		2.0		2.0		0.0	
<b>Saturation Flow / Delay</b>						L	T	R	L	T	R	L	T	R	
Lane Width Adjustment Factor ( $f_{lw}$ )									1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Heavy Vehicles and Grade Factor ( $f_{HVG}$ )									1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Parking Activity Adjustment Factor ( $f_p$ )						0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Bus Blockage Adjustment Factor ( $f_{bb}$ )						0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Area Type Adjustment Factor ( $f_a$ )									1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Lane Utilization Adjustment Factor ( $f_{LU}$ )						1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Left-Turn Adjustment Factor ( $f_{LT}$ )									1.000	1.000		0.952	0.000	1.000	
Right-Turn Adjustment Factor ( $f_{RT}$ )										0.000	0.847		0.842	0.842	
Left-Turn Pedestrian Adjustment Factor ( $f_{Lpb}$ )									1.000			0.978		1.000	
Right-Turn Ped-Bike Adjustment Factor ( $f_{Rpb}$ )												0.952		0.795	
Work Zone Adjustment Factor ( $f_{wz}$ )									1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Movement Saturation Flow Rate (s), veh/h									0	1900	3066	1770	6787	512	
Proportion of Vehicles Arriving on Green (P)						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.54	0.54	0.54	
Incremental Delay Factor (k)											0.50	0.50	0.50	0.50	
<b>Signal Timing / Movement Groups</b>						EBL	EBT/R	WBL	WBT/R	NBL	NBT/R	SBL	SBT/R		
Lost Time (t <sub>L</sub> )									4.0		5.0		5.0		
Green Ratio (g/C)									0.38		0.54		0.54		
Permitted Saturation Flow Rate (s <sub>p</sub> ), veh/h/ln									0		1770		291		
Shared Saturation Flow Rate (s <sub>sh</sub> ), veh/h/ln													0		
Permitted Effective Green Time (g <sub>p</sub> ), s									0.0		65.0		0.0		
Permitted Service Time (g <sub>s</sub> ), s									0.0		65.0		0.0		
Permitted Queue Service Time (g <sub>qs</sub> ), s											8.0				
Time to First Blockage (g <sub>t</sub> ), s									0.0		0.0		65.0		
Queue Service Time Before Blockage (g <sub>sb</sub> ), s															
Protected Right Saturation Flow (s <sub>r</sub> ), veh/h/ln									0				0		
Protected Right Effective Green Time (g <sub>r</sub> ), s									0.0				0.0		
<b>Multimodal</b>						EB		WB		NB		SB			
Pedestrian $F_w / F_v$						1.983	0.00	2.739	0.00	1.198	0.00	1.710	0.63		
Pedestrian $F_s / F_{delay}$						0.000	0.167	0.000	0.168	0.000	0.102	0.000	0.102		
Pedestrian $M_{corner} / M_{cw}$															
Bicycle $c_b / d_b$						-83.33	65.10		66.15	1083.33	12.60	1083.33	12.60		
Bicycle $F_w / F_v$						-3.64		-3.64	0.38	-3.64	0.80	-3.64	1.06		



Demanda proyectada a 20 años

HCS7 Signalized Intersection Input Data																
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>										
Agency						Duration, h	0.25									
Analyst	Ing. Carolina Gómez	Analysis Date	7/19/2019			Area Type	Other									
Jurisdiction						PHF	1.00									
Urban Street	Av. del Bombero	Analysis Year	2019			Analysis Period	1> 7:00									
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...	File Name	Alternativa 3 a 20 años.xus													
Project Description	Alternativa 3 a 20 años															
<b>Demand Information</b>				EB			WB			NB			SB			
Approach Movement	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R	
Demand (v), veh/h							0	395	381	2700	204		0	1088		
<b>Signal Information</b>																
Cycle, s	120.0	Reference Phase	2													
Offset, s	0	Reference Point	End													
Uncoordinated	No	Simult. Gap E/W	On			Green	65.0	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
Force Mode	Fixed	Simult. Gap N/S	On			Yellow	3.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
						Red	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
<b>Traffic Information</b>				EB			WB			NB			SB			
Approach Movement	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R	
Demand (v), veh/h							0	395	381	2700	204		0	1088		
Initial Queue (Q <sub>0</sub> ), veh/h							0	0	0	0	0		0	0		
Base Saturation Flow Rate (s <sub>0</sub> ), veh/h							1900	1900	1900	1900	1900		1900	1900		
Parking (N <sub>m</sub> ), man/h							None			None			None			
Heavy Vehicles (P <sub>HV</sub> ), %							0	0	0	0	0		0	0		
Ped / Bike / RTOR, /h						60	0	0	222	0	0	39	0	0		
Buses (N <sub>b</sub> ), buses/h							0	0	0	0	7		0	0		
Arrival Type (AT)							3	3	3	3	3		3	3		
Upstream Filtering (f)							1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00		
Lane Width (W), ft							12.1	12.1	11.5	11.5			12.5	12.5		
Turn Bay Length, ft							0	0	0	0			0	0		
Grade (Pg), %			0				0			0			0			
Speed Limit, mi/h							43	43	43	43	43		43	43		
<b>Phase Information</b>				EBL	EBT	WBL	WBT	NBL	NBT	SBL	SBT					
Maximum Green (G <sub>max</sub> ) or Phase Split, s							50.0			70.0			70.0			
Yellow Change Interval (Y), s							3.0			3.0			3.0			
Red Clearance Interval (R <sub>c</sub> ), s							2.0			2.0			2.0			
Minimum Green (G <sub>min</sub> ), s							12			6			6			
Start-Up Lost Time (l <sub>t</sub> ), s							2.0			2.0			2.0			
Extension of Effective Green (e), s							2.0			2.0			2.0			
Passage (PT), s							2.0			2.0			2.0			
Recall Mode							Max			Max			Max			
Dual Entry							Yes			No			Yes			
Walk (Walk), s							0.0			0.0			0.0			
Pedestrian Clearance Time (PC), s							0.0			0.0			0.0			
<b>Multimodal Information</b>				EB			WB			NB			SB			
85th % Speed / Rest in Walk / Corner Radius				0	No	25	0	No	25	0	No	25	0	No	25	
Walkway / Crosswalk Width / Length, ft				9.0	12	0	9.0	12	0	9.0	12	0	9.0	12	0	
Street Width / Island / Curb				0	0	No	0	0	No	0	0	No	0	0	No	
Width Outside / Bike Lane / Shoulder, ft				12	5.0	2.0	12	5.0	2.0	12	5.0	2.0	12	5.0	2.0	
Pedestrian Signal / Occupied Parking				No	0.50	No	No	0.50	No	No	0.50	No	No	0.50	No	



HCS7 Signalized Intersection Results Summary													
<b>General Information</b>					<b>Intersection Information</b>								
Agency					Duration, h	0.25							
Analyst	Ing. Carolina Gómez	Analysis Date	7/19/2019		Area Type	Other							
Jurisdiction					Time Period	PHF							
Urban Street	Av. del Bombero		Analysis Year	2019	Analysis Period	1 > 7:00							
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...		File Name	Alternativa 3 a 20 años.xus									
Project Description	Alternativa 3 a 20 años												
<b>Demand Information</b>			EB			WB			NB		SB		
Approach Movement	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R	
Demand (v), veh/h						395	381	2700	204		0	1088	
<b>Signal Information</b>													
Cycle, s	120.0	Reference Phase	2										
Offset, s	0	Reference Point	End										
Uncoordinated	No	Simult. Gap E/W	On	Green	65.0	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
Force Mode	Fixed	Simult. Gap N/S	On	Yellow	3.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
				Red	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
<b>Timer Results</b>			EBL	EBT	WBL	WBT	NBL	NBT	SBL	SBT			
Assigned Phase						8		2		6			
Case Number						11.0		6.0		7.0			
Phase Duration, s						50.0		70.0		70.0			
Change Period, (Y+R <sub>c</sub> ), s						5.0		5.0		5.0			
Max Allow Headway (MAH), s						3.4		0.0		0.0			
Queue Clearance Time (g <sub>s</sub> ), s						13.1							
Green Extension Time (g <sub>e</sub> ), s						1.1		0.0		0.0			
Phase Call Probability						1.00							
Max Out Probability						0.00							
<b>Movement Group Results</b>			EB			WB			NB		SB		
Approach Movement	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R	
Assigned Movement						8	18	5	2	12		6	16
Adjusted Flow Rate (v), veh/h						0	395	381	2250	654		0	1088
Adjusted Saturation Flow Rate (s), veh/h/ln						1900	1533	1770	1900	1605		1900	1374
Queue Service Time (g <sub>s</sub> ), s						0.0	11.1	15.1	35.9	37.9		0.0	36.1
Cycle Queue Clearance Time (g <sub>c</sub> ), s						0.0	11.1	15.1	35.9	37.9		0.0	36.1
Green Ratio (g/C)						0.38	0.38	0.54	0.54	0.54		0.54	0.54
Capacity (c), veh/h						713	1150	1019	3088	869		1029	1488
Volume-to-Capacity Ratio (X)						0.000	0.344	0.374	0.729	0.753		0.000	0.731
Back of Queue (Q), ft/ln (50 th percentile)						0	101.5	150.6	375.6	360.9		0	281.8
Back of Queue (Q), veh/ln (50 th percentile)						0.0	4.1	6.0	15.0	14.4		0.0	11.3
Queue Storage Ratio (RQ) (50 th percentile)						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
Uniform Delay (d <sub>1</sub> ), s/veh						0.0	26.9	16.1	20.8	21.3		0.0	20.9
Incremental Delay (d <sub>2</sub> ), s/veh						0.0	0.8	1.1	1.5	6.0		0.0	3.2
Initial Queue Delay (d <sub>3</sub> ), s/veh						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
Control Delay (d), s/veh						0.0	27.7	17.1	22.4	27.3		0.0	24.1
Level of Service (LOS)							C	B	C	C			C
Approach Delay, s/veh / LOS	0.0			27.7		C		22.7		C	24.1		C
Intersection Delay, s/veh / LOS				23.5							C		
<b>Multimodal Results</b>			EB			WB			NB		SB		
Pedestrian LOS Score / LOS	2.8	C		3.5	D	1.9	B		3.0	C			
Bicycle LOS Score / LOS		A		1.1	A	1.8	B		2.3	B			



HCS7 Signalized Intersection Intermediate Values													
<b>General Information</b>						<b>Intersection Information</b>							
Agency						Duration, h	0.25						
Analyst	Ing. Carolina Gómez		Analysis Date	7/19/2019		Area Type	Other						
Jurisdiction						Time Period	PHF						
Urban Street	Av. del Bombero		Analysis Year	2019		Analysis Period	1 > 7:00						
Intersection	Av. del Bombero-Av. Le...		File Name	Alternativa 3 a 20 años.xus									
Project Description	Alternativa 3 a 20 años												
<b>Demand Information</b>			EB			WB			NB		SB		
Approach Movement	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R	
Demand (v), veh/h							0	395	381	2700	204	0	1088
<b>Signal Information</b>													
Cycle, s	120.0	Reference Phase	2										
Offset, s	0	Reference Point	End										
Uncoordinated	No	Simult. Gap E/W	On	Green	65.0	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Force Mode	Fixed	Simult. Gap N/S	On	Yellow	3.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
				Red	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<b>Saturation Flow / Delay</b>													
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R	
Lane Width Adjustment Factor ( $f_{lw}$ )				1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Heavy Vehicles and Grade Factor ( $f_{HVG}$ )				1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Parking Activity Adjustment Factor ( $f_p$ )	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Bus Blockage Adjustment Factor ( $f_{bb}$ )	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.972	1.000	1.000	1.000	
Area Type Adjustment Factor ( $f_a$ )				1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Lane Utilization Adjustment Factor ( $f_{LU}$ )	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.885	
Left-Turn Adjustment Factor ( $f_{LT}$ )				1.000	1.000		0.952	0.000		1.000	1.000		
Right-Turn Adjustment Factor ( $f_{RT}$ )						0.000	0.847		0.844	0.844		0.000	
Left-Turn Pedestrian Adjustment Factor ( $f_{Lpb}$ )				1.000			0.978			1.000			
Right-Turn Ped-Bike Adjustment Factor ( $f_{Rpb}$ )							0.952		0.795			0.964	
Work Zone Adjustment Factor ( $f_{wz}$ )				1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Movement Saturation Flow Rate (s), veh/h				0	1900	3066	1770	6804	500	0	1900	2747	
Proportion of Vehicles Arriving on Green (P)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.54	0.54	0.54	0.00	0.00	0.54	
Incremental Delay Factor (k)						0.50	0.50	0.50	0.50			0.50	
<b>Signal Timing / Movement Groups</b>													
	EBL	EBT/R	WBL	WBT/R	NBL	NBT/R	SBL	SBT/R					
Lost Time (t <sub>L</sub> )				4.0		5.0		5.0					
Green Ratio (g/C)				0.38		0.54		0.54					
Permitted Saturation Flow Rate (s <sub>p</sub> ), veh/h/ln				0		1770		89					
Shared Saturation Flow Rate (s <sub>sh</sub> ), veh/h/ln								0					
Permitted Effective Green Time (g <sub>p</sub> ), s				0.0		65.0		0.0					
Permitted Service Time (g <sub>s</sub> ), s				0.0		65.0		0.0					
Permitted Queue Service Time (g <sub>qs</sub> ), s						15.1							
Time to First Blockage (g <sub>t</sub> ), s				0.0		0.0		65.0					
Queue Service Time Before Blockage (g <sub>sb</sub> ), s													
Protected Right Saturation Flow (s <sub>r</sub> ), veh/h/ln				0				0					
Protected Right Effective Green Time (g <sub>r</sub> ), s				0.0				0.0					
<b>Multimodal</b>													
	EB			WB			NB		SB				
Pedestrian $F_w / F_v$	1.983	0.00	2.739	0.00	1.198	0.00	1.710	0.63					
Pedestrian $F_s / F_{delay}$	0.000	0.167	0.000	0.168	0.000	0.102	0.000	0.102					
Pedestrian $M_{corner} / M_{cw}$													
Bicycle $c_b / d_b$	-83.33	65.10		66.15	1083.33	12.60	1083.33	12.60					
Bicycle $F_w / F_v$	-3.64		-3.64	0.65	-3.64	1.36	-3.64	1.80					