

Modelación de Alternativas para la Mejora de la Seguridad Vial en Intersecciones Críticas en David

Lan-Li, Stefanie

Grupo de Investigación del Transporte y Territorio, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá
Ciudad de Panamá, Panamá
stefanie.lan@utp.ac.pa u <https://orcid.org/0009-0001-6099-7979>

Icaza, Analissa

Grupo de Investigación del Transporte y Territorio, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá
Ciudad de Panamá, Panamá
analissa.icaza@utp.ac.pa

Rodríguez-Rodríguez, Roberto

Escuela de Relaciones Internacionales, Facultad de Administración Pública, Universidad de Panamá
Ciudad de Panamá, Panamá
roberto.rodriguez@up.ac.pa u <https://orcid.org/0009-0009-6180-9771>

Harris, Angelino

Grupo de Investigación del Transporte y Territorio, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá
Ciudad de Panamá, Panamá
angelino.harris@utp.ac.pa

Quijada-Alarcón, Jorge

Grupo de Investigación del Transporte y Territorio, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá
Sistema Nacional de Investigación (SNI), Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT)
Ciudad de Panamá, Panamá
jorge.quijada@utp.ac.pa u <https://orcid.org/0000-0001-8938-0190>

Abstract

The district of David, in the province of Chiriquí, has pedestrian traffic at several urban intersections that are not adequately equipped with infrastructure to ensure pedestrian safety and mobility. The absence of signage, crosswalks, and traffic control devices can directly expose the most vulnerable users of the road system. In front of this problem, by modeling and analyzing various intervention alternatives applied to critical intersections,

the conditions of their road environment, both vehicular and pedestrian, are evaluated. VISSIM simulation software is used to anticipate the impact of different interventions before their physical application. The approach involves collecting data on pedestrian and vehicular mobility, accident records, existing signage, and physical conditions at key intersections, including areas such as the Burger King intersection of Ave. 4a Este and Calle A Sur, La Basita sports center, school facilities, Municipality and David Park. Among the alternatives considered are the installation of traffic lights, raised pedestrian crossings, relocation of intersections, speed reducers, adjustments to speed limits, and lane prioritization. Each approach is evaluated based on its impact on traffic volume, road safety, and compatibility with existing infrastructure. The results of the simulations are compared to identify the most efficient and viable solutions, which contribute to the planning of safer, more sustainable road systems that meet the needs of the David district.

Keywords: pedestrians, road intersections, road safety, traffic modeling, VISSIM.

Resumen

El distrito de David, en la provincia de Chiriquí, presenta flujos peatonales en varias intersecciones urbanas de las cuales carecen de infraestructuras adecuada que garantiza la seguridad y movilidad de los peatones. La ausencia de señalizaciones, pasos peatonales y dispositivos de control del tránsito puede exponer directamente a los usuarios más vulnerables del sistema vial. Ante dicha problemática mediante la modelación y análisis de diversas alternativas de intervención aplicados a las intersecciones críticas, se evalúan las condiciones de su entorno vial tanto vehicular como peatonal. Se emplea el software de simulación VISSIM, que permite anticipar el impacto de distintas medidas antes de su implementación física. La metodología contempla la recopilación de datos sobre la movilidad peatonal y vehicular, registros de siniestros, señalizaciones existentes y condiciones físicas en intersecciones claves, incluyendo zonas como la intersección de Ave. 4a Este y Calle A Sur de Burger King, el centro deportivo La Basita, centros educativos, el Municipio y el Parque de David. Entre las alternativas consideradas se simulan la instalación de semáforos, pasos peatonales elevados, reubicación de cruces, reductores de velocidad, cambios en los límites de velocidad y priorización de carriles. Cada propuesta se evalúa en función de su efecto sobre el volumen de tránsito, la seguridad vial y la compatibilidad con la infraestructura existente. Los resultados de las simulaciones se hacen comparativas que permiten identificar las soluciones más eficientes y viables, contribuyendo a la planificación de entornos viales más seguros, sostenibles y acordes con las necesidades del distrito de David.

Palabras claves: Intersecciones viales, modelación de tráfico, peatón, seguridad vial, VISSIM.

1. INTRODUCCIÓN

La congestión vehicular constituye una de las principales problemáticas urbanas que enfrentan los países latinoamericanos y la seguridad vial se ha convertido en un aspecto de atención inmediata para la sociedad. El incremento constante de la demanda vehicular, junto con la limitada capacidad de las infraestructuras viales y la falta de planificación urbana efectiva, genera congestión de tráfico, demoras en las filas y disminuye la eficiencia del sistema de transporte. La seguridad vial depende de múltiples factores interrelacionados, entre los cuales destacan el estado de la vía de circulación y el comportamiento del conductor. Esta situación no solo afecta la movilidad y el tiempo de desplazamiento, sino que también incrementa los riesgos asociados a la seguridad vial, impactando directamente a conductores, peatones y demás usuarios de la vía. En este contexto, se vuelve imprescindible el desarrollo de estudios que permitan analizar, modelar y proponer soluciones orientadas a optimizar el flujo vehicular y garantizar condiciones de tránsito más seguras y sostenibles en entornos urbanos con aumento de tránsitos [1] [2].

El análisis de los niveles de servicio como indicador de evaluación del desempeño de una intersección o vía, permite medir la calidad de operación del tránsito en distintos escenarios de simulación permite identificar cuáles alternativas de diseño o control de tráfico como la implementación de reductores de velocidad, plataformas elevadas o semaforización para ofrecer un mejor equilibrio entre seguridad y movilidad. De esta manera, se busca determinar las configuraciones óptimas en base a la demora promedio por vehículo, capacidad vial disponible y longitud de las colas para cada punto de estudio, priorizando tanto la eficiencia del flujo vehicular como la seguridad de los usuarios del entorno vial [3] [4].

El uso del software de simulación VISSIM, permite modelar y analizar diferentes alternativas de optimización antes de su implementación física. Esta herramienta facilita la evaluación del impacto de las medidas propuestas sobre la infraestructura vial que enfrenta limitaciones y la seguridad vial en entornos con alto flujo vehicular, contribuyendo a la prevención de siniestros y al diseño de estrategias efectivas de mitigación de riesgos. [5] Asimismo, su aplicación permite sustentar las decisiones técnicas y evitar inversiones inapropiadas en intervenciones que no resulten eficientes en los puntos críticos de análisis. La simulación del tráfico permite evaluar la eficiencia del flujo vehicular y facilita la implementación de mejoras sobre la infraestructura existente, incorporando ajustes estratégicos que contribuyen a reducir la congestión y optimizar el desempeño del sistema vial [6].

La investigación ha sido realizada dentro del marco del programa de Estancias Académicas en el Laboratorio de Modelación de Sistemas de Transporte (MST-LAB) de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Panamá, Financiado por SENACYT.

2. MÉTODO

A. RECOLECCIÓN DE DATOS

La obtención de aforos vehiculares y peatonales, así como la caracterización física y operativa del sitio de estudio, con el propósito de establecer un modelo base representativo de las condiciones reales. Los aforos se registran mediante conteos manuales o asistidos durante un periodo de una hora, considerando los diferentes flujos y direcciones de circulación. Posteriormente, los datos obtenidos se integran en el software de simulación VISSIM para su procesamiento y análisis. Asimismo, se lleva a cabo la verificación de los elementos de señalización, control de tránsito y geometría vial presentes en el área, información esencial para la calibración del modelo y la validación de su comportamiento respecto al escenario actual.

B. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS

Se establecieron diferentes escenarios de simulación siguiendo una nomenclatura específica. El escenario E0 corresponde al modelo base, que representa las condiciones actuales del sitio. Los escenarios E1 a E6 consideran la incorporación de reductores de velocidad o speedtables como medida de control para mejorar la circulación. Los escenarios E7 a E10 incluyen configuraciones semafóricas con ciclos fijos y activación por pulsador. Finalmente, el escenario E11 combina semáforos y reductores de velocidad como alternativa integral para mitigar el exceso de velocidad en la zona de estudio.

Una vez determinadas los diferentes escenarios se procede a la simulación con diferentes semillas de probabilidad para producir los resultados.

C. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE ESCENARIOS Y DESEMPEÑO OPERACIONAL

A partir de los resultados obtenidos en VISSIM, se analizaron los componentes de desempeño correspondientes a los nodos de las intersecciones propuestas. Los datos generados incluyen los valores de demora promedio de vehículos (VehDelay), longitudes de colas (Qlen) y los niveles de servicio (LOS) establecidos por el programa, los cuales permiten evaluar la eficiencia operativa y determinar la factibilidad de cada alternativa en comparación con las condiciones actuales del sitio. Y a través de la demora promedio de los vehículos que está en relación de la longitud de la cola que se forma en por dirección de las calles que genera la intersección se analiza la alternativa optima de funcionamiento.

3. RESULTADOS

Se presentan los resultados obtenidos en VISSIM a través de diez simulaciones de semillas de probabilidades diferentes para simular a la realidad que no genera la misma cantidad de demanda de carros dentro del sistema vial para los diferentes escenarios simulado, que

incluye reductores de velocidad, speedtables, semáforos y combinaciones de ambos:

Tabla 1. Resultados de los niveles de servicios en intersección Burger King, David.

Escenarios	LOS		VehDelay (s)	Qlen (m)		
				Ave. 4a Este (principal)	Calle A Sur (secundaria 2)	Calle A Sur (secundaria 1)
E0	4	D	29,45	5,69	4,29	20,74
E1	6	F	128,50	78,87	26,85	78,22
E2	6	F	128,04	73,55	11,81	81,21
E3	6	F	198,33	104,42	10,20	80,47
E4	6	F	93,68	55,94	15,94	74,76
E5	6	F	119,71	95,54	6,54	78,97
E7	6	F	132,20	73,73	6,36	78,80
E8	6	F	133,82	66,96	12,93	81,28
E9	6	F	197,97	88,28	55,45	81,13

La tabla 1 muestra que el escenario E4 resulta el más eficiente, ya que la incorporación de un reductor de velocidad previo al cruce en la vía principal de un solo sentido disminuye la longitud de las colas. En contraste, el escenario E3, que contempla la instalación de un speedtable en toda la intersección, genera mayores demoras y congestión en todas las direcciones. Los escenarios con semaforización presentan un comportamiento más equilibrado, con longitudes de cola promedio de 80 metros en la vía secundaria; sin embargo, el escenario E9, con un ciclo de 180 segundos, no resulta favorable.

Tabla 2. Resultados de los niveles de servicios en intersección Centro Deportiva La Basita.

Escenarios	LOS		VehDelay (s)	Qlen (m)			
				Ave. 6a Oeste (principal)	Ave. 6a Oeste (principal 2)	C. Central (secundario)	C. Central (secundario 2)
E0	1	A	8,51	0,03	0,02	3,58	6,10
E1	4	D	55,02	6,14	3,98	21,00	52,51
E2	5	E	113,45	15,81	7,89	47,24	98,6
E3	6	F	227,90	103,39	52,80	64,37	113,86
E4	3	C	24,77	7,98	6,11	7,77	18,25
E5	4	D	50,24	14,16	9,56	20,16	45,83
E6	6	F	93,63	16,96	11,77	30,16	92,05
E7	3	C	26,82	9,47	8,48	6,39	11,26
E8	5	E	105,01	13,73	11,44	35,22	95,47
E9	6	F	163,39	27,50	25,94	80,94	104,48

En la tabla 2 muestra el análisis comparativo de las colas por dirección evidencia que las alternativas más eficientes corresponden a los escenarios E1 y E4, donde se propone la implementación de reductores de velocidad o speedtables en la vía secundaria. Estas configuraciones permiten una mejor fluidez vehicular sin afectar significativamente la circulación principal. En contraste, el escenario E3, que contempla una plataforma elevada en todo el cruce, resulta menos favorable al generar una mayor acumulación vehicular debido a la reducción excesiva de velocidad en ambas direcciones. Por otro lado, la instalación de semáforos de cuatro fases en esta intersección no representa una solución viable por su baja eficiencia operativa.

Tabla 3. Resultados de los niveles de servicios en intersección Hospital Materno Infantil.

Escenarios	LOS		VehDelay (s)	Q _{len} (m)		
				Carretera Panamericana 2	Carretera Panamericana 1	Salida del Hospital
E0	1	A	0,54	1,68	0,84	0,82
E1	6	F	69,54	274,48	166,64	11,30
E4	6	F	55,01	275,57	149,26	14,85
E7	1	A	10,45	28,54	9,73	0,85
E10	2	B	11,59	41,13	8,12	0,84
E11	6	F	102,32	274,19	196,82	11,69

La comparación de las colas por dirección en la tabla 3 muestra que los escenarios E1, E4 y especialmente E11, que incorporan speedtables o reductores de velocidad, provocan un aumento considerable en la longitud de las colas vehiculares, por lo que no representan una alternativa adecuada para la vía analizada. A diferencia de la implementación de semaforización por ciclo o mediante botón, como se plantea en los escenarios E7 y E10, resulta una opción más eficiente y segura, ya que facilita el cruce peatonal y mejora la interacción entre el flujo vehicular y peatonal.

Dado los análisis de niveles de servicio muestran que la intersección de Burger King presenta un desempeño aceptable en el escenario actual con nivel de servicio (LOS D), pero las alternativas propuestas reducen su eficiencia (LOS F), destacando E3 y E9 como las menos favorables por sus mayores demoras. En el Centro Deportivo La Basita, la condición actual es óptima (LOS A), y las mejores opciones son E4 (LOS C) al incorporar reductores de velocidad, mientras que E3 presenta el peor rendimiento (LOS F). En el Hospital Materno Infantil, las combinaciones de medidas generan mayores demoras, siendo más eficientes los escenarios con semaforización por ciclo o por botón (E7 y E10).

4. CONCLUSIONES

En la comparación de los tres puntos de estudio (Burger King, Centro Deportivo La Basita y Hospital Materno Infantil), se observa que las intervenciones con reductores de velocidad o speedtables no siempre generan mejoras en la operación vial, ya que en algunos casos incrementan significativamente las colas y demoras.

En cambio, las alternativas con semaforización controlada o por botón resultan más adecuadas, especialmente en zonas con alto flujo peatonal como el Hospital.

Los niveles de servicio varían desde A hasta F, evidenciando que la elección del tipo de control influye directamente en la capacidad y eficiencia del flujo vehicular. En general, las opciones más equilibradas y favorables corresponden a aquellas que aplican medidas moderadas de control sin comprometer la movilidad.

Referencias

- [1] A. Berbey Álvarez, F. Henríquez Espinosa y J. d. D. Sanz Bobi, «Un siglo de estudios de transporte en Panamá: una revisión,» Universidad Nacional de Educación a Distancia (España), Universidad Politécnica de Madrid., 2022.
- [2] J. L. Santivañez Sanchez, «Seguridad vial, accidentes y responsabilidad empresarial en Lima: Revisión sistemática 2019-2024», YACHAQ, n.º 19, pp. 97–132, ago. 2025.
- [3] A. Pratama, G. Kharisma, T. P. Setiawan, A. Rijaluddin y M. Taufik, «A Systematic Review of the Impact of Side Frictions on Road Service Levels in Urban Roadways,» Journal of Artificial Intelligence and Digital Business, vol. 4, n.º 2, pp. 5355-5363, Julio 2025.
- [4] J. N. Hasan y N. A. Hussein, «Traffic Assessment and Optiization at Signalized Intersections: A Review Study,» Journal of University of Duhok, vol. 25, n.º 1, pp. 124-141, 2022.
- [5] E. Avalos, P. Palomino y D. Muñoz, «Incorporación de medidas de prevención de accidentes en el diseño de infraestructura vial: Una revisión sistemática,» Revista Espacio, vol. 46, n.º 15, 2025.
- [6] D. Zavaleta Hoyos, «Programa Synchro Traffic para mejorar la optimización del tránsito vehicular: una revisión de la literatura científica,» Universidad Privada del Norte, 2021.

Autorización y Licencia CC

Los autores autorizan a APANAC XVIII a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XVIII ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.