**III COLOQUIO DE INGENIRÍA VIAL Y OBRAS DE TRANSPORTE**

**Análisis de la intersección urbana Colón, Doble Vía y Calle 7ma, Santa Clara, Villa Clara**

***Analysis of the urban intersection Colón, Double Via and 7th Street, Santa Clara, Villa Clara***

**Ing. Laura Dávila Medina1, Ing. Luis Enrique Gálvez Herrera2, Dr. Ing. René García Depestre3**

1- Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, ldmedina@uclv.cu

2-Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, luisherrera@uclv.cu

3- Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, renegd@uclv.edu.cu

**Resumen:**

En el presente trabajo se realiza una evaluación de la calidad de circulación en la intersección urbana señalizada Colón, Doble Vía y calle 7ma, Santa Clara, Villa Clara; debido al gran número de centros generadores de viajes además de problemas relacionados con el tránsito, tales como: congestión, demoras, accidentes de tránsito y medio ambientales. Para lo cual se realizan aforos vehiculares y peatonales, y estudios de demoras, en la zona objeto de estudio, según el Manual de Trabajo del Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito de Villa Clara, además se determina el nivel de servicio aplicando la metodología establecida en el *Highway Capacity Manual* 2000 (HCM 2000), para intersecciones señalizadas; con el fin de proponer medidas encaminadas a solucionar los problemas detectados.

***Abstract:***

*In the present work an evaluation of the quality of circulation is made in the urban intersection signposted Colón, Double Via and 7th street, Santa Clara, Villa Clara; due to the large number of travel generating centers in addition to problems related to traffic, such as: congestion, delays, traffic accidents and the environment. For which vehicular and pedestrian gauges are carried out, and studies of delays, in the area under study, according to the Work Manual of the Provincial Center of Traffic Engineering of Villa Clara, in addition the level of service is determined by applying the methodology established in Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000), for signalized intersections; in order to propose measures aimed at solving the problems detected.*

**Palabras Clave:** Intersecciones urbanas sin semáforo, nivel de servicio, HCM versión 2000.

***Keywords:*** *Intersections without traffic lights, service level, HCM 2000.*

**1. Introducción**

Los problemas de transporte han adquirido mayor severidad, tanto en países industrializados como en los países en vías de desarrollo. Los avances de la ciencia y la técnica en función de mejorar las características y el desempeño del vehículo han incrementado su velocidad, capacidad de carga, potencia y comodidad. Los principales problemas son: el congestionamiento, accidentes del tránsito, diferentes tipos de vehículos circulando por las vías, tránsito motorizado circulando en vialidades inadecuadas, falta de planificación del tránsito y falta de educación vial (Cal y Mayor, 2006; Esquivel, 2011).

Cuba no está exenta de esta situación y en la red vial de Villa Clara están presentes los mismos problemas del tránsito definidos anteriormente, existiendo con mayor frecuencia en la trama urbana que en las zonas rurales. En la ciudad de Santa Clara, cabecera provincial alcanzan un auge superior por el crecimiento de las concentraciones urbanas, la heterogeneidad del parque vehicular y un pobre diseño vial en las intersecciones. Una de las zonas con incremento de los problemas del tránsito es la zona hospitalaria específicamente la intersección Colón, Doble Vía y calle 7ma Santa Clara, Villa Clara; consecuencia del elevado flujo peatonal y vehicular.

En la intersección urbana sin semáforo Colón, Doble Vía y calle 7ma Santa Clara, Villa Clara por el gran número de centros generadores de personas y los problemas del tránsito antes mencionados requiere una evaluación de su funcionamiento con el propósito de mejorar la capacidad de utilización de la intersección; mediante un análisis y/o variación de sus características geométricas, del tránsito o de control, aplicando la metodología establecida en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000, por sus siglas en inglés).

**2. Metodología**

El procedimiento para la evaluación del funcionamiento de la calidad de circulación de una intersección urbana sin semáforo es: selección de la intersección a analizar, levantamiento de la zona teniendo en cuenta sus características geométricas, del tránsito y de control; además de la determinación de la cantidad y frecuencia de los puntos de conflicto, realización de estudios de ingeniería de tránsito, para luego determinar el nivel de servicio aplicando la metodología establecida en el Manual de Capacidad de Carreteras versión 2000 (HCM por sus siglas en inglés), para intersecciones urbanas sin semáforo; con el fin de analizar los resultados obtenidos y así proponer un conjunto de mejoras encaminadas a solucionar o atenuar los problemas detectados.

Los aforos se hacen registrando los movimientos de personas y vehículos, considerando la clasificación vehicular, se realizan en las horas pico, durante tres horas, en períodos de 15 minutos, para ellos se emplean modelos de campo establecidos por el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito de Villa Clara.

El procedimiento para los estudios de demora, consiste en que un observador registra el número de vehículos que están detenidos en un acceso de la intersección, en intervalos regulares de tiempo y otro observador anota todos los vehículos que llegan a la intersección diferenciándolos en los que se detienen en la intersección y los que no, según el procedimiento establecido en el Manual de Trabajo del Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito de Villa Clara. De la observación se determina: demora total, demora promedio por vehículo, demora promedio por vehículo parado y el porcentaje de vehículos que se detienen.

**Determinación del nivel de servicio aplicando la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras para intersecciones sin semáforo**

Para determinar el nivel de servicio al que opera la intersección analizada y cada uno de sus accesos se emplea el procedimiento establecido en el HCM 2000 ver figura 1.

**Figura 1. Procedimiento para determinar el nivel de servicio en intersecciones señalizadas**



Fuente: *HighwayCapacity Manual* 2000

**Niveles de servicio**

El *Highway Capacity Manual 2000*, establece seis niveles de servicio desde el A, hasta el F, que van del mejor escenario al peor, en intersecciones señalizadas toma como medida de eficiencia la demora ver tabla 1.

**Tabla 1: Niveles de servicio**

|  |  |
| --- | --- |
| Nivel de servicio  | Demora total de la intersección (s/veh) |
| A | 0-10 |
| B | >10-15 |
| C | >15-25 |
| D | >25-35 |
| E | >35-50 |
| F | >50 |

Fuente: *Highway Capacity Manual*versión 2000

**3. Resultados y discusión**

**Selección de la intersección a analizar**

En el presente trabajo se analizará la intersección urbana sin semáforo Colón, Doble Vía y calle 7ma, en la ciudad de Santa Clara, provincia Villa Clara, por estar presente diferentes problemas del tránsito entre los que se pueden mencionar: diferentes tipos de vehículos circulando por la misma vialidad, accidentes del tránsito, falta de educación vial, problemas ambientales y demoras, consecuencia del elevado flujo peatonal y vehicular, gran cantidad de centros generadores de personas y gran número de puntos de conflicto ver figura 2.

**Figura 2 Área de estudio**



**Levantamiento de la zona**

En el levantamiento de la zona se tendrán en cuenta diferentes características como: ancho de la calzada, ancho de las aceras, número de carriles por sentido, sentidos de circulación y señales del tránsito ver tabla 2, 3 y 4.

**Tabla 2 Características del acceso: Calle 7ma (esquina piquera de VTA)**

|  |  |
| --- | --- |
| Característica | Acceso: Calle 7ma (esquina piquera de VTA) |
| Ancho de la calzada | 6,10 m |
| Ancho de la acera | 1,50 m (ambas aceras) |
| Número de carriles por sentido | 1 carril / sentido (2 sentido de circulación) |
| Sentido de circulación | Izquierda, recto, derecha |
| Señales del tránsito | C-26a  |

**Tabla 3 Características de la intersección: Calle 7ma y Colón**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Característica | Acceso: Calle 7ma y Colón (hacia Paseo de la Paz) | Acceso: Calle 7ma y Colón (hacia el parque) | Acceso: Calle 7ma y Colón (viniendo de Paseo de la Paz) | Acceso: Calle 7ma y Colón (hacia Sakenaf) |
| Ancho de la calzada | 9,75 m | 6,50 m | 6,60 m | 8,60 m |
| Ancho de la acera | 1,50 m (ambas aceras) | 1,90 m (ambas aceras) | 1,80 m (acera derecha) y 1,50 m (acera izquierda) | 1,50m (acera derecha) |
| Número de carriles por sentido | 1 carril / sentido (2 sentido de circulación) | 1 carril / sentido (2 sentido de circulación) | 1 carril / sentido (2 sentido de circulación) | 1 carril / sentido (2 sentido de circulación) |
| Sentido de circulación | Izquierda, recto, derecha | Izquierda, recto, derecha | Izquierda, recto, derecha | Izquierda, recto, derecha |
| Señales del tránsito | C-26a, B1 |  | B1 | C-26a |

**Tabla 4 Características de la intersección: Doble Vía y Colón**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Característica | Acceso: Doble Vía | Acceso: Colón y Doble Vía (hacia el parque) | Acceso: Colón y Doble Vía (hacia Sakenaf) |
| Ancho de la calzada | Separador central de 1,60 m, con calzadas a ambos lados de 5,10 m | 13,40 m | 10,00 m |
| Ancho de la acera | 2.50 m (acera derecha) | 1,50 m (ambas aceras) | 1,50 m (ambas aceras) |
| Número de carriles por sentido | 2 carriles / sentido (2 sentido de circulación) | 3 carriles (2 sentido de circulación) | 1 carril / sentido (2 sentido de circulación) |
| Sentido de circulación | Izquierda, derecha | Recto, derecha | Izquierda, recto |
| Señales del tránsito | B6, B2, Paso obligatorio, C-29, señal de información: Hospital, señal de prohibición de VTA, C-20, C-26ª | B2, señal de información: parada de ómnibus | C-26a, C-29 |

## Determinación de los puntos de conflicto

La cantidad de puntos de conflicto se determinará según los movimientos permitidos en cada uno de los accesos de la intersección que entren en conflicto con la corriente vehicular y peatonal. Los puntos de conflicto se clasifican en: divergencia, convergencia o cruce. La tabla 5 muestra un resumen de la determinación de la cantidad de puntos de conflicto de la corriente vehicular y peatonal de la zona de estudio.

**Tabla 5 Tabla resumen de la determinación de la cantidad de puntos de conflicto de la corriente vehicular y peatonal**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Intersección | Puntos de conflicto del flujo vehicular | Total de puntos de conflicto del flujo vehicular | Puntos de conflicto del flujo peatonal | Total de puntos de conflicto del flujo peatonal |
| Colón y Doble Vía | 2 divergencias2 convergencias3 cruces | 7 puntos de conflicto | 9 cruces | 9 puntos de conflicto |
| Colón y calle 7ma | 8 divergencias8 convergencias16 cruces | 32 puntos de conflicto | 8 cruces | 8 puntos de conflicto |
| Calle 7ma y calle S/N | 6 divergencias5 convergencias8 cruces | 19 puntos de conflicto | 7 cruces | 7 puntos de conflicto |

## Estudios de Ingeniería de Tránsito

El estudio de volumen vehicular se realizará mediante aforos de tránsito manuales durante tres horas, desde las 7:00-10:00am, divididos en períodos de 15 minutos. Los resultados se presentan en la tabla 6 por intersección y por movimiento en vehículos mixtos; la determinación de la hora de máxima demanda, el factor de la hora de máxima demanda, el flujo máximo de los 15 minutos más cargados en la hora de máxima demanda y la composición vehicular en la hora de máxima demanda:

**Tabla 6 Condiciones de tránsito de la zona de estudio**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Condiciones de tránsito  | Intersección: Calle 7ma y Colón | Intersección: Colón y Doble Vía | Intersección calle 7ma y calle S/N |
| Hora de máxima demanda | 8:00-9:00am | 7:30-8:30 am | 7:45-8:45am |
| Volumen de la Hora de máxima demanda | 1 294 veh/h | 1 617 veh/h | 243 veh/h |
| Factor de la Hora de máxima demanda | FHMD = 0,87 | FHMD = 0,93 | FHMD = 0,86 |
| Flujo máximo para los 15 más cargados en la Hora de máxima demanda  | Qmáx = 371 veh mixtos | Qmáx = 434 veh mixtos | Qmáx = 71 veh mixtos |
| Composición vehicular en la Hora de máxima demanda | 31% vehículos ligeros, 3% vehículos pesados, 5% ómnibus, 24% motos, 27% ciclos, 9% otros. | 25% vehículos ligeros, 3% vehículos pesados, 2% ómnibus, 27% motos, 35% ciclos, 8% otros. | 21% vehículos ligeros, 1% vehículos pesados, 12% ómnibus, 17% motos, 21% ciclos, 28% otros.  |

El estudio de volumen peatonal se realizará mediante aforos de tránsito manuales durante tres horas, desde las 7:00-10:00am, divididos en períodos de 15 minutos. Los resultados del aforo se presentan seguidamente:

* En la intersección calle 7ma y calle S/N la hora de máxima demanda es de 7:45-8:45 am, con un volumen de 1204 peatones/hora, el flujo máximo para períodos de 15 minutos corresponde al de las 7:45-8:00 am con un valor de 323 peatones.
* En la intersección calle 7ma y Colón la hora de máxima demanda es de 8:30-9:30 am, con un volumen de 1 045 peatones/hora, el flujo máximo para períodos de 15 minutos corresponde al de las 8:45-9:00 am con un valor de 283 peatones.
* En la intersección Colón y Doble Vía la hora de máxima demanda es de 7:45-8:45 am, con un volumen de 791 peatones/hora, el flujo máximo para períodos de 15 minutos corresponde al de las 7:45-8:00 am con un valor de 217 peatones.

**Frecuencia de los puntos de conflicto**

En la tabla 7, se presentan un resumen con los resultados de la determinación de la frecuencia de los puntos de conflicto de la corriente vehicular y peatonal, la cual depende de la intensidad de tránsito que se encuentra en cada trayectoria de flujo, el porcentaje de vehículos por movimiento, la cantidad de accesos a la intersección y el número de conflicto por movimiento.

**Tabla 7 Tabla resumen de la determinación de la frecuencia de los puntos de conflicto de la corriente vehicular y peatonal**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Intersección | Frecuencia de los puntos de conflicto del flujo vehicular en la hora pico  | Frecuencia de los puntos de conflicto del flujo peatonal en la hora pico  |
| Colón y Doble Vía | 686 conflicto/hora pico | 238 conflicto/hora pico |
| Colón y calle 7ma | 1 023 conflicto/hora pico  | 307 conflicto/hora pico |
| Calle 7ma y calle S/N | 106 conflicto/hora pico | 347 conflicto/hora pico |

Los estudios de demoras se realizaron en períodos de 30 minutos en el intervalo de las 7:00-10:00 am, horario en el cual fueron realizados los estudios de volumen vehicular y peatonal en la zona de análisis. A continuación, se presentan los resultados de los estudios de demora por acceso y por intersección, ver tabla 8 y 9:

**Tabla 8 Resultado del estudio de demora de la intersección Colón y Calle 7ma**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Acceso calle 7ma y Colón (hacia Paseo de la Paz) | Acceso calle 7ma y Colón (hacia el parque) | Acceso calle 7ma y Colón (viniendo del Paseo de la Paz) | Acceso calle 7ma y Colón (hacia Sakenaf) |
| Demora total de tiempo parado | 3 340 veh/s | 280 veh/s | 3 140 veh/s | 460 veh/s |
| Demora media de los vehículos que se detienen | 36 segundos | 23 segundos | 30 segundos | 23 segundos |
| Demora media de parada total | 23 segundos | 13 segundos | 37 segundos | 21 segundos |
| Porcentaje de vehículos que se detienen | 86,24% | 4,62% | 76,26% | 9,95% |

**Tabla 9 Resultado del estudio de demora de la intersección Colón y Doble Vía**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Acceso Doble Vía | Colón y Doble Vía (hacia el parque) | Colón y Doble Vía (hacia el Sakenaf) |
| Demora total de tiempo parado | 980 veh/s | 640 veh/s | 640 veh/s |
| Demora media de los vehículos que se detienen | 23 segundos | 26 segundos | 22 segundos |
| Demora media de parada total | 35 segundos | 29 segundos | 29 segundos |
| Porcentaje de vehículos que se detienen | 27,92% | 9,47% | 9,48% |

Después de realizado el estudio de demoras, se determinan los niveles de servicio por acceso y en la intersección ver tabla 10, 11.

**Tabla 10 Nivel de servicio en la intersección: Calle 7ma y Colón**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Accesos | Calle 7ma y Colón (hacia Paseo de la Paz ) | Calle 7ma y Colón (viniendo Paseo de la Paz) | Calle 7ma y Colón (hacia el parque) | Calle 7ma y Colón (hacia Sakenaf) |
| Niveles de servicio de cada acceso | C | E | B | C |
| Nivel de servicio de la intersección | C |

**Tabla 11 Nivel de servicio en la intersección: Colón y Doble Vía**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Accesos | Colón (hacia Sakenaf ) | Colón (hacia el parque) | Doble Vía |
| Niveles de servicio de cada acceso | D | D | D |
| Nivel de servicio de la intersección | D |

**Nivel de Servicio aplicando la metodología establecida en el *HighwayCapacity Manual*, versión 2000 (HCM versión 2000)**

Posteriormente se determina el nivel de servicio aplicando la metodología establecida en el Highway Capacity Manual, versión 2000 (HCM versión 2000) para intersecciones sin semáforo y los resultados se muestran en las tablas 12 y 13.

**Tabla 12 Tabla de la determinación del nivel de servicio**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Intersección | Intersección Calle 7ma y calle S/N | Intersección Calle 7ma y Colón | Intersección Colón y Doble Vía |
| Demora total (s/veh) | 10,36 | 17 | 17 |
| Nivel de servicio | B | C | C |

Después de determinar el nivel de servicio según el estudio de demoras y aplicando la metodología establecida en el Highway Capacity Manual, versión 2000 (HCM versión 2000) para intersecciones sin semáforo, se obtienen los resultados siguientes:

**Tabla 13 Nivel de servicio**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Intersección  | Nivel de servicio según el estudio de demora  | Nivel de servicio según HCM versión 2000 |
| Colón y Doble Vía  | D | C |
| Colón y calle 7ma  | C | C |
| Calle 7ma y calle S/N  | No se realizó el estudio  | B |

Según los resultados de la tabla 13, se observa que en la intersección Colón y Doble Vía no coincide el nivel de servicio que se determina por el estudio de demoras con el obtenido aplicando la metodología del HCM, versión 2000 para intersecciones sin semáforo porque el *Highway Capacity Manual*, versión 2000, se basa en las condiciones de tránsito de los Estados Unidos mientras que los estudios de demoras tienen presente la heterogeneidad del parque vehicular de Cuba, los que incluye los vehículos de tracción animal, los ciclos y motos.

## Propuesta de mejoras encaminadas a solucionar los problemas detectados

A continuación, se enumeran una serie de medidas como propuesta de mejoras encaminadas a solucionar los problemas detectados que afectan el funcionamiento de la calidad de circulación de la intersección urbana sin semáforo: Colón, Doble Vía y Calle 7ma, Santa Clara, Villa Clara:

* Canalizar los giros con pintura y múcura.
* Desplazar los puntos de ventas próximo a las aceras para lograr un tránsito peatonal seguro y ordenado.
* Eliminar siempre que sea posible las barreras arquitectónicas sobre las aceras.
* Cambiar de lugar las paradas de ómnibus no oficiales.
* Mover la piquera de los vehículos de tracción animal hacia la Calle C, entre calle 2da y calle 4ta.
* Prohibir el giro a la izquierda del acceso de la calle 7ma viniendo del Paseo de la Paz, este movimiento será sustituido por la siguiente trayectoria: continuar en sentido recto y doblar izquierda en la intersección calle 7ma y calle S/N para luego incorporarse a la calle Prolongación de Colón.
* Enrutamiento de los vehículos de tracción animal.
* Pasos peatonales.
* Prohibir el estacionamiento con una señal C-29 alrededor del micro parque.

Luego de aplicadas las mejoras encaminadas a solucionar los problemas detectados se procede a recalcular la cantidad de puntos de conflicto, la frecuencia de los puntos de conflicto de la corriente vehicular y peatonal, así como el nivel de servicio aplicando la metodología establecida en el Highway Capacity Manual, versión 2000 (HCM versión 2000) para intersecciones sin semáforo a pesar de que no se ajusta a las condiciones cubanas es posible su empleo para comparar los resultados. En la tabla 14, se muestran los resultados haciendo una breve comparación del antes y después de la aplicación de las propuestas de mejoras.

**Tabla 14 Tabla resumen de los cálculos luego de aplicadas las propuestas de mejoras en las intersecciones.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Intersección | Calle 7ma y calle S/N | Calle 7ma y Colón | Colón y Doble Vía |
|  | Antes | Después | Antes | Después | Antes | Después |
| Puntos de conflicto vehiculares | 6 divergencias | 6 divergencias | 8 divergencias | 7 divergencias | 2 divergencias | 2 divergencias |
| 5 convergencias | 5 convergencias | 8 convergencias | 7 convergencias | 2 convergencias | 2 convergencias |
| 8 cruces | 8 cruces | 16 cruces | 12 cruces | 3 cruces | 3 cruces |
| Frecuencia de los puntos de conflicto vehiculares en la hora de máxima demanda | 106 conflicto/h | 77 conflicto/h | 1 023 conflicto/h | 707 conflicto/h | 686 conflicto/h | 635 conflicto/h |
| Demora total de la intersección aplicando la metodología establecida en el HCM 2000 | 10,36 segundos | 10,13 segundos | 17 segundos | 14 segundos | 17 segundos | 16 segundos |
| Nivel de servicio de la intersección | B | B | C | B | C | C |

**4. Conclusiones**

En Cuba la norma NC 53-118-1984 establece la metodología para la determinación de las capacidades, volúmenes y niveles de servicio. Esta norma se encuentra obsoleta por estar basada en el *Highway Capacity Manual*, versión 1965 (HCM versión 1965). En el presente trabajo para la determinación del nivel de servició se aplicó la metodología establecida en el Highway Capacity Manual, versión 2000, para intersecciones sin semáforo.

Se realizaron estudios de volúmenes vehiculares y peatonales, y estudios de demoras en la zona objeto de estudio según el Manual de Trabajo del Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito de Villa Clara, demostrando que existe una gran heterogeneidad de los vehículos que circulan, presentando demoras que afectan el nivel de servicio, todo ello con el fin de definir los problemas de tránsito.

En la determinación del nivel de servicio de la zona objeto de estudio según los estudios de demoras y aplicando la metodología establecida en el Highway Capacity Manual, versión 2000, para intersecciones sin semáforo; se demuestra que no coinciden en todas las intersecciones los resultados obtenidos por ambos métodos porque el HCM, versión 2000, se basa en las condiciones de tránsito de los Estados Unidos mientras que en los estudios de demoras está presente la heterogeneidad del parque vehicular de Cuba, en donde existe un gran predominio de los vehículos de tracción animal, ciclos y motos.

Con las propuestas realizadas, se procede a recalcular la frecuencia de los puntos de conflicto vehiculares y el nivel de servicio aplicando la metodología establecida en el Highway Capacity Manual, versión 2000, para intersecciones sin semáforo; lo que manifiesta una disminución en la demora total en las intersecciones, mejorando en una de ellas de un nivel de servicio C a un nivel de servicio B, y manteniéndose en la misma clasificación las restantes intersecciones; además existe una reducción considerable de la frecuencia de los puntos de conflicto vehiculares, lo que se traduce en disminución del número de motivos de accidentes del tránsito.

**5. Referencias bibliográficas**

Bustamante Carbo, G. T. (2017). Análisis de la variación del volumen vehicular.

Cumbal Chulca, B. M. (2015). Análisis de tráfico y solución vial de la intersección: Av. Eloy Alfaro y Av. Shyris en la Ciudad de Quito, Quito: UCE.

Djeri Alassani, T. (2010). Incidencia del tránsito en la seguridad vial de las carreteras de dos carriles de interés nacional en la provincia de Villa Clara, Universidad Central" Marta Abreu" de las Villas. Cuba.

Fernández, W. E. (junio de 2011). Elementos de diseño y planeamiento de intersecciones urbanas. Lima, Perú.

Highway Capacity Manual. (2000). Estados Unidos .

Ley No. 109/10. (17 de septiembre de 2010). Cuba.

Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito . (s.f.).

Normalización, C. E. (1984). NC 53-118-1984. Métodos de cálculo de las capacidades, volúmenes y niveles de servicio . Habana Vieja, Cuba .

Spíndola, R. C., & Grisales, J. C. (2006). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones. México : Alfaomega.

Wang, W. a. (2000). Traffic engineering.