



**UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN**  
Facultad de Ingeniería

---

**“Sede Oscar Lucero Moya”  
DEPARTAMENTO DE VIALES**

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**EVALUACIÓN DE LA INTERSECCIÓN NO SEMAFORIZADA NARCISO  
LÓPEZ-MARTÍ CON LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA**

**HCM 2010**

**AUTOR: ADONIS JOSÉ ESTÉVEZ PEÑA**

**HOLGUÍN, 2017**



**UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN**  
Facultad de Ingeniería

---

**“Sede Oscar Lucero Moya”**

**DEPARTAMENTO DE VIALES**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**EVALUACIÓN DE LA INTERSECCIÓN NO SEMAFORIZADA NARCISO  
LÓPEZ- MARTÍ CON LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA**

**HCM 2010**

**AUTOR: ADONIS JOSÉ ESTÉVEZ PEÑA**

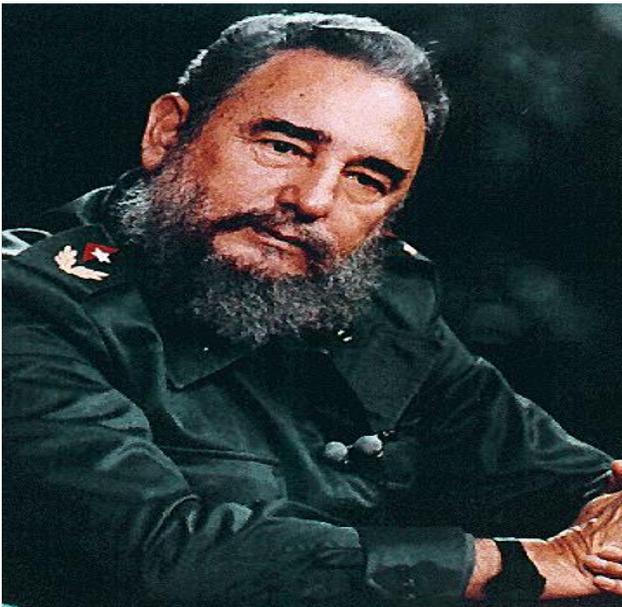
**TUTOR: ING. EUNICES SOLER SÁNCHEZ**

**HOLGUÍN 2017**

## PENSAMIENTO

*“... nadie tiene derecho de andar por la calle amenazando la vida de los demás y destruyendo vidas ajenas...”*

*“... la campaña contra los accidentes del tránsito debe ser apoyada en una legislación mucho más severa para este tipo de falta”*



*Fidel Castro Ruz (5 de junio de 1966)*

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### ***MIS PADRES***

*Por ser los pilares más importantes en mi vida apoyándome en el largo camino que he tenido que recorrer en el estudio de la carrera, por su amor y sacrificio, por ser mi espejo y guía en vía al éxito, por mostrarme la luz en los momentos más difíciles.*

### ***MI TUTORA***

*Por su dedicación, orientación, por compartir su sabiduría conmigo.*

### ***MI FAMILIA***

*Por su preocupación incansable en todo momento.*

### ***MIS COMPAÑEROS***

*Por estar presente en todo momento ofreciéndome ayuda y consejos.*

## DEDICATORIA

*Esta investigación se la dedico a mi madre Digna del Carmen Peña Fuentes por ser el talismán que atesora y protege mi vida, por su cariño y afecto, por no perderme de vista ni un segundo y mostrarme el camino al triunfo.*

*A mi padre Adonis Estévez Martínez por ser mi ejemplo, por sus enseñanzas, por su amor, apoyo en todo momento sin importar la distancia que nos separe.*

*A mis abuelas Caridad Fuentes Gainza y Neyda Martínez Pacheco por regalarme su presencia en los años que llevo de vida, por lograr mi educación en el seno familiar y prepararme para enfrentarme a la vida, por sus consejos, por su amor.*

## **RESUMEN**

La ciudad de Holguín es una de las provincias que más accidentes sufre en Cuba, la intersección Narciso López Martí es una de las vías más afectada por problemas de congestionamiento, por lo que fue necesario realizar el análisis de su capacidad y nivel de servicio al evaluar la aplicabilidad de la metodología del HCM 2010( Manual de Capacidad de Carreteras) ajustada a las características del tránsito en el emplazamiento urbano, los diferentes estudios de tránsito( volúmenes vehiculares, peatonales, estudios de velocidad, brechas y demoras) permitieron la obtención de resultados entre los que podemos mencionar: una elevada incidencia de vehículos de marcha lenta (ciclos), que representa un 40.4% del total de volumen en la hora de máxima demanda, velocidades de operación para el acceso Narciso López de 26km/h, y para el acceso Martí 33 km/h, un rango de operación aún estable C sin la consideración del factor equivalencia(0.3) de ciclos a autos, y un nivel de servicio D al emplear dicho factor caracterizado por problemas en el nivel de comodidad y conveniencia para el usuario.

## **ABSTRACT**

The city of Holguín is one of the counties that more accidents suffer in Cuba, the intersection Narcissus López Martí is one of the roads more affected by problems vehicular circulation, for what was necessary to carry out the analysis of its capacity and level of service when evaluating the applicability of the methodology of the HCM 2010( Highway Capacity Manual)) adjusted to the characteristics of the traffic in the urban location, the different traffic studies (vehicular, pedestrian volumes, studies of speed, breaches and delays) they allowed the obtaining of results among those that we can mention: a high incidence of vehicles of slow march (cycles) that represents 40.4% of the total of volume in the hour of maxim it demands, operation speeds for the access Narcissus López 26km/h, and for the access Martí 33 km/h, a range of even stable operation C without the consideration of the equivalency factor(0.3) of cycles at cars, and a level of service D when using this factor characterized by problems in the level of comfort and convenience for the user.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO EN VÍAS URBANAS .....	6
Introducción al capítulo .....	6
1.1 Análisis histórico de la capacidad vial. ....	6
1.2 Determinación de los niveles de servicio en emplazamientos viales en la actualidad.....	9
1.2.1 Conceptos fundamentales .....	13
1.3 Metodología para el análisis de las intersecciones no semaforizadas con presencia de PARE .....	15
1.4 Estudio de tránsito .....	25
1.4.1 Estudio de volúmenes de tránsito.....	26
1.4.2 Estudios de velocidades .....	27
1.4.3 Estudio de demoras y brechas.....	29
1.5 Conclusiones parciales .....	30
CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN NO SEMAFORIZADA NARCISO LÓPEZ – MARTÍ AL APLICAR LA METODOLOGÍA DEL HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM 2010) AJUSTADA31	
2.1 Diseño de estudio .....	31
2.1.1 Selección de la intersección.....	31
2.1.2 Características de la intersección.....	32
2.2 Resultados de los estudios de tránsito .....	33
2.3 Análisis de la capacidad y los niveles de servicio en la intersección mediante la metodología del HCM 2010 sin considerar los ciclos. ....	39
2.4 Aplicación de la metodología del HCM 2010 modificada al incorporar los factores de conversión de ciclos a autos equivalentes.....	42
2.5 Análisis de los resultados obtenidos sin tener en cuenta los volúmenes de ciclos y si se consideran .....	45
2.6 Conclusiones parciales .....	46
CONCLUSIONES.....	47
RECOMENDACIONES.....	48
BIBLIOGRAFÍA .....	1
ANEXOS .....	4

## **INTRODUCCIÓN**

El inicio del tránsito automotor se registra en la segunda mitad del siglo XIX. El surgimiento de los primeros vehículos que utilizaron como combustible gasolina garantizaron la importancia de mantener en un buen estado los caminos o vías existentes en dicho momento, debido a que habían sido abandonadas por el imparable ascenso del transporte ferroviario. Con el desarrollo de la ciencia era inminente la llegada del motor de combustión interna, pero su esplendor no se apreció hasta el siglo XX, al estar afectado en ese momento porque era considerado como un objeto de lujo y su circulación era pobre por el mal estado en que se encontraba las rutas, las legislaciones pertenecientes a esos años y las otras maneras de transportarse que se utilizaban: el ferrocarril y los carruajes tirados por animales. Luego de esto el crecimiento de vehículos de motor, ha sido considerable.

Este auge trajo consigo la acumulación de vehículos en los sistemas de calles e intersecciones al superar la capacidad de estas, lo que afecta el tránsito y trae a sus pasos innumerables accidentes. Para resolver estos problemas existentes surge la Ingeniería de Tránsito, ciencia que se encarga de investigar las características esenciales de cinco elementos fundamentales que componen el tránsito: el conductor, el peatón, el vehículo, la vía y el medio ambiente. La mejor manera de utilizar la Ingeniería de Tránsito consiste en la estructuración de planes adecuados, prácticos para mejorar la seguridad vial y la movilidad de los flujos vehiculares, principalmente en zonas críticas, donde la relación con otras disciplinas es elemental. Entre algunas de sus aplicaciones se encuentran: establecimiento y mantenimiento de señales y mecanismos de control de tránsito (semáforos); optimizar el flujo vehicular y disminuir el embotellamiento al utilizar diferentes métodos restrictivos y del tipo constructivos, estudio de los accidentes de tránsito para llevar a la práctica las medidas de seguridad y la elaboración de otras con el objetivo de aminorar los daños causados. Los primeros estudios documentados sobre capacidad vial se reflejan hacia el año 1935, pero como no había un instrumento capaz de analizar el flujo vehicular surge para solucionar esto la 1ra

edición del Manual de Capacidad Vial en los EE.UU, el cual tuvo otras 2 ediciones en los años posteriores (1965 y 1985) sufriendo cambios y modificaciones en los años 1994, 1997, 2000 y por último se crea el Highway Capacity Manual 2010(HCM 2010), es la versión más actualizada y se encuentra en vigor actualmente y ofrece prácticas e investigaciones del transporte con un sistema consistente de técnicas para la evaluación de la capacidad y determinar el nivel de servicio en carreteras urbanas y rurales, además proporciona un juego lógico de métodos para evaluar las facilidades del transporte, lo que garantiza que se tenga el acceso a los resultados de la investigación actualizada. El manual es la fuente principal que refleja los estudios realizados sobre la capacidad y nivel de servicio y está constituida por métodos para realizar el análisis del funcionamiento de las calles, carreteras, el peatón, el conductor y la bicicleta. Las metodologías existentes han sido creadas para el entorno existente en los EE.UU y otros países con un notable desarrollo potencial. En el mundo se realizan investigaciones con el fin de mejorar la calidad del tránsito y disminuir en gran cantidad el número de accidentes, en América Latina se pueden mencionar estudios realizados en países como: México, (Garza, 1995), (Gallegos, 2005); Manual de Capacidad de Carreteras de gran utilización a nivel internacional, en Colombia (Cal y Mayor, 2003).

En nuestro país los estudios están dirigidos a la seguridad vial (Alba 2008) y (García 2011).La aplicación de estas metodologías a las condiciones del tránsito existentes en las calles de las ciudades de Cuba (vehículos ligeros de varias generaciones, vehículos de tracción animal y ciclos) está prácticamente en sus comienzos por los pocos años de investigaciones.

La ciudad de Holguín ha estado afectada por conflictos en la circulación y múltiples accidentes a lo largo de los años y se han registrado una gran parte de ellos en las intersecciones sin semáforos, por sus problemas serios de congestionamiento dados por los malos niveles de servicio, sin embargo la mayoría de las investigaciones se han registrado en las intersecciones controladas por semáforos, dichos estudios se han comprobado en pocas intersecciones no semaforizadas ¿cómo determinar la

capacidad y el nivel de servicio en la intersección no semaforizada Narciso López-Martí?, constituye el problema de la investigación .

**Objeto de la investigación:** intersección no semaforizada Narciso López – Martí.

**Campo de acción:** análisis de la capacidad y nivel de servicio en la intersección Narciso López – Martí.

**Objetivo general:** evaluar la aplicabilidad de la metodología del HCM 2010 ajustada para determinar la capacidad y el nivel de servicio en la intersección Narciso López-Martí.

**Objetivos específicos:**

- Análisis de la información científica técnica relacionada con la determinación de la capacidad y niveles de servicio en intersecciones no semaforizadas.
- Llevar a cabo estudios de tránsito relacionado con el cálculo de volúmenes vehiculares y peatonales de la intersección, velocidades, demoras.
- Comprobar el funcionamiento de la intersección objeto de estudio sin la incorporación de factores de equivalencia de ciclos a autos.
- Comprobar el funcionamiento de la intersección objeto de estudio con la incorporación de factores de equivalencia de ciclos a autos.
- Comparar los resultados obtenidos entre las dos evaluaciones.

**Hipótesis de la investigación:**

EL análisis de la capacidad y nivel de servicio se podrá evaluar para las condiciones existentes del tránsito en la intersección no semaforizada Narciso López-Martí, si se utiliza la metodología del Highway Capacity Manual 2010 con la inclusión del factor de equivalencia de ciclos a autos ligeros equivalentes.

## **Métodos de la investigación:**

### **Métodos teóricos:**

Método histórico- lógico: se empleará en el conocimiento de la evolución histórica que ha tenido la capacidad vial y nivel de servicio en la intersección no semaforizada Narciso López-Martí.

Método hipotético- deductivo: para la elaboración de la hipótesis de la investigación, aclaración de las variables de la investigación.

Método de modelación: uso de tablas, gráficos y esquemas para poder explicar con mayor claridad los resultados.

Método de análisis síntesis: estudio y desarrollo de la información de la caracterización histórica, teórico metodológico y empírico del objeto y campo de la investigación.

### **Métodos empíricos:**

Análisis de documentos: para búsqueda de información relacionada con la caracterización histórico teórico metodológico y empírica del campo y el objeto de la investigación.

Observación científica: realiza el diagnóstico del objeto y campo de la investigación a través de los estudios de tránsito.

### **Método matemáticos estadísticos:**

Método estadístico descriptivo: para el procesamiento y presentación de los resultados provenientes del diagnóstico del objeto y campo de la investigación.

**Aporte de la investigación:**

Evaluación de la capacidad y niveles de servicios en intersecciones no semaforizadas al emplear la metodología del HCM 2010 ajustada a las condiciones prevalecientes del tránsito al asumir factores de equivalencia de ciclos.

**Novedad:**

Los estudios sobre capacidad y niveles de servicio del objeto de estudio: intersección no semaforizada narciso López – Martí se logró al utilizar la metodología del HCM 2010 modificada por la utilización de los factores de conversión de vehículos a autos equivalentes.

**Actualidad de la investigación:**

Satisface a los trabajos que se llevan a cabo por la Comisión Nacional de Seguridad Vial para minimizar los conflictos que se generan en el tránsito, además de los estudios para el reordenamiento vehicular que se llevan a cabo en la provincia Holguín.

**Estructura del informe de la investigación:**

El trabajo está estructurado por dos capítulos:

En el capítulo 1 se realiza el análisis histórico del objeto y el campo de la investigación, una valoración teórica y metodológica, el diagnóstico de la capacidad y del nivel de servicio y los diferentes estudios de tránsito relacionados con el comportamiento del flujo vehicular en la intersección no semaforizada Narciso López. El segundo capítulo se basa en evaluar el funcionamiento de la intersección Narciso López-Martí, al aplicar la metodología del Highway Capacity Manual (HCM 2010) modificada, sin considerar el factor de ciclos y posteriormente se aplicará la metodología al incorporar el factor de ciclo calculado en (Portal, 2017), con el propósito de comparar los resultados obtenidos.

# **CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO EN VÍAS URBANAS**

## **Introducción al capítulo**

El capítulo trata sobre el desarrollo que han tenido las metodologías para realizar la evaluación de la capacidad y niveles de servicio en emplazamientos urbanos, principalmente en intersecciones de prioridad. Además se plantean diferentes términos y conceptos fundamentales que permiten la comprensión de la metodología que se emplea para el análisis del funcionamiento de las intersecciones reguladas por señales de prioridad.

### **1.1 Análisis histórico de la capacidad vial.**

La capacidad teóricamente se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una autopista o calle, en una infraestructura vial no es más que el número límite de vehículos, peatones que se desplazan por una sección uniforme de un carril o calzada durante un determinado tiempo, la capacidad está definida para cada acceso, es el valor del flujo máximo del acceso en estudio si se tiene en cuenta las condiciones prevalecientes del tránsito, de la infraestructura vial y de los dispositivos de semaforización (Manual de Capacidad de Carreteras, 2000). Las condiciones prevalecientes del tránsito incluyen: los volúmenes por acceso, distribución de vehículos por movimiento (izquierdo, recto y derecho), la distribución por tipo de vehículo por cada movimiento, la localización y utilización de la parada de ómnibus en la zona de intersección, además de los volúmenes de peatones y maniobras de estacionamiento. Las condiciones de la vía considera la geometría básica de la intersección lo que tiene en cuenta el número y ancho de carriles, pendientes y la utilización de carriles (incluye los carriles de estacionamiento). Por lo que capacidad vial no es más que la oferta que brinda un sistema vial a una cantidad conocida o demanda de tránsito, además permite valorar la calidad del servicio y confiabilidad que proporciona dicho sistema a los usuarios que transitan por ella. Los primeros estudios relacionados con capacidad se ubican alrededor del

año 1920, año en que surge el centro de investigación vial Highway Research Board (HRB), el cual se conoce en estos días como Transportation Research Board (TRB), pertenecientes a este centro se encuentra la Comisión de Capacidad de Caminos la cual ha tenido la prestigiosa tarea de crear y editar las distintas versiones del Manual de Capacidad de Carreteras. En el año 1935 los estudios relacionados sobre capacidad vial en EE.UU solo consideraban el flujo del tránsito un sistema único en el cual se daba única importancia al conductor, vehículo y caminos. Ya para esta fecha aparecen los primeros dispositivos y métodos encargados de disminuir la mayor cantidad de información imposible para lograr el mayor entendimiento posible sobre el flujo vehicular y peatonal. En el año 1944, Olav K. Norman, logró reunir toda la información hasta ese momento y conformó un documento con una base sólida capaz de permitir el análisis de la corriente vehicular. Posteriormente en 1950 como resultado del trabajo unido entre la Oficina de Caminos Públicos (BPR) y Highway Research Board (HRB) se confecciona el primer Manual de Capacidad Vial en el que se incorporó un concepto más detallado de capacidad y otros términos claves.

En el período de 1953 -1965 se crea una edición más completa con disímiles términos capaz de facilitar el trabajo relacionado con el tránsito y fue llevado a cabo por la prestigiosa Comisión de Capacidad Vial que pertenecía a la entidad de Investigación de Carreteras, este manual entre sus actualizaciones y mejoras introduce el concepto de niveles de servicio el cual tiene como objetivo especificar el estado operacional en que se encuentra las vías. En el año 1985 se crea la tercera edición por el TRB la que cuenta con más de dos décadas de investigación dirigida por institutos entre los que se encuentran el Programa Nacional de Cooperativa de Investigación de Carreteras y la Administración de Carreteras Federales, sus avances se aprecian principalmente en la incorporación de nuevos capítulos, en el manual también se actualizan definiciones como el de capacidad vial conductores y usuarios. Alrededor del año 1990 al Manual se le ingresan nuevos cambios debido a las nuevas investigaciones relacionada con la materia, todo esto con el fin de poder

actualizar su contenido hasta esa fecha. Luego se crea el Manual de Capacidad Vial 2000 (HCM 2000), este dotado de herramientas de comprensión más avanzadas lo que favoreció la evaluación de las características de rendimiento del sistema de transporte. La última publicación es la del 2010, la cual es la quinta edición que presenta determinadas modificaciones con respecto a su versión anterior (HCM, 2000). Entre los que se pueden citar: valores de parámetros basados en datos empíricos y modelos de simulación al asumir el comportamiento de los conductores, tipos de vehículos. La preferencia de este Manual de Capacidad Vial sobre el HCM 2000 se debe a que ha agrupado a la metodología los distintos modos (automóvil, peatón y bicicleta) según la infraestructura a analizar, además el HCM 2010 considera la parada del transporte público dentro de los 75 m anteriores y posteriores a la línea de la parada de un acceso al aceptar la pérdida de eficiencia del carril afectado por las paradas de ómnibus como una proporción del tiempo de bloqueo del carril, también contiene factores que tienen en cuenta otras características físicas y geométricas de las vías. Todos estos cambios y evoluciones que se incorporan a este nuevo manual son ventajas las cuales lo hacen superior a su versión anterior y porque su selección.

En Cuba se utilizó cerca del año 1985 una norma con métodos y contenido (NC 53-118-1984) similar al HCM 1985 la cual ya no se emplea, entre otras investigaciones que se ha aplicado la metodología del HCM 2000 se citan (Arias, 2014) en Camagüey, (Ceballos, 2015) y (Blanco, 2016) en la provincia de Holguín, estas investigaciones evaluaron la aplicabilidad de la metodología por las características del flujo vehicular presente en las vías, al atribuir a sus conclusiones que la metodología puede ser aplicable en las intersecciones si asumen factores de equivalencia a autos de ciclos y coches. Este trabajo investigativo para llegar a sus resultados utilizará la metodología del HCM 2010 modificándola al incorporar los factores determinados en (Portal, 2017) y (Portelles, 2017).

## **1.2 Determinación de los niveles de servicio en emplazamientos viales en la actualidad**

Los Niveles de Servicios (NS) son evaluaciones cualitativas del funcionamiento de una carretera o calle. En los manuales HCM 2000 y 2010, se establecen seis Levels Of Service (LOS), es decir, niveles de servicios, desde el A hasta el F, en el cual el A, refleja un flujo vehicular libre, a diferencia del flujo vehicular F que indica un flujo forzado. Es necesario conocer que el flujo vehicular de servicio para diseño debe ser mayor que el flujo de tránsito durante el período de 15 minutos de mayor demanda durante la hora de diseño.

El nivel de servicio (LOS) describe en qué condiciones de operación se encuentra el flujo vehicular en las diferentes vías, y su análisis se puede evaluar por accesos y por carriles individuales de cada uno de ellos. Estas condiciones se manifiestan en factores como velocidad, tiempo recorrido, la oportunidad de realizar maniobras, la conveniencia y la seguridad vial. Además influye la intensidad de la interacción vehicular, las condiciones de la vía, su entorno, la calidad de la regulación y señalización vial.

La determinación del nivel de servicio depende de los siguientes factores en dependencia de la vía de estudio. Por lo cual se clasifican como:

Vías de circulación continua: los sistemas viales de este tipo de circulación no tienen elementos externos al flujo del tránsito, ya sean semáforos y señales de alto que provoquen detenciones. Dentro de este tipo de vías se encuentran las de dos carriles: autopistas y carreteras de múltiples carriles.

Vías de circulación discontinua: este tipo de sistema vial cuenta con elementos que provocan interrupciones continuas en el flujo del tránsito a parte de la considerable cantidad de vehículos, como los semáforos, intersecciones de prioridad con señales de alto y ceda el paso, dentro de este tipo de vías se encuentran las intersecciones y arterias urbanas.

Una vía de dos carriles con flujo ininterrumpido no es más que una calzada con un carril para cada sentido de circulación. En este tipo de vía el adelantamiento se realiza en el carril de sentido contrario y para poder lograr este movimiento depende en gran medida del volumen de tránsito que se le opone. Por esto para realizar el evaluar la calidad del nivel de servicio se analizan ambos sentidos al tenerse en cuenta tres parámetros fundamentales: velocidad media de recorrido, el uso de la capacidad y el porcentaje de demora en tiempo de acuerdo a la clasificación que tenga la vía.

Las condiciones generales de operación para los niveles de servicio (NS) se analizan para cada tipo de infraestructura vial de acuerdo a diferentes medidas de eficiencias como se plantean en la tabla 1.1.

**Tabla 1.1** Medidas de eficiencia para la definición de los niveles de servicio

<b>Tipo de Infraestructura vial</b>	<b>Medidas de eficiencia</b>
<b>Autopistas</b> Segmentos básicos de autopistas Entrecruzamientos Rampas de enlace	Densidad, velocidad, relación volumen a capacidad Densidad, velocidad Densidad
<b>Carreteras</b> Multicarriles De dos carriles	Densidad, velocidad, relación volumen a capacidad Velocidad, % de tiempo de seguimiento
<b>Intersecciones</b> Con semáforos De prioridad	Demora por controles Demora por controles
<b>Arterias urbanas</b>	Velocidad de recorrido
Transporte colectivo	Frecuencia, horas de servicio, carga de pasajeros
Ciclo rutas	Eventos, demoras, velocidad
Peatones	Espacio, eventos, demoras, velocidad

**Fuente:** TRB, Highway Capacity Manual, HCM 2010.

## **La explicación de los niveles de servicios se define de la siguiente manera:**

**A:** describe circulación a flujo libre, los usuarios considerados en forma individual, están ajenos a los efectos de la presencia de otros en la circulación. Tienen opciones para seleccionar las velocidades deseadas y realizar maniobras en el tránsito. El nivel general de comodidad proporcionado por la circulación es excelente.

**B:** se encuentra aún dentro de la categoría de flujo libre, pero se comienzan a apreciar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades se mantiene sin ser afectada, pero disminuye un poco la libertad de realizar maniobras. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior debido a que la presencia de vehículos comienza a influir en el comportamiento de cada uno.

**C:** aún se mantiene en el rango estable, pero inicia el dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de manera considerable por las interacciones con otros usuarios. La selección de la velocidad se ve afectada por la presencia de otros usuarios y la libertad de maniobra comienza a ser limitada. El nivel de comodidad y conveniencia cae notablemente.

**D:** describe una circulación de densidad elevada, pero aún estable. La velocidad y la libertad para maniobrar quedan seriamente limitadas y el usuario percibe un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños aumentos en el flujo lo cual provoca problemas de funcionamiento, empiezan a formarse las pequeñas colas.

**E:** el funcionamiento está en el o cerca del límite de su capacidad, la velocidad de todos los usuarios alcanza valores ínfimos, bastante similar. La libertad para maniobrar es extremadamente difícil y se logra al imponer a los vehículos a ceder el paso. Los niveles de comodidad y conveniencia son relativamente pequeños, y muy alta la frustración de los conductores. La circulación es comúnmente inestable, debido a que los mínimos aumentos del flujo o los simples disturbios en el tránsito producen colapsos.

F: representa condiciones de flujo forzado. Esto sucede al tener en cuenta la demanda de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. Ya las colas e este nivel de servicio son normales, donde la operación que se caracteriza por la presencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los cuellos de botella.

En el caso específico de intersecciones de prioridad (con señal de PARE) y vías urbanas se establecen niveles de servicios con los diferentes rangos según la tabla 1.2 y 1.3.

**Tabla 1.2** Niveles de Servicio en intersecciones de prioridad

Niveles de Servicio	Demoras promedio en la intersección (seg/veh)
A	0-10
B	>10-15
C	>15-25
D	>25-35
E	>35-50
F	>50

**Fuente:** Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010).

**Tabla 1.3** Nivel de servicio para arterias urbanas según su clasificación

Tipo de vía	I	II	III	IV
Rango de Velocidad*	90-70 km/h	70-55 km/h	55-50 km/h	55-40 km/h
Velocidad típica	80 km/h	65 km/h	55 km/h	45 km/h
NS	Velocidad promedio de viaje (km/h)			
A	> 72	> 59	> 50	> 41
B	> 56 - 72	> 46 - 59	> 39 - 50	> 31 - 41
C	> 40 - 56	> 33 - 46	> 28 - 39	> 23 - 32
D	> 32 - 40	> 26 - 33	> 22 - 28	> 18 - 23
E	> 26 - 32	> 21 - 26	> 17 - 22	> 14 - 18
F	≤ 26	≤ 21	≤ 17	≤ 14

**Fuente:** Manual de capacidad de carreteras (HCM 2010).

### **1.2.1 Conceptos fundamentales**

Para el análisis del flujo vehicular es de gran importancia conocer el significado de términos tales como intersecciones las cuales son de suma importancia a la hora del análisis de las corrientes vehiculares.

#### **Intersección**

Se define como la unión o cruce de diferentes movimientos direccionales en un espacio crítico.

Las intersecciones se clasifican por dispositivos de control semaforizadas y de prioridad, y por entrecruzamiento a nivel o desnivel.

#### **Tipos de intersecciones**

Intersección semaforizadas: son aquellas que están reguladas por un dispositivo de luces.

Intersecciones de prioridad: son aquellas que son reguladas por señales de prioridad (ceda el paso y pare) aquí se encuentran también las rotondas.

Entre otros términos de importancia se encuentran los siguientes:

Intervalo: tiempo que transcurre entre el paso por un determinado punto de una vía del extremo trasero de un vehículo y el mismo extremo del siguiente vehículo.

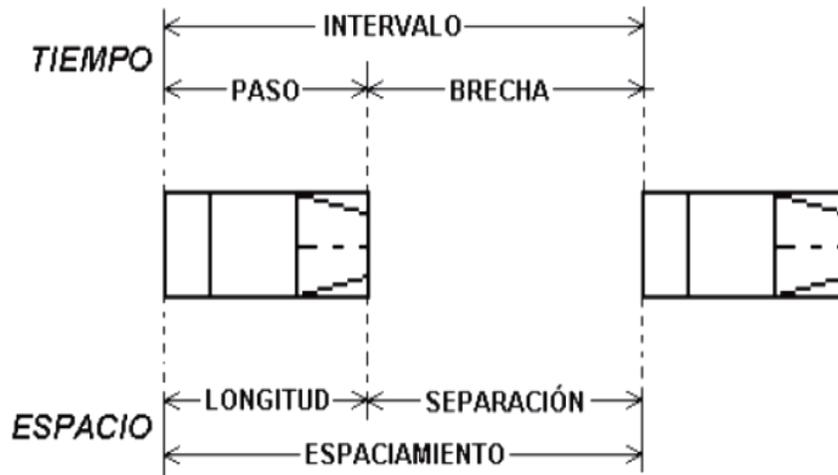
Brecha: tiempo medido en segundos entre el paso por un punto de una vía del extremo trasero de un vehículo y el delantero del siguiente vehículo.

Paso: tiempo que demora un vehículo en recorrer su propia longitud.

Espaciamiento: distancia entre dos vehículos sucesivos, se mide del extremo trasero de un vehículo al mismo extremo del siguiente.

Separación: distancia entre el extremo trasero de un vehículo y el delantero del siguiente.

Longitud: distancia entre el extremo trasero y delantero de un vehículo.



**Figura 1.1** Relación de tiempo y espacio entre vehículos.

**Fuente:** Libro Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Cal y Mayor).

## Velocidades

Velocidad de recorrido: es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde principio a fin de viaje, entre el tiempo que se tardó en recorrerla (Cal y Mayor y Asociados, S.C, 2003).

Velocidad de marcha: la velocidad de marcha o velocidad de crucero, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual estuvo en movimiento (Cal y Mayor y Asociados, S.C, 2003).

Capacidad potencial: se refiere al volumen vehicular que podrá de manera teórica ejecutar una determinada maniobra desde de la vía secundaria al tenerse en cuenta el volumen que transita por la vía primaria.

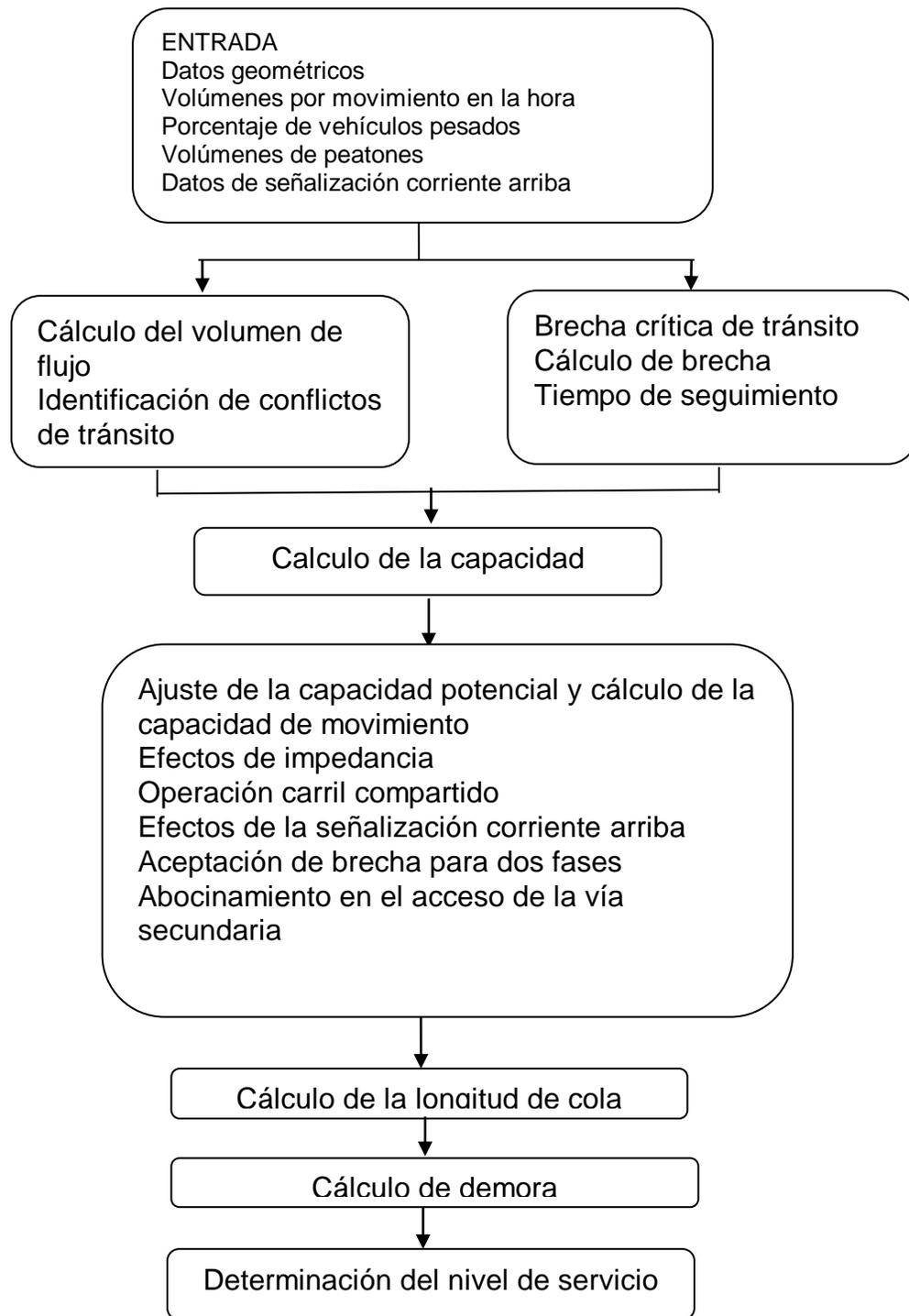
### **1.3 Metodología para el análisis de las intersecciones no semaforizadas con presencia de PARE**

La metodología para el cálculo de intersecciones no semaforizadas aparece reflejada en el capítulo 19 del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, 2010).

Para evaluar el funcionamiento de intersecciones controladas por señales de PARE es necesario conocer el nivel de servicio a que opera los accesos que conforman la intersección. Es válido destacar que la metodología fue analizada en investigaciones realizadas en el país (Arias, 2014), (Ceballo, 2015), (Blanco, 2016) con el objetivo de evaluar la aplicabilidad de la misma. En esos trabajos se recomendaron incluir factores de equivalencia de ciclos y coches a autos ligeros pues la metodología no considera los vehículos de marcha lenta.

A partir de esas recomendaciones se realizaron investigaciones en la Universidad de Holguín por (Portal y Portelles, 2017) en los que se determinaron factores de equivalencias de estos medios donde: un ciclo equivale a 0.3 convertido en auto y un coche a 1.5 aspecto importante para determinar las intensidades (demanda), las capacidades (oferta) de cada movimiento por acceso lo cual la relación de la demanda entre la oferta permite evaluar el emplazamiento cuantitativamente.

A continuación se presenta la metodología para el análisis de intersecciones de prioridad planteada por el HCM 2010.



**Figura 1.2** Esquema metodológico para el análisis de intersecciones de prioridad  
**Fuente:** (Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010)).

Para evaluar el funcionamiento cualitativo de las intersecciones dependen de las demoras, la demora total promedio de una intersección con prioridad es necesario conocer detalladamente la geometría de emplazamiento al tener en cuenta:

- ❖ Número y uso de carriles.
- ❖ Canalización.
- ❖ Pendiente de acceso en tanto por uno.
- ❖ Ángulo de intersección del acceso secundario y radio en la esquina para el giro derecho.
- ❖ Distancia de visibilidad.
- ❖ Volúmenes de tránsito clasificados por movimiento y tipo de vehículo.
- ❖ Existencia de abocinamiento en los accesos de las vías secundarias.
- ❖ Velocidad promedio de recorrido en la vía principal y en tramos previos a la intersección.

El estudio de volúmenes de tránsito se clasifica por movimiento y por el tipo de vehículo que transita para encontrar el horario de máxima demanda (HMD), el factor horario de máxima demanda (FHMD) y la intensidad que no es más que el volumen de flujo. También se realiza el conteo peatonal para cada movimiento de cruce permitido.

#### **Determinación del tamaño de la brecha crítica, $t_c$ .**

La brecha o espacio crítico,  $t_c$ , se define como el tiempo medio transcurrido en segundos entre dos vehículos sucesivos en la corriente del tránsito de la vía principal, aceptado por los conductores en el movimiento en estudio que deben cruzar o converger con el flujo de la vía principal. Un conductor cualquiera debería rechazar cualquier brecha menor que la brecha crítica y aceptar cualquier brecha mayor o igual a la brecha crítica. Específicamente es el tiempo mínimo que permite entrar un vehículo a la intersección desde una corriente secundaria.

$$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV,PHV} + t_{c,gG} - t_{c,T} - t_{3,LT} \quad (1.1)$$

$t_{c, x}$ : brecha crítica para un movimiento x [segundos].

$t_{c, base}$ : brecha crítica base [segundos] ver tabla 1.4.

$t_{c, HV}$ : factor de ajuste por vehículos pesados [segundos].

PHV: proporción de vehículos pesados del movimiento secundario.

$t_{c, G}$ : factor de ajuste por pendiente.

G: pendiente en tanto por uno.

$t_{c, T}$ : factor de ajuste para los movimientos.

$t_{3, LT}$ : factor de ajuste para la geometría de la intersección.

### **Determinación del tiempo de seguimiento, $t_f$ .**

El tiempo transcurrido entre la entrada de un vehículo a la intersección desde la vía secundaria y la entrada del siguiente vehículo, en condiciones de cola, se denomina tiempo de seguimiento.

Donde:

$$t_{f, x} = t_{f, base} + t_{f, HV}PHV \quad (1.2)$$

$t_{f, x}$ : tiempo de seguimiento para la vía secundaria [segundos].

$t_{f, base}$ : tiempo de seguimiento base [segundos] ver tabla 1.4.

$t_{f, HV}$ : factor de ajuste por vehículos pesados.

PHV: proporción de vehículos pesados del movimiento secundario.

**Tabla 1.4** Brecha crítica base y tiempo de seguimiento base

Movimiento	Brecha crítica base, $t_{c,base}$ (s)		Tiempo de seguimiento base, $t_{f,base}$ (s)
	Vía principal de dos carriles	Vía principal de cuatro carriles	
Giro desde la vía principal	4.1	4.1	2.2
Giro derecho desde la vía secundaria	6.2	6.9	3.3
Tránsito directo en la vía secundaria	6.5	6.5	4.0
Giro izquierdo desde la vía secundaria	7.1	7.5	3.5

**Fuente:** (Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000))

### Determinación de la capacidad potencial.

La capacidad potencial se define como la capacidad ideal para un movimiento específico, al suponer las condiciones siguientes:

- El tránsito de las intersecciones cercanas no llega hasta la intersección en estudio.
- Se provee un carril separado para el uso exclusivo de cada movimiento de la vía secundaria en estudio, y para el giro a la izquierda desde la vía principal.
- Ningún otro movimiento impide al movimiento en estudio.

$$C_{p,x} = V_{c,x} * \frac{e^{-(V_{c,x} * t_{c,x} * \frac{1}{3600})}}{1 - e^{-(V_{c,x} * t_{f,x} * \frac{1}{3600})}} \quad (1.3)$$

Donde:

$C_{p,x}$ : capacidad potencial por movimiento de la vía secundaria [veh/h].

$V_{c,x}$ : Intensidad (volumen de flujo) por movimiento conflictivo [veh/h].

$t_{c,x}$ : brecha crítica por movimiento de una vía secundaria [s].

$t_{f,x}$ : tiempo de seguimiento para un movimiento de la vía secundaria [s].

### **Determinación de la capacidad por movimiento**

La capacidad por movimiento es el resultado de considerar el impacto de la impedancia debido a que los vehículos de movimientos de mayor prioridad pueden impedir que los movimientos de menor prioridad utilicen los espacios que se presentan en la corriente del tránsito, reduciéndola capacidad potencial del movimiento.

Para considerar apropiadamente las impedancias mutuas se establece el siguiente orden de prioridad el cual incide directamente en la obtención de la capacidad por movimiento.

Prioridad 1. Movimientos directos y giros derechos de la vía principal.

Prioridad 2. Giros izquierdos de la vía principal y giros derechos de la vía secundaria.

Prioridad 3. Movimientos directos de la vía secundaria.

Prioridad 4. Giros izquierdos de la vía secundaria.

Para los movimientos de prioridad 2:

$$C_{m,j} = C_{p,j}$$

Donde

$j$ : denota los movimientos de prioridad 2.

$$P_{o,j} = 1 - \frac{V_j}{C_{m,j}} \quad (1.4)$$

$P_{o,j}$ : probabilidad de que el movimiento conflictivo  $j$  de prioridad 2 esté al operar en

estado de cola libre.

$V_j$ : Intensidad (volumen de flujo) para el movimiento de prioridad 2.

Para los movimientos de prioridad 3:

$$C_{m,x} = (C_{p,x})f_k \quad (1.5)$$

$$F_k = \prod_j P_{o,j} \quad (1.6)$$

Donde:

$\kappa$ : denota los movimientos directos desde la vía secundaria de prioridad 3.

$f_k$ : factor de ajuste de la capacidad para los movimientos  $k$ .

Para los movimientos de prioridad 4:

$$C_{m,l} = (f_l)(C_{p,l}) \quad (1.7)$$

$$f_l = (p') (P_{o,j}) \quad (1.8)$$

Donde:

$l$ : denota los movimientos de giro a izquierda desde la vía secundaria de prioridad 4.

$f_l$ : factor de ajuste de la capacidad para los movimientos  $l$ .

$p'$ : ajuste del factor de impedancia entre los movimientos de giro a izquierda desde la vía principal y el movimiento directo desde la vía secundaria.

$$p' = 0.65 p'' - \frac{p}{p''+3} + 0.6\sqrt{p''} \quad (1.9)$$

$$p'' = (P_{o,j})(P_{o,k}) \quad (1.10)$$

$P_{o, \kappa}$ : probabilidad de estado de cola libre para el movimiento conflictivo directo desde la vía secundaria.

### Cálculo del factor para la obstrucción por peatones

$$f_{pb} = \frac{(V_x) \left( \frac{W}{S_p} \right)}{3600} \quad (1.11)$$

Donde:

$f_{pb}$ : factor de obstrucción peatonal o proporción de tiempo en que durante una hora es bloqueado el acceso de un carril.

$V_x$ : número de peatones por grupo.

$W$ : ancho de carril [m].

$S_p$ : velocidad de marcha del peatón.

### Cálculo del factor de impedancia por peatones

$$P_{p,x} = 1 - f_{pb} \quad (1.12)$$

Si en el paso peatonal hay una pendiente significativa:

$$f_k = \prod_j (P_{o,j}) P_{p,x} \quad (1.13)$$

$$f_l = (p') (P_{o,j}) (P_{p,x}) \quad (1.14)$$

### Cálculo de la capacidad del carril compartido

$$C_{SH} = \frac{V_l + V_t + V_r}{\left( \frac{V_l}{C_{m,l}} \right) + \left( \frac{V_t}{C_{m,t}} \right) + \left( \frac{V_r}{C_{m,r}} \right)} \quad (1.15)$$

Donde:

$C_{SH}$ : capacidad del carril compartido [veh. equiv. /h].

$V_i$ : Intensidad o valor de flujo vehicular para el movimiento de giro izquierdo en el carril compartido [veh. equiv. /h].

$V_t$ : Intensidad o valor de flujo vehicular para el movimiento directo en el carril compartido [veh. equiv. /h].

$V_r$ : Intensidad o valor de flujo para el movimiento de giro derecho en el carril compartido [veh. equiv. /h].

$C_{m,l}$ : capacidad del movimiento de giro izquierdo en el carril compartido [veh. equiv. /h].

$C_{m,t}$ : capacidad del movimiento directo en el carril compartido [veh. equiv. /h].

$C_{m,r}$ : capacidad del movimiento de giro derecho en el carril compartido [veh. equiv. /h].

### **Determinación de la probabilidad de que no exista cola en los carriles compartidos**

Para tener en cuenta las demoras ocasionadas a los movimientos directos y de giro derecho por los vehículos que esperan una brecha aceptable para girar a la izquierda en aquellos lugares donde no existe carril exclusivo para el giro a la izquierda desde la vía principal se utiliza la siguiente expresión:

$$P_{0,j} = \frac{1 - P_{0,j}}{1 - \left( \frac{v_{i1}}{s_{i1}} + \frac{v_{i2}}{s_{i2}} \right)} \quad (1.16)$$

Donde:

$j$ : denota movimientos de giro a izquierda desde la vía principal.

$i_1$ : movimientos directos desde la vía principal.

$i_2$ : movimientos de giro a la derecha desde la vía principal.

$S_{i1}$ : flujo de saturación para los movimientos directos de la vía principal, en vehículos por hora.

$S_{i2}$ : flujo de saturación para los movimientos de giro a derecha desde la vía principal, en vehículos por hora.

$V_{i,1}$ : Intensidad por movimiento directo desde la vía principal.

$V_{i,2}$ : Intensidad por movimiento de giro a la derecha desde la vía principal.

Para tener en cuenta el efecto adicional por la cola que se genera en el carril de la vía principal, que es compartido por los vehículos que giran a la izquierda, siguen directo o giran a la derecha los factores  $P_{o,j}$  deben ser remplazados por los factores  $P^*_{o,j}$  en aquellas expresiones donde sean utilizados.

### Determinación del nivel de servicio

Para un período de análisis de 15 minutos, la demora total promedio se puede estimar a partir de:

Donde:

$d$ : demora total promedio [s/veh].

$V_x$ : volumen del movimiento  $x$  [veh eq/h].

$$d = \frac{3600}{C_{m,x}} + 900 * T * K + 5 \quad (1.17)$$

$$K = \left[ \frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1\right)^2 + \left(\frac{3600}{C_{m,x}} + \frac{V_x}{C_{m,x}}\right) * \frac{1}{450 * T}} \right] \quad (1.18)$$

$C_{m,x}$ : capacidad del movimiento  $x$  [veh eq/h].

$T$ : período de análisis.

La demora total promedio en el acceso se calcula

$$DA_j = \frac{d_r * V_r + d_t * V_t + d_l * V_l}{V_r + V_t + V_l} \quad (1.19)$$

Donde:

$d_r, d_t, d_l$ : demora total promedio para los movimientos de giro derecho, directo y giro izquierdo respectivamente.

$V_r, V_t, V_l$ : volúmenes de flujo para los movimientos de giro derecho, directo y giro

izquierdo respectivamente.

La demora total promedio en la intersección está dada por:

$$DI = \frac{\sum_{j=1}^4 (DA_{,j}) * (VA_{,j})}{\sum_{i=1}^{12} Vi} \quad (1.20)$$

Donde:

j: denota el número del acceso.

i: denota el número del movimiento.

$D_i$ : demora total promedio en la intersección [s/veh.].

$D_{A,j}$ : demora total promedio en el acceso j [s/veh.].

$V_{A,j}$ : volumen total en el acceso j [veh. equiv. /h].

$V_i$ : volumen del movimiento i [veh. equiv. /h].

Con la demora total promedio en la intersección solo resta relacionarla con el Nivel de Servicio a partir de los datos presentados en la tabla 1.2. La aplicación de esta metodología solo se puede utilizar en las intersecciones sin semáforos en Cuba, si se tiene en consideración que cada factor que se obtenga depende de las características geométricas y del tránsito en el lugar donde se encuentra la intersección de estudio.

#### **1.4 Estudio de tránsito**

Los estudios de tránsito se realizan en dependencia del alcance de cada investigación que puede ser por ejemplo para análisis económicos, para establecer zonificación de velocidades y de estacionamientos, para análisis de los flujos vehiculares y las condiciones de operación de las diferentes vialidades. Para esta investigación los estudios serán en base de los análisis de capacidad y niveles de servicios donde corresponderán a las horas donde los flujos sean máximos y donde se planteen los mayores conflictos en la circulación.

### 1.4.1 Estudio de volúmenes de tránsito

El volumen de tránsito se define como el número de vehículos que circulan en determinado punto durante un intervalo de tiempo. Las investigaciones que se realizan sobre los volúmenes de tránsito tienen como objetivo encontrar los datos reales en los cuales intervienen el movimiento de vehículos y peatones sobre determinados puntos o posiciones en un sistema vial, estos estudios se realizan tanto en un amplio sistema de vías como en una intersección, las razones para llevar a cabo los estudios de volúmenes de tránsito son tan variadas como los lugares donde se realizan. Los datos agrupados en un estudio de volúmenes depende mucho de la utilización que se le va a dar a los mismos, algunos estudios necesitan detalles como la constitución vehicular y los movimientos direccionales, mientras que otros solamente requieren los volúmenes totales. También en algunos casos es muy importante aforar vehículos únicamente en períodos cortos de una hora o menos, otras veces el período puede ser de un día, una semana, un mes e incluso hasta un año. La importancia de estas investigaciones y estudios es que permiten el diseño de las carreteras. En esta investigación se obtendrá los horarios a partir de tasas de flujos en intervalos de 15 minutos, estos resultados permitirán el cálculo de factor horario de máxima demanda (FHMD) que no es más que un indicador de las características de las distribuciones de flujo en las horas de máxima demanda, para el cálculo del (FHMD) es necesario convertir el volumen que se registra en la hora de máxima demanda en autos equivalentes. El cambio de los volúmenes de tránsito es perceptible en el paso de las horas durante el día, por lo que se puede demostrar que en la hora del día donde el volumen registrado es mayor se clasifica como la hora de máxima demanda (HMD).

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max15})} \quad (1.21)$$

Los volúmenes horarios de máxima de demanda se obtienen mediante el uso de diferentes métodos entre los que se encuentran: métodos de aforos en el campo como los métodos manuales, mecánicos, la combinación de ellos y dispositivos

conectados a computadoras, la determinación de los volúmenes peatonales es similar al del cálculo de los volúmenes vehiculares y se realizan en los días de la semana donde el flujo vehicular es casi invariable.

#### **1.4.2 Estudios de velocidades**

La velocidad es definida como una razón de movimiento, en distancia por unidad de tiempo, generalmente como kilómetros por hora km/h. También se conoce como uno de los indicadores que determina la calidad de operación en un sistema de transporte. Básicamente la velocidad es la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que demora en recorrerlo. La importancia de la velocidad, como elemento esencial para el diseño de un sistema vial, queda demostrada por ser el parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos de proyecto. Un factor que hace de gran importancia a la velocidad en el tránsito es que los vehículos del presente día han sobrepasado la velocidad para que fueron diseñadas las carreteras, por lo que gran parte de los reglamentos brindan muy poco a los estudios de la velocidad; por lo que la velocidad debe ser estudiada, restringida y controlada con el objetivo de que se cree un balance entre el usuario, el vehículo y la vía al buscar siempre la seguridad. Existen varias definiciones para velocidad dentro del tránsito como: velocidad de recorrido, velocidad de marcha de las cuales se trató en el epígrafe 1.2.1.

Los estudios que se realizan sobre la velocidad se aplican en las investigaciones de capacidad, como es el caso de la velocidad promedio. El estudio de velocidad en esta investigación se realizó a través de métodos manuales en los cuales se tienen en cuenta una distancia determinada que debe ser mayor de 50 m y con cronómetros, los observadores marcan el tiempo en segundos que se tarda en viajar el vehículo la distancia anteriormente fijada. Se determina la velocidad como resultado de la división de la distancia recorrida entre el tiempo que demoró en recorrer esa distancia, los resultados se pueden encontrar en los anexos. Para poder emplear esta metodología, es necesario determinar el tamaño de la muestra, lo cual se demuestra a continuación:

$$N = \left(\frac{SK}{E}\right)^2 \quad (1.22)$$

Donde:

N = tamaño mínimo de la muestra

S = desviación estándar estimada de la muestra (km/h)

K = constante que corresponden al nivel de confianza deseado

E = error permitido en el estimado de la velocidad

**Tabla 1.5** Desviación estándar de la muestra(S)

Área de Tránsito	Tipo de Carretera	Desviación Estándar Media (km/h)
Rural	2 carriles	8.5
Rural	4 carriles	6.8
Intermedio	2 carriles	8.5
Intermedio	4 carriles	8.5
Urbana	2 carriles	7.7
Urbana	4 carriles	7.9
Valor Redondeado		8.0

**Fuente:** Manual de estudios de tránsito. SEDESOL, México

**Tabla 1.6** Constante correspondiente al nivel de confiabilidad

Constante, K	Nivel de Confianza (%)
1.00	68.3
1.50	86.6
1.64	90.0
1.96	95.0
2.00	95.5
2.50	98.8
2.58	99.0
3.00	99.7

**Fuente:** Manual de estudios de tránsito. SEDESOL, México

Para poder encontrar el error permitido ( $e$ ) en el estimado de la velocidad se debe tener en cuenta el error de tolerancia que apreciamos en el instrumento utilizado en el estudio. A partir de los valores antes mencionados se determina el tamaño de la muestra el cual no debe ser inferior a 30 vehículos. Los resultados obtenidos por medio de este método y los estudios de velocidad se muestran en el capítulo II.

#### **1.4.3 Estudio de demoras y brechas.**

La demora es un término genérico que describe el exceso o el tiempo inesperado perdido en el viaje. Es una de las medidas de eficiencias empleadas para definir el nivel de servicio de cada infraestructura vial como se manifiesta en la tabla 1.2. Si la vía está al límite de operación o por encima de su capacidad para la cual se diseñó, esto trae varios problemas consigo, uno de ellos es que se generen estancamientos o colas en el tránsito vehicular, estos inconvenientes a su vez provocan las demoras, que se conoce también como el tiempo que emplea el último vehículo de la cola en llegar al punto donde estaba el primero.

Anteriormente se enunció el concepto de brecha en el epígrafe 1.2.1. Las brechas son más notables y tiene mayor importancia su análisis en los flujos discontinuos presentes en las zonas urbanas, las cuales son regidas por los vehículos de las vías principales donde las mismas tienen tiempos mínimos o críticos que podrán ser aceptados o no por los conductores de las vías secundarias para hacer las diferentes maniobras permitidas por las señalizaciones establecidas en cada intersección. Las mismas pueden calcularse como las medianas de las brechas aceptables mínimas, lo que significa que el valor de la brecha que se espera apruebe un 50% de los conductores y se oponga a otro 50 %. Para hacerlo se miden las brechas que se aceptan y rechazan en una corriente vehicular. Por lo que para cada resultado de la brecha (...4, 5, 6 segundos) se encuentra la proporción de conductores que la aceptaron o rechazaron. Luego se interpola entre esos valores, al esperar que el resultado de la brecha con probabilidad de 0.5 de ser aceptada o no, además está en dependencia de la decisión del conductor según destreza Los valores de brechas críticas se pueden apreciar en la tabla 1.4.

De forma general estos serán los estudios necesarios a considerar para poder analizar intersecciones urbanas reguladas por señales de pare y como se planteó anteriormente se tendrá en cuenta en la metodología la particularidad del tránsito existente en el país exactamente con la presencia de medios de transporte de marcha lenta.

### **1.5 Conclusiones parciales**

- La valoración de la evolución que ha tenido el estudio de la capacidad y nivel de servicio permitió definir las principales limitaciones existentes en las distintas versiones del Manual de Capacidad de Carreteras y su aplicación en Cuba.
- Para el empleo de la metodología para intersecciones de prioridad presente en el Manual de Capacidad de Carreteras se definieron los estudios de tránsito necesarios para la realización del análisis.

## **CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN NO SEMAFORIZADA NARCISO LÓPEZ – MARTÍ AL APLICAR LA METODOLOGÍA DEL HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM 2010) AJUSTADA**

### **Introducción al capítulo**

En el Capítulo II se expone porque la elección de la intersección no semaforizada Narciso López-Martí como cuerpo de estudio. La aplicación de la metodología implica puntualizar las condiciones geométricas y de volúmenes en la intersección de estudio. Se determina el tránsito conflictivo que debe cruzar cada movimiento de la vía secundaria y la vía principal y luego se presentan los resultados obtenidos y para alcanzar el valor del nivel de servicio se aplica la metodología HCM 2010 al incorporar los factores de ciclos a autos equivalentes al respetar las condiciones prevalecientes del tránsito en las intersecciones no semaforizadas en la ciudad Holguín.

### **2.1 Diseño de estudio**

La intersección Narciso López – Martí es la vía seleccionada donde se desarrollarán determinados estudios de tránsito, información necesaria que defenderá la aplicación de la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras 2010.

#### **2.1.1 Selección de la intersección**

La Selección de la intersección no semaforizada Narciso López – Martí se debe al nivel de conflicto en el flujo vehicular que existe en dicha vía justificado por datos proporcionados por el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito, el volumen de vehículos pesados (camiones y ómnibus) en la vías es elevado y afecta considerablemente el movimiento de los demás vehículos y por tanto la capacidad y nivel de servicio existente, el objetivo del análisis de la intersección Narciso López – Martí es la búsqueda de soluciones lógicas aprobadas con cálculos y comprobaciones para mejorar su funcionamiento al disminuir así el número de

accidentes que dejan tanta destrucción a su paso, tanto de vidas humanas como daños económicos al país.

### 2.1.2 Características de la intersección

La intersección Narciso López Martí está compuesta por los accesos:

- Narciso López-vía principal
- Martí-vía secundaria.



**Figura 2.1** Acceso Narciso López



**Figura 2.2** Acceso Martí

El acceso Narciso López se representa en la figura 2.1 es la vía principal y por tanto la de prioridad en la intersección, presenta una gran circulación de camiones y ómnibus pesados, lo que trae consigo que en determinadas ocasiones trabaje un solo carril del acceso, se caracteriza también por considerables volúmenes de ciclos, motos y autos ligeros.

El acceso Martí se puede apreciar en la figura 2.2 es la vía secundaria la cual se caracteriza por bajos volúmenes de vehículos pesados, ligeros, motos y ciclos; aunque también se realizan parqueos prohibidos, esta vía no sufre mucha afectación por sus pequeños flujos vehiculares.

La tabla 2.4 indica las características geométricas de la intersección Narciso López – Martí.

**Tabla 2.4** Características geométricas de los accesos

<b>Características</b>	<b>Narciso López</b>	<b>Martí</b>
Ancho de calzada	5.0 m	5.0 m
Ancho medio de carril	2.5 m	2.5 m
Ancho de Contén	0.5 m	0.5 m
Ancho de Acera	1.60 m	1.6 m
Tipo de pavimento	flexible	flexible
Presencia de separadores	no	no
Cantidad de carriles	2	2
Giros permitidos	Recto, Izquierdo	Recto, Derecho
Paradas de ómnibus	No	No
Carriles exclusivos	No	No
Pendientes	1 %	0.5 %

**Fuente:** elaboración propia

## **2.2 Resultados de los estudios de tránsito**

### **Estudio de volúmenes**

Los estudios de volúmenes fueron resultado del método manual, del cual se ha habido tratado anteriormente. Los conteos fueron realizados durante tres semanas en los días martes, miércoles y jueves. Los horarios de conteos se efectuaron en los períodos de 7:00-9:00 am en la mañana y de 3:30-5:30 pm en la tarde en fases de 15 minutos. De igual manera los estudios de velocidad, brechas y demoras se desarrollaron en la hora de máxima demanda (7:45 – 8:45 am) de la intersección. Ver anexo – 1.

La tabla 2.5 muestra los volúmenes máximos en los respectivos días de conteo en sus horarios máximos.

**Tabla 2.5** Volúmenes horario de máxima demanda (VHMD)

<b>Volúmenes horarios de máxima demanda (veh/h)</b>				
<b>Horarios</b>	<b>semanas</b>	<b>martes</b>	<b>miércoles</b>	<b>jueves</b>
7:00 a 9:00 am	1	914	835	882
	2	656	835	<b>1002</b>
	3	898	819	845
3:30 a 5:30 pm	1	477	753	879
	2	755	753	726
	3	724	752	808

**Fuente:** elaboración propia

Como muestra la tabla el volumen máximo alcanzado en la intersección es de 1002 veh.mixtos/h el cual fue registrado en el horario de 7:45-8:45 am.

La tabla 2.6 refleja los volúmenes vehiculares en la hora de máxima demanda en los accesos Narciso López y Martí, así como el porciento (%) que representa los diferentes vehículos del total del volumen en la hora de máxima demanda.

**Tabla 2.6** Volúmenes vehiculares por accesos en la hora de máxima demanda

<b>Tipos de vehículos</b>	<b>Narciso López</b>	<b>Martí</b>	<b>Porciento (%)</b>
Camión	31	3	3.4
Ómnibus	13	1	1.4
Auto	182	86	26.7
Moto	219	62	28
Ciclos	304	101	40.4
Total de los accesos	<b>749</b>	<b>253</b>	<b>100</b>
Total de la intersección	<b>1002</b>		

**Fuente:** elaboración propia

Para el cálculo del factor horario de máxima que no es más que el indicador de las características de flujo, se utilizó la expresión 1.21 que aparece en el epígrafe 1.4.1.

La tabla 2.7 muestra a continuación los factores horarios de máxima demanda sin tener en cuenta los volúmenes de ciclos, y teniéndolos en consideración.

**Tabla 2.7** Factores horarios de máxima demanda sin considerar y con la incorporación del volumen de ciclos

Accesos	FHMD sin ciclos	FHDM con ciclos
Narciso López	0.84	0.83
Martí	0.86	0.83

**Fuente:** elaboración propia

Los resultados de la tabla demuestran que existe un flujo casi uniforme donde se presentan pequeñas concentraciones del flujo dentro de la hora de máxima demanda.

### **Estudio de velocidad**

Este estudio se desarrolló por el método manual, donde 2 aforadores se deben situar a una distancia no menor de 50 m (metros), tramo en el cual no existan zonas de estacionamiento ni parada de buses. La distancia de separación entre los aforadores seleccionada para el acceso de Narciso López fue de 210 m y en el acceso de Martí se escogió 100 m. El estudio se realizó con la ayuda del cronómetro. Ver anexo – 2.

Para desarrollar los trabajos de campo es necesario determinar el tamaño de la muestra(N) donde se utilizó la expresión 1.22 presente en el epígrafe 1.4.2 y se obtuvo un valor de 53 vehículos.

Donde:

S= Se conoce como la desviación de la muestra la cual tiene un valor de 7.7 para una vía urbana de 2 carriles de circulación.

$K=2.84$  para un nivel de confiabilidad de 99,4 %.

E= Es el error de tolerancia de la herramienta (cronómetro) que se utilizó y se valora que sea 3.

La velocidad máxima para los accesos en un emplazamiento urbano es de 50km/h según lo establecido en la Ley 109 Código de Seguridad Vial y sus valores fluctúan de acuerdo a las condiciones en que opera la vía, en la tabla 2.8 se muestran los resultados de las velocidades promedios para cada acceso. El valor de la velocidad en el acceso Narciso López es por causa de los estacionamientos indebidos, flujo elevado de ciclos y ocupación de ambos carriles de circulación por parte de vehículos pesados.

**Tabla 2.8** Velocidades promedio de los accesos Narciso López y Martí.

<b>Accesos</b>	<b>Velocidad promedio (km/h)</b>
Narciso López	26
Martí	33

**Fuente:** elaboración propia

Para verificar el resultado obtenido en las mediciones se calculó la desviación estándar muestral y el error de la muestra. Los valores demuestran que la toma de datos es aceptable debido a que la desviación muestral es pequeña con un valor de 0.0017 y el error es de 1.38 % para el acceso Narciso López y la desviación muestral para el acceso Martí es de 0.015 con un error de 1.84%, valores que se encuentran en el rango de error (<5%).

### **Estudio de demoras y brechas**

El estudio de demora se realizó en la hora de máxima demanda 7:45 – 8:45 am, tomándose una muestra de 53 vehículos diferentes (ciclos, autos, motos), la demora promedio calculada tiene un valor de 9 segundos, aclarar que existen problemas notables de congestionamiento aunque no sobrepasa los 10 segundos. Ver anexo – 4.

El estudio de brechas se llevó a cabo en la hora de máxima demanda generalmente en el tramo recto de los accesos, al tomar los tiempos de cruce en los vehículos (autos, motos y ciclos).

Los resultados se muestran en la tabla 2.9.

**Tabla 2.9** Tiempos de cruce

Tipo de vehículos	Tiempo (s)
Autos	5
Motos	3
Ciclos	4

**Fuente:** elaboración propia

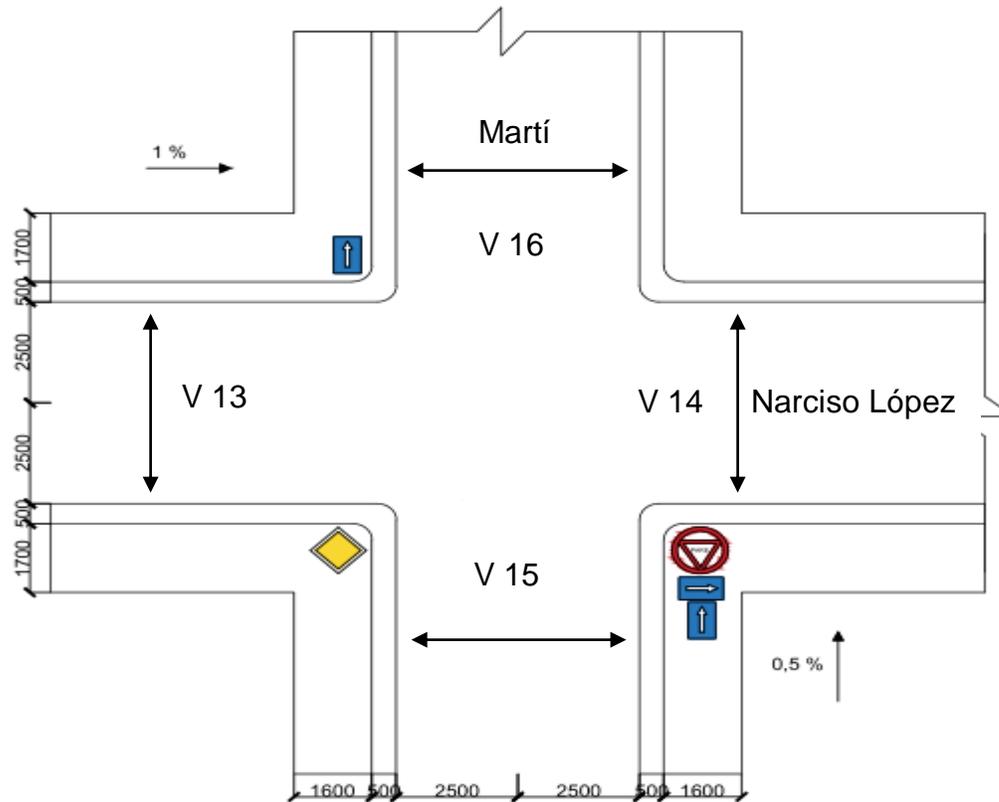
Para realizar los conteos peatonales se empleó el método manual y se desarrollaron en los horarios de 7:00 – 9:00 am y 3:30 – 5:30 pm y se registró mayor volumen peatonal con un valor de 331 peatones en el horario de 7:45 – 8:45 am hora de máxima demanda en el cruce de la Empresa Municipal de Comercio Unidad 4171-La Amistad hacia la acera que da acceso al Politécnico José Martí Pérez.

**Tabla 2.10** Volúmenes peatonales en la hora de máxima demanda (HMD)

HMD	Volúmenes peatonales			
	V 13	V 14	V 15	V 16
7:45-8:45 am	51	331	19	55

**Fuente:** elaboración propia

En el esquema se representan las nomenclaturas de los volúmenes peatonales por accesos para mejor comprensión de la tabla.



**Figura 2.3** Representación de los volúmenes peatonales

**Fuente:** elaboración propia.

Leyenda:

V 13 – Cruce de la acera donde se encuentra la Unidad de Policía Narciso López Martí buscando la TRD CARIBE Lucumí.

V 14 - Cruce de la acera donde se encuentra la Empresa Municipal de Comercio Unidad 4171- La Amistad buscando el Politécnico José Martí Pérez.

V 15 - Cruce de la acera donde se encuentra el Politécnico José Martí Pérez hacia la acera donde se encuentre la Unidad de Policía Narciso López.

V 16 - Cruce de la acera donde se encuentra la TRD CARIBE Lucumí hacia la acera donde se localiza la Empresa Municipal de Comercio Unidad 4171- La Amistad.

### Datos adicionales

En la intersección Narciso López – Martí se cometen varias infracciones lo que afecta la movilidad en la llegada y despeje de la intersección. Por citar algunos: se

realizan aparcamientos prohibidos en ambos accesos, los peatones realizan cruces diagonales y entre vehículos sin respetar las leyes del tránsito y ponen en peligro sus vidas, en varias ocasiones se observa el paso por la vía de carruajes tirados por animales lo cual es indebido. Todos estos inconvenientes no deberían existir y aun así están presentes en la infraestructura vial lo que demuestra que es necesario el estudio continuo de las vías para conocer en verdad sus características y su funcionamiento.

### 2.3 Análisis de la capacidad y los niveles de servicio en la intersección mediante la metodología del HCM 2010 sin considerar los ciclos.

Módulo de entrada:

Los volúmenes presentados en el esquema 1 corresponden a la conversión de los volúmenes mixtos a autos equivalentes (AE) para proceder al análisis como establece la metodología, al tener en cuenta los siguientes factores: Camión: 2 AE Ómnibus: 2 AE Motos: 0.75 AE Ciclos: 0.3 AE. En la tabla 2.7.1 y 2.7.2. Se muestran los valores de los volúmenes convertidos para cada acceso.

Datos resúmenes para aplicar en la metodología:

**Tabla 2.11** Volúmenes vehiculares mixtos convertidos a autos equivalentes del (acceso Narciso López)

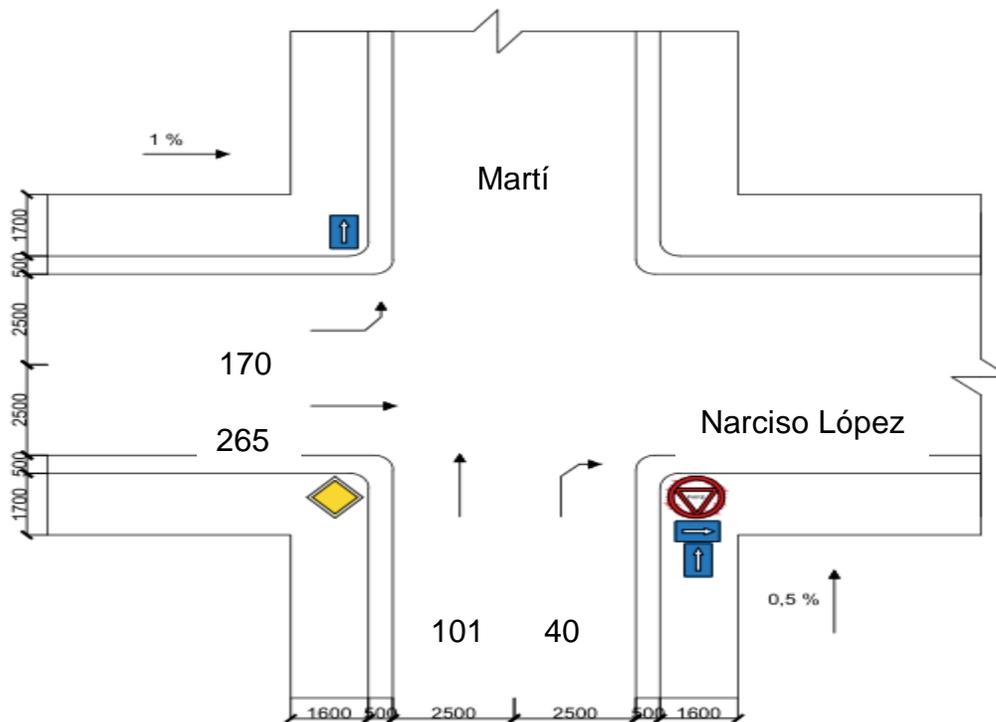
vehículos	Mov. recto		Mov. Izquierdo		Volumen Total del acceso	
	Mixtos	AE	Mixtos	AE	Mixtos	AE
camión	8	16	23	46	31	62
ómnibus	-	-	13	26	13	26
auto	88	88	94	94	182	182
moto	87	66	132	99	219	165
<b>total</b>	<b>183</b>	<b>170</b>	<b>262</b>	<b>265</b>	<b>445</b>	<b>435</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 2.12** Volúmenes vehiculares mixtos convertidos a autos equivalentes del (acceso Martí)

vehículos	Mov. recto		Mov. derecho		Volumen Total del acceso	
	Mixtos	AE	Mixtos	AE	Mixtos	AE
camión	3	6	-	-	3	6
ómnibus	1	2	-	-	1	2
auto	63	63	23	23	86	86
moto	40	30	22	17	62	47
<b>total</b>	<b>107</b>	<b>101</b>	<b>45</b>	<b>40</b>	<b>152</b>	<b>141</b>

La tabla 2.11 y 2.12 indican la transformación de los volúmenes vehiculares mixtos a volúmenes equivalentes



**Figura 2.4** Representación de los volúmenes equivalentes por movimiento en cada acceso en la intersección Narciso López - Martí

**Fuente:** elaboración propia.

La figura 2.4 representa los volúmenes equivalentes, los valores de pendientes, las dimensiones y señalizaciones existentes en la intersección.

**Tabla 2.13** Resumen del análisis del funcionamiento de la intersección no semaforizada Narciso López – Martí

Movimiento	Volumen de vehículos			
	1	2	8	9
Volumen (veh/h)	265	170	101	40
FHMD	0.83		0.83	
Intensidad (veh/h)	319	205	122	48
$P_{HV}$	0.137	0.044	0.037	0
Volumen de peatones y ajustes				
Movimiento	13	14	15	16
Volumen (pt/h)	51	331	19	55
Ancho carril (m)	2.5	2.5	2.5	2.5
Velocidad (m/s)	1.2	1.2	1.2	1.2
% de bloqueo	-	0.19	-	-
Brecha crítica				
Movimiento	1	2	8	9
$T_{c,base}$	4.1		6.5	6.2
$T_{c,HV}$	0	-	1	1
$P_{HV}$	0.137	0.044	0.037	-
$T_{c,G}$	0	-	0.2	0.1
$G$	0.01	0.01	0.005	0.005
$T_{,3LT}$	0	-	0	0
$T_{,ct}$	0	-	0	0
$T_{c,x}$	4.1	-	6.54	6.2
Tiempo de seguimiento				
Movimiento	1	2	8	9
$T_{f,base}$	2.2		4	3,3
$T_{f,HV}$	0		0.9	0.9
$P_{HV}$	0.137	0.044	0.037	0
$T_f$	2.2		4.03	3,3
Impedancia y Capacidad				
Movimiento	1	2	8	9
$V_{c,x}$			700	416

<b>C<sub>p,x</sub></b>			361	641
<b>P<sub>p,x</sub></b>			-	0.81
<b>C<sub>m,x</sub></b>			361	519
<b>v/C</b>				
<b>P<sub>0,k</sub></b>				
<b>P''</b>				
<b>P'</b>				
<b>C<sub>sh</sub></b>				395
<b>Nivel de Servicio por accesos</b>				
<b>Demora</b>	Acceso Principal		Acceso Secundario	
	Carril		Carril	
	Exclusivo	Compartido	Compartido	
			19.06	
	Acceso		Acceso	
<b>NS</b>	<b>C</b>		<b>C</b>	
<b>Nivel de Servicio de la intersección</b>				
<b>C</b>				

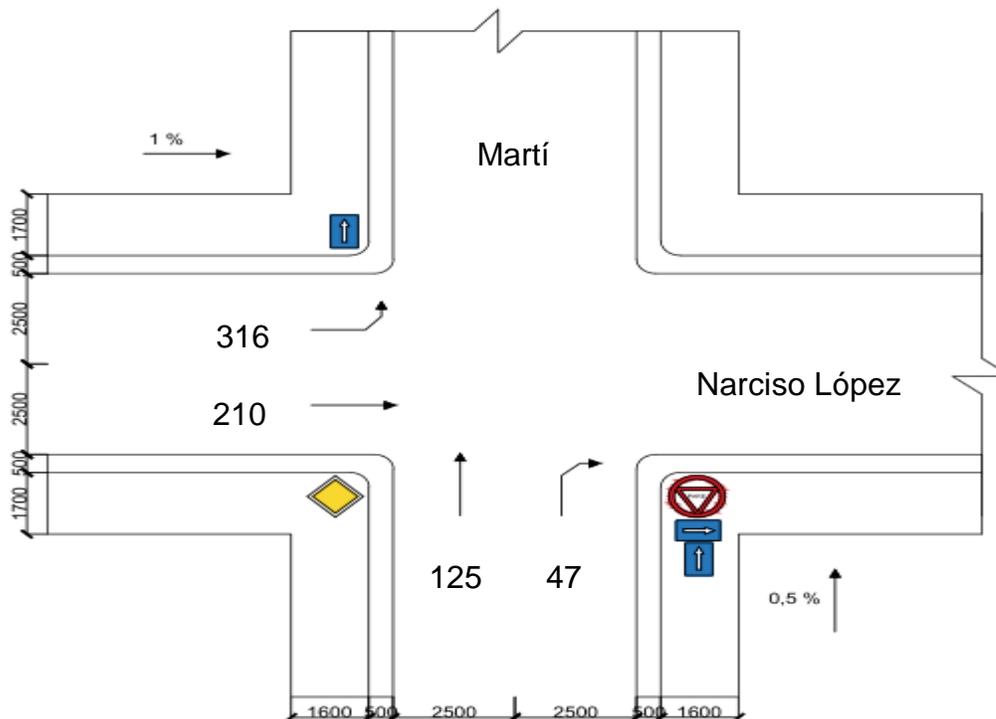
#### 2.4 Aplicación de la metodología del HCM 2010 modificada al incorporar los factores de conversión de ciclos a autos equivalentes

**Tabla 2.14** Volúmenes vehiculares mixtos convertidos a autos equivalentes del (acceso Narciso López) con la utilización del factor de ciclos (0.3)

vehículos	Mov. recto		Mov. izquierdo		Volumen Total del acceso	
	Mixtos	AE	Mixtos	AE	Mixtos	AE
<b>camión</b>	8	16	23	46	31	62
<b>ómnibus</b>	-	-	13	26	13	26
<b>auto</b>	88	88	94	94	182	182
<b>moto</b>	87	66	132	99	219	165
<b>ciclo</b>	135	41	169	51	304	92
<b>total</b>	<b>318</b>	<b>211</b>	<b>431</b>	<b>316</b>	<b>749</b>	<b>527</b>

**Tabla 2.15** Volúmenes vehiculares mixtos convertidos a autos equivalentes del (acceso Martí) con la utilización del factor de ciclos (0.3)

vehículos	Mov. recto		Mov. derecho		Volumen Total del acceso	
	Mixtos	AE	Mixtos	AE	Mixtos	AE
camión	3	6	-	-	3	6
ómnibus	1	2	-	-	1	2
auto	63	63	23	23	86	86
moto	40	30	22	17	62	47
ciclo	79	24	22	7	101	31
<b>total</b>	<b>186</b>	<b>125</b>	<b>67</b>	<b>47</b>	<b>253</b>	<b>172</b>



**Figura 2.5** Representación de los volúmenes equivalentes por movimiento en cada acceso en la intersección Narciso López – Martí con la incorporación del volumen de ciclos

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 2.16** Resumen del análisis del funcionamiento de la intersección no semaforizada Narciso López – Martí con la presencia de ciclos

Movimiento	Volumen de vehículos			
	1	2	8	9
Volumen (veh/h)	316	210	125	47
FHMD	0.84		0.86	
Intensidad (veh/h)	376	250	145	55
P <sub>HV</sub>	0.084	0.025	0.021	0
Volumen de peatones y ajustes				
Movimiento	13	14	15	16
Volumen (pt/h)	51	331	19	55
Ancho carril (m)	2.5	2.5	2.5	2.5
Velocidad (m/s)	1.2	1.2	1.2	1.2
% de bloqueo		0.19		
Brecha crítica				
Movimiento	1	2	8	9
T <sub>c,base</sub>	4.1		6.5	6.2
T <sub>c,HV</sub>	-		1	1
P <sub>HV</sub>	0.084	0.025	0.021	0
T <sub>c,G</sub>	0		0.2	0.1
G	0.01	0.01	0.005	0.005
T <sub>3LT</sub>	0		0	0
T <sub>ct</sub>	0		0	0
T <sub,cx< sub=""></sub,cx<>	4.1		6,52	6.2
Tiempo de seguimiento				
Movimiento	1	2	8	9
T <sub>f,base</sub>	2.2		4	3,3
T <sub>f,HV</sub>	0		0.9	0.9
P <sub>HV</sub>	0.084	0.025	0.022	0
T <sub>f</sub>	2.2		4.02	3.3
Impedancia y Capacidad				
Movimiento	1	2	8	9
V <sub>c,x</sub>	55		842	436
C <sub>p,x</sub>			307	625
P <sub>p,x</sub>				0.81

<b>Cm,x</b>			307	506.25
<b>v/C</b>				
<b>P''</b>			-	-
<b>C<sub>sh</sub></b>			344	
<b>Nivel de Servicio por accesos</b>				
<b>Demora</b>	Acceso Principal		Acceso Secundario	
	Carril		Carril	
	Exclusivo	Compartido	Compartido	
			D	
	Acceso		Acceso	
<b>NS</b>	C		D	
<b>Nivel de Servicio de la intersección</b>				
<b>NS</b>	D			

Los datos expuestos en las tablas 2.14 y 2.12 demuestran la variación que existen en los niveles de servicio sin considerar y con la consideración de los factores de conversión de ciclos a autos equivalentes donde se evidencia que el funcionamiento de la intersección del acceso secundario cambia de condiciones favorables a condiciones donde mayores problemas en las operaciones del flujo.

## **2.5 Análisis de los resultados obtenidos sin tener en cuenta los volúmenes de ciclos y si se consideran**

Al comparar los valores obtenidos al aplicar la metodología del HCM 2010 modificada al emplear o no los volúmenes de ciclos con su respectivo factor de equivalencia a autos, es apreciable la variación en el nivel de servicio de la intersección donde varía de nivel de servicio C sin la consideración de ciclos y D al considerarlos. Otro aspecto que influye en estos resultados aunque no se evidencian en la metodología es el radio de giro de los vehículos pesados en la vía principal y los estacionamientos que realizan en ambos accesos.

## **2.6 Conclusiones parciales**

- Con el estudio de volúmenes de tránsito se obtuvieron los volúmenes horarios máximos vehiculares (1002 veh.mixtos/ horas) y peatonales (456 peat/h) obtenidos en el horario de 7:45 – 8:45 am.
- El estudio de velocidad arrojó velocidades promedio de aproximación de 26 km/h para Narciso López y 33 km/h para el acceso de Martí.
- Con la aplicación de la metodología para el análisis del funcionamiento de la intersección, al considerar y no los ciclos, se concluye que los mismos afectan las condiciones de operación del flujo así como los estacionamientos en ambos accesos y los radios de giro de los vehículos pesados en la vía principal.

## CONCLUSIONES

- El Manual de Capacidad Vial es el documento consolidado más eficiente para el análisis de la calidad de operación del flujo vehicular. En el HCM 2010 se diferencian las metodologías y los factores que definen el nivel de servicio en función del tipo de emplazamiento vial.
- Con el estudio de volúmenes de tránsito se obtuvieron los volúmenes horarios máximos vehiculares (1002 veh.mixtos/ horas) y peatonales (456 peat/h) obtenidos en el horario de 7:45 – 8:45 am.
- El estudio de velocidad arrojó velocidades promedio de aproximación de 26 km/h para Narciso López y 33 km/h para el acceso de Martí.
- Con la aplicación de la metodología para el análisis del funcionamiento de la intersección, al considerar y no, el factor de equivalencia de ciclos a autos ligeros, se concluye que los resultados obtenidos en los niveles de servicios están próximos a la realidad observada. Obteniéndose niveles de servicios para la intersección C sin considerar los ciclos y D considerándolos.
- Se identificó además que los estacionamientos en ambos accesos y los radios de giro de los vehículos pesados en la vía principal afectan las condiciones de operación del flujo.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar investigaciones en que se determine un factor de impedancia por estacionamiento y radio de giro para incluirlos en la metodología propuesta en el manual para este tipo de intersección.
- Realizar estudios en otros emplazamientos para definir las brechas críticas y de seguimiento en intersecciones similares a la evaluada en esta investigación para incluir este dato en el manual debido a que como mínimo la vía principal posee dos carriles por cada sentido de circulación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Alba, M. L. (2008). Procedimiento para el tratamiento de los emplazamientos urbanos con alta concentración de accidentes. Disertación doctoral no publicada, Universidad Cujae, Ciudad Habana, Cuba.
2. Aplicación de un Modelo Estadístico a Series de Conteo Vehiculares en Intersecciones a Nivel  
<https://core.ac.uk/download/pdf/11052299.pdf?repositoryId=33>.
3. Cal y Mayor, R. (2003). Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte. Alcaldía Mayor de Bogotá, DC, Colombia.
4. Capacidad y Nivel de Servicio en vías urbanas. Washington, DC, EE. UU: National Research Council (NRC).
5. (Díaz, 2009) Análisis vial de dos intersecciones sin semáforos en zona aledaña a nuevo terrapuerto de Piura, Ingeniería Civil, Universidad de Piura.
6. García, R. A. (2011). Procedimiento para la evaluación integral de la Seguridad Vial en carretera rurales de dos carriles de interés nacional.
7. Garza, E. (1995). El transporte urbano en el área metropolitana de Monterrey, su principal problemática y una propuesta para su mejora. Trabajo de grado, Ingeniería Civil, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba.
8. Concepción Circulación Vial.pdf  
<http://www.protransporte.gob.pe/pdf/biblioteca/2009/PatioSur/Estudios%20Basicos/Concepcion%20Circulacion%20Vial.pdf>.

9. Gallegos, R. (2005). Efecto de la regularidad del pavimento en la Capacidad Vial de las Carreteras multicarriles. Disertación doctoral no publicada, Universidad de las Villas, Cuba.
10. Indonesia Highway Capacity Manual 2 Interurban Roads and Motorways (enero 1995).
11. Kittelson, W. (2000). Overview of the year 2000 edition of the Highway Capacity Manual. En Past Chair of the User Liaison Subcommittee, EE. UU.
12. Ley No 109. Código de Seguridad Vial (17 de septiembre del 2010). En Gaceta Oficial. Ciudad de La Habana, Cuba.
13. Nivel de servicios en intersecciones sin semáforos. (s.f). Recuperado 27 de Mayo del 2014 [http://www.Wikivía.org/Wikivía/Index.php/Nivel\\_de\\_servicios\\_intersecciones\\_sin\\_semaforos%C3%A1](http://www.Wikivía.org/Wikivía/Index.php/Nivel_de_servicios_intersecciones_sin_semaforos%C3%A1).
14. Nivel de servicios en vías urbanas (s.f). Recuperado 27 de mayo del 2014 [http://www.Wikivía.org/Wikivía/Index.php/Nivel\\_de\\_servicios\\_%C3%A1ADasUrbanas](http://www.Wikivía.org/Wikivía/Index.php/Nivel_de_servicios_%C3%A1ADasUrbanas).
15. Manual de Capacidad de Carreteras 2010(HCM 2010).
16. Manual de Capacidad de Carreteras 2000 (HCM 2000).
- 17.(Ordóñez, 2009) Aplicación del Manual de Capacidad Vial HCM versión 2000 para la evaluación del nivel de servicio de carreteras multicarriles, Ingeniería Civil, Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- 18.(Reyna, 2015) Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones, Ingeniería Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

19. (Rivera y Cárdenas,2012) Aceptabilidad de intervalos (brechas) para maniobras en intersecciones de prelación vial.
20. Transportation Research Board. (2000). Highway Capacity Manual 2000.
21. Vázquez, R. (1991). El Manual de Capacidad Vial de 1985 (Una Visión Ejecutiva). (Publicación Técnica No. 17). Querétaro, Qro, México: Instituto Mexicano del Transporte.

## Anexos

### Anexo – 1 Registro de volúmenes de tránsito

#### Registros de Campo

**Intersección:** Narciso López – Martí

**Fecha:** 7-02-2016

**Acceso:** Narciso López

**Día de la semana:** martes

**Horario:** mañana y tarde

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforado cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00 - 9:00	Recto	Cam.	1	1	2	2	2	6	6	
		Omn								
		Auto	13	16	24	34	15	9	23	15
		Moto	11	18	23	32	25	21	23	17
		Ciclo	18	26	40	44	36	38	37	33
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		43	61	89	112	78	74	89	65
	<b>Total cada hora</b>					305	340	353	353	306
	Izquierdo	Cam	1	2	2	3	7	7	2	2
		Omn	2	3	5	3	5	2	3	5
		Auto	7	20	25	21	19	13	19	16
		Moto	8	17	22	30	16	8	19	12
		Ciclo	12	23	29	34	31	32	39	20
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		30	65	83	91	78	62	82	55	
<b>Total cada hora</b>					269	317	314	313	277	
<b>Total del acceso por hora</b>					574	657	667	666	583	

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforado cada 15 min.								
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	
3:30 - 5:30	Recto	Cam.	5	4	3	3	1	1	1	2	
		Omn	1						1		
		Auto	13	17	14	19	12	19	24	10	
		Moto	21	14	7	18	11	9	11	8	
		Ciclo	26	23	32	22	35	31	32	24	
		Coche									
	<b>Total cada 15min</b>		66	58	56	62	59	60	69	44	
	<b>Total cada hora</b>					242	235	237	250	232	
	Izquierdo	Cam	1	5	2	3	3	3	1	2	
		Omn	2	3	2	4	3	1	2	2	
		Auto	18	19	19	20	13	12	20	13	
		Moto	11	16	14	12	11	13	9	8	
		Ciclo	22	23	20	22	26	22	25	19	
		Coche									
<b>Total cada 15min</b>		54	66	57	61	56	51	57	44		
<b>Total cada hora</b>					238	240	225	225	208		
<b>Total del acceso por hora</b>					480	475	462	475	440		

**Acceso: Martí**

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforado cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00 - 9:00	Derecho	Cam.	1	1	1		1	1	5	1
		Omn								
		Auto	1	2	3	4	4	1	3	3
		Moto	2	1	3	5	2	6	3	2
		Ciclo	1	3	4	3	7	6	6	13
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		5	7	11	12	14	14	17	19
	<b>Total cada hora</b>					35	44	51	57	64
	Recto	Cam	1	2	1	1	1	3	2	
		Omn						1		
		Auto	2	5	8	9	15	5	8	10
		Moto	7	11	12	9	13	3	7	2
		Ciclo	12	22	27	28	23	31	32	23
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		22	40	48	47	52	43	49	35	
<b>Total cada hora</b>					157	187	190	191	179	
<b>Total del acceso por hora</b>					192	231	241	248	243	

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30 - 5:30	Derecho	Cam.		1				1	1	
		Omn								
		Auto	8	3	3	3	3	1	3	2
		Moto	1	3	2	3	3	11	5	3
		Ciclo	6	6	1	1	4	7	3	2
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		15	13	6	7	10	20	12	7
	<b>Total cada hora</b>					41	36	43	49	49
	Recto	Cam			1	4	2	2	1	
		Omn								
		Auto	8	8	16	6	9	11	13	6
		Moto	3	13	6	8	12	10	12	8
		Ciclo	24	23	31	29	33	27	27	36
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		35	44	54	47	56	50	53	50	
<b>Total cada hora</b>					180	201	207	206	209	
<b>Total del acceso por hora</b>					221	237	250	255	258	

**Intersección:** Narciso López – Martí

**Fecha:** 8-02-2016

**Acceso:** Narciso López

**Día de la semana:** miércoles

**Horario:** mañana y tarde

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00 - 9:00	Izquierdo	Cam.	2	1	1	6	7	2	3	2
		Omn	1	2	2	1	3	8	3	4
		Auto	9	14	17	19	23	20	17	15
		Moto	8	14	15	19	21	14	14	13
		Ciclo	8	12	17	36	32	32	27	15
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		28	43	52	81	86	76	64	49
	<b>Total cada hora</b>					204	262	295	307	275
	Recto	Cam	2	3	4	4	3	11	3	
		Omn	1	1		1			1	
		Auto	9	13	11	16	19	19	18	18
		Moto	10	15	14	25	24	23	16	16
		Ciclo	14	15	17	51	55	46	39	42
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		36	47	46	97	101	99	77	76	
<b>Total cada hora</b>					226	291	343	374	353	
<b>Total del acceso por hora</b>					430	553	638	681	628	

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30 - 5:30	Izquierdo	Cam.	5	4						
		Omn	4	3	5	3	2	4	1	
		Auto	20	20	23	14	19	10	12	14
		Moto	20	14	12	20	17	18	14	9
		Ciclo	18	15	21	14	15	11	9	5
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		67	56	61	51	53	43	36	28
	<b>Total cada hora</b>					235	221	208	183	160
	Recto	Cam	4	3			1			
		Omn		1				1		1
		Auto	19	10	13	19	18	13	16	11
		Moto	19	16	18	13	20	24	18	19
		Ciclo	19	25	12	16	11	9	17	6
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		61	55	43	48	50	47	51	37
<b>Total cada hora</b>					207	196	188	196	185	
<b>Total del acceso por hora</b>					442	417	396	379	345	

**Acceso: Martí**

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00 - 9:00	Derecho	Cam.	1	1	1	1	1			1
		Omn							1	
		Auto	2		1		3	3	1	1
		Moto	1	3	1	1		3	3	
		Ciclo	3		3		3	9	11	1
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		7	4	6	2	7	15	16	3
	<b>Total cada hora</b>					19	19	30	40	41
	Recto	Cam	2	2	1	2				
		Omn				1				1
		Auto	3	4	4	8	9	6	12	7
		Moto	5	12	2	5	4	2	3	7
		Ciclo	6	12	18	18	17	22	5	20
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		16	30	25	34	30	30	20	35	
<b>Total cada hora</b>					105	119	119	114	115	
<b>Total del acceso por hora</b>						124	138	149	154	156

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30 - 5:30	Derecho	Cam.				2				
		Omn								
		Auto	2	3	1	1	2	5	3	5
		Moto	6	2	2		3	1		2
		Ciclo	4	1	2	1	3	4	5	2
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		12	6	5	4	8	10	8	9
	<b>Total cada hora</b>					27	23	27	30	35
	Recto	Cam				1				
		Omn		1			1		1	1
		Auto	17	6	15	15	18	11	9	7
		Moto	21	7	11	17	21	18	14	11
		Ciclo	40	45	45	43	38	29	21	18
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		78	59	71	76	78	58	45	37	
<b>Total cada hora</b>					284	284	283	257	218	
<b>Total del acceso por hora</b>					311	307	310	287	253	

**Intersección:** Narciso López – Martí

**Fecha:** 9-02-2016

**Acceso:** Narciso López

**Día de la semana:** jueves

**Horario:** mañana y tarde

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			7:00 7:15	7:15 7:30	7:30 7:45	7:45 8:00	8:00 8:15	8:15 8:30	8:30 8:45	8:45 9:00	
7:00 - 9:00	Izquierdo	Cam.	2	1	3	4	8	7	3	1	
		Omn	3	2	4	4	6	3	4	4	
		Auto	8	19	26	20	20	14	20	15	
		Moto	9	18	21	29	17	9	19	13	
		Ciclo	11	22	28	35	30	31	38	19	
		Coche									
	<b>Total cada 15min</b>			33	62	82	92	81	64	84	52
	<b>Total cada hora</b>						269	317	319	321	281
	Recto	Cam	1	1	2	3	2	5	6	2	
		Omn									
		Auto	14	15	25	36	18	10	24	14	
		Moto	15	19	22	31	28	22	22	16	
		Ciclo	17	25	39	40	36	39	38	31	
		Coche									
<b>Total cada 15min</b>			47	60	88	110	84	76	90	63	
<b>Total cada hora</b>						305	342	358	360	313	
<b>Total del acceso por hora</b>						574	659	677	681	594	

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30 - 5:30	Izquierdo	Cam.	3	5	11	3	3	2	7	2
		Omn	3	3	4	2	3	7	7	10
		Auto	10	11	13	27	32	19	21	20
		Moto	14	7	9	23	19	9	12	8
		Ciclo	15	20	15	28	39	24	24	28
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		45	46	52	83	96	61	71	68
	<b>Total cada hora</b>					226	277	292	311	296
	Recto	Cam	3	2	3	2	1	6		
		Omn	1	1			1	1		
		Auto	12	13	21	30	17	13	16	12
		Moto	10	12	10	17	23	19	14	9
		Ciclo	15	20	37	32	37	36	32	21
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		41	48	71	81	79	75	62	42	
<b>Total cada hora</b>					241	279	306	297	258	
<b>Total del acceso por hora</b>					467	556	598	608	554	

**Acceso: Martí**

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00 - 9:00	Derecho	Cam.	1		1					
		Omn								
		Auto	2	3	3	1	5	1	5	4
		Moto	1	2	3	3	2	1	3	3
		Ciclo	1	2	2	5	6	4	4	3
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		5	7	9	9	13	6	12	10
	<b>Total cada hora</b>					30	38	37	40	41
	Recto	Cam		1			1	2		
		Omn			1			1		
		Auto	4	5	6	3	11	9	8	6
		Moto	3	4	5	12	9	6	3	10
		Ciclo	4	10	16	32	27	26	11	26
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		11	20	28	47	48	44	22	42	
<b>Total cada hora</b>					106	143	167	161	156	
<b>Total del acceso por hora</b>					136	181	204	201	197	

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30 - 5:30	Recto	Cam.	1		1			1	2	
		Omn								
		Auto	9	4	5	4	3	2	4	3
		Moto	2	5	3	5	4	10	6	4
		Ciclo	7	7	2	2	5	8	5	5
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		19	16	11	11	12	21	17	12
	<b>Total cada hora</b>					57	50	55	61	62
	Derecha	Cam				3	3	2	1	
		Omn								
		Auto	9	10	17	6	10	12	12	6
		Moto	4	12	7	9	11	9	13	9
		Ciclo	23	20	30	28	34	28	29	30
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		36	42	54	46	58	51	55	45	
<b>Total cada hora</b>					178	200	209	210	209	
<b>Total del acceso por hora</b>					235	250	264	271	271	

**Intersección:** Narciso López – Martí

**Fecha:** 7-03-2016

**Acceso:** Narciso López

**Día de la semana:** martes

**Horario:** mañana y tarde

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.											
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	8:45	8:45		
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00				
7:00 - 9:00	Izquierdo	Cam.	3	7	2	3	2		3	2				
		Omn	2	5	3	2	4		2	5				
		Auto	7	14	27	24	13	14	11	20				
		Moto	5	14	19	14	9	8	9	12				
		Ciclo	6	12	35	13	10	12	21	22				
		Coche												
		<b>Total cada 15min</b>	23	52	86	56	38	34	46	61				
		<b>Total cada hora</b>				217	232	214	174	179				
		Recto	Cam	2	4	3	1	1	1		3			
	Omn		1		2		1		1	1				
	Auto		9	18	19	13	3	11	7	9				
	Moto		8	17	15	16	12	6	7	9				
	Ciclo		12	35	36	19	13	11	17	17				
	Coche													
	<b>Total cada 15min</b>	32	74	75	49	30	29	32	39					
	<b>Total cada hora</b>				230	228	183	140	130					
<b>Total del acceso por hora</b>						447	460	397	314	309				

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	
3:30 - 5:30	Izquierdo	Cam.	4	5	2	1		1	1		
		Omn	4	3	6	3	2	5	1		
		Auto	20	18	24	15	18	9	11	15	
		Moto	19	15	13	19	19	19	15	8	
		Ciclo	17	16	19	13	16	12	8	5	
		Coche									
		<b>Total cada 15min</b>	64	57	64	51	55	46	36	28	
		<b>Total cada hora</b>				236	227	216	188	165	
		Recto	Cam	5	4	1					
			Omn		2	1	1	1		1	
			Auto	17	11	14	20	21	14	15	12
			Moto	18	14	16	15	19	23	19	18
			Ciclo	20	22	13	17	12	10	8	7
			Coche								
	<b>Total cada 15min</b>	60	53	45	53	53	47	42	38		
	<b>Total cada hora</b>				211	204	198	195	180		
	<b>Total del acceso por hora</b>				447	431	414	383	345		

**Acceso: Martí**

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00 - 9:00	Derecho	Cam.	1	1	2	1	1		1	1
		Omn						1	2	
		Auto	3	2	3	4	3	4	3	1
		Moto	2	4	4	3	2	5	6	
		Ciclo	4	5	6	5	4	10	14	2
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		10	12	15	13	10	20	26	4
	<b>Total cada hora</b>					50	50	58	69	60
	Recto	Cam	3	4	2	2		1		
		Omn				2				
		Auto	4	5	6	10	10	7	15	6
		Moto	6	13	3	12	6	4	8	7
		Ciclo	7	14	19	20	18	24	18	19
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		20	36	30	46	34	36	41	32	
<b>Total cada hora</b>					132	146	146	157	143	
<b>Total del acceso por hora</b>					182	196	204	226	203	

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	
3:30 - 5:30	Derecho	Cam.	1			1					
		Omn									
		Auto	3	3	1	1	3	6	4	6	
		Moto	7	4	2	1	2	2	1	3	
		Ciclo	5	2	3	1	3	4	5	2	
		Coche									
		<b>Total cada 15min</b>	16	9	6	4	8	12	10	11	
		<b>Total cada hora</b>				35	27	30	34	41	
		Recto	Cam								
			Omn						1	1	
			Auto	16	7	14	16	18	10	10	8
			Moto	20	8	10	18	22	17	14	10
			Ciclo	38	40	42	44	36	26	22	19
			Coche								
	<b>Total cada 15min</b>	74	55	66	78	76	53	47	38		
	<b>Total cada hora</b>				273	275	273	254	214		
<b>Total del acceso por hora</b>					308	302	303	288	255		

**Intersección:** Narciso López – Martí

**Fecha:** 8-03-2016

**Acceso:** Narciso López

**Día de la semana:** miércoles

**Horario:** mañana y tarde

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	
7:00 - 9:00	Izquierdo	Cam.	2	1	2	5	7	3	6	1	
		Omn	1	1	2		3	8	5	6	
		Auto	4	20	23	22	23	22	20	17	
		Moto	3	12	17	16	8	9	5	10	
		Ciclo	18	20	43	43	44	22	22	21	
		Coche									
		<b>Total cada 15min</b>	28	54	87	86	85	64	58	55	
		<b>Total cada hora</b>				255	312	322	293	262	
		Recto	Cam	2	1	2	3	6		5	5
			Omn		1	1	1				
			Auto	13	9	12	11	22	18	19	21
			Moto	15	10	14	16	23	18	16	11
			Ciclo	24	23	42	45	60	20	35	30
			Coche								
	<b>Total cada 15min</b>	54	44	71	76	111	56	75	67		
	<b>Total cada hora</b>				245	302	314	318	309		
<b>Total del acceso por hora</b>					500	614	636	611	571		

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30 - 5:30	Izquierdo	Cam.	4	3	6		2			
		Omn	4	4	4	4	3	4	1	
		Auto	21	14	25	16	18	12	10	13
		Moto	22	20	16	24	23	20	12	10
		Ciclo	16	14	25	16	22	13	10	6
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		67	55	76	60	68	49	33	29
	<b>Total cada hora</b>					258	259	253	210	179
	Recto	Cam	2	2	2	2				
		Omn	1	1			1	1		1
		Auto	20	12	16	21	18	15	17	12
		Moto	17	18	23	15	20	26	17	20
		Ciclo	21	27	16	18	24	11	16	7
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		61	60	57	56	63	53	50	40	
<b>Total cada hora</b>					234	236	229	222	206	
<b>Total del acceso por hora</b>					492	495	482	432	385	

**Acceso: Martí**

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00 - 9:00	Derecho	Cam.	1	1	1	1	1	2	1	1
		Omn					1		1	
		Auto	1	3	2	2	2	2	2	2
		Moto	1	2	1		1	2	4	
		Ciclo	1	2	2		1	12	13	
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		4	8	6	3	6	18	21	3
	<b>Total cada hora</b>					21	23	33	48	48
	Recto	Cam	1	1	1	3				1
		Omn								1
		Auto	2	4	5	9	12	4	10	6
		Moto	6	2	2	4	12	4	2	6
		Ciclo	14	12	14	19	20	21	3	21
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		23	19	22	35	44	29	15	35	
<b>Total cada hora</b>					99	120	130	123	123	
<b>Total del acceso por hora</b>					120	143	163	171	171	

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30 - 5:30	Derecho	Cam.				2				
		Omn								
		Auto	2	2	4	4	5	7	4	4
		Moto	6	2	8	4	5	6		1
		Ciclo	6	2	6	5	4	4	4	1
		Coche								
		<b>Total cada 15min</b>	14	6	18	15	14	17	8	6
		<b>Total cada hora</b>				53	53	64	54	45
	Recto	Cam								
		Omn		1			1		1	1
		Auto	16	5	17	17	20	13	7	6
		Moto	20	8	15	19	23	20	12	10
		Ciclo	35	40	47	46	40	31	20	16
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>	71	54	79	82	84	64	40	33	
	<b>Total cada hora</b>				286	299	309	270	221	
<b>Total del acceso por hora</b>					339	352	373	324	266	

**Intersección:** Narciso López – Martí

**Fecha:** 9-03-2016

**Acceso:** Narciso López

**Día de la semana:** jueves

**Horario:** mañana y tarde

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	
7:00 - 9:00	Izquierdo	Cam.	1	2	2	3	7	7	6		
		Omn	2	2	2	4	5	2	2	5	
		Auto	14	17	26	38	17	15	24	13	
		Moto	9	19	20	34	37	30	31	14	
		Ciclo	15	25	35	46	38	43	42	26	
		Coche									
		<b>Total cada 15min</b>	41	65	85	125	104	97	105	58	
		<b>Total cada hora</b>				316	379	411	431	364	
		Recto	Cam	1	2	2	3	2	2	1	1
			Omn		1	1					
			Auto	6	21	20	24	23	17	24	12
			Moto	9	14	18	32	20	10	25	10
			Ciclo	13	21	34	36	35	28	36	15
			Coche								
	<b>Total cada 15min</b>	29	59	75	95	80	57	86	38		
	<b>Total cada hora</b>				258	309	307	318	261		
<b>Total del acceso por hora</b>					574	688	718	<b>749</b>	625		

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30 - 5:30	Izquierdo	Cam.	4	5						
		Omn	3	4	5	3	2	4	1	
		Auto	18	23	22	19	23	11	10	13
		Moto	16	20	18	20	21	16	12	8
		Ciclo	18	21	20	21	22	10	8	4
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		59	73	65	63	68	41	31	25
	<b>Total cada hora</b>					260	269	237	203	165
	Recto	Cam	3	4			1	1		
		Omn	1	1						1
		Auto	16	18	19	19	20	14	15	10
		Moto	15	16	17	18	18	13	16	17
		Ciclo	14	15	16	17	16	9	14	6
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		49	54	52	54	55	37	45	34
<b>Total cada hora</b>					209	215	200	191	180	
<b>Total del acceso por hora</b>					469	484	437	394	345	

**Acceso: Martí**

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	
7:00 - 9:00	Derecho	Cam.									
		Omn									
		Auto	4	2	2	6	5	8	4	3	
		Moto	2	4	5	8	6	5	3	2	
		Ciclo	3	5	4	2	7	9	4	5	
		Coche									
	<b>Total cada 15min</b>		9	11	11	16	18	22	11	10	
	<b>Total cada hora</b>					47	56	67	67	61	
	Recto	Cam		1	2				3	1	
		Omn	2		1		1			1	
		Auto	8	14	19	22	12	13	16	15	
		Moto	7	13	17	11	8	12	9	7	
		Ciclo	18	24	21	16	22	21	20	18	
		Coche									
	<b>Total cada 15min</b>		35	52	60	49	43	46	48	42	
<b>Total cada hora</b>					196	204	198	186	179		
<b>Total del acceso por hora</b>					243	260	265	<b>253</b>	240		

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30 - 5:30	Derecho	Cam.		1				1	1	
		Omn								
		Auto	9	4	3	4	3	2	4	3
		Moto	2	3	4	5	4	16	6	4
		Ciclo	7	5	2	1	4	8	3	3
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		18	13	9	10	11	27	14	10
	<b>Total cada hora</b>					50	43	57	62	62
	Recto	Cam		1		2	3	2	1	
		Omn								
		Auto	10	9	16	8	10	12	14	7
		Moto	4	14	7	9	11	13	13	9
		Ciclo	22	21	30	28	30	28	26	38
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		36	45	53	47	54	55	54	54
<b>Total cada hora</b>					181	199	209	210	217	
<b>Total del acceso por hora</b>					231	242	266	272	279	

**Intersección:** Narciso López – Martí

**Fecha:** 14-03-2016

**Acceso:** Narciso López

**Día de la semana:** martes

**Horario:** mañana y tarde

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00 - 9:00	Recto	Cam.	2	2	3	2	3	4	5	
		Omn								
		Auto	15	18	26	32	12	7	24	13
		Moto	13	20	21	31	22	23	26	14
		Ciclo	20	28	42	40	33	35	36	31
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		50	68	92	105	70	69	91	58
	<b>Total cada hora</b>					315	335	336	335	288
	Izquierdo	Cam	2	3	3	4	8	6	3	3
		Omn	2	5	6	4	5	3	4	3
		Auto	9	26	23	22	16	14	13	19
		Moto	7	13	25	32	13	9	16	15
		Ciclo	14	21	26	38	34	37	33	20
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		34	68	83	100	76	69	69	60	
<b>Total cada hora</b>					269	317	314	313	277	
<b>Total del acceso por hora</b>					584	652	650	648	565	

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.									
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30		
3:30 - 5:30	Recto	Cam.	4	5	4	2	2	1	1	2		
		Omn	1							1		
		Auto	14	19	18	16	14	18	23	11		
		Moto	23	18	8	15	10	8	11	7		
		Ciclo	27	28	37	21	36	30	31	25		
		Coche										
		<b>Total cada 15min</b>	69	70	67	54	62	57	66	46		
		<b>Total cada hora</b>				260	253	240	239	231		
		Izquierdo	Cam	2	4	3	4	2	3	2	2	
	Omn		3	3	2	3	2	2	3	2		
	Auto		17	18	20	21	12	11	24	14		
	Moto		10	15	13	10	10	12	8	7		
	Ciclo		21	22	19	23	27	20	23	18		
	Coche											
	<b>Total cada 15min</b>	53	62	57	61	53	48	60	43			
	<b>Total cada hora</b>				233	233	219	222	204			
<b>Total del acceso por hora</b>					493	486	459	461	435			

**Acceso: Martí**

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00 - 9:00	Derecho	Cam.	1	1	1	1	1	1	3	1
		Omn								
		Auto	1	4	4	5	4	1	4	4
		Moto	2	2	4	4	1	5	4	3
		Ciclo	1	2	5	4	8	5	5	14
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		5	9	14	14	14	12	16	22
	<b>Total cada hora</b>					42	51	54	56	64
	Recto	Cam	1	1	2	1	1	2	2	
		Omn				1				
		Auto	1	3	7	11	16	6	9	10
		Moto	6	12	11	7	15	2	9	2
		Ciclo	14	24	28	32	21	29	30	21
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		22	40	48	52	53	39	50	33	
<b>Total cada hora</b>					162	193	192	194	175	
<b>Total del acceso por hora</b>					204	244	246	250	239	

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30 - 5:30	Derecho	Cam.	1		1		1		1	
		Omn								
		Auto	9	2	4	4	2	1	2	4
		Moto	3	2	2	2	4	13	6	4
		Ciclo	7	8	2	2	3	6	3	1
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		20	12	9	8	10	20	12	9
	<b>Total cada hora</b>					49	39	47	50	51
	Recto	Cam			1	2	3	2	2	
		Omn								
		Auto	7	7	18	8	7	13	14	5
		Moto	2	14	4	6	10	12	13	9
		Ciclo	26	24	33	30	32	29	28	34
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		35	45	56	46	52	56	57	48	
<b>Total cada hora</b>					182	199	210	211	213	
<b>Total del acceso por hora</b>					231	238	257	261	264	

**Intersección:** Narciso López – Martí

**Fecha:** 15-03-2016

**Acceso:** Narciso López

**Día de la semana:** miércoles

**Horario:** mañana y tarde

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			7:00 7:15	7:15 7:30	7:30 7:45	7:45 8:00	8:00 8:15	8:15 8:30	8:30 8:45	8:45 9:00	
7:00 - 9:00	Izquierdo	Cam.	3	2	1	4	7	1	2	3	
		Omn	2	1	1	3	2	7	6	5	
		Auto	8	15	18	20	25	19	14	15	
		Moto	9	13	14	18	20	12	11	12	
		Ciclo	7	13	19	38	34	31	25	13	
		Coche									
	<b>Total cada 15min</b>			29	44	53	83	88	70	58	48
	<b>Total cada hora</b>					209	268	294	299	264	
	Recto	Cam	2	2	3	2	3	7	4		
		Omn			1		1	1	1		
		Auto	10	14	12	12	18	17	19	17	
		Moto	11	14	12	23	25	21	14	13	
		Ciclo	13	16	18	54	56	43	37	40	
		Coche									
<b>Total cada 15min</b>			36	46	46	91	103	89	75	70	
<b>Total cada hora</b>					219	286	329	358	337		
<b>Total del acceso por hora</b>						428	554	623	657	601	

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	
3:30 - 5:30	Izquierdo	Cam.	4	3	2	2	1		1		
		Omn	3	2	4	3	1	3			
		Auto	22	24	25	16	17	11	13	15	
		Moto	21	13	14	22	18	19	16	8	
		Ciclo	16	13	20	12	13	10	7	4	
		Coche									
	<b>Total cada 15min</b>		66	55	65	55	50	43	37	27	
	<b>Total cada hora</b>					241	225	213	185	157	
	Recto	Cam	3	2	1		1	1			
		Omn		1				1		1	
		Auto	17	11	12	18	17	12	19	10	
		Moto	20	15	16	14	21	22	17	16	
		Ciclo	21	27	11	14	10	8	19	5	
		Coche									
<b>Total cada 15min</b>		61	56	40	46	49	44	55	32		
<b>Total cada hora</b>					203	191	179	194	180		
<b>Total del acceso por hora</b>					444	416	392	379	337		

**Acceso: Martí**

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00 - 9:00	Derecho	Cam.			1	1	1	1	1	
		Omn				1				
		Auto	3	1		2	4	1	1	1
		Moto	2	4		3	1	3	3	
		Ciclo	4		5		2	10	12	1
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		9	5	6	7	8	15	17	2
	<b>Total cada hora</b>					27	26	36	47	42
	Recto	Cam	3	1	1	3				
		Omn		1	1					
		Auto	2	5	6	9	8	7	11	5
		Moto	4	14	1	6	3	2	5	8
		Ciclo	7	13	19	17	16	24	4	21
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		16	34	28	35	27	33	20	34	
<b>Total cada hora</b>					113	124	123	115	114	
<b>Total del acceso por hora</b>						140	150	159	162	156

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30 - 5:30	Derecho	Cam.			2					
		Omn								
		Auto	1	2	2	1	1	4	4	3
		Moto	5	1	1	1	4	1	1	1
		Ciclo	5	2	1	1	2	3	4	1
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		11	5	6	3	7	8	9	5
	<b>Total cada hora</b>					25	21	24	27	29
	Recto	Cam		1						
		Omn			1	1		1	1	
		Auto	19	5	13	12	16	10	8	6
		Moto	23	5	10	15	20	16	13	12
		Ciclo	41	47	48	42	37	26	20	19
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		83	58	72	70	73	53	42	37	
<b>Total cada hora</b>					283	273	268	238	205	
<b>Total del acceso por hora</b>					308	294	292	265	234	

**Intersección:** Narciso López – Martí

**Fecha:** 16-03-2016

**Acceso:** Narciso López

**Día de la semana:** jueves

**Horario:** mañana y tarde

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00 - 9:00	Izquierdo	Cam.	3	1	2	3	7	6	4	2
		Omn	2	3	5	3	5	4	3	3
		Auto	9	20	25	21	22	17	22	13
		Moto	7	15	20	25	14	7	16	11
		Ciclo	10	24	30	33	29	30	39	18
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		31	63	82	85	77	64	84	47
	<b>Total cada hora</b>					261	307	308	310	272
	Recto	Cam	2	1	2	2	1	3	4	4
		Omn								
		Auto	13	14	23	33	15	10	22	12
		Moto	15	17	21	30	25	20	20	14
		Ciclo	15	23	36	39	33	35	34	30
		Coche								
<b>Total cada 15min</b>		45	55	82	104	74	68	80	60	
<b>Total cada hora</b>					286	315	328	326	282	
<b>Total del acceso por hora</b>					547	622	636	636	554	

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.									
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30		
3:30 - 5:30	Izquierdo	Cam.	2	4	8	4	4	1	8	1		
		Omn	4	2	3	3	2	8	6	9		
		Auto	12	10	12	24	30	16	20	22		
		Moto	12	9	7	20	16	7	10	6		
		Ciclo	16	22	14	24	33	22	22	24		
		Coche										
		<b>Total cada 15min</b>	46	47	44	75	85	54	66	62		
		<b>Total cada hora</b>				212	251	258	280	267		
		Recto	Cam	2	4	4	1	3	5			
			Omn			1	1	1	1			
			Auto	10	15	25	33	15	12	14	10	
			Moto	11	13	11	15	21	16	12	10	
			Ciclo	17	21	35	31	34	33	31	20	
			Coche									
	<b>Total cada 15min</b>	40	53	76	81	74	67	57	40			
	<b>Total cada hora</b>				250	284	298	279	238			
<b>Total del acceso por hora</b>					462	535	556	559	505			

**Acceso: Martí**

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00 - 9:00	Derecho	Cam.				1	1			
		Omn								
		Auto	1	4	2	2	4	2	3	3
		Moto	2	1	4	4	4	2	3	3
		Ciclo	2	3	3	4	7	5	6	3
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		5	8	9	11	16	9	12	9
	<b>Total cada hora</b>					33	44	45	48	46
	Recto	Cam				1		1	1	1
		Omn		1			1		1	
		Auto	6	8	7	5	11	6	5	7
		Moto	4	3	6	11	8	5	2	14
		Ciclo	5	11	14	31	29	28	10	24
		Coche								
	<b>Total cada 15min</b>		15	23	27	48	49	40	19	46
<b>Total cada hora</b>					113	147	164	156	154	
<b>Total del acceso por hora</b>					146	191	209	204	200	

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.									
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30		
3:30 - 5:30	Recto	Cam.				1	1	1	1	1		
		Omn										
		Auto	8	5	4	3	2	1	5	2		
		Moto	1	3	4	6	5	13	5	3		
		Ciclo	8	6	1	3	6	7	4	6		
		Coche										
	<b>Total cada 15min</b>		17	14	9	13	14	22	15	12		
	<b>Total cada hora</b>					53	50	58	64	63		
	Derecha	Cam		2	4	1	2					
		Omn										
		Auto	10	11	18	5	11	10	11	5		
		Moto	3	10	6	8	10	7	11	5		
		Ciclo	24	21	31	25	32	24	25	31		
		Coche										
	<b>Total cada 15min</b>		37	44	59	39	55	41	47	41		
<b>Total cada hora</b>					179	197	194	182	184			
<b>Total del acceso por hora</b>					232	247	252	246	247			

**Anexo – 2** Estudio de velocidades de aproximación en la intersección Narciso López  
– Martí

**Acceso:** Narciso López

**Fecha:** 16-03-2016

**Día de la semana:** jueves

**Horario:** mañana (7:45 – 8:45 am)

Chapas	Tiempo inicial	Tiempo Final	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
P 082 549	00:00:38	00:01:12	210	22.2
B 117 391	00:01:00	00:01:33	210	22.9
P 048 973	00:01:16	00:01:49	210	22.9
B 089 676	00:03:35	00:03:49	210	54
B 005 727	00:04:15	00:04:28	210	58
P 050 075	00:04:53	00:05:10	210	44.5
B 117 013	00:05:29	00:06:07	210	19.9
B 145 952	00:05:40	00:06:18	210	19.9
B 054 980	00:05:57	00:06:40	210	17.6
B 195 170	00:06:20	00:06:56	210	21
B 146 241	00:06:55	00:07:30	210	21.6
B 145 954	00:07:09	00:07:43	210	22.2
0924	00:09:32	00:10:29	210	13.3
B 146 251	00:10:32	00:11:09	210	20.4
P 145 344	00:10:38	00:11:11	210	23
T 000 869	00:11:09	00:11:40	210	24.4
P 050 148	00:11:36	00:12:08	210	23.6
P 56 645	00:12:25	00:12:52	210	28
P 021 147	00:12:35	00:13:06	210	24.4
P 177 183	00:13:11	00:13:42	210	24.4
B 145 812	00:13:30	00:14:06	210	21
P 082 483	00:13:55	00:14:24	210	26
P 117 390	00:14:20	00:15:01	210	18.4
B 117 383	00:15:41	00:16:18	210	20.4
T 000 856	00:15:56	00:16:18	210	34.4
B 055 193	00:16:31	00:16:45	210	54
B 118 570	00:18:40	00:19:18	210	19.9
B 145 506	00:18:31	00:19:53	210	9.2
B 118 126	00:23:16	00:23:59	210	17.6

P 025 468	00:24:02	00:24:26	210	31.5
P 117 010	00:24:43	00:25:16	210	22.9
B 145 971	00:25:40	00:26:13	210	22.9
B 140 618	00:26:03	00:26:30	210	28
B 145 913	00:26:18	00:26:49	210	24.4
B 145 973	00:26:45	00:27:23	210	19.9
P 025 866	00:29:14	00:29:56	210	18
P 049 721	00:30:04	00:30:45	210	18.4
B 005 437	00:30:23	00:30:54	210	24.4
P 025 327	00:31:38	00:32:12	210	22.2
P 146 437	00:31:50	00:32:26	210	21
P 129 242	00:32:03	00:32:41	210	19.9
P 026 945	00:32:22	00:32:41	210	39.8
B 005 470	00:32:45	00:33:19	210	22.2
B 145 970	00:33:33	00:33:53	210	37.8
B 140 597	00:33:52	00:34:13	210	36
M 000 626	00:34:33	00:34:50	210	44.5
P 025 596	00:34:43	00:35:03	210	37.8
B 140 565	00:34:53	00:35:21	210	27
P 116 473	00:36:04	00:36:43	210	19.4
B 146 674	00:36:32	00:37:03	210	24.4
B 118 853	00:36:47	00:37:30	210	17.6
P 083 221	00:37:12	00:37:52	210	18.9
B 146 244	00:38:23	00:38:49	210	29.1
<b>Muestra 53 vehículos</b>				<b>Velocidad Promedio 26km/h</b>

**Acceso: Martí**

<b>Chapas</b>	<b>Tiempo inicial</b>	<b>Tiempo Final</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Velocidad (km/h)</b>
P 025 734	00:01:29	00:02:07	100	9.5
P 049 142	00:02:40	00:02:52	100	30
B 055 274	00:03:34	00:03:42	100	45
P 92 695	00:03:58	00:04:13	100	24
B 028 997	00:05:08	00:05:23	100	24
P 049 526	00:05:28	00:05:40	100	30
B 145 849	00:05:45	00:06:11	100	13.8
B 138 130	00:06:15	00:06:35	100	18
B 117 436	00:07:07	00:07:43	100	10
8008	00:07:49	00:08:19	100	12
B 146 238	00:09:45	00:10:04	100	18.9
B 26 296	00:11:21	00:11:30	100	40
B 140 443	00:11:47	00:12:03	100	22.5
B 117 629	00:14:30	00:14:38	100	45
B 029 890	00:14:34	00:14:55	100	17
P 58 952	00:15:27	00:15:35	100	45
B 118 477	00:17:52	00:18:06	100	25.7
0377	00:19:04	00:19:26	100	16.4
B 146 115	00:22:11	00:22:23	100	30
B 145 476	00:23:42	00:23:50	100	45
B 118 106	00:24:52	00:24:59	100	51.4
P 92 350	00:25:02	00:25:20	100	20
P 180 054	00:26:37	00:26:44	100	51.4
B 60 811	00:27:23	00:27:31	100	45
P 58 566	00:28:32	00:28:39	100	51.4
B 088 352	00:28:46	00:29:01	100	24
P 082 753	00:29:24	00:29:34	100	36
P 116 590	00:30:07	00:30:13	100	60
P 145 666	00:30:48	00:31:02	100	25.7
P 93 002	00:32:16	00:32:26	100	36
B 41 736	00:34:13	00:34:22	100	40
B 17 347	00:34:38	00:34:48	100	36
M 000 244	00:35:48	00:36:06	100	20
B 26 207	00:36:30	00:36:38	100	45
P 026 669	00:36:43	00:36:59	100	22.5
1336	00:39:23	00:39:34	100	32.7
E 237 015	00:40:12	00:40:19	100	51.4

8389	00:40:57	00:41:19	100	16.4
B 088 496	00:41:21	00:41:32	100	32.7
B 90 937	00:41:54	00:42:01	100	51.4
B 029 799	00:42:10	00:42:17	100	51.4
P 91 181	00:42:21	00:42:31	100	36
B 179 977	00:43:22	00:43:30	100	45
6837	00:43:34	00:44:01	100	13.3
F 04 526	00:44:37	00:44:45	100	45
P 59 048	00:45:32	00:45:39	100	51.4
B 005 505	00:50:22	00:50:35	100	27.7
4551	00:52:24	00:52:47	100	15.6
B 055 056	00:54:11	00:54:19	100	45
B 118 534	00:55:02	00:55:12	100	36
P 025 665	00:55:20	00:55:32	100	30
P 025 463	00:55:48	00:55:56	100	45
P 093 593	00:56:33	00:56:43	100	
<b>Muestra 53 vehículos</b>				<b>Velocidad Promedio 33km/h</b>

### Anexo – 3 Tablas de volúmenes peatonales

Volumen Peatonales								
Periodos	V 13		V 14		V 15		V 16	
7:00- 7:15	4	11	11	27	0	4	4	5
7:15- 7:30	5	38	38	19	2	5	9	10
7:30- 7:45	5	42	42	24	15	6	8	6
7:45- 8:00	6	38	38	31	3	2	3	8
8:00- 8:15	1	54	54	29	3	2	11	13
8:15- 8:30	8	40	40	49	0	2	3	9
8:30- 8:45	6	39	39	51	2	5	4	4
8:45- 9:00	3	34	34	56	0	0	10	1

Volumen Peatonales								
Periodos	V 13		V 14		V 15		V 16	
7:00- 7:15	3	3	9	33	1	3	6	4
7:15- 7:30	4	11	36	17	4	3	8	12
7:30- 7:45	3	10	38	26	13	4	6	4
7:45- 8:00	4	2	40	29	1	1	1	6
8:00- 8:15	2	3	47	26	1	1	10	11
8:15- 8:30	6	2	38	45	1	3	4	8
8:30- 8:45	4	15	33	46	1	3	3	2
8:45- 9:00	2	11	36	53	1	1	9	2

Leyenda

V 13 – Cruce de la acera donde se encuentra la Unidad de Policía Narciso López Martí buscando la TRD CARIBE Lucumí.

V 14 - Cruce de la acera donde se encuentra la Empresa Municipal de Comercio Unidad 4171- La Amistad buscando el Politécnico José Martí Pérez.

V 15 - Cruce de la acera donde se encuentra el Politécnico José Martí Pérez hacia la acera donde se encuentre la Unidad de Policía Narciso López.

V 16 - Cruce de la acera donde se encuentra la TRD CARIBE Lucumí hacia la acera donde se localiza la Empresa Municipal de Comercio Unidad 4171- La Amistad.

## Anexo - 4 Estudio de demoras

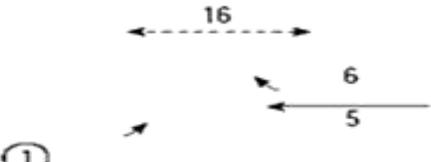
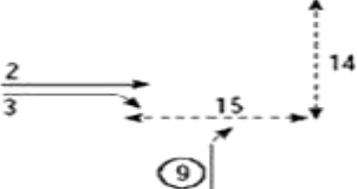
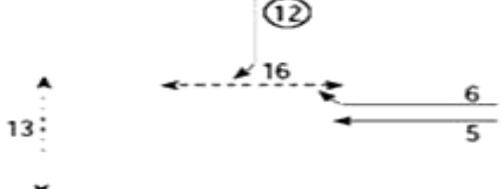
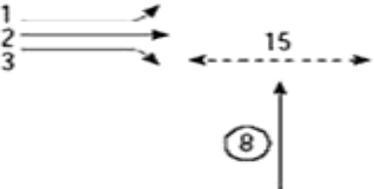
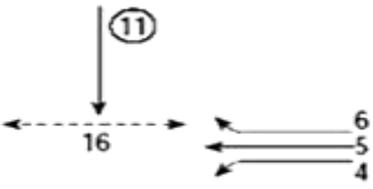
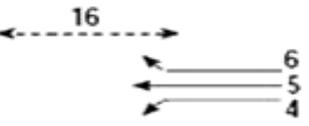
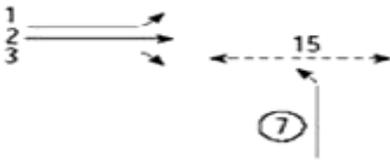
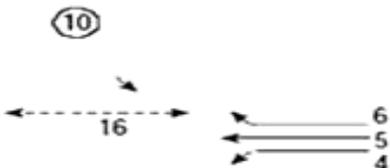
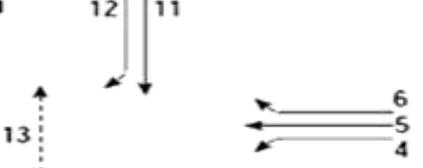
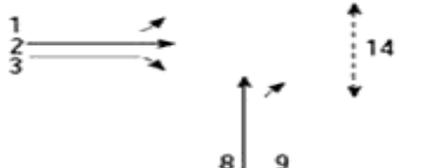
**Acceso:** Martí

**Horario:** mañana (7:45 – 8:45 am)

<b>Vehículos</b>	<b>Tiempo inicial (s)</b>	<b>Tiempo final (s)</b>	<b>Demoras (s)</b>
1	00: 00: 04	00:00: 13	00:00:09
2	00: 00: 47	00:01: 03	00:00:16
3	00: 01: 10	00: 01: 14	00:00:04
4	00: 01: 18	00: 01: 20	00:00:02
5	00: 01: 30	00: 01: 37	00:00:07
6	00: 01: 43	00: 01: 48	00:00:05
7	00: 01: 51	00: 02: 38	00:00:47
8	00: 02: 41	00: 02: 44	00:00:03
9	00: 03: 01	00: 03: 07	00:00:06
10	00: 03: 15	00: 03: 23	00:00:08
11	00: 03: 43	00: 03: 45	00:00:02
12	00: 04: 03	00: 04: 22	00:00:19
13	00: 04: 44	00: 04: 50	00:00:06
14	00: 05: 30	00: 05: 38	00:00:08
15	00: 05: 47	00: 06: 12	00:00:25
16	00: 06: 17	00: 06: 22	00:00:05
17	00: 06: 33	00: 06: 51	00:00:18
18	00: 06: 57	00: 07: 13	00:00:16
19	00: 07: 40	00: 07: 52	00:00:12
20	00: 08: 12	00: 08: 15	00:00:03
21	00: 08: 20	00: 08: 26	00:00:06
22	00: 08: 42	00: 08: 58	00:00:16
23	00: 10: 15	00: 10: 16	00:00:01
24	00: 11: 23	00: 11: 30	00:00:07
25	00: 12: 45	00: 12: 56	00:00:11
26	00: 12: 45	00: 12: 57	00:00:12
27	00: 13: 21	00: 13: 27	00:00:06
28	00: 13: 58	00: 14: 02	00:00:04
29	00: 14: 13	00: 14: 24	00:00:11
30	00: 14: 29	00: 14: 34	00:00:05
31	00: 15: 24	00: 15: 39	00:00:15
32	00: 15: 52	00: 15: 58	00:00:06
33	00: 16: 11	00: 16: 25	00:00:14
34	00: 16: 41	00: 16: 45	00:00:04
35	00: 17: 47	00: 17: 49	00:00:02
36	00: 18: 02	00: 18: 11	00:00:09

37	00: 18: 46	00: 18: 51	00:00:05
38	00: 19: 08	00: 19: 24	00:00:16
39	00: 20: 05	00: 20: 07	00:00:02
40	00: 20: 15	00: 20: 16	00:00:01
41	00 :21: 26	00: 21: 35	00:00:09
42	00: 21: 56	00: 22: 00	00:00:04
43	00: 22: 08	00: 22: 12	00:00:04
44	00: 23: 32	00: 23: 34	00:00:02
45	00: 23: 39	00: 23: 41	00:00:02
46	00: 24: 07	00: 24: 12	00:00:15
47	00: 24: 24	00: 24: 25	00:00:01
48	00: 24: 46	00: 24: 49	00:00:03
49	00: 25: 40	00: 25: 52	00:00:12
50	00: 26: 02	00: 26: 04	00:00:02
51	00: 26: 25	00: 26: 27	00:00:02
52	00: 26: 38	00: 26: 45	00:00:07
53	00: 29: 29	00: 29: 32	00:00:03
54	00: 30: 12	00: 30: 24	00:00:12
55	00: 30: 32	00: 30: 34	00:00:02
56	00: 30: 55	00: 30: 57	00:00:02
57	00: 31: 03	00: 31: 21	00:00:18
58	00: 31: 57	00: 32: 18	00:00:21
59	00: 32: 23	00: 32: 35	00:00:12
60	00: 33: 50	00: 33: 52	00:00:02
61	00: 34: 04	00: 34: 12	00:00:08
62	00: 34: 39	00: 34: 50	00:00:11
			<b>Demora promedio= 00:00:09 s</b>

## Anexo – 5 Esquema de determinación de los volúmenes de los movimientos conflictivos

Movimiento prioritario	Movimientos conflictivos del tránsito, $V_{c,x}$	
Via principal movimiento izquierdo (1. 4)	 $V_{c,1} = v_5 + v_6^{[a]} + v_{16}$	 $V_{c,4} = v_2 + v_3^{[a]} + v_{15}$
Via secundaria giro derecho (9.12)	 $V_{c,9} = \frac{v_2^{[b]}}{N} + 0.5v_3^{[c]} + v_{14} + v_{15}$	 $V_{c,12} = \frac{v_5^{[b]}}{N} + 0.5v_6^{[c]} + v_{13} + v_{16}$
Via secundaria movimiento directo (8. 11)	<p><b>Fase I</b></p>  $V_{c,I,8} = 2v_1 + v_2 + 0.5v_3^{[c]} + v_{15}$	 $V_{c,I,11} = 2v_4 + v_5 + 0.5v_6^{[c]} + v_{16}$
	<p><b>Fase II</b></p>  $V_{c,II,8} = 2v_4 + v_5 + v_6^{[a]} + v_{16}$	 $V_{c,II,11} = 2v_1 + v_2 + v_3^{[a]} + v_{15}$
Via secundaria giro izquierda (7. 10)	<p><b>Fase I</b></p>  $V_{c,I,7} = 2v_1 + v_2 + 0.5v_3^{[c]} + v_{15}$	 $V_{c,I,10} = 2v_4 + v_5 + 0.5v_6^{[c]} + v_{16}$
	<p><b>Fase II</b></p>  $V_{c,II,7} = 2v_4 + \frac{v_5}{N} + 0.5v_6^{[d]} + 0.5v_{12}^{[e,f]} + 0.5v_{11} + v_{13}$	 $V_{c,II,10} = 2v_1 + \frac{v_2}{N} + 0.5v_3^{[d]} + 0.5v_9^{[e,f]} + 0.5v_8 + v_{14}$