

Evaluación técnica mediante procesos de micro simulación en tres intersecciones en Montería, Córdoba.

TECHNICAL EVALUATION PROCESS BY MICROSIMULATION IN THREE INTERSECTIONS MONTERIA, CORDOBA

Oscar Norbey Ipus Gaviria¹, Saieth Baudilio Chaves Pabón², Martín Ernesto Riascos Caipe³

¹ IC, Universidad Católica de Colombia, onipus76@ucatolica.edu.co

² PhD, Universidad de La Salle, Programa de Ingeniería Civil, sbchaves@unisalle.edu.co

³ MSc, Universidad de La Salle, Programa de Ingeniería Civil, meriascos@unisalle.edu.co

Fecha de recepción: 21/07/2016 Fecha de aceptación del artículo: 14/12/2016

Resumen

En desarrollo de la implementación del Sistema Estratégico de Transporte Público de Montería, se ha requerido realizar adecuaciones a tres intersecciones urbanas, ante esta situación se ha hecho necesario efectuar un estudio de tránsito, que ha permitido determinar cuál de las diferentes alternativas planteadas para realizar las adecuaciones es la más indicada en términos de tránsito; análisis que fue adelantado con herramientas de micro simulación. El estudio de tránsito explica la metodología para la determinación del tránsito existente usando en primer lugar información secundaria para determinar los periodos críticos, para los cuales se adelanta la toma de información de campo vehicular primaria mediante aforos, luego se procede a la determinación de horas pico y haciendo uso de herramientas de micro modelación se establece los principales indicadores de gestión, en términos de capacidad y nivel de servicio, que servirán como herramienta para determinar la viabilidad de las alternativas en términos de tránsito de las intersecciones evaluadas.

Palabras clave

Micro simulación, Intersecciones, Tránsito, Modelación.

Abstract

In the development of the Strategic Public

Transportation System of Montería it was necessary to make adjustments to three urban intersections. In this situation, a transit study was carried out, and it has allowed us to determine which of the different alternatives proposed to make the adjustments was the most suitable in terms of transit; this analysis was done in advance with micro simulation tools. This study also explains the methodology to determine the existing transit, using in the first-place secondary information to establish critical periods for which the information of primary vehicular field is taken in advance by capacity. Then, peak hours are determined and by micro modelation tools it's establish the main management indicators in terms of capacity and level of service that will be useful as a tool to decide the viability of the alternatives in terms of the evaluated transit intersections.

Keywords

Micro simulation, Intersections, transit, Modeling.

1. Introducción

Desde el año 2007, Montería fue incluido en los Planes Nacionales de Desarrollo 2006-2010 “Estado comunitario: Desarrollo para todos” y 2010-2014 “Prosperidad para todos” como uno de los municipios que hacen parte de la Política Nacional de Ciudades Amables, en la cual se encuentra enmarcada la Política Nacional de Transporte Urbano [1]. Debido a sus características

poblacionales y territoriales, conformó el grupo de posibles ciudades que tendrían Sistema Estratégico de Transporte Público (SETP).

Con miras a la entrada en operación del SETP, se hace necesario contar con un diseño detallado que tenga en cuenta la planeación técnica de las operaciones, las elecciones tecnológicas y la entrada al servicio de la infraestructura, articulada estrechamente con las previsiones financieras y las consideraciones en materia jurídica a que haya lugar.

Bajo este marco y con el objetivo de realizar a futuro adecuaciones geométricas y constructivas a tres intersecciones urbanas en la ciudad, se requiere realizar un análisis técnico de la viabilidad en términos de ingeniería de tránsito y de las diferentes alternativas en términos de ingeniería para realizar la adecuación de estas intersecciones, las alternativas a analizar son:

- No realizar ajustes geométricos a las intersecciones, mejorando la señalización vertical y horizontal.
- Realizar ajuste geométricos para tener intersecciones tipo glorieta.
- Realizar ajustes a las intersecciones a fin de generar pasos a desnivel.

El Estudio de Tránsito que es el método para desarrollar la evaluación técnica, proporciona datos para identificar los principales indicadores de gestión del flujo vehicular en el sector aledaño a las intersecciones a ser analizadas, con el propósito de evaluar el impacto que se pueda generar al adelantar la construcción de las mismas y de esta forma seleccionar la alternativa que más convenga para la movilidad de la ciudad de Montería y su sistema estratégico de transporte público.

En la actualidad, se presenta una gran variedad de aplicaciones relacionadas con estudios de tránsito mediante herramientas de micro simulación donde se han abordado criterios como: micro-simulación en intersecciones; corredores segregados de buses; tráfico vehicular peatonal; optimización tráfico urbano; Micro-simulación en retomes; micro-simulación en zonas de adelantamiento; micro-

simulación tráfico intersección; micros-simulación para control tráfico urbano; aplicaciones y estudios de caso de micro-simulación de tráfico, entre otros tópicos.

2. Metodología del estudio de tránsito.

El estudio de tránsito se divide en dos grandes etapas: a) Etapa previa, en la cual se determina el alcance del estudio, la justificación del mismo; así como la metodología seguida para la obtención de información de campo (aforos vehiculares) y acopio de información relacionada con diseños geométricos para las diferentes alternativas (planos). b) Etapa final, en la cual se procesa la información de campo generando resultados tales como la hora de máxima demanda en la red evaluada, el FHP (Factor Horario de Hora pico), VHMD (Volumen Horario de Máxima Demanda), estos resultados permiten alimentar el modelo de micro simulación para obtener los principales indicadores de gestión de tránsito en las diferentes alternativas planteadas para cada intersección, incluyendo la situación actual sin proyecto.

2.1. Etapa previa

2.1.1. Alcance del estudio de tránsito.

Determinar los parámetros actuales de tránsito presentes en las intersecciones evaluadas, generación de resultados una vez procesada la información de campo obteniendo FHP, VHMD. Generación de conclusiones una vez evaluadas las diferentes alternativas, mediante la herramienta de micro simulación.

Acopio de diseños en planos para las alternativas a ser evaluadas.

2.1.2. Justificación del estudio de tránsito.

El trabajo de investigación está enfocado en realizar la “EVALUACIÓN TÉCNICA MEDIANTE PROCESOS DE MICRO SIMULACIÓN EN TRES INTERSECCIONES”, haciendo uso de software especializado en los procesos de micro-simulación, herramientas propias del área de tránsito en la ingeniería.

En consideración a lo expuesto en los anteriores ítems la realización de esta investigación es importante debido al contexto de crecimiento en el cual se encuentra nuestro país, va a ser constante la realización de obras que permitan la ampliación de la oferta vial en las ciudades, donde la elaboración de estudios de tránsito permitirán dimensionar afectaciones y/o mejoras al flujo vehicular en términos de ingeniería mediante modelos de simulación que constantemente están en evolución.

2.1.3. Metodología para toma de información de campo.

La metodología empleada en diferentes estudios de tránsito para la caracterización del tránsito vehicular es la establecida en el Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte STT, Bogotá, D.C [2]. La codificación de movimientos vehiculares presentes en una intersección se puede apreciar en la figura 1.

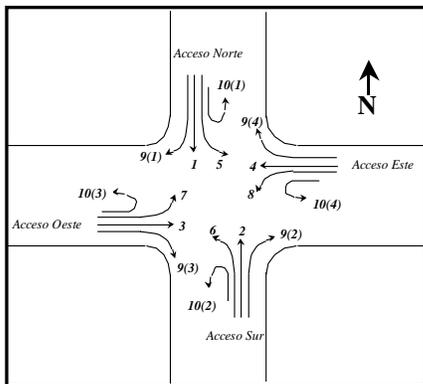


Figura 1 Codificación de movimientos en una intersección, Fuente: Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte STT, Bogotá, D.C.

Igualmente se hace necesario clarificar cuál es la clasificación de los vehículos en Colombia, es así como se hará uso de la clasificación hecha por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (en su momento) hoy en día Ministerio de Transporte, esta clasificación se presenta en la figura 2.

TIPO DE VEHÍCULOS		DESCRIPCIÓN
AUTOMÓVILES Y MICROBUSES		
BUSES		
CAMIONES	C2P	
	C2G	
	C3	
	C4	
	C5	
	>C5	

Figura 2 Clasificación vehicular en Colombia, según el MOPT, Fuente: Elaboración propia, a partir del MOPT

2.2. Etapa final

2.2.1. Resultados de aforos de campo. (Situación actual)

Una vez digitalizada y depurada la información de campo se procedió a realizar el procesamiento de la misma, en donde se consideró como primera instancia efectuar un análisis de determinación de la hora de máxima demanda para el ingreso de volúmenes vehiculares al modelo de micro simulación, teniendo en cuenta que las intersecciones hacen parte de una red como se puede evidenciar en la Figura 3 y se encuentran en una misma zona de influencia.



Figura 3 Ubicación de las intersecciones de aforo, Fuente: Elaboración propia a partir de google earth.

Los resultados del procesamiento de información de campo, se han reflejado en las tablas 1, 2, 3 y 4.

Tabla 1 Resultados de procesamiento considerando análisis de Red

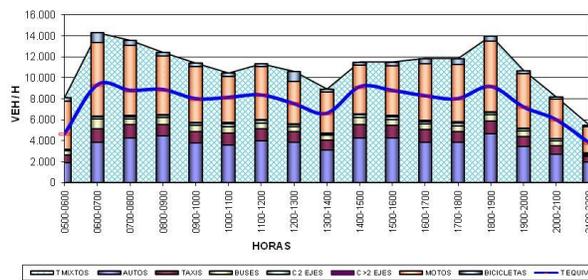
EVALUACIÓN TECNICA MEDIANTE PROCESOS DE MICROSIMULACIÓN EN TRES INTERSECCIONES EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA, CORDOBA.

RESUMEN VOLUMENES HORARIOS

ESTACIÓN : **RED ANALIZADA**
 FECHA : **lunes, 23 de febrero de 2015**
 ACCESO : **TODOS**

PERIODO	AUTOS	TAXIS	BUSES	C 2 EJES	C >2 EJES	MOTOS	BICICLETAS	T MIXTOS	T EQUIV	% HORARIO
0500-0600	1.923	703	436	89	50	4.538	390	8.129	4.667	4,37
0600-0700	3.830	1.318	922	209	73	7.017	911	14.280	9.330	7,68
0700-0800	4.231	1.311	557	205	104	6.665	475	13.548	8.810	7,29
0800-0900	4.438	1.136	614	244	81	5.556	331	12.400	8.896	6,67
0900-1000	3.797	1.061	591	232	85	5.319	289	11.374	8.019	6,12
1000-1100	3.586	1.119	638	271	100	4.440	279	10.433	8.147	5,61
1100-1200	3.979	1.164	566	248	62	5.066	227	11.312	8.373	6,09
1200-1300	3.885	955	478	213	54	4.068	932	10.585	7.550	5,69
1300-1400	3.095	956	499	138	58	3.890	275	8.911	6.629	4,79
1400-1500	4.281	1.271	636	284	54	4.704	254	11.484	9.150	6,18
1500-1600	4.285	1.169	585	275	76	4.741	361	11.492	8.811	6,18
1600-1700	3.830	1.221	544	244	115	5.389	494	11.837	8.300	6,37
1700-1800	3.834	1.033	558	273	93	5.496	538	11.825	8.024	6,36
1800-1900	4.675	1.213	600	218	74	6.737	463	13.980	9.183	7,52
1900-2000	3.426	957	529	182	83	5.185	276	10.678	7.239	5,74
2000-2100	2.694	828	462	198	39	3.754	164	8.139	6.020	4,38
2100-2200	1.951	564	166	130	15	2.506	154	5.486	3.827	2,95
TOTAL 17H	61.740	18.019	9.381	3.653	1.216	85.071	6.813	185.893	130.971	100

DISTRIBUCION HORARIA



PICO AM										
PICO AM	AUTOS	TAXIS	BUSES	C 2 EJES	C >2 EJES	MOTOS	BICICLETAS	T MIXTOS	T EQUIV	% HORARIO
600 - 615	1082	280	203	47	13	1717	129	3471	2815	25%
615 - 630	937	347	250	64	14	1745	191	3548	2909	25%
630 - 645	858	380	243	67	16	1693	302	3559	2869	25%
645 - 700	953	311	226	31	30	1862	289	3702	2886	25%
TOT PICO AM	3830	1318	922	209	73	7017	911	14280	11479	100%
COMP VEH	27%	9%	6%	1%	1%	49%	6%	100%		
FACTOR DE HORA PICO AM										0,96

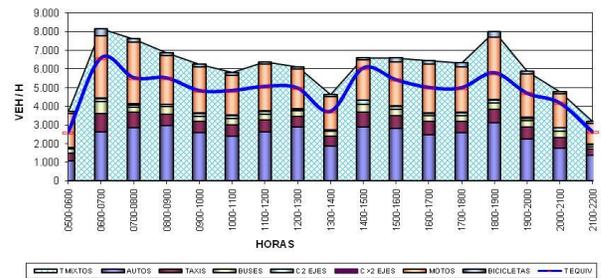
PICO PM										
PICO PM	AUTOS	TAXIS	BUSES	C 2 EJES	C >2 EJES	MOTOS	BICICLETAS	T MIXTOS	T EQUIV	% HORARIO
1800 - 1815	1312	278	152	62	13	1919	87	3823	3067	27%
1815 - 1830	1213	320	146	54	19	1682	163	3597	2897	26%
1830 - 1845	1116	280	140	52	28	1622	109	3347	2720	24%
1845 - 1900	1034	335	162	50	14	1514	104	3213	2641	23%
TOT PICO PM	4675	1213	600	218	74	6737	463	13980	11325	100%
COMP VEH	33%	9%	4%	2%	1%	48%	3%	100%		
FACTOR DE HORA PICO PM										0,91

Tabla 2 Resultados intersección Av. Circunvarlar por Carrera 14

PICO AM										
PICO AM	AUTOS	TAXIS	BUSES	C 2 EJES	C >2 EJES	MOTOS	BICICLETAS	T MIXTOS	T EQUIV	% HORARIO
600 - 615	745	191	144	34	7	802	55	1968	1734	24%
615 - 630	602	276	197	43	8	799	80	2005	1823	26%
630 - 645	599	281	174	46	10	861	149	2120	1843	26%
645 - 700	690	224	144	17	9	881	118	2083	1743	24%
TOT PICO AM	2636	962	659	140	34	3343	402	8176	7143	100%
COMP VEH	32%	12%	8%	2%	0%	41%	5%	100%		
FACTOR DE HORA PICO AM										0,96

PICO PM										
PICO PM	AUTOS	TAXIS	BUSES	C 2 EJES	C >2 EJES	MOTOS	BICICLETAS	T MIXTOS	T EQUIV	% HORARIO
1800 - 1815	851	158	92	33	6	999	52	2191	1806	27%
1815 - 1830	856	205	85	33	6	888	111	2184	1806	27%
1830 - 1845	713	152	70	32	8	794	69	1828	1518	23%
1845 - 1900	696	209	110	31	12	693	60	1811	1597	24%
TOT PICO PM	3116	724	357	129	32	3364	292	8014	6726	100%
COMP VEH	39%	9%	4%	2%	0%	42%	4%	100%		
FACTOR DE HORA PICO PM										0,91

DISTRIBUCION HORARIA



COMPOSICION VEHICULAR DEL PERIODO TOTAL DE AFORO

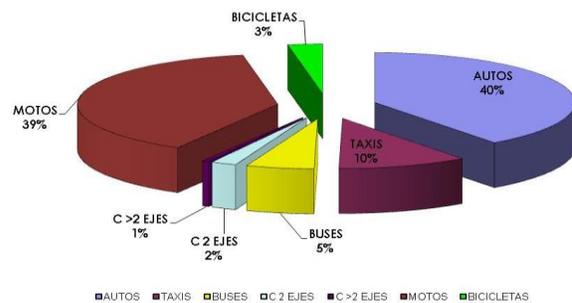


Tabla 3 Resultados intersección Calle 41 por Carrera 14

PICO AM										
PICO AM	AUTOS	TAXIS	BUSES	C 2 EJES	C >2 EJES	MOTOS	BICICLETAS	T MIXTOS	T EQUIV	% HORARIO
600 - 615	337	99	59	13	6	915	74	1503	1081	25%
615 - 630	335	71	53	21	6	946	111	1543	1086	25%
630 - 645	259	99	69	21	6	832	153	1439	1025	24%
645 - 700	263	87	82	14	21	981	171	1619	1143	28%
TOT PICO AM	1194	356	263	69	39	3674	509	6104	4336	100%
COMP/VEH	20%	6%	4%	1%	1%	60%	8%	100%		
FACTOR DE HORA PICO AM										0,94

PICO PM										
PICO PM	AUTOS	TAXIS	BUSES	C 2 EJES	C >2 EJES	MOTOS	BICICLETAS	T MIXTOS	T EQUIV	% HORARIO
1800 - 1815	461	120	60	29	7	920	35	1632	1262	27%
1815 - 1830	357	115	61	21	13	794	52	1413	1092	24%
1830 - 1845	403	128	70	20	20	838	40	1519	1202	26%
1845 - 1900	338	126	52	19	2	821	44	1402	1044	23%
TOT PICO PM	1559	489	243	89	42	3373	171	5966	4599	100%
COMP/VEH	26%	8%	4%	1%	1%	57%	3%	100%		
FACTOR DE HORA PICO PM										0,91

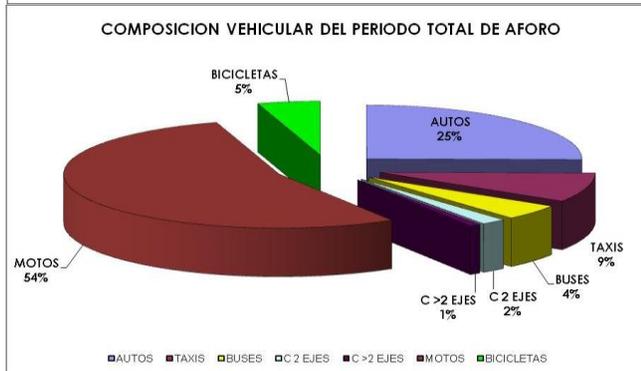
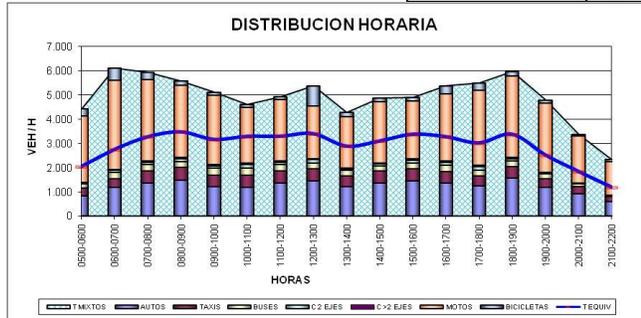
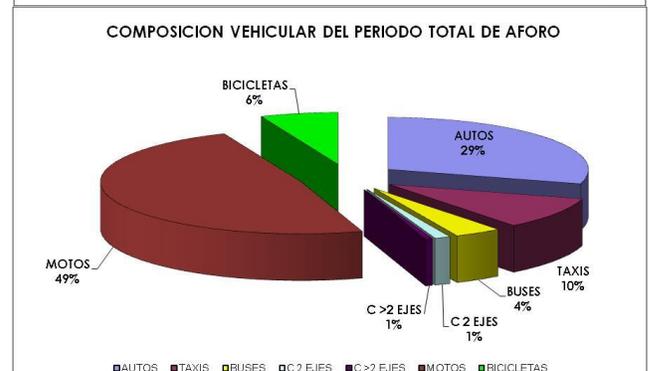
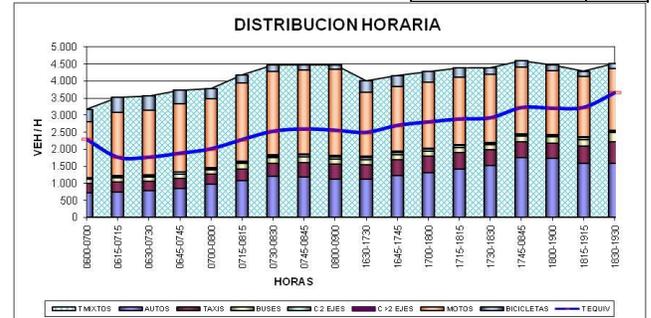


Tabla 4 Resultados intersección Calle 44 por Carrera 14

PICO AM										
PICO AM	AUTOS	TAXIS	BUSES	C 2 EJES	C >2 EJES	MOTOS	BICICLETAS	T MIXTOS	T EQUIV	% HORARIO
600 - 615	184	57	28	5	2	275	58	609	469	20%
615 - 630	196	76	46	4	4	430	74	820	611	27%
630 - 645	178	69	35	7	4	424	95	812	585	25%
645 - 700	176	65	32	12	3	499	146	933	636	28%
TOT PICO AM	724	267	141	28	13	1628	373	3174	2301	100%
COMP/VEH	23%	8%	4%	1%	0%	51%	12%	100%		
FACTOR DE HORA PICO AM										0,85

PICO PM										
PICO PM	AUTOS	TAXIS	BUSES	C 2 EJES	C >2 EJES	MOTOS	BICICLETAS	T MIXTOS	T EQUIV	% HORARIO
1800 - 1815	453	106	43	7	9	520	41	1179	957	26%
1815 - 1830	397	97	33	8	5	484	32	1056	844	23%
1830 - 1845	524	142	53	30	6	416	55	1226	1087	29%
1845 - 1900	349	114	43	6	6	456	29	1003	816	22%
TOT PICO PM	1723	459	172	51	26	1876	157	4464	3704	100%
COMP/VEH	39%	10%	4%	1%	1%	42%	4%	100%		
FACTOR DE HORA PICO PM										0,91



Como resultado del procesamiento realizado a la información de campo recopilada, se pudo determinar que la hora de máxima demanda en la red, que componen y hacen parte las tres intersecciones a ser evaluadas, corresponde al día típico de fecha lunes 23 de febrero de 2015 y es entre las 06:00 y las 07:00 horas, periodo con el cual se procedió a realizar el proceso de micro simulación para la evaluación técnica.

Con los resultados obtenidos del procesamiento de la información de campo con respecto a volúmenes vehiculares, se alimenta el software de micro simulación que permite determinar con posterioridad, a través de la generación de indicadores de tránsito, cuál es la mejor alternativa

que se plantea para cada una de las intersecciones.

2.2.2. Resultados de micro simulación. (Situación con alternativas)

Para determinar el nivel de servicio y además indicadores de gestión de tránsito tales como tiempos de viaje, tiempos de demora, entre otros, se utilizó el software de modelación Aimsun el cual, permite a partir de las condiciones de operación de las principales vías, obtener parámetros tales como la velocidad, demoras y niveles de servicio en las principales intersecciones y corredores con el fin de analizar las condiciones con y sin proyecto.

Aimsun es un software de simulación de tráfico que permite simular todo tipo de elementos, desde un carril bus hasta la totalidad de una ciudad. Con miles de usuarios con licencia en organizaciones gubernamentales, consultorías y universidades en todo el mundo, Aimsun destaca por la velocidad excepcional de sus simulaciones, por la combinación de la modelización de la demanda, la asignación estática y dinámica de tráfico con simulaciones mesoscópicas, microscópicas e híbridas microscópica-mesoscópica en una misma aplicación de software.

Aimsun permite evaluar operaciones de tráfico de cualquier escala y complejidad. La cantidad de aplicaciones es interminable, pero algunas de las más habituales son las siguientes:

- Evaluación y optimización de los planes de Prioridad de Señales de Tráfico (TSP) y de Autobuses de Tránsito Rápido (BRT).
- Estudios de viabilidad sobre Vehículos de Alta Ocupación (VAO) y carriles de alta ocupación en peajes.
- Análisis del impacto del diseño de infraestructuras como la mejora o la construcción de una nueva carretera.
- Evaluación de las estrategias de gestión de la demanda de tráfico.
- Análisis del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM).
- Optimización de Plan de control de señales (interfaz Aimsun-TRANSYT) y evaluación del control adaptativo [3].

A partir de la información de campo y la geometría actual de las intersecciones que componen la red evaluada se construyeron los modelos de las situaciones a evaluar, así:

- Escenario 0, situación actual.
- Escenario 1, intersecciones sin semáforos.
- Escenario 2, intersecciones tipo glorieta.
- Escenario 3, intersecciones con pasos a desnivel.

Los resultados obtenidos a partir de la evaluación técnica realizada con la herramienta de micro simulación se han reportado en la tabla 5.

Tabla 5 Resultados comparativos en los diferentes escenarios

	Cola Media (veh)	Flujo evaluado (Veh/hora)	Tiempo de Viaje (seg/Km)	Tiempo de demora (Seg/Km)
Escenario 0	38,61	6050	240,06	166,14
Escenario 1	41,3	6058	263,34	190,52
Escenario 2	11,13	5446	135,52	60,57
Escenario 3	0,29	6563	72	4,86

Se puede evidenciar gracias a los resultados de las modelaciones realizadas, que el escenario con mejores condiciones y resultados generaría, para esta evaluación, es el escenario de construcción de pasos a desnivel en las intersecciones, dado que los tiempos de demoras, los tiempos de viajes y demás indicadores de tránsito son los más favorables.

3. Conclusiones.

Aun cuando se ha evidenciado que el escenario número 2 intersecciones tipo glorieta, el cual contempla la construcción de glorietas en lugar de intersecciones, genera unas mejoras en todos los indicadores de tránsito, aún siguen siendo altos puesto que los tiempos de demora superan los sesenta segundos.

En definitiva, el escenario evaluado con mejores resultados en sus indicadores de tránsito es la construcción de pasos a desnivel tipo puente, en las intersecciones Calle 41 y Calle 44 elevando la Carrera 14 y en la intersección de la Carrera 14 por Av. Circunvalar haciendo un paso elevado en esta última, con resultados realmente bajos en comparación con

la situación actual.

Analizados los resultados se evidencia que la intersección que más impacta la red y los resultados es la intersección de la Avenida Circunvalar por Carrera 14.

Es claro que hacer uso de herramientas de micro simulación como el Aimsun, beneficia la toma de decisiones en proyectos viales, puesto que nos da como resultado muchos indicadores de gestión de tránsito para la toma de decisiones.

4. Lineamientos especiales

4.1. Figuras y tablas

4.1.1. Figuras

La figura 4 a la figura 15, muestran los diferentes modelos en los diferentes escenarios creados con la herramienta de micro simulación

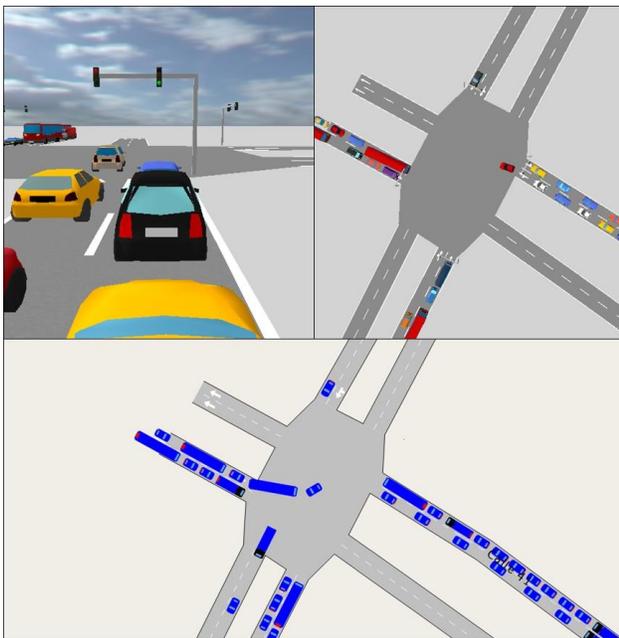


Figura 4 Modelación escenario 0, situación actual Calle 41 por Carrera 14.

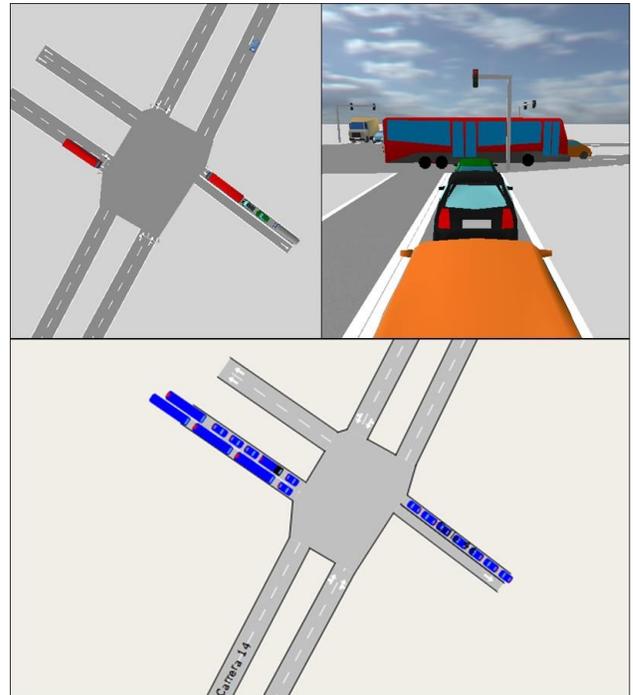


Figura 5 Modelación escenario 0, situación actual Calle 44 por Carrera 14.

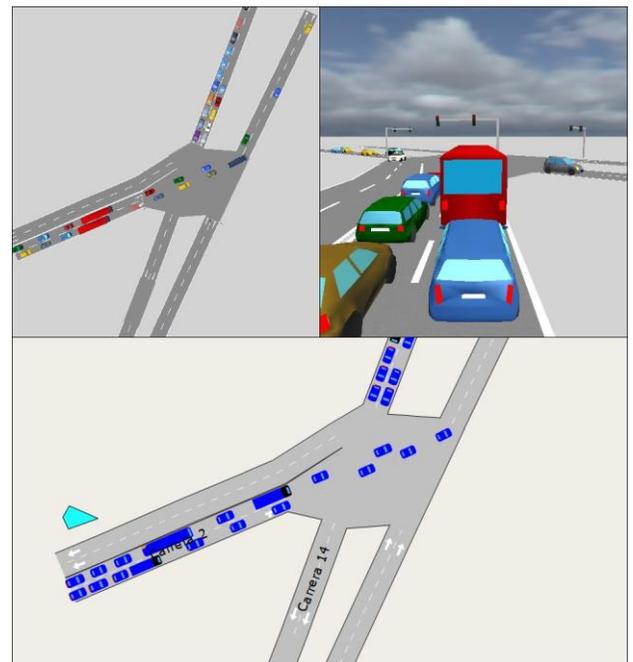


Figura 6 Modelación escenario 0, situación actual Av. Circunvalar por Carrera 14.

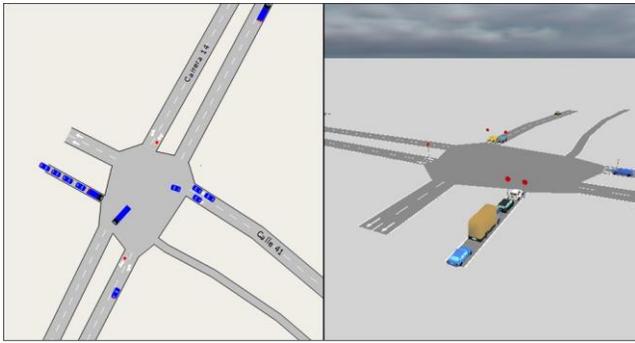


Figura 7 Modelación escenario 1, sin semáforos Calle 41 por Carrera 14.

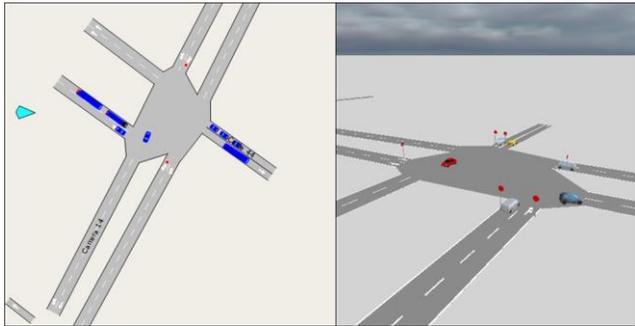


Figura 8 Modelación escenario 1, sin semáforos Calle 44 por Carrera 14.

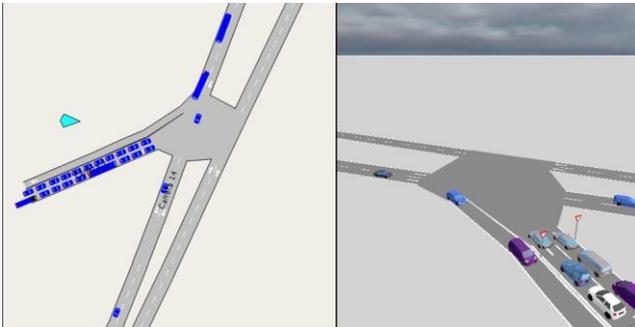


Figura 9 Modelación escenario 1, sin semáforos Av. Circunvalar por Carrera 14.

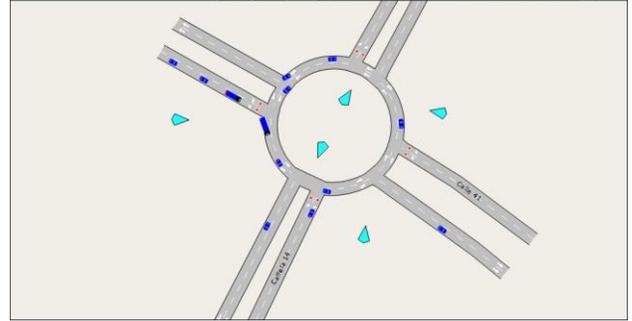


Figura 10 Modelación escenario 2, glorieta Calle 41 por Carrera 14.

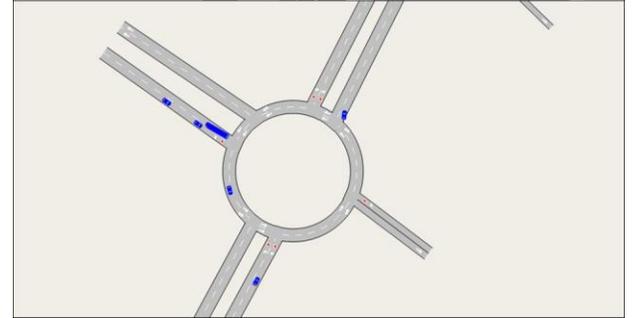


Figura 11 Modelación escenario 2, glorieta Calle 44 por Carrera 14.

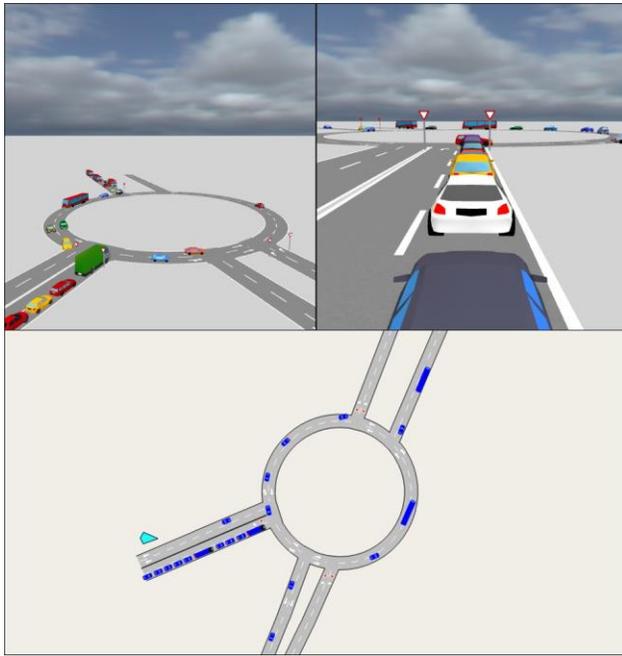


Figura 12 Modelación escenario 2, glorieta Av. Circunvalar por Carrera 14.

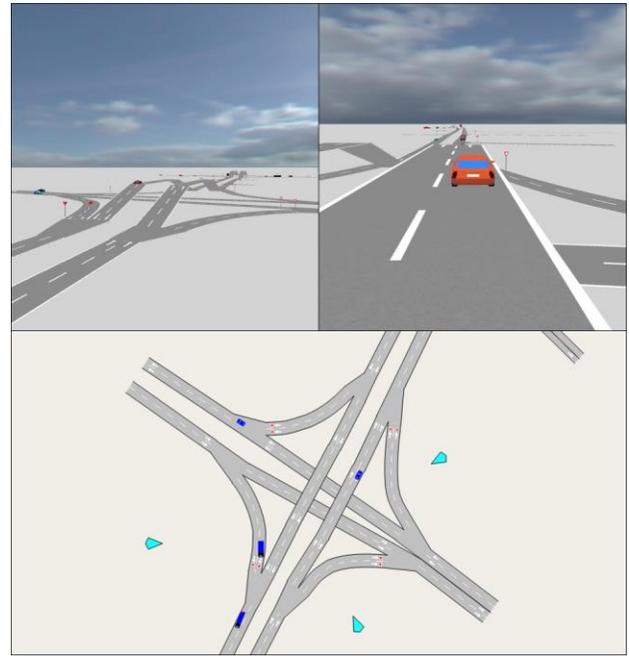


Figura 14 Modelación escenario 3, pasos a desnivel Calle 44 por Carrera 14.

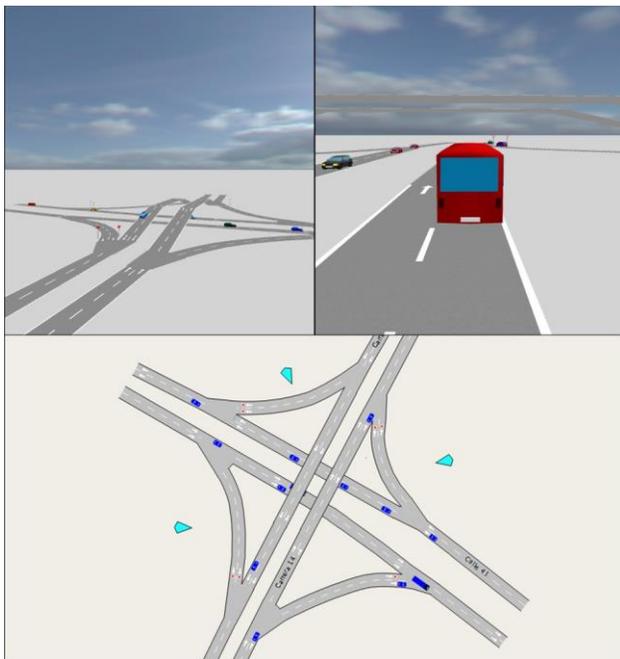


Figura 13 Modelación escenario 3, pasos a desnivel Calle 41 por Carrera 14.

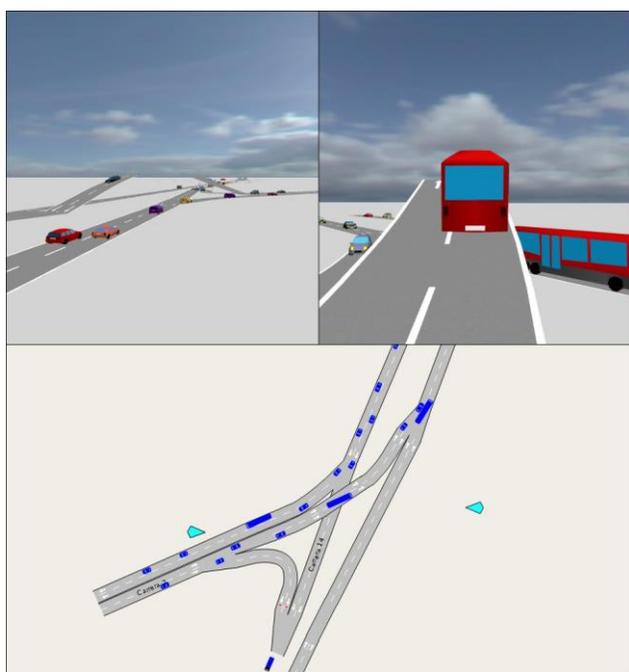


Figura 15 Modelación escenario 3, pasos a desnivel Av. Circunvalar por Carrera 14.

Referencias

1. *Consulta de Proceso “Realizar la Estructuración Operacional, Tecnológica, Financiera y Jurídica del Sistema Estratégico de Transporte Público – SETP – del Municipio de Montería”*, Consultado Abril de 2015, En: <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalle/Proceso.do?numConstancia=14-15-2960566/DocumentodeEstudiosPrevios>.
2. *Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte (2005) Cal y Mayor y Asociados – Secretaria de Tránsito y Transporte de Bogotá, Bogotá D.C.*
3. *Consulta y extracto de características del software de micro simulación AIMSUN*, Consultado Abril de 2015, En: <https://www.aimsun.com/aimsun/?lang=es>
4. Highway capacity manual (2010). *Transportation Research Board*. TRB Publications, Washington D.C.
5. Garber, N., Hoel, L. (2015). *Traffic and Highway Engineering*. Cengage Learning, 5a Ed, Stanford.
6. SAIP SAS-ICEIN SAS-IDU. (2012). *Contrato IDU No. 044-2010 “Actualización de Estudios y Diseños y la Adecuación de la Calle 6 al Sistema Transmilenio en el Tramo Comprendido entre las Troncales Caracas y NQS, Incluida la Intersección Calle 6 por Avenida NQS, en Bogotá D.C.”*, Consultado Mayo de 2015, En: <https://www.idu.gov.co/>
7. GOMEZ BOLIVAR, F.A. (2007). *Aplicación del Modelo de Micro Simulación VISSIM Caso Específico para la Ciudad de Bucaramanga – Intersección Avenida La Rosita por Carrera 15*. Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.
8. Siegel, J., Gschwender, A., Louis de Grange, C. (2003). Uso de un microsimulador de tráfico para la representación de corredores segregados de buses, *Actas del XI Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte*, 1-13.
9. Rodríguez, D., Figueroa, P. (2012). Modelo para micro-simulación de tráfico vehicular peatonal utilizando CUDA. Consultado en: <https://www.researchgate.net/publication/282329794>
10. Lema, C., Allende, S. (2009). Un análisis de los modelos y métodos de optimización del tráfico urbano, *XVII Jornadas ASEPUMA – V Encuentro Internacional*, Actas_17 Issue 1: 702.
11. Rivera, J., Ricci, L., Brizuela, L., Oviedo, M., and Villanueva, M. (2011). Análisis a partir de micro-simulación de tránsitos de retomes en vías multicarril de Buenos Aires, *Revista Ingeniería*, 19-25.
12. Moreno, A., Llorca, C., Elievam, J., Garcia, A., David K. (2014). Evaluación de las medidas de desempeño del tráfico considerando las zonas de adelantamiento de carreteras convencionales con TWOPAS, *XI Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2014)*, Santander, España.
13. Moreno, A. (2015). *Análisis de la funcionalidad del tráfico en carreteras convencionales en función de la distribución y características de sus zonas de adelantamiento*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
14. Alcalá, M. (2016). *Micro-simulación del tráfico de la intersección de las avenidas Bolívar, Córdova y calle Andalucía empleando el software VISSIM 6*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
15. Zúñiga, V. (2010). *Uso de herramientas de micro-simulación para la definición de estrategias de control de tránsito para la ciudad de Santiago*. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
16. Kaiser, E., Parr, Scott. (2012). Traffic Simulation Modeling for an Urban Chemical Disaster: Emergency Evacuation Development and Case Study. *Latin American & Caribbean Journal of Engineering Education*, Vol. 6 (1), 10-17.

17. Pratico, F.G., Vaiana, R. Gallelli, V. (2015). Micro-simulation effectiveness in predicting operating speed profiles in a roundabout. *Advances in Transportation Studies*, Issue 37, 05-14.
18. Sekhar, Ch., Madhu, E., Kanagadurai, B., Gangopadhyay, S. (2013). Analysis of travel time reliability of an urban corridor using micro simulation techniques. *Current Science (00113891)*, Vol. 105 Issue 3, 319-329.
19. Autey, J., Sayed, T., El Esawey, M. (2013). Operational performance comparison of four unconventional intersection designs using micro-simulation. *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 47 Issue 5, 536-552.
20. Yuhara, N., Tajima, J. (2006). Multi-driver agent-based traffic simulation systems for evaluating the effects of advanced driver assistance systems on road traffic accidents. *Cognition, Technology & Work*, Vol. 8 Issue 4, 283-300.
21. Abdel-Aty, M., Gayah, V. (2011). Using traffic micro-simulation to test route diversion as a real-time crash prevention strategy on freeways. *Advances in Transportation Studies*, Issue 23, 15-28.
22. Cafiso, S., D'Agostino, C. Bak, R., Kiec, M. (2016). The assessment of road safety for passing relief lanes using microsimulation and traffic conflict analysis. *Advances in Transportation Studies*, 2016 Special Issue, Issue 2, 55-64.
23. El Esawey, M., Sayed, T. (2011). Operational performance analysis of the unconventional median U-turn intersection design. *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 38 Issue 11, 1249-1261.
24. El Esawey, M., Sayed, T. (2011). Unconventional USC intersection corridors: evaluation of potential implementation in Doha, Qatar, *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 45 Issue 1, 38-53.
25. Roach, D., Christofa, E., Knodler, M. A. (2016). Safety assessment before and after implementation of roundabouts through microsimulation. *Advances in Transportation Studies*, 2016 Special Issue, Issue 2, 41-54.
26. Headrick, J., Uddin, W. (2014). Traffic flow microsimulation for performance evaluation of roundabouts and stop-controlled intersections at highway overpass. *Advances in Transportation Studies*, Issue 34, 07-18.