

TERCER COLOQUIO DE INGENIERÍA VIAL Y OBRAS DEL TRANSPORTE

Efecto de las brechas en el funcionamiento de intersecciones controladas por señal de PARE.

Effect of gaps in the operation of intersections controlled by signal of STOP.

MSc. Ing. Eunices Soler Sánchez¹, Dr. Ing. Ileana Cadenas Freixas²

¹Prof. Auxiliar de la Universidad de Holguín, Cuba, eunices@uho.edu.cu,

² Prof. Titular de la Universidad de Camagüey, Cuba, ileana.cadenas@reduc.edu.cu.

Resumen:

El adecuado funcionamiento de una intersección controlada por señal de Pare depende de la aceptación o no, por parte de los conductores de la vía secundaria, de intervalos de tiempo producidos entre vehículos de las corrientes principales que les permitan poder realizar las maniobras deseadas. Tiempos que son determinantes en la capacidad de la vía. La investigación tiene como objetivo determinar la brecha crítica y el tiempo de seguimiento aceptados por conductores de la ciudad de Holguín, pues se considera que los valores que brinda la metodología planteada en el Highway Capacity Manual (2010), no refleja las condiciones de operación del tránsito en esta localidad. Para el cumplimiento del objetivo planteado se determinan ambos parámetros a partir de cinco intersecciones seleccionadas como casos de estudio en las cuales se realizaron mediciones in situ. Se determina la capacidad para las condiciones locales mediante modelos teóricos y prácticos con el empleo de la metodología propuesta en el HCM (2010) para demostrar si es apropiado o no el uso de valores foráneos para la evaluación de las condiciones de operación del tránsito en estas intersecciones. A partir del procesamiento y análisis de los resultados obtenidos se concluye que los resultados de brecha crítica obtenida en el

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

terreno difieren en un 50% del brindado por el manual. El tiempo de seguimiento teórico y práctico también difiere aunque en menor medida. Por tanto se demuestra que no es adecuado emplear valores foráneos en los análisis de capacidad pues estos parámetros son variables dependientes del factor humano.

Abstract:

The proper functioning of an intersection controlled by Pare signal depends on the acceptance or not, on the part of the drivers of the secondary route, of time intervals produced between vehicles of the main currents that allow them to perform the desired maneuvers. Times that are decisive in the capacity of the road. The objective of the research is to determine the critical gap and the follow-up time accepted by drivers from the city of Holguín, since it is considered that the values provided by the methodology proposed in the Highway Capacity Manual (2010) do not reflect the operating conditions of the transit in this locality. For the fulfillment of the proposed objective, both parameters are determined from five intersections selected as case studies in which measurements were made in situ. The capacity for local conditions is determined by theoretical and practical models with the use of the methodology proposed in the HCM (2010) to demonstrate whether it is appropriate or not to use foreign values for the evaluation of traffic operation conditions in these intersections. From the processing and analysis of the results obtained, it is concluded that the results of the critical gap obtained in the field differ by 50% from that provided by the manual. The theoretical and practical follow-up time also differs to a lesser extent. Therefore it is shown that it is not appropriate to use foreign values in the capacity analysis since these parameters are variables dependent on the human factor.

Palabras Clave: Brecha; Tiempo de seguimiento; Capacidad potencial; Condición de operación.

Keywords: *Gap; Follow-up time; Potential capacity; Condition of operation*

1. Introducción

En la red vial de las zonas urbanas, las intersecciones juegan un importante rol en la regulación del tránsito, de su adecuado funcionamiento dependen la seguridad, la movilidad y la eficiencia de la circulación. Mediante el análisis de los elementos del flujo vehicular se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito, requisitos básicos para el planteamiento, proyecto y operación de carreteras, calles y sus obras complementarias dentro del sistema de transporte. Con la aplicación de las leyes de la física y las matemáticas, el análisis del flujo vehicular describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, lo cual permite determinar el nivel de eficiencia de la operación. Uno de los resultados más útiles del análisis del flujo vehicular es el desarrollo de los modelos microscópicos y macroscópicos que relacionan sus diferentes variables como el volumen, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento. Estos modelos son la base del desarrollo del concepto de Capacidad y Niveles de Servicio aplicado a diferentes tipos de elementos viales.

Los impactos negativos de circulaciones deficientes en la zona urbana se manifiestan en tiempo perdido, consumo de combustible, contaminación ambiental y accidentalidad los cuales presentan una magnitud tal que resulta importante definir con la mayor precisión posible, el grado de utilización de la capacidad y el nivel de servicio que brinda una infraestructura y el impacto que tendrían determinadas modificaciones (ya sean geométricas o de operación) sobre la misma. Cuando la demanda supera a la oferta, se produce la sobresaturación y un aumento considerable de la demora, que por tanto será la medida de efectividad que determina el nivel de servicio ofertado por la infraestructura. Los estudios de capacidad y nivel de servicio son un tanto complicados de realizar en las vías urbanas por sus características propias de circulación, resultado de la acción de gran cantidad de factores influyentes relacionados con las disímiles características geométricas, del tránsito, y de los dispositivos de control que conforman una multiplicidad de variables y escenarios posibles, atendiendo a los dos tipos de flujo vehicular (continuo y discontinuo).

En las intersecciones controladas por señales de Pare, la circulación de los vehículos en los accesos secundarios y los giros a la izquierda de las vías principales dependerá de la

aceptación, por parte de los conductores, de espacios de tiempo y de distancia entre los vehículos que circulan en la vía con preferencia que le resulten convenientes y seguros para realizar las maniobras deseadas por los conductores. Estos espacios de tiempos son denominados brechas o "gaps" que están relacionadas con otros elementos que inciden en la capacidad del uso del espacio común (el centro de la intersección).

La aceptación de brechas para cada maniobra (cruce, giro a la derecha y giro a la izquierda) depende, entre otros factores, de la actitud del conductor y esta última está asociada a las características culturales y/o regionales de cada individuo. Es por esta condición de los conductores que la aplicación de los modelos de aceptación de brechas debe realizarse con cuidado y en lo posible no generalizar experiencias foráneas.

En la literatura internacional, el análisis de capacidad y niveles de servicios de intersecciones reguladas por señales de pare se realiza mediante el empleo de la metodología establecida en el Highway Capacity Manual (HCM) en la que se establecen valores promedios de brechas críticas para los accesos secundarios teniendo en cuenta la cantidad de carriles de la vía principal (dos y cuatro), pero ¿será adecuado emplear esos valores en los análisis de funcionamiento de estas intersecciones en la ciudad de Holguín? Convirtiéndose esta interrogante en el problema de esta investigación y que conlleva a enmarcar el objetivo general en: determinar los valores de brechas aceptadas por los conductores para realizar las diferentes maniobras de giro en intersecciones controladas por señales de pare, en la ciudad de Holguín.

1.2 Capacidad en intersecciones no semaforizadas

En una intersección controlada por señal de PARE concurren los dos tipos de circulación: la continua, en la vía con preferencia o principal y discontinua en la vía secundaria, pues tendrán que detener su marcha y ceder el paso a los que transitan por la preferencial, en espera de tener un tiempo aceptable para realizar los movimientos deseados. Por tanto, en este caso, el concepto de capacidad para estas calles secundarias se redefine como: Según Raff (1950) se puede interpretar como: la oferta continua de intervalos de tiempo en la corriente principal que

el conductor acepta o rechaza según su criterio personal. Existiendo algún intervalo intermedio que definirá el límite entre el ingreso o no a la corriente principal. Este intervalo será relevante a la hora de analizar la operación de la intersección, según sea su valor así será la capacidad del acceso secundario. (Diapante, 2011) También se define como la posibilidad de descarga de una cola de vehículos suficientemente larga formado en ese acceso. De acuerdo a lo expresado, este concepto se ajusta al modelo probabilístico del comportamiento de las corrientes 8 vehiculares, que responden fundamentalmente a la interacción de los parámetros microscópicos. (Gibson, 2001) Este modelo probabilístico se fundamenta en que: para cruzar o incorporarse a una vía principal desde una secundaria, los conductores de esta última deberán observar los tiempos (brechas) que se presentan en el flujo prioritario y esperar hasta que se produzca alguna suficientemente grande en el que el conductor se sienta seguro de realizar la maniobra deseada

1.3 Análisis de los métodos para determinación de las brechas

Las brechas juegan un papel determinante en la determinación de la operación de la circulación en intersecciones controladas por señales de PARE. Pero es válido resaltar que este tiempo de ser empleado o no, dependerá de la decisión de cada conductor, decisión que está asociada a la aptitud, actitud y también de las características culturales y/o regionales de cada persona. Es por ello que se deben realizar estudios para la determinación de valor crítico aceptado por los conductores y que debe de realizarse con mucho cuidado y en lo posible no generalizar con experiencias foráneas. En el Highway Capacity Manual (HCM 2010) se establecen valores promedios de brechas críticas bases para los accesos secundarios teniendo en cuenta la cantidad de carriles de la vía principal. Esos valores fueron determinados a partir de la aplicación de métodos en los que tuvieron en cuenta las características de esa nación como se muestra en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Valores de brecha crítica base y tiempo de seguimiento.

Movimiento	Brecha crítica base, t_c , base (s)		Tiempo de seguimiento base, t_f , base (s)
	Vía principal con dos carriles	Vía principal con cuatro carriles	
Giro izquierdo 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: Transportation Research Board, 2010; Highway Capacity Manual, 2010

De acuerdo a las bibliografías consultadas, se pudo apreciar que existen métodos para la determinación de los valores críticos de brechas. Uno de ellos es el de aceptación de brechas (Brilon et al., 1997), (Wang et al., 2005). El mismo teoriza que existen un intervalo de tiempo mínimo que todos los conductores de la vía secundaria aceptarán en intersecciones con características similares, siendo este la brecha crítica (t_c). Valor en el que ningún conductor entrará en la intersección a menos que la brecha existente entre dos vehículos consecutivos en la vía principal sea mayor o igual que el crítico (t_c).

También se asume que dos o más conductores del acceso secundario podrán emplear una brecha común para ingresar en la intersección siempre y cuando sea lo suficientemente aceptable para hacerlo. Ese tiempo que tardan eso dos vehículos consecutivos en incorporarse a la vía principal mediante el uso común de un mismo tiempo de brecha es lo que se denomina, tiempo de seguimiento (t_f).

En ambos casos se estiman valores medios a partir de una muestra y se les considera como representativas de la población. Por lo que los intervalos de tiempo, es decir, las brechas (t_i) y los tiempos de seguimiento (t_f) pueden determinarse en el terreno a partir de mediciones, no así la brecha crítica (t_c) pues la misma está en función de los valores aceptados y no (Tian et al., 1999), (Diapante, 2011).

Troutbeck y Brilon (1996) plantean que el método de máxima verosimilitud es el adecuado para estimar los valores de brechas críticas. Así también lo reafirma Tian et al., (1999) quién realiza una investigación en la que compara diez

metodologías empleadas para la determinación de los intervalos críticos. Concluyendo que este método mostró ser el más exacto y confiable debido al mayor aprovechamiento de los datos recolectados al no tener que descartar tantos casos. Así también lo asevera Akcelik, (2007), quién empleó este método para estudiar la distribución de los intervalos críticos (Diapante, 2011).

También entre los disímiles métodos estadísticos que existen se puede citar el de muestreo intencional (Torres, et al., 2004). Este método permite al investigador establecer parámetros de acuerdo al objetivo del estudio a realizar, permitiendo excluir de la población, los que no cumplen con las condiciones establecidas. Dentro de este método se encuentra el método por cuotas, que es aquel en el que el investigador puede seleccionar la cantidad de muestras específica donde el número de muestras mínimas es de 100. Además puede establecer las clases o rangos en los que incluya las condicionantes planteadas en el inicio del estudio. Posteriormente se deben determinar las frecuencias absolutas y relativas con respecto a la muestra total. Para obtener el resultado deseado planteado en el estudio es necesario identificar el rango donde más frecuencias relativas se presenten y se determina la media de los valores que pertenecen a esa clase, resultado que será el valor que el investigador desea encontrar (Torres, J. et al., 2004). De acuerdo a lo referenciado, este método también puede ser empleado para determinar la brecha crítica cumpliendo la premisa que el investigador debe saber qué parámetros establecer.

1.4 Investigaciones realizadas a nivel internacional

Varias son las investigaciones que se han realizado en busca de valores de brechas y tiempos de seguimientos acordes a las características del lugar donde se están realizando los estudios. Tal es el caso de Diapante (2011) en Argentina, quien analiza los valores de brechas crítica y tiempos de seguimiento en intersecciones de tres ramas para las condiciones de esa localidad que le permite posteriormente determinar la capacidad de giro izquierdo desde la calle secundaria. La autora de esa investigación estima la capacidad para condiciones locales mediante modelos teóricos y mediciones in situ. Para ello utiliza la metodología propuesta en el Manual de Capacidad de Carreteras 2010 de Estados Unidos. Con los resultados obtenidos en las mediciones realiza un análisis estadístico con el que determina los valores de brecha crítica para los giros a la izquierda desde la calle secundaria en una intersección de la ciudad de Córdoba. Los intervalos crítico y de seguimiento para la intersección estudiada resultaron ser inferiores

en un 25% y 20% respectivamente a los propuestos en el HCM 2010. Para un volumen conflictivo de 1500 veh/h (representativo de las condiciones del caso de estudio) la capacidad del acceso secundario con los parámetros de cálculo del Manual es de 256 vehículos por hora y con las correcciones propuestas en la investigación el valor se eleva a 345 veh/h, que representa un incremento del orden del 35%. Como se puede apreciar la variación en los resultados es significativa, lo que demuestra que para las condiciones existentes en esa ciudad de Argentina no es adecuado el empleo de los valores establecidos en el Manual de Carreteras. Otra de las investigaciones referidas a la temática fue realizada en Medellín, Colombia por (Rivera, Cárdenas, 2012) cuyo propósito era determinar los valores de brecha crítica aceptadas por los conductores de esa ciudad y compararlos con los que establece el HCM, 2010 de manera que les permitirá decidir si los valores planteados por la metodología del Manual podían ser empleados en los análisis de capacidad en este país. Para ello realizaron mediciones in situ, aplicando el método de aceptabilidad de brechas en 8 intersecciones. Con los resultados obtenidos comprobaron que efectivamente no es adecuado, para los análisis de capacidad de intersecciones no semaforizadas, emplear los valores propuestos por el Manual.

Es válido resaltar que los investigadores de este trabajo, al cual se hace referencia, plantean además que no encontraron bibliografía que corroboren que los valores planteados en el Manual incluyan motocicletas. No obstante ellos determinaron las brechas aceptadas por esos conductores dado a que el volumen de este medio de transporte en las intersecciones analizadas representan alrededor del 30% del flujo que existen en los emplazamientos escogidos para su trabajo, valores que oscilan entre 4 y 5 segundos. Resultados que se alejan bastante de los establecidos por el HCM, aunque los que emplearon para realizar la comparación no incluyen los de las motocicletas. Por tanto, esta investigación al igual que la de Diapante (2011), reafirma que los análisis de capacidad se deben de realizar con los valores de brechas críticas determinados para cada localidad puesto que cada región posee características y 23 comportamientos diferentes de sus conductores. En el caso de (Rivera S., Cárdenas D., 2012) una de las condiciones que prevalece, es la elevada presencia de motocicletas, las cuales influyen también en el nivel de operación de cada vía. Por lo antes expuesto es necesario determinar los valores de brechas críticas para los análisis de capacidad de intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín.

2. Metodología

Esta investigación se basó en mediciones in situ en el terreno que permitieran validar la hipótesis propuesta. Primeramente, se analizó los parámetros que intervienen en el funcionamiento de intersecciones semaforizadas lo que permitió definir que los parámetros brecha y tiempo de seguimiento son los que mayor incidencia presenta en el análisis de capacidad de este tipo de emplazamiento. Luego se propuso un algoritmo de trabajo para obtener los valores de brecha crítica aceptados por los conductores en intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín. A partir del conocimiento de los parámetros que intervienen en las corrientes vehiculares y su interrelación se definen los estudios que son necesarios realizar acorde al alcance que se traza en este trabajo. De manera tal que se logra establecer un procedimiento en el que se incluyen diferentes estudios a desarrollar en el terreno, que con posterioridad fueron procesados, analizados y comparados lo que permite validar los resultados obtenidos.

2.1 Estudio teórico experimental para la determinación de los valores de brecha crítica base

A partir del estudio realizado de la información científico- técnica se propone el procedimiento del estudio teórico experimental para determinar los valores de brecha crítica base para las condiciones de circulación en la ciudad de Holguín los cuales intervienen en los niveles de operación del tránsito en intersecciones controladas por señales de Pare.

El procedimiento consta de cuatro pasos:

Paso 1. Selección de las intersecciones casos de estudio. Para ello se tendrán en cuenta:

- Conflictos que se generan
- Volumen en la hora de máxima demanda
- Características geométricas de las intersecciones

Paso 2. Diseño de los estudios de tránsito

- Estudio de volumen para determinar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) para cada acceso de las intersecciones objeto de estudio.
- Estudio de velocidad para determinar la velocidad con la que se aproximan los vehículos de la vía principal a la intersección.

- Determinación de brechas aceptadas y no aceptadas para un tamaño de muestra definido estadísticamente.
- Determinación de los tiempos de seguimiento para un tamaño de muestra definido estadísticamente.
- Determinación de las demoras promedio de servicio de los vehículos y tiempo promedio de movimiento desde la segunda posición en la cola, parámetros necesarios para determinar la capacidad en el terreno.

Paso 3. Procesamiento y análisis estadístico de los resultados.

Paso 4. Validación de los resultados

2.2 Desarrollo del procedimiento

Selección de las intersecciones

A partir de los aspectos establecidos en este paso y por interés del Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito (CPIT) en la tabla 2.1 se presenta un resumen de las intersecciones que cumplen con la mayoría de los requisitos planteados. Las sombreadas son las seleccionadas como casos de estudio, debido a que son las que presentan mayor similitud entre los aspectos establecidos. Todos los casos se caracterizan por tener un ancho de calzada de 5.0 m, anchos de las aceras 1.20 m. Son vías de un solo sentido de circulación, se realizan estacionamientos incluso con la presencia de señales de prohibición de esta maniobra reduciendo así el espacio de circulación. Estos aspectos son de gran importancia para el estudio de aceptación de brechas, pues facilita hacer la comparación entre los resultados a obtener en cada una de ellas.

Tabla 2.1 Resumen de intersecciones que cumplen con los requisitos iniciales de preselección

Intersecciones	Conflictos			Condiciones geométricas					Observaciones
	Punto negro	colas	Alta demanda	Pendiente $\approx 0\%$	Acera $\geq 1m$	Forma	Cant. de carriles Vp Vs		
Ave. Libertadores – Ave. XX Aniversario	x	x	x	x	x	†	4	4	Próximo a la salida de la ciudad
Aguilera - Ave. Lenin	x	x		x	x	†	2	4	La vía principal es de un solo sentido de circulación
Morales Lemus – Aguilera	x	x	x	x	x	†	2	2	Se estacionamiento permite
Máximo Gómez - Aguilera	x	x	x	x	x	†	2	2	Se estacionamiento permite
Máximo Gómez - Frexes	x	x	x	x	x	†	2	2	No se estacionamiento pero se producen
Máximo Gómez - Arias		x	x	x	x	†	2	2	Se estacionamiento permite
Máximo Gómez - Cuba		x	x	x	x	†	2	2	Se estacionamiento permite
Aricochea –Carretera Central	x		x		x	T	2	2	No se estacionamiento produce
Intersección La Plaquita	x	x	x		x	†	variable	2	No se estacionamiento pero existe un cruce peatonal, existencia de paradas de ómnibus

Fuente: elaboración propia

Diseño de los estudios de tránsito

Estudio de volúmenes

Los estudios de volúmenes responden al objetivo por el cual se realiza. En el caso de esta investigación lo que se aspira es determinar los parámetros que inciden en la operación de los flujos vehiculares en intersecciones urbanas controladas por señales de PARE, por tanto es necesario determinar el volumen horario de máxima demanda (VHMD). Según el Manual de Estudios de Tránsito (SEDESOL), se plantea que para la obtención del VHMD se deben realizar los estudios los días donde las demandas sean constantes. La manera de recolectar los datos depende mucho de la aplicación que se le vaya a dar a los mismos. En el caso de este trabajo los aforos se realizaron manualmente, en los que se tuvo en cuenta la clasificación de los medios de transportes y las maniobras de trayectoria por cada vía. Todo con el fin de obtener la hora de máxima demanda, los volúmenes por tipo de vehículo y el factor horario de máxima demanda.

En las siguientes tablas se muestran los volúmenes horarios de máxima demanda para cada caso de estudio.

Tabla 2.2 Volumen horario de máxima demanda. Caso 1. Intersección calle Máximo Gómez- Cuba

Acceso	Volúmenes por tipo de vehículos							Total	Total intersección
	movimiento	ciclo	camión	ómnibus	auto	moto	coche		
Máximo Gómez	Recto	196	12	9	253	35	88	647	867
	Izquierda	13	2	1	180	20	4	220	
Cuba	Total							745	1612
	Recto	108	10	12	208	35	98		
	Derecha	33	9	15	180	10	27	274	

Tabla 2.3 Volumen horario de máxima demanda Caso 2. Intersección Máximo Gómez – Arias

Acceso	Volúmenes por tipo de vehículos							Total	Total intersección
	movimiento	ciclo	camión	ómnibus	auto	moto	coche		
Máximo Gómez	Recto	100	18	20	435	115	55	743	898
	Derecha	70	4	0	40	9	32	155	
Arias	Total							695	1593
	Recto	98	4	3	225	108	14		
	Izquierda	17	3	2	130	90	2	243	

Tabla 2.4 Volumen horario de máxima demanda Caso 3 Intersección Máximo Gómez – Frexes

Acceso	Volúmenes por tipo de vehículos							Total	Total intersección
	movimiento	ciclo	camión	ómnibus	auto	moto	coche		
Máximo Gómez	Recto	128	11	18	225	99	46	527	647
	Derecha	32	4	0	49	35	0	120	
Frexes	Total							456	1098
	Recto	113	2	0	152	35	0		
	Izquierda	83	0	1	44	26	0	154	

Tabla 2.5 Volumen horario de máxima demanda Caso 4 Intersección Máximo Gómez-Aguilera

Acceso	Volúmenes por tipo de vehículos							Total	Total intersección
	movimiento	ciclo	camión	ómnibus	auto	moto	coche		
Máximo Gómez	Recto	77	9	9	91	64	90	340	713
	Izquierda	106	5	8	110	101	43	373	
Aguilera	Recto	86	14	8	272	105	1	486	615
	Derecha	66	3	1	42	14	3	129	

Tabla 2.6 Volumen horario de máxima demanda Caso 5 Intersección Calle Morales Lemus – Calle Aguilera

Acceso	Volúmenes por tipo de vehículos							Total	Total Inter.
	Mov	ciclo	Cam.	Ómn.	auto	moto	coche		
Morales Lemus	R	376	14	11	274	190	0	865	977
	D	32	4	5	31	40	0	112	
Aguilera	R	196	21	22	118	75	0	432	507
	I	24	1	3	25	22	0	75	

Como se puede apreciar de acuerdo a las tablas mostradas existe una diversidad de medios de transporte que comparten el mismo espacio. Condición que interfiere en la movilidad, pues las velocidades de ciclos y coches afectan a los demás tipos de vehículos, pues estos últimos tendrán que ajustarse las que registran esos medios de marcha lenta y donde su presencia es elevada en estas vías.

Estudio de velocidad

Los estudios de velocidad requieren de un tamaño de muestra adecuado para satisfacer consideraciones estadísticas. El tamaño mínimo de la muestra depende de la desviación estándar estimada (S) que para vías urbanas de dos carriles es de 7.7 km/h, la constante correspondiente al nivel de confianza deseado (K) y del error permitido en el estimado de la velocidad (E) el cual depende del instrumento para realizar las mediciones. (SEDESOL).

El estudio de velocidad se realizó de manera manual. La distancia entre los aforadores fue de 60 m, lo cual cumple con la distancia mínima para las zonas urbanas. Además la distancia entre intersecciones en la ciudad de Holguín es de aproximadamente 100 m. El tamaño de la muestra obtenida fue de 30 vehículos. A consideración de las autoras se decidió aumentar la muestra a 100 vehículos. Las mediciones se realizaron en los horarios de máxima demanda. La tabla 2. 7 muestra las velocidades promedios obtenidas en cada una de las intersecciones casos de estudio que como se podrá apreciar no excede la velocidad máxima permitida (50 km/h), establecidas en la Código de Seguridad Vial (Ley 109, 2010), pero también se puede apreciar que en varias de las vías se obtienen valores muy bajos. Esta situación se debe a la presencia de medios de transportes de marcha lenta (ciclos y coches) y los estacionamientos que se producen sobre la vía.

Tabla 2.7 Velocidades promedio obtenidas en las intersecciones casos de estudio.

Intersección	Acceso	Velocidad promedio (km/h)
Cuba - Máximo Gómez	Máximo Gómez	33.49
	Cuba	25.11
Arias - Máximo Gómez	Máximo Gómez	30.10
	Arias	31.33
Máximo Gómez - Frexes	Máximo Gómez	45.00
	Frexes	23.00
Morales Lemus - Aguilera	Morales Lemus	32.19
	Aguilera	30.00
Máximo Gómez - Aguilera	Máximo Gómez	44.00
	Aguilera	33.00

Estudio de brecha

El valor de la brecha crítica depende del actuar de los conductores cuando tienen que enfrentarse a la disponibilidad de espacios (separación) o tiempos (brechas) que se presentan entre los vehículos que circulan por la corriente principal. Para conocer el valor crítico es necesario realizar mediciones en las intersecciones, donde mediante un procesamiento estadístico se pueda encontrar el rango donde mayor número de conductores muestreados hayan aceptado. Siendo ese el rango en el cual se determinará la media, resultado que será considerado como brecha crítica. Como las vías urbanas de la ciudad de Holguín poseen diferentes medios de transporte en las mismas corrientes, se ha decidido realizar el estudio para determinar la brecha crítica mediante el método estadístico intencional por cuotas. En este método el valor mínimo del tamaño de la muestra que debe cumplir con las condiciones planteadas por el investigador, no debe ser

menor de 100. Por lo que se puede establecer una población mayor en la que permita excluir los resultados que no cumplen con las condiciones establecidas. Luego se establecen los rangos, los cuales incluyen los valores mínimos y máximos registrados dentro de la muestra seleccionada de acuerdo a los parámetros definidos inicialmente para el estudio. Posteriormente se calculan las frecuencias absolutas y relativas con respecto a la muestra total. El valor de la brecha crítica será la media de los resultados obtenidos en el rango de mayor frecuencia pues es en ese rango donde se concentran la mayor cantidad de conductores muestreados que se comportan con características similares.

Es válido aclarar que todas las mediciones se deben realizar en los horarios picos del día, pues es el horario donde mayor relación existe entre los parámetros que caracterizan cada corriente. En el caso particular de esta investigación es donde las brechas tienden a influir más en la eficiencia de la circulación de las vías secundarias de intersecciones controladas por señales de Pare.

Resultados de los estudios de brechas

Como se explicó anteriormente, este método de muestreo intencional requiere de condiciones que establece el investigador. En este caso se definen los límites mínimos y máximos de las brechas que pueden ser aceptadas por los conductores. Estos valores se establecieron de acuerdo a los resultados de mediciones de tiempo de cruces realizadas en el terreno. Es válido aclarar que los tiempos de las motos no se incluyen en el rango pues el mismo es muy bajo (1.7 segundos) los cuales solo pueden ser aceptados por los conductores de ese medio de transporte, no así para los restantes vehículos, pues emplearlas realmente conlleva a un posible accidente. Para el valor mínimo se determinó el tiempo que requieren los conductores de las vías secundarias en cruzar la vía principal. Siendo el valor mínimo a considerar entre las muestras el de 2.2 seg (tiempo medido entre los mínimos empleados por los autos ligeros para cruzar las vías). Y como valor máximo el de 6.5 seg, valor que ha sido empleado tanto por los autos ligeros como por vehículos pesados, a pesar de que estos últimos su volumen es bajo dentro de los VHMD de cada intersección. Establecida esta condición se procede a la determinación de las brechas críticas para cada caso de estudio como se muestra en la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Brechas críticas aceptadas en cada caso de estudio

Accesos	Brechas críticas aceptadas (tc) [s]
Cuba	3.13
Arias	3.42
Aguilera (MG)	3.41
Aguilera (ML)	3.50
Frexes	2.8
Promedio	3.4

Fuente: elaboración propia. (MG): Máximo Gómez, (ML): Morales Lemus

Por los resultados obtenidos y teniendo en cuenta la similitud en los comportamientos de los conductores, las características de la intersección, la obstrucción de la visibilidad, entre otros aspectos que se han mencionado con anterioridad, se define que el valor de brecha crítica aceptada por los conductores en la ciudad de Holguín que circulan por estos tipos de intersecciones es de 3.40 seg.

Estudio del tiempo de seguimiento

En este estudio se tomarán los tiempos de que dos vehículos de la vía secundaria acepten un mismo tiempo de brecha establecida por los conductores de la vía principal. Se tomará el tiempo desde que la parte trasera del primer vehículo cruce la línea de pare hasta que la misma parte del segundo vehículo pase por esa misma línea, ambos aprovechando un mismo tiempo de brecha.

Resultados obtenidos de tiempo de seguimiento

Tabla 2.9 Resultados de los tiempos de seguimiento promedios en las intersecciones casos de estudio

Accesos	Tiempos de seguimientos por accesos (tf) [s]				
	Cuba	Arias	Aguilera (MG)	Aguilera (ML)	Frexes
Promedio (autos)	3.88	3.58	3.28	2.87	3.55
Promedio (autos + VP)	4.21	4.0	3.7	3.1	3.6
promedio total (autos)	3.43				
promedio total (autos+VP)	3.72				

Fuente: elaboración propia

Como se aprecia en la tabla se presentan los promedios de los tiempos de seguimiento considerando los autos ligeros solamente y también los obtenidos considerando la presencia de vehículos pesados (VP).

Estudio de demora

El estudio de demora permite evaluar el nivel de servicio a que opera la vía y también con estos estudios se puede determinar la capacidad en el terreno. Para el cual hay que determinar la demora promedio de servicio de los vehículos (t_s), una vez que llegan a la línea de pare y el tiempo promedio de movimiento (t_{mv}) desde la segunda posición hasta la línea de pare, ambos medidos en segundos. La demora de servicio se mide para un período específico y se promedia para todos los vehículos de la calle secundaria que pasaron la intersección durante ese periodo. Esta demora es la duración desde que llega el vehículo a la primera posición de la cola, es decir desde que está en la línea de pare, hasta que logra ingresar o cruzar la corriente principal. Estas mediciones no requieren de una cola continua, no así el tiempo promedio de movimiento que requiere por lo menos dos vehículos en cola. Este tiempo es aquel que transcurre desde que el vehículo en la segunda posición de la cola ocupa la posición del primero una vez que este se retira del acceso secundario.

Tabla 2.10 Resultado de los tiempos de demora promedio de los accesos secundarios de las intersecciones objetos de estudio.

Accesos	Cuba	Arias	Aguilera (MG)	Aguilera (ML)	Frexes
t_s [s]	15.80	12.43	12.72	16.50	15.01
t_{mv} [s]	4.53	3.14	3.52	4.43	3.80
Demora total	20.33	15.57	16.24	21.0	18.81

Fuente: elaboración propia

La obtención de estas demoras permite tanto conocer la capacidad en el terreno de las vías secundarias así como los niveles de servicio a los que operan estas vías los cuales de acuerdo a los resultados no son favorables pues las demoras de descargas superan los 15 seg lo que representa que existen periodos de congestionamiento dentro de la hora de máxima demanda y disminución de la capacidad del uso del espacio común en la intersección.

Procesamiento y análisis de los resultados de los estudios de brechas

El análisis de los resultados de los estudios se basa en la comparación entre los valores obtenidos en cada intersección caso de estudio para comprobar la similitud entre los comportamientos de los conductores en la aceptación de brechas críticas y tiempos de

seguimiento. Una vez realizada la comparación se establecerá el valor crítico base teniendo en cuenta las condiciones prevalecientes en la ciudad de Holguín.

Análisis estadístico muestral de las brechas

Se realizaron intervalos de clases en los que se tienen en cuenta los valores mínimos y máximos obtenidos de las mediciones realizadas. Se determina la brecha crítica para el intervalo donde mayor frecuencia de aceptación se alcanzó. En el caso de la intersección Máximo Gómez – Cuba la mayor frecuencia de brechas aceptadas estuvieron entre los 2.1 s y 4.0s. Por tanto la brecha promedio aceptada (t_c) es de 3.13 segundos. Este procedimiento fue realizado para todos los casos de estudio obteniéndose los siguientes resultados: intersección Máximo Gómez – calle Arias ($t_c = 3.42$ segundos). Intersección Máximo Gómez – calle Aguilera ($t_c = 3.40$ segundos). Intersección Máximo Gómez – calle Frexes ($t_c = 3.60$ segundos). Intersección Morales Lemus – Aguilera ($t_c = 3.50$ segundos)

Como se puede apreciar, los valores de brechas se concentran entre los tiempos de 2 a 4 segundos, por lo que los tiempos aceptados por la mayoría de los conductores para los cinco casos de estudio se concentran alrededor de los 3.41 segundos. Estos resultados se deben a que no se tuvieron en cuenta las brechas aceptadas por los motoristas, pues los tiempos que ellos aceptan ocasionarían accidentes para los autos y vehículos pesados de estos aceptarlos.

Validación de los resultados

Para desarrollar este paso se realizarán comparaciones entre los valores obtenidos en esta investigación con los que ofrece el Manual de Capacidad (HCM, 2010) así como con los alcanzados en investigaciones internacionales. Para ello se determina la capacidad para las condiciones locales mediante modelos teóricos y prácticos con el empleo de la metodología propuesta en el HCM (2010) para demostrar si es apropiado o no el uso de valores foráneos para la evaluación de las condiciones de operación del tránsito en estas intersecciones. Este paso del procedimiento es el que demuestra el efecto que produce los tiempos de brecha y de seguimiento en los análisis de capacidad de intersecciones controladas por señales de Pare.

3. Resultados y discusión

3.1 Comparación entre las brechas críticas teóricas empleando las especificaciones del HCM 2010 y las prácticas obtenidas en el terreno.

Para poder establecer la comparación es necesario determinar los valores teóricos de las brechas críticas. Para ello se emplea la expresión planteada en la metodología del HCM (2010) con la sustitución a los resultados obtenidos de los aforos de cada caso de estudio. Una vez determinados los valores teóricos se procede a compararlos con los prácticos de manera que permita comprobar si es adecuado o no emplear los valores foráneos para los análisis de capacidad en las intersecciones de la ciudad de Holguín. En la tabla 3.1 se muestran los resultados teóricos y prácticos para cada caso de estudio.

Tabla 3.1 Brecha teórica para cada caso de estudio.

Accesos	Brecha teórica para el movimiento recto					Brecha crítica en el terreno	
	Variables						
	$t_{c,base}$ (s)	$t_{c,HV}$ (s)	P_{HV}	$t_{c,G}$ (s)	G (m/m)	$t_{c,t}$ (s)	$t_{c,p}$ (s)
Cuba	6.5	1.0	0.062	0.2	0.006	6.53	3.13
Arias	6.5	1.0	0.017	0.2	0.004	6.52	3.42
Frexes	6.5	1.0	0.007	0.2	0.002	6.51	2.80
Aguilera (MG)	6.5	1.0	0.042	0.2	0.005	6.54	3.41
Aguilera (ML)	6.5	1.0	0.093	0.2	0.003	6.60	3.50
Promedio						6.54	3.30

Fuente: elaboración propia

Como se percibe los valores difieren, esto se debe a que en el Highway Capacity Manual (2010) el valor mínimo de carriles que se estable es de dos. Sin embargo a pesar de que las vías que se analizan en esta investigación poseen un ancho de calzada en el que se pudieran producir dos corrientes vehiculares, en la realidad práctica los conductores circulan como si solo existiera una corriente vehicular por los motivos antes explicados. Para el tiempo de seguimiento se procede de manera similar al de la brecha crítica, es decir, se establece una comparación entre los valores obtenidos teóricamente y los alcanzados de las mediciones en el terreno.

Tabla 3.2 Tiempos de seguimiento teóricos y prácticos para cada caso de estudio.

Accesos	Tiempos de seguimiento teóricos			Tiempo de seguimiento en el terreno	
	$t_{r,base}$ (s)	$t_{r,HV}$ (s)	P_{HV}	$t_{r,t}$ (s)	$t_{r,p}$ (s)
Cuba	4.0	0.9	0.062	4.06	4.21
Arias	4.0	0.9	0.017	4.02	4.00
Frexes	4.0	0.9	0.007	4.01	3.60
Aguilera (MG)	4.0	0.9	0.042	4.04	3.70
Aguilera (ML)	4.0	0.9	0.093	4.08	3.10
Promedio				4.04	3.72

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar los valores de tiempo de seguimiento también difieren los valores prácticos de los teóricos.

A continuación se establece una comparación entre los valores de brechas críticas obtenidas en esta investigación con los obtenidos en la ciudad de Medellín, Colombia por Rivera, S., Cárdenas, D. (2012), quienes también evaluaron la aceptabilidad de intervalos de brechas para intersecciones con características similares a las que se tratan en este trabajo. Además se presenta el que se establece en el HCM (2010).

Tabla 3.2 Resultados obtenidos de brechas teóricas en Colombia y Holguín con el empleo del HCM y los valores prácticos de mediciones en el terreno.

Mediciones	Valores de brechas críticas t_c		
	Medellín (Colombia)	Holguín (Cuba)	HCM 2010
Práctico	5.7	3.40	6.5
Teórico	6.6	6.54	

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar, los resultados obtenidos tanto en Colombia como en esta investigación, muestran que los comportamientos de los conductores en cada región difieren bastante. En este caso los más bajos son los encontrados en este trabajo, lo que muestra que los conductores tienden a ser más osados que los conductores en Colombia y los de Estados Unidos. Conducta que refleja la falta de conciencia y de educación vial existente en la región donde se enmarca este trabajo y que conlleva a los altos índices de accidentalidad que cada año son reportados por el MININT.

3.2 Incidencia de las brechas críticas y tiempo de seguimientos en la capacidad de la vía

Este epígrafe se dedica a demostrar la incidencia de los valores de brechas y tiempos de seguimiento en la capacidad de los accesos secundarios en una intersección no semaforizada. Además de comprobar si es adecuado o no el empleo de valores de investigaciones foráneas como los que brinda el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, 2010). En las tablas 3.3 y la 3.4 se determinan los valores de la capacidad potencial para cada caso de estudio. La misma se calcula tanto para los valores teóricos de brechas críticas y tiempo de seguimiento determinados con el uso del HCM (2010) y también teniendo en cuenta los resultados obtenidos de las mediciones en el terreno presentados en las mismas las tablas anteriormente mencionadas.

Tabla 3.3 Resultados de la capacidad potencial teniendo en cuenta los valores del HCM 2010 y los resultados prácticos.

Mediciones	Valores de brechas críticas t_c	
	Valores del HCM	Valores obtenidos de las mediciones
tc	6.53	3.40
tf	4.00	3.72
Vc	1087	1087
Cp	216	595

Como se puede observar la capacidad potencial obtenida con los resultados de las mediciones in situ en la intersección arroja mayor resultado que la que se obtiene con los valores teóricos del Manual. Esto es válido debido a que los valores del manual están establecidos para vías principales con dos carriles, es decir que presentan dos corrientes vehiculares (condición mínima que establece). Sin embargo la vía principal (Máximo Gómez) no se comporta de esa manera, como se explicó en el anterior capítulo. Es por ello que el resultado de las brechas y tiempo de seguimiento son inferiores a los presentados en el Manual. Para establecer una comparación con características similares, se parte del presupuesto teórico: si para cruzar la vía en el movimiento recto en el manual se establece, para dos carriles, un tiempo de brecha crítica de 6.5 s y un tiempo de seguimiento de 4.0 s, entonces para la mitad de la distancia a recorrer se necesita la mitad de los tiempos, puesto que los conductores de la vía secundaria ya no tendrá que

enfrentarse a dos corrientes vehiculares sino a una. De acuerdo a lo planteado, se asume para establecer una nueva comparación, la mitad de los valores teóricos (brechas críticas y tiempo de seguimiento) planteados en el manual, obteniéndose los siguientes resultados. Tabla 3.4 Resultados de la capacidad potencial teniendo en cuenta la mitad de los valores del HCM 2010 y el resultado práctico.

Mediciones	Valores de brechas críticas t_c	
	Valores del HCM	Valores obtenidos de las mediciones
tc (s)	3.25	3.40
tf (s)	2.0	3.72
Vc (veh/h)	1087	1087
Cp (veh/h)	899	595

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar los valores varían considerablemente y emite un resultado coherente, pues los valores del tiempo de seguimiento son mayores para los conductores en Cuba con respecto a los conductores de los Estados Unidos pues es una cuestión del tiempo perdido en el arranque-despeje. El parque vehicular existente en Cuba es de varias décadas y mantiene un sistema mecánico para el cambio de velocidad. Sin embargo en los Estados Unidos la modernización de los automóviles es constante, prevaleciendo los vehículos automáticos, lo que le posibilita a los conductores tener menor tiempo de arranque-despeje, pues no pierden tiempo en accionar el cambio de velocidad mediante una palanca mecánica. Teniendo en cuenta lo antes expuesto se realiza el mismo análisis para los demás casos de estudio.

En el resto de los casos de estudio se manifiestan los resultados de la misma manera que lo antes expuesto. A continuación se muestran los resultados de la capacidad potencia teniendo en cuenta los valores de brecha crítica base y el tiempo de seguimiento: obtenido por el HCM sin modificación, los valores alcanzados en el terreno y modificando los valores planteados en el Manual.

Tabla 3. 4 Resultados de la capacidad potencial para cada caso de estudio

Intersecciones	Mediciones	Valores del HCM	Valores obtenidos de las mediciones	Valores del HCM según modificación
Máximo Gómez – Arias	Cp (veh/h)	279	606	1018

Máximo Gómez – Frexes	Cp (veh/h)	391	916	1195
Máximo Gómez – Aguilera	Cp (veh/h)	214	577	899
Morales Lemus – Aguilera	Cp (veh/h)	243	664	965

Fuente: elaboración propia

Como se percibe en todos los casos de estudio analizados, los resultados tienden a tener el mismo comportamiento que se explicó en el caso uno. Existe una gran diferencia entre los resultados de la capacidad cuando se calcula con los valores teóricos planteados por el HCM 2010 (para dos carriles en la vía principal y para cuando se considera que existe un solo carril). Se obtiene mayor capacidad cuando se considera que solo hay un carril en el acceso principal, resultado lógico, pues el tiempo necesario para el cruce de la vía con preferencia es menor y por tanto las brechas a aceptar así como el tiempo de seguimiento disminuyen. Esto se corrobora cuando se observan los resultados obtenidos en las mediciones in situ realizadas en cada caso de estudio.

Al establecer una comparación entre los valores obtenidos de la capacidad potencial con los datos teóricos determinados de acuerdo a las expresiones planteadas en el manual (para un solo carril en la vía principal) y las obtenidas en el terreno, las mismas también difieren. Esto se debe a que cuando se determinaron los tiempos de brecha y tiempos de seguimiento teóricos aplicando las ecuaciones planteadas en el manual, en las cuales se tienen en cuenta condiciones bases, las que responden a las características del tránsito de los Estados Unidos. Por supuesto las mismas difieren con el comportamiento de los conductores y la diversidad de medios de transporte (bicicletas, motos, vehículos pesados, autos y vehículos de tracción animal), que circulan en una misma vialidad en la ciudad de Holguín. Este análisis demuestra que emplear datos foráneos puede provocar que el análisis que se realice para determinar la condición de operación del tránsito no refleje los problemas que se generan en las intersecciones de la zona estudiada. Para una mejor comprensión se presenta la tabla 3.5 en la que establece la relación entre la intensidad /capacidad y la condición de operación del tránsito tanto para los valores obtenidos mediante datos teóricos con el uso del HCM (2010) y las capacidades alcanzadas con los resultados de las brechas y tiempos de seguimiento prácticos (mediciones en el terreno).

Tabla 3.5 Determinación de las condiciones de operación del tránsito para valores teóricos y prácticos.

Accesos	Intensidad (veh/h)	Valores teóricos		Valores del terreno		Condiciones de operación observadas en el terreno
		I/C _p	Condición de operación	I/C _p	Condición de operación	
Cuba	900	1.00	A capacidad	1.50	Forzado	Forzado
Arias	728	0.72	Inestable	1.20	Forzado	Forzado
Frexes	488	0.41	Estable	0.53	Estable	Estable
Aguilera (MG)	648	0.72	Inestable	1.12	Forzado	Inestable
Aguilera (ML)	516	0.50	Estable	0.90	Inestable	Inestable

Fuente: elaboración propia

Lo mostrado en la tabla corrobora lo antes expresado. Además reafirma lo planteado por investigadores como Diapante (2011), Rivera, S. y Cárdenas, D. (2012) de que deben ser empleados los valores de intervalos de tiempos críticos (brechas y tiempos de seguimientos) de cada nación y no emplear las brindadas en otros países. Sin embargo, el desarrollo de la investigación permite suponer la presencia de otros factores no considerados en el modelo, que deberán ser estudiados posteriormente para lograr su calibración final a las condiciones específicas de la ciudad de Holguín.

4. Conclusiones

A modo de conclusión se puede plantear que el valor de la brecha crítica varía de acuerdo al comportamiento del conductor y las características del parque vehicular, siendo estos parámetros variables locales que se pueden determinar por diferentes métodos, previo ajuste a las condiciones prevalecientes en las vías y el flujo vehicular donde se desarrolle el estudio.

La realización de estudios de tránsito en el terreno posibilitó determinar que las brechas críticas aceptadas por la mayoría de conductores de la ciudad de Holguín en intersecciones como las de los casos de estudio, es de 3.41 s y el tiempo de seguimiento promedio es 3.72 segundos. Además los resultados de las brechas críticas determinadas mediante el empleo de los valores bases brindados en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, 2010) difieren en un 50% del resultado obtenido en el terreno, debido a que la condición mínima establecida es para brechas críticas aceptadas en vía principal

con dos carriles y las vías estudiadas, aunque poseen dos carriles, operan como vías de un solo carril. En cuanto al tiempo de seguimiento teórico y el práctico alcanzado difieren en menor medida que las brechas. Las brechas difieren entre localidades o regiones por ser variable dependiente del factor humano, por lo que es incorrecto emplear los valores base de brechas y tiempos de seguimiento de otras naciones en los análisis de capacidad. El estudio realizado permitió calibrar el modelo para evaluar las condiciones de operación a partir de la relación oferta contra demanda, obteniendo resultados que coinciden con las observaciones en el terreno y difieren significativamente con los resultados obtenidos por la metodología propuesta en el HCM 2010. No obstante se recomienda ampliar el estudio a otras intersecciones que permitan valorar la incidencia de otros factores en el cálculo de la capacidad de las intersecciones controladas por señales de Pare en la ciudad de Holguín.

5. Referencias bibliográficas

1. Brilon, W, Wu, N (2002) - Unsignalized Intersections - A Third Method For Analysis - Published In Taylor, A.P. (ed.): Transportation and Traffic Theory in the 21st Century, Proceedings of the 15th International Symposium on Transportation and Traffic Theory Pergamon, Elsevier Science Ltd., New York, Tokyo, Oxford
2. Brilon, W.; Thorsten, M. (2005) - Capacity at Intersections without Traffic Signals –TRB – ISSN 0361 1981 – pages 32-40.
3. Brilon, W, Wu, N., Kerstin L., (1996) - Capacity at Unsignalized Two-Stage Priority Intersections -Published Transportation Research Record 1555 - TRB, National Research Board, Washington, D.C.
4. Caimi M., Galarraga J. (2007) - Estimación del tiempo de aceptación y del tiempo de seguimiento en rotondas de Uruguay - XXIII Congreso de Ingeniería de Transporte CORSIM User's Guide (2010).
5. Cárdenas, D., Rivera, S. (2012). Aceptabilidad de intervalos (brechas) para maniobras en intersecciones de prelación vial. Tesis en opción del título de ingeniero civil. Universidad de Medellín. Especialización en Vías y Transporte, Cohorte 10. Medellín, Colombia, 2012.

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



6. Cerquera, F. (2007). Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, escuela Ingeniería de Transporte y Vías. Tunja, Colombia.
7. Diapante, V., Galarraga, J. (2010). Intervalos críticos y capacidad en intersecciones no semaforizadas de tres ramas. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina
8. Galarraga J., Herz M., Depiante V., Ruiz Juri, N. (2002) - Intervalos críticos: comportamiento de los conductores y su impacto en la eficiencia y seguridad de las intersecciones no semaforizadas - Congreso Provsecur 2002 – Provia Panamericano de Seguridad Vial. Buenos Aires. Argentina. 65
9. Gibson, J. (2001). Teoría de flujos vehiculares. Apuntes. Universidad de Chile. División Ingeniería y Transporte. Chile, 2001.
10. Guerrero, N., Soler, E. (2018)- Determinación del flujo de saturación en intersecciones seleccionadas de la ciudad de Holguín. Tesis en opción del título de ingeniero civil. Universidad de Holguín, Cuba.
11. Kyte, M.; Tian, Z.; Mir, Z.; Hameedmansoor, Z.; Kittelson, W.; Vandehey, M.; Robinson, B.; Brilon, W.; Bondzio, L.; Wu, N.; Troutbeck, R. (1996) - Capacity and Level of Service at Unsignalized Intersections - Final Report: Volume 1 – Two Way Stop-Controlled Intersections - National Cooperative Highway Research Program 3-46.
12. Kyte, M., Clemow C., Mahfood, N., Lall B., Khisty, C. (1992) - Capacity and Characteristics of Two-Way Stop Controlled Intersections - Transportation Research Record 1320, TRB, Washington, D.C.
13. Luttinen, T. (2004) - Capacity and Level of Service at Finnish Unsignalized Intersections Finnra Reports.
14. Luttinen, T. (2006) - Capacity and Level-of-Service Estimation in Finland – Fifth International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service Yokohama, Japan, 2006.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
"II CCI UCLV 2019"



15. Prasetijo J., (2007) - Development Of A New Method Of Capacity Analysis At Unsignalized Intersections Under Mixed Traffic Flow. (Preliminary Design For Indonesia- Institute for Traffic Engineering - Ruhr-University Bochum
16. Portelles, A., Soler, E. (2016)- Evaluación de la incidencia de los medios de transporte de tracción animal sobre el nivel de servicio de intersecciones no semaforizadas en la ciudad de Holguín. Tesis en opción al título de ingeniero civil. Universidad de Holguín, Cuba.
17. Portal, M., Soler, E. (2017)- Evaluación de la incidencia de bicicletas sobre el nivel de servicio en intersecciones no semaforizadas en la ciudad de Holguín. Tesis en opción al título de ingeniero civil. Universidad de Holguín, Cuba. 66
18. Suárez, D. (2017)- Evaluación de la intersección Máximo Gómez- Frexes aplicando la metodología del HCM 2010. Tesis en opción al título de ingeniero civil. Universidad de Holguín, Cuba.
19. Tian Z., Troutbeck R., Kyte M., Brilon, W., Vandehey, M., Kittelson, W., Y Robinson, B. (2001) - A Further Investigation on Critical Gap and FollowUp Time.
20. TRB (2000). - Highway Capacity Manual (HCM) - Chapter 17-Unsignalized Intersections Special Report 209 - TRB, National Research Council, Washington, D.C. 21. TRB (2010). - Highway Capacity Manual (HCM) - Chapter 17-Unsignalized Intersections Special Report 209 - TRB, National Research Council, Washington, D.C. 22. TROUTBECK, R.; BRILON, W. (1996) - Unsignalized Intersection Theory. Chapter 8 -Página de internet: <http://www.tfhrc.gov/its/tft/chap8.pdf>.
21. Wang R., Ruskin J. (2002) - Modeling Traffic Flow at an Urban Unsignalized Intersection Computational Science — ICCS 2002ISBN 978-3-540-43591 -4 - pages 381 – 390.