



DATA CIENCIA

REVISTA MULTIDISCIPLINARIA
ELECTRÓNICA

SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2018
VOL. 1 AÑO 1



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA



DATA CIENCIA



IECS LLC
INTERNATIONAL EDUCATIONAL
CONSULTING SERVICES LLC

REVISTA ELECTRÓNICA DE LA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA



Revista Electrónica Multidisciplinaria
Vol.1 N°1. Septiembre-Diciembre 2018
pp. 159-172

Estudio de caso de semáforos con funcionalidad desventajosa

Margarita Villasmil

Universidad del Zulia. Núcleo Costa Oriental del Lago.
Cabimas, estado Zulia. Venezuela
margaritamj.vc.817@gmail.com

Resumen

En cualquier punto de una vía, su desempeño operativo es calificado mediante el análisis del flujo vial, determinando el nivel de servicio que ofrece a los usuarios. En intersecciones donde la densidad del tráfico es alta, los movimientos en la misma se vuelven complicados y peligrosos al disminuir las brechas para efectuar los mismos. Por ello, los administradores de la vía pueden tomar la decisión de instalar un semáforo con la finalidad de automatizar el control del tránsito y mejorar estas condiciones adversas para la comodidad de los usuarios. Sin embargo, a lo largo del tiempo, pueden presentarse problemas que infieren que el dispositivo de control ya no ofrece una solución adecuada causando demoras injustificadas. Se presentan dos casos en cuyo análisis se encontró: en primer lugar, volúmenes de tránsito por debajo del volumen mínimo requerido para la instalación de un semáforo de 500 veh/h, encontrando un flujo promedio alrededor de 200 veh/h, en segundo lugar, el espaciamiento entre los dispositivos es menor de 300m. Y por último: el nivel de servicio en el que operan las intersecciones es "A", considerando que los mismos no son necesarios en estas condiciones operativas.

Palabras clave: Análisis de flujo vial, nivel de servicio, semáforo, control de tránsito.

Case study of traffic light with disadvantage functionality

Abstract

At any point of a road, its operative average is qualified through highway capacity which presents determined users level of service. In intersections where traffic density is high, movements in it become complicated and dangerous when reducing the breakthroughs to do them. That's why, the road managers can take decision to install a traffic light in order to automate the traffic control and improving these adverse conditions to user's major comfort. Although through a long time, troubles can be presented to indicate that the control devise is not offering an adequate solution causing unjustified delays. Two cases are presented, in which analysis is found: first; traffic volumes under the required minimum one to install a 500 veh/h traffic light, getting a medium fluid about 200 veh/h. Secondly, space between devises is less than 300m. At last, the level of service, in which the intersection function is "A", considering that the same are not necessary in these operative conditions.

Keywords: road capacity, traffic light, traffic control, level of service.

Introducción

En cualquier punto de una vía, su desempeño funcional es calificado mediante el análisis del flujo vial que permite determinar su capacidad operativa y el nivel de servicio que ofrece a los usuarios, lo cual es necesario cuando se requiere establecer controles de tránsito o determinar las causas de problemas como el congestionamiento o la accidentabilidad, estos procedimientos de análisis permiten establecer tendencias del comportamiento del flujo vehicular, para la toma de decisiones para mejorar las condiciones encontradas.

En áreas urbanas, la evaluación puede realizarse en las intersecciones o cruces de vías que pueden estar contraladas por un semáforo, el cual lo largo del tiempo, pueden presentarse problemas que infieren que el dispositivo no ofrece una solución adecuada, debido a causar demoras injustificadas debido disminuciones o aumentos en los volúmenes de tránsito en la intersección.

En el estudio de caso, se presenta el análisis de intersecciones urbanas consecutivas, ambas presentan instalados los semáforos pero están fuera de servicio, lo cual plantea algunas interrogantes, ¿Cuál es la capacidad operativa y el nivel de servicio en las intersecciones de la Av. Andrés Bello con Calle Rosario y Av. Universidad?, ¿cuál sería la solución de control de tránsito adecuada para ambas intersecciones?

Metodología de análisis de capacidad en intersecciones

El diseño de investigación seguido para este análisis es descriptivo, de campo, usando como unidad de información las intersecciones en estudio. El procedimiento de análisis funcional de una intersección urbana, depende del tipo de control de tránsito en la que opera, puede estar regulada por semáforo, o por una señal de pare o de ceda el paso.

En los casos presentados, ambas intersecciones cuentan con semáforos de tiempo fijo, pero debido a que los mismos se encuentran fuera de servicio, el procedimiento de evaluación se efectuó siguiendo la metodología usada para este tipo de intersecciones en el Manual de Capacidad de Carreteras HCM (2000).

Condiciones conceptuales de la metodología

El método parte de la suposición que el tránsito de la calle principal no es afectado por el flujo de la calle secundaria, lo cual sucede cuando el flujo es continuo y no se produce congestión, pero si se presenta, los flujos principales podrían experimentar impedancia por efecto de la circulación secundaria.

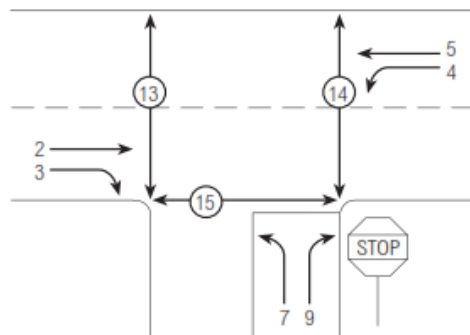
Para contrarrestar el efecto de la impedancia se efectuaron correcciones a los flujos de la calle secundaria, pero para contabilizar adecuadamente la misma, se establecieron jerarquías a los movimientos en la intersección, estableciendo el uso de los intervalos de paso, como sigue:

- Jerarquía 1: corresponde al movimiento recto y giro a la derecha del tráfico en la calle principal.
- Jerarquía 2: está subordinado a la 1 e incluye el tráfico de giro a la izquierda desde la calle principal y tráfico de giro a la derecha desde la calle secundaria.
- Jerarquía 3: se encuentran subordinados a las 1 y 2, y serán los movimientos del tráfico de la calle secundaria, en este caso por ser una intersección en T, solo está presente el giro a la izquierda desde la calle secundaria.
- Jerarquía 4: solo ocurre en intersecciones en cruz, por tanto, no se presentarán en este análisis.

Además, los volúmenes de vehículos se especifican por movimiento, reflejando el análisis las condiciones durante la máxima demanda en periodo de 15 minutos, dividiendo los volúmenes de horas completas por el factor horario de máxima demanda (FHMD) antes de comenzar los cálculos. Si se obtienen tasas máximas de flujo de 15 minutos, se ingresa directamente con el FHMD establecido en 1.

Cada movimiento posible en la intersección se le asigna un subíndice, por convención, los subíndices 1 a 6 definen los movimientos del vehículo en la calle principal, y los subíndices 7 a 12 definen movimientos en la calle secundaria. Si existe flujo peatonal, los volúmenes deben especificarse por movimiento, utilizando los subíndices 13 a 16.

Las intersecciones presentadas son tipo T, por lo cual solo presentará los movimientos indicados en la figura 1.



Jerarquía	Derecho de paso
1	2, 3, 5, 15
2	4,13,14,9
3	7

Figura 1. Jerarquía de derecho de paso en intersección en T con control de semáforo
 Fuente: HCM (2000)

El volumen obtenido por hora, se convierte en vehículos ligeros, mediante un ajuste dado en la Tabla 1, que toma en cuenta la inclinación de la rasante según el tipo de vehículos.

Tabla 1. Vehículos ligeros equivalentes para intersecciones con control de pare

Tipo de vehículo	Inclinación %				
	-4%	-2%	0%	+2%	+4%
Motocicletas	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Vehículos ligeros	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4
Camiones sin remolque	1,0	1,2	1,5	2,0	3,0
Camiones con remolque	1,2	1,5	2,0	3,0	6,0
Vehículos mixtos	0,9	1,0	1,1	1,4	1,7

Fuente: HCM (2000)

Intervalo crítico(t_c) en seg

El intervalo crítico t_c se refiere al lapso medio de tiempo entre dos vehículos sucesivos del tránsito de la calle principal, que es utilizado por los conductores de otro movimiento para atravesar o incorporarse a la corriente de tránsito de esta. Los intervalos asumidos en el análisis provienen de la Tabla 2 adjunta.

Tabla 2. Intervalo crítico para intersecciones con control de pare

Tipo de maniobra	Velocidad media en movimiento en la calle principal	
	48 km/h	58km/h
Giro a la derecha desde la calle secundaria	5,5	6,5
Giro a la izquierda desde la calle principal	5,0 – 5,5	6,5 – 7,0
Giro a la izquierda desde la calle secundaria	6,5 – 7,0	8,0 – 8,5

Fuente: HCM (2000)

Volumen de tránsito conflictivo ($V_{c,x}$) en veh/h

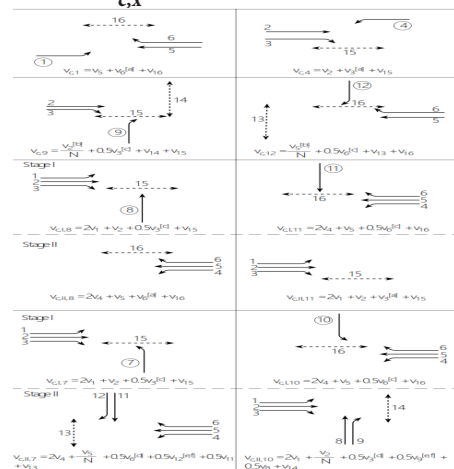


Figura 2. Volúmenes de tráfico conflictivo sujeto a las condiciones del movimiento

Fuente: HCM (2000)

Los movimientos de vehículos en los diferentes accesos de la intersección producen conflictos directamente relacionados con la naturaleza del mismo, estos se detallan en la figura 2 donde se presentan las expresiones algebraicas para calcular este parámetro que representa el volumen conflictivo de un determinado movimiento en vehículos por hora (veh/h).

Capacidad potencial ($C_{p,x}$)

La capacidad potencial es la capacidad ideal bajo condiciones específicas, tales como el flujo libre en la vía principal, las colas en intersecciones cercanas no obstaculizan la intersección en estudio, cada movimiento tiene un canal exclusivo para él y el movimiento estudiado no presenta impedimento por ningún otro.

Este parámetro se obtiene en la figura 3, en la cual se entra en las abscisas con el valor encontrado de volumen de tráfico conflictivo interceptando la curva del intervalo crítico encontrado para ese movimiento pivoteando para encontrar en las ordenadas la capacidad potencial correspondiente.

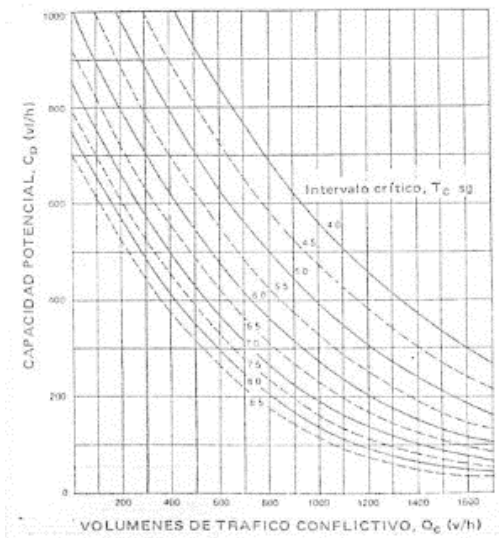


Figura 3. Capacidad potencial en función del volumen de tráfico y longitud del intervalo crítico
Fuente: HCM (2000)

Efectos de la impedancia (P_j)

El impacto de la impedancia se valora multiplicando la capacidad potencial del movimiento obstaculizado por una serie de factores de impedancia P_j los cuales se ilustran en la figura 4, para determinar la capacidad de movimiento C_{mi} . Los valores de P_j se obtienen de la figura 5.

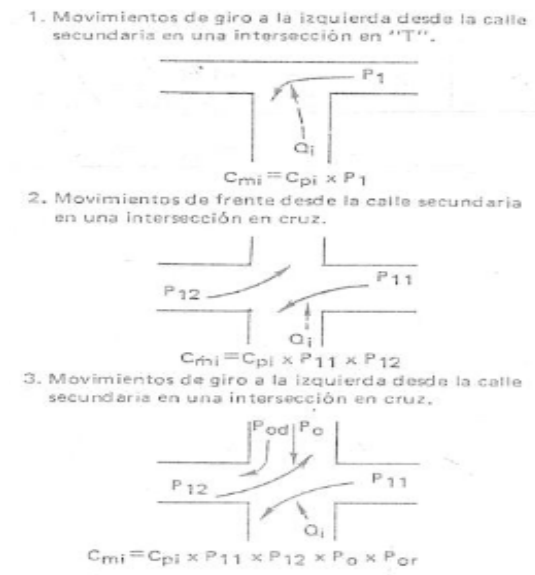


Figura 4. Esquema de cálculo de la impedancia
Fuente: HCM (2000)

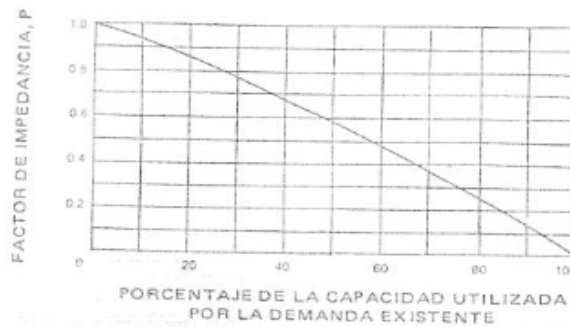


Figura 5. Factor de impedancia en función de los movimientos congestionados
Fuente: HCM (2000)

Capacidad en canales compartidos

La suposición inicial de la metodología implica que cada movimiento tiene un canal exclusivo para él, en los casos presentados en este estudio esta condición no se cumple, por lo cual debe evaluarse la capacidad del canal compartido mediante la ecuación 1:

$$C_c = \frac{I_i + I_r + I_d}{\frac{I_i}{C_{mi}} + \frac{I_r}{C_{mr}} + \frac{I_d}{C_{md}}}$$

C_c : Capacidad del canal compartido

I_i : Intensidad del movimiento de giro a la izquierda en el canal compartido

I_r : Intensidad del movimiento recto en el canal compartido

I_d : Intensidad del movimiento de giro a la derecha en el canal compartido

C_{mi} : Capacidad del movimiento de giro a la izquierda del canal compartido

C_{mr} : Capacidad del movimiento recto del canal compartido

C_{md} : Capacidad del movimiento de giro a la derecha del canal compartido

Criterios de Nivel de Servicio

Para establecer el nivel de servicio que ofrece la intersección a los usuarios, se debe establecer la capacidad de reserva C_R , la cual se calcula mediante la ecuación 2:

$$C_R = C_C - I$$

C_R : Capacidad de reserva o capacidad no utilizada

C_C : Capacidad del canal compartido

I : Intensidad total que utiliza en canal

El criterio para establecer el nivel de servicio se obtiene en la Tabla 3 mostrada.

Tabla 3. Criterios de Nivel de Servicio para intersecciones sin semáforo

Capacidad de reserva (veh/h)	Nivel de Servicio	Demora esperada en el tráfico de la vía secundaria
≥400	A	Pequeña o nula
300 - 399	B	Pequeñas demoras
200 - 299	C	Demoras medias
100 - 199	D	Largas demoras
0 -99	E	Demoras muy largas
*	F	*

*Cuando la intensidad de la demanda excede a la capacidad del canal, aparecen demoras muy largas con formación de colas, que pueden ocasionar congestionamientos importantes y afectar a otros movimientos de tráfico en la intersección. Esta característica justifica normalmente la mejora de la intersección

Fuente: HCM (2000)

Caso 1: Intersección Avenida Andrés Bello con Calle Rosario

Esta intersección se encuentra situada en el sector Punta Icotea, parroquia Ambrosio dentro de la zona urbana del municipio Cabimas en las coordenadas 10,396128N-71,474668W, la cual puede observarse en la Figura 4. Esta intersección se encuentra controlada mediante un semáforo de tiempo fijo, el cual actualmente se encuentra fuera de servicio, razón por la cual la determinación de la capacidad y nivel de servicio de la misma, se realizó como una intersección con control de pare.

Para determinar la capacidad y el nivel de servicio de la intersección en estudio con control de pare se sigue la siguiente estructura de procedimiento.

Geometría de la intersección

La intersección en estudio es tipo "T", tomando como vía principal la avenida Andrés Bello, que en sentido norte se desvía hacia el oeste al llegar a la intersección, presenta circulación bidireccional, con ancho de calzada de 11,90 m, la cual no tiene demarcación, asumiendo dos canales por sentido de circulación, en el canal con

sentido de circulación suroeste presenta una canal de giro a la derecha mediante una isleta. La calle Rosario se asume como vía secundaria, se encuentra en sentido sureste, presenta circulación bidireccional, con un ancho de calzada de 11,70 m, la misma no tiene demarcación, con dos canales por sentido de circulación de 3,60m. La inclinación de la rasante se tomará de 0%.



Figura 6. Ubicación de la intersección Av. Andrés Bello con calle Rosario, Cabimas
Fuente: Google Maps, 2017

Volúmenes de tránsito existentes

El aforo vehicular se realizó por periodo de un mes, con la data obtenida de estableció el volumen horario de máxima demanda (VHMD) entre las 12:00 y 1:00 pm, el resumen de estos volúmenes se presenta en la tabla 4. Estos volúmenes representan vehículos mixtos, tomando el ajuste por equivalencia de vehículos ligeros el factor de 1,1, el cual solo se aplica a los movimientos de giro a la derecha y a la izquierda de la calle Rosario, marcados como M7 y M9, y en el movimiento de giro a la izquierda en la avenida Andrés Bello en sentido norte, marcado como M4, estos movimientos se muestran en la figura 7, los valores ajustados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 4. Resumen de volumen vehicular de la intersección avenida Andrés Bello con calle Rosario

PERIODO	ACCESO SUROESTE		ACCESO NORTE		ACCESO SURESTE		TOTAL
	R(M ₂)	D(M ₃)	I (M ₄)	R(M ₅)	I(M ₇)	D(M ₉)	
12:00-12:15	21	27	29	49	34	44	204
12:15-12:30	11	14	16	45	28	40	154
12:30-12:45	18	29	9	43	25	36	160
12:45-01:00	14	20	6	26	18	35	119
TOTAL	64	90	60	163	105	155	637

Leyenda: I: movimiento de giro a la izquierda; R: movimiento recto; D: movimiento de giro a la derecha

Fuente: La autora (2015)



Figura 7. Mapa vial de movimientos en la intersección avenida Andrés Bello con calle Rosario.
Fuente: Google Maps, 2017 y La autora (2017)

Tabla 5. Ajustes de volumen por vehículo ligero equivalente

Movimiento	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₇	M ₉
Volumen (veh/h) (de la Tabla 5)	64	90	60	163	105	155
Factor de ajuste (de la Tabla 10-1 HCM 2000)	--	--	1,1	--	1,1	1,1
Volumen ajustado (veh/h)	--	--	66	--	116	171

Fuente: La autora (2017)

Volumen de Tráfico Conflictivo

Los volúmenes conflictivos en la intersección en estudio, siendo en forma de "T", se calcularon como sigue:

- Movimiento a la derecha desde la calle secundaria (M9):

$$V_{c9} = V_2 = 64 \text{ veh/h}$$

- Movimiento de giro a la izquierda de la calle principal en el acceso norte (M4):

$$V_{c4} = V_2 + V_3 = 64 + 90 = 154 \text{ veh/h}$$

- Movimiento a la izquierda desde la calle secundaria (M7):

$$V_{c7} = V_2 + V_4 + V_5 = 64 + 60 + 163 = 287 \text{ veh/h}$$

Intervalo crítico y Capacidad potencial

Para cada uno de los tres movimientos considerados, se determinó la dimensión del intervalo de la corriente de tráfico conflictiva y la capacidad potencial. Estos valores se presentan resumidos en la tabla 6.

Tabla 6. Intervalo crítico y capacidad potencial

Movimiento	M4	M7	M9
Volumen conflictivo (veh/h)	154	287	64
Intervalo crítico (I_c) (de la Tabla 10-2 HCM 2000)	5,0	6,5	5,5
Capacidad potencial (C_p) (de la Figura 10-3 HCM 2000)	>1000	680	>1000

Fuente: La autora (2017)

Porcentaje utilizado de la capacidad potencial y factor de impedancia

Se calcula para el movimiento de giro a la izquierda de la calle principal, de la siguiente manera:

$$\%C_4 = \frac{V_4}{C_{p4}} = \frac{154}{1000} = 0,15\%$$

V_4 : Volumen ajustado del M_4

C_{p4} : capacidad potencial de M_4

El factor de impedancia (P_4) tomado de la figura 3 de HCM (2000), correspondiente a la capacidad potencial utilizada de este movimiento y se aproxima a 1,0.

Capacidad real

La capacidad real para los movimientos críticos considerados en la intersección se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7. Capacidad real en la intersección avenida Andrés Bello con calle Rosario

M_4	$C_{r4} = C_{p4}$	>1000
M_7	$C_{r7} = C_{p7} * P_4$	680
M_9	$C_{r9} = C_{p9}$	>1000

Fuente: La autora (2017)

Nivel de servicio

El criterio para nivel de servicio, considera que, si la capacidad real se encuentra por encima de los 400 veh/h, se encuentra en nivel de servicio A, por tanto, la intersección en el horario de máxima demanda, está operando en este nivel de servicio, en los movimientos conflictivos.

Caso 2: Intersección Avenida Andrés Bello con Avenida Universidad

Esta intersección también se encuentra situada en el sector Punta Icotea, parroquia Ambrosio dentro de la zona urbana del municipio Cabimas, a una distancia de 233,77m de distancia de caso anterior, presentando las coordenadas 10,398223N-71,474485W, misma que puede observarse en la figura 8.

Esta intersección presenta control de semáforo de tiempo fijo, el cual actualmente está inhabilitado, por tanto, el análisis de flujo para determinar la capacidad y nivel de servicio en la cual opera, se realizó tomando el control de tránsito con señal de pare.

Para determinar estos parámetros de funcionamiento de la intersección se efectuó el mismo procedimiento de la intersección anterior.

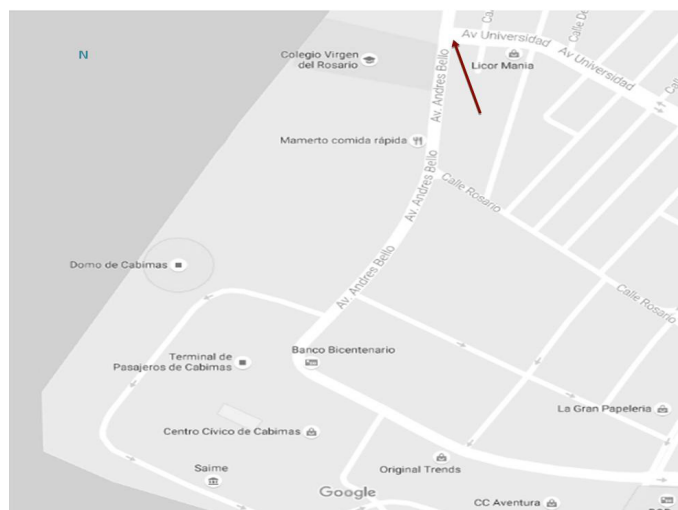


Figura 8. Ubicación de la intersección Av. Andrés Bello con Av. Universidad, Cabimas
Fuente: Google Maps, 2017

Geometría de la intersección

La intersección analizada es tipo "T", tomando como vía principal la avenida Andrés Bello, con circulación bidireccional, presenta ancho de calzada de 11,90 m, la cual no tiene demarcación, asumiendo dos canales por sentido de circulación, no presentando canalización especial para giros a la izquierda o a la derecha. La avenida Universidad es una vía dividida por un separador central, con dos canales de circulación por sentido y se asume como vía secundaria a pesar de sus dimensiones, debido a la intersección tipo T. Los canales presentan ancho de 3,60m y la inclinación de la rasante se tomará de 0%.

Volúmenes de tránsito existentes

El aforo vehicular se realizó por periodo de un mes, con la data obtenida de estableció el volumen horario de máxima demanda (VHMD) entre las 12:00 y 1:00 pm, el resumen de estos volúmenes se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. Resumen de volumen vehicular de la intersección avenida Andrés Bello con avenida Universidad

PERIODO	ACCESO SUROESTE		ACCESO NORTE		ACCESO SURESTE		TOTAL
	R(M ₂)	D(M ₃)	I (M ₄)	R(M ₅)	I(M ₇)	D(M ₉)	
12:00-12:15	26	27	25	53	32	48	211
12:15-12:30	20	15	14	46	25	43	163
12:30-12:45	21	29	10	45	21	38	164
12:45-01:00	18	20	7	28	17	37	127
TOTAL	85	91	56	172	95	166	665

Leyenda: I: movimiento de giro a la izquierda; R: movimiento recto; D: movimiento de giro a la derecha

Fuente: La autora (2015)

Tabla 9. Ajustes de Volumen por vehículo ligero equivalente

Movimiento	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₇	M ₉
Volumen (veh/h) (de la Tabla 5)	85	91	56	172	95	166
Factor de ajuste (de la Tabla 10-1 HCM 2000)	--	--	1,1	--	1,1	1,1
Volumen ajustado (veh/h)	--	--	62	--	105	183

Fuente: La autora (2017)



Figura 9. Mapa vial de movimientos en la intersección avenida Andrés Bello con avenida Universidad

Fuente: Google Maps, 2017 y La autora (2017)

Los volúmenes representan vehículos mixtos, se asume el ajuste por equivalencia de vehículos ligeros, el factor de 1,1, el cual solo se aplica a los movimientos de giro a la derecha e izquierda de la avenida Universidad, que corresponden a los movimientos señalados como M7 y M9, y en el movimiento de giro a la izquierda en la avenida Andrés Bello en sentido norte, marcado como M4, estos movimientos se muestran en la Figura 7 y los valores ajustados se muestran en la tabla 9.

Volumen de tráfico conflictivo

Los volúmenes conflictivos en la intersección en estudio, sienten en forma de "T", se calcularon como sigue:

- Movimiento a la derecha desde la calle secundaria (M9):

$$V_{c9} = V_2 + 0,5V_3 = 85 + 0,5(91) = 131 \text{ veh/h}$$

- Movimiento de giro a la izquierda de la calle principal en el acceso norte (M4):

$$V_{c4} = V_2 + V_3 = 85 + 91 = 176 \text{ veh/h}$$

- Movimiento a la izquierda desde la calle secundaria (M7):

$$V_{c7} = V_2 + V_4 + V_5 + 0,5V_3 = 85 + 56 + 172 + 0,5(91) = 359 \text{ veh/h}$$

Intervalo crítico y capacidad potencial

Para cada movimiento del análisis, se debe determinar el intervalo de la corriente de tráfico y la capacidad que tiene para acomodar cada uno de los movimientos posibles. Estos valores se presentan resumidos en la tabla 10.

Tabla 10. Intervalo crítico y capacidad potencial

Movimiento	M4	M7	M9
Volumen conflictivo (veh/h)	176	359	131
Intervalo crítico (I_c) (de la Tabla 10-2 HCM 2000)	5,0	6,5	5,5
Capacidad potencial (C_p) (de la Figura 10-3 HCM 2000)	>1000	567	>1000

Fuente: La autora (2017)

Porcentaje utilizado de la capacidad potencial y factor de impedancia

Estos parámetros se calculan para el movimiento de giro a la izquierda de la calle principal, los cuales son afectados en el cálculo de su capacidad real. El porcentaje utilizado de la capacidad potencial será:

$$C_4 = \frac{V_4}{C_{p4}} = \frac{176}{1000} = 0,18\%$$

V_4 : Volumen ajustado del M_4

C_{p4} : capacidad potencial de M_4

El factor de impedancia (P_4) para la capacidad potencial tomado de la figura 3 del HCM 2000, el cual se aproxima a 1,0.

Capacidad real

La capacidad real para los movimientos críticos considerados en la intersección se presenta en la tabla 11.

Tabla 11. Capacidad real en la intersección avenida Andrés Bello con calle Rosario

M_4	$C_{r4} = C_{p4}$	>1000
M_7	$C_{r7} = C_{p7} * P_4$	720
M_9	$C_{r9} = C_{p9}$	>1000

Fuente: La autora (2017)

Nivel de servicio

El criterio para nivel de servicio, considera que, si la capacidad real se encuentra por encima de los 400 veh/h, se encuentra en nivel de servicio A, en este caso todos los movimientos presentan este nivel de servicio.

Conclusiones

Determinada la capacidad y el nivel de servicio en las intersecciones en estudio se establecen algunas condiciones relativas a los requisitos para la operación de un semáforo de tiempo fijo:

- Los volúmenes de tránsito en horario de máxima demanda están por debajo del volumen mínimo requerido para su instalación de 500 veh/h, encontrando en el análisis flujo máximo de 204 veh/h para la intersección con la calle Rosario y 211 veh/h para la intersección con la avenida universidad.
- El espaciamiento entre ambos semáforos es menor de 300m encontrándose a una distancia de 233,77m.

Bajo las condiciones encontradas en el análisis de las intersecciones, se infiere que ambas están operando en nivel de servicio A, es decir trabajan a flujo libre y no se presenta congestión en condiciones normales de circulación. Por tanto, se concluye que, los semáforos instalados en ambas intersecciones no son necesarios para el control del tránsito, por el contrario, su puesta en funcionamiento produciría demoras innecesarias, que podrían inducir al conductor a obviar la señal de rojo o pare, al observar que no hay vehículos en tránsito con el derecho de paso o luz verde, lo cual podría ocasionar accidentes.

Se recomienda la completa demarcación y señalización de las vías, incluyendo las relativas al control de pare y recuperar los dispositivos de los semáforos que pueden ser usados en intersecciones que lo ameriten.

Referencias bibliográficas

- Cal R. y Cárdenas J. (2007). **Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones**. Alfa-omega Grupo Editor, S.A. Octava edición. México.
- Garber, N. y Hoel, L. (2006). **Ingeniería de tránsito y carreteras**. Thompson Editores, S.A. Tercera edición. México,
- Manual de capacidad de carreteras**. (2000). Versión en español de la obra Highway Capacity Manual del Transportation Research Board, National Academy of Sciences. EUA.