



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3476>

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

*Análisis del nivel de servicio en intersección semaforizada: Avenidas Manabí y América, Portoviejo, Manabí*

*Analysis of the level of service at a signalized intersection: Avenidas Manabí and América, Portoviejo, Manabí*

*Análise do nível de serviço em uma interseção sinalizada: Avenidas Manabí e América, Portoviejo, Manabí*

Deysi Leonela Ibarra Villavicencio <sup>I</sup>

[deisyibavilla@hotmail.es](mailto:deisyibavilla@hotmail.es)

<https://orcid.org/0009-0008-3677-8048>

Daniel Delgado <sup>II</sup>

[daniel.delgado@utm.edu.ec](mailto:daniel.delgado@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-5251-8037>

**Correspondencia:** [deisyibavilla@hotmail.es](mailto:deisyibavilla@hotmail.es)

\***Recibido:** 23 de mayo de 2023 \***Aceptado:** 12 de junio de 2023 \* **Publicado:** 20 de julio de 2023

- I. Estudiante de Maestría en Ingeniería Civil, Mención Construcción de Vivienda Social, Instituto de Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- II. Docente Instituto de Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

## Resumen

El congestionamiento vehicular es considerado un problema social que constantemente es asociado con el crecimiento descontrolado y sin planificación de las ciudades, en especial en Ecuador. Sin embargo, pocos son los esfuerzos para buscar medidas que mitiguen los problemas de movilidad, o las estrategias vigentes son escogidas sin un análisis adecuado. El objetivo principal de la presente investigación es analizar el nivel de servicio en la intersección semaforizada de las avenidas América y Manabí en la ciudad de Portoviejo-Ecuador, mediante la utilización del software informático VISSIM de simulación de tráfico, para establecer medidas que permitan mejorar la movilidad de la zona de estudio. La metodología consistió en identificar la composición vehicular dentro de la intersección mediante la aplicación de aforos manuales registrados en intervalos de 15 minutos en 3 días de la semana que no se hayan visto afectados por ningún evento extraordinario que pueda sesgar la veracidad de los resultados. Los datos geométricos de la zona de estudio fueron obtenidos en campo para posteriormente registrar toda la información dentro de la interfaz del programa VISSIM y determinar el nivel de servicio considerando la propuesta metodológica de HCM. El análisis de resultados permitió identificar que el vehículo liviano es el principal generador de los problemas de movilidad. Pese a esto, los este tipo de transporte registra una leve disminución en su utilización durante los últimos años, lo que es considerado como una tendencia positiva para la movilidad urbana. Mediante VISSIM se determinó que el nivel de servicio de la intersección fue “D”, identificando el problema principal en el punto de aproximación 4. Los resultados obtenidos permiten a las entidades de control, aplicar medidas para mitigar los problemas actualmente identificados.

**Palabras Claves:** Nivel de servicio; intersección semaforizada; Manabí; tránsito vehicular; congestión vehicular.

## Abstract

Vehicle congestion is considered a social problem that is constantly associated with the uncontrolled and unplanned growth of cities, especially in Ecuador. However, few are the efforts to look for measures that mitigate the mobility problems, or the current strategies are chosen without an adequate analysis. The main objective of this research is to analyze the level of service at the traffic light intersection of América and Manabí avenues in the city of Portoviejo-Ecuador, through the use of the VISSIM traffic simulation computer software, to establish measures to improve the mobility in the study area. The methodology consisted of identifying the vehicular composition within the

intersection through the application of manual gauging recorded at 15-minute intervals on 3 days of the week that have not been affected by any extraordinary event that could bias the veracity of the results. The geometric data of the study area were obtained in the field to later record all the information within the VISSIM program interface and determine the level of service considering the HCM methodological proposal. The analysis of results made it possible to identify that the light vehicle is the main generator of mobility problems. Despite this, this type of transport has registered a slight decrease in its use in recent years, which is considered a positive trend for urban mobility. Using VISSIM, it was determined that the service level of the intersection was "D", identifying the main problem at approach point 4. The results obtained allow control entities to apply measures to mitigate the problems currently identified.

**Keywords:** Service level; signalized intersection; Manabi; vehicular traffic; traffic congestion.

## Resumo

O congestionamento de veículos é considerado um problema social que está constantemente associado ao crescimento descontrolado e não planejado das cidades, especialmente no Equador. No entanto, poucos são os esforços para buscar medidas que mitiguem os problemas de mobilidade, ou as estratégias atuais são escolhidas sem uma análise adequada. O principal objetivo desta pesquisa é analisar o nível de serviço no cruzamento semáforo das avenidas América e Manabí na cidade de Portoviejo-Ecuador, através do uso do software de simulação de tráfego VISSIM, para estabelecer medidas para melhorar a mobilidade em a área de estudo. A metodologia consistiu em identificar a composição veicular dentro da interseção através da aplicação de medições manuais registradas em intervalos de 15 minutos em 3 dias da semana que não foram afetados por nenhum evento extraordinário que pudesse influenciar a veracidade dos resultados. Os dados geométricos da área de estudo foram obtidos em campo para posteriormente registrar todas as informações dentro da interface do programa VISSIM e determinar o nível de serviço considerando a proposta metodológica do HCM. A análise dos resultados possibilitou identificar que o veículo leve é o principal gerador de problemas de mobilidade. Apesar disso, este tipo de transporte tem registado um ligeiro decréscimo na sua utilização nos últimos anos, o que é considerado uma tendência positiva para a mobilidade urbana. Com recurso ao VISSIM, determinou-se que o nível de serviço do cruzamento era "D", identificando o principal problema no ponto de aproximação 4. Os resultados obtidos permitem às entidades de controlo aplicar medidas para mitigar os problemas atualmente identificados.

**Palavras-chave:** Nivel de serviço; cruzamento sinalizado; Manabi; Tráfego de veículos; tráfico congestionado.

## Introducción

El congestionamiento vehicular es uno de los problemas sociales más importantes a nivel mundial (Delgado et al., 2021) y frecuentemente es asociado con la construcción de nuevas estructuras viales que iniciaron con el surgimiento del vehículo motorizado desde finales del siglo XIX (Gómez & Delgado., 2022).

A nivel mundial, existen muchas ciudades que han experimentado graves congestionamientos urbanos, debido al crecimiento poblacional elevado y a la escasez de políticas en la distribución de las urbes (Delgado et al., 2021). Por ejemplo, la zona Metropolitana de México (conformada por el DF y 28 municipio adicionales) rebasó los 3500000 vehículos en el año 2000 (Lozano et al., 2003). En Lima Metropolitana, la cantidad de vehículos en circulación representó el 66% del total de los vehículos a nivel nacional, superando las 1752000 unidades (Posada., 2018). En Ecuador, cantones como Guayaquil, Portoviejo y Quito, registran elevados números de accidentes de tránsito que son provocados por la circulación elevada de vehículos que recorren a diario su estructura vial (Ortiz et al., 2022).

Pero los vehículos motorizados no solo generan un gran número de accidentes (Vera et al., 2022) sino que también son los principales responsables de la contaminación ambiental a nivel mundial, alcanzando una emisión de más del 75% de monóxido de carbono (CO) y 60% de óxidos de nitrógeno (NOx) (Gately et al., 2017). Esta contaminación también afecta la salud de los usuarios y habitantes de las ciudades. Estudios epidemiológicos han atribuido a la exposición prolongada del aire contaminado, enfermedades respiratorias y cardiovasculares agudas (OMS, 2018). La contaminación acústica también se intensifica con el aumento de la circulación vehicular, afectando componentes psicológicos y fisiológicos de los habitantes y usuarios (Cervera et al., 2013; Macías et al., 2021).

Las intersecciones viales son espacios diseñados para que los medios de movilización puedan circular en diferentes sentidos, estando sujetas a políticas de control (semáforos, señalización horizontal y vertical, entre otro) (Peñabaena, 2015). Las intersecciones semaforizadas son una variante particular para controlar las zonas donde se produce un mayor número de movimientos conflictivos entre los vehículos motorizados y no motorizados junto con los peatones, generando accidentes de diversas magnitudes y demoras que influyen en el confort de circulación (Gómez & Delgado., 2022).

Análisis del nivel de servicio en intersección semaforizada: Avenidas Manabí y América, Portoviejo, Manabí

---

Hay varias metodologías para determinar el grado de satisfacción o nivel de servicio de una intersección semaforizada, la cual puede obtenerse mediante un análisis manual o convencional (Loor et al., 2021; Gómez & Delgado., 2022) y una simulación digital (Bloomberg & Dale, 2000), generalmente aplicando la metodología HCM (2000).

Los modelos de simulación digital (también conocidos como micro-simulación de tráfico) se están convirtiendo rápidamente en la herramienta principal para la evaluación y el desarrollo de los sistemas de control y gestión del tráfico a nivel mundial (Manjunatha et al. 2013). Pese a esto, aun existen investigaciones escépticas que catalogan a la simulación de tráfico como un modelo inexacto muy poco confiable (Hellinga, 1998). Estos criterios resultan generalmente por la utilización de modelos mal calibrados que están incorporados en Software de mala calidad.

Las complejidades más importantes en la utilización de una micro-simulación están en recopilar y analizar los datos del mundo real (considerando las características del tráfico mixto, incluyendo todos los medios de movilización). Sin embargo, también es cierto que simular el comportamiento de un conductor con tráfico heterogéneo es muy complicado, compuesto por vehículos con diversas propiedades estáticas (largo, ancho, entre otros) y dinámicas (aceleración, desaceleración, velocidad, entre otros), por lo que día a día los nuevos Software van mejorando sus aproximaciones considerando más variables que puedan representar de mejor manera a las simulaciones, incluyendo a la edad de los usuarios (Loor et al., 2021).

El Software VISSIM es un componente ampliamente utilizado a nivel mundial para la simulación de tráfico (Fellendorf & Vortisch, 2010; Manjunatha et al., 2013; Shaaban & Kim, 2015) generando resultados muy confiables que han ido haciendo solucionando las limitaciones iniciales y presentando en la actualidad un modelo completo, que se adapta correctamente a las diferentes situaciones del medio a evaluar, mediante la consideración correcta de sus componentes (Abou-Senna et al., 2013). Por este motivo, el objetivo principal de la presente investigación es analizar el nivel de servicio en la intersección semaforizada de las Avenidas Manabí y América en la ciudad de Portoviejo, Manabí, para identificar la ocurrencia o no de congestionamientos vehiculares y reconocer los factores que aportan en la generación de esta problemática, para proponer soluciones mediante medidas que se enfoquen en la obtención de una movilidad urbana sostenible.

## Metodología

La presente investigación inició con la recolección de información en sitio mediante la implementación de aforos vehiculares distribuidos en 3 días de la semana (lunes, miércoles y viernes) en fechas específicas que no tuvieron ninguna incidencia de eventos o situaciones extraordinarias que hayan sesgado el reparto modal y, por ende, influyan negativamente en los resultados de la investigación. El aforo tuvo una duración de 12 horas diarias (07h00-19h00) en intervalos finos de 15 minutos para representar mejor las tendencias de desplazamientos. Se consideraron a las bicicletas, motocicletas, vehículos livianos, camiones y buses, como elementos de circulación independientes dentro de la información aforada, basados en la propuesta metodológica de Casanova & Delgado (2015) y Nazareno et al. (2020).

Una vez obtenida la composición del tránsito, se procedió a determinar las características geométricas de la intersección, mediante la medición de longitudes transversales y longitudinales, número de carriles, pendientes, tipo de zona, identificación de estacionamientos, paradas de buses, zonas cebrá, ciclos semafóricos en segundos, medidas complementarias, entre otros.

La información obtenida corresponde a los datos de entrada que se utilizarán para generar la simulación mediante el Software comercial PTV VISSIM, la cual, como información relevante, utiliza la metodología propuesta por el HCM (2000; 2010).

Los rangos para determinar el nivel de servicio se pueden observar en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Consideraciones para determinar el nivel de servicio en una intersección semaforizada considerando la demora por vehículo (HCM, 2010)

Nivel de servicio	Demora por vehículo (s/veh)
A	<10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55

Después de contar con todos los datos de entrada (aforo vehicular, datos geométricos, entre otros) se procede a trabajar desde la interfaz de VISSIM. Primero se realiza la búsqueda de la intersección dentro de un mapa mundial georreferenciado que proporciona el programa para después ingresar la información complementaria.

## Análisis del nivel de servicio en intersección semaforizada: Avenidas Manabí y América, Portoviejo, Manabí

---

Esta información consiste en identificar cuáles son los tramos que se analizarán de la zona visualizada, donde se deberán destacar los carriles y giros permitidos. Posteriormente se procedió a crear los tipos de vehículos que circularon dentro de la intersección. Para este caso se consideraron vehículos livianos, camiones, buses y bicicletas. Las motocicletas, al no formar parte de la lista inicial del programa, fueron considerados como vehículos livianos equivalentes tomando en cuenta la metodología de HCM (2000) que consiste en dividir el número de motocicletas para 2. Contando ya con este procedimiento, se clasificó la circulación vehicular en porcentaje para cada uno de los puntos de aproximación y en base a los giros registrados dentro de la intersección.

Resulta necesario conocer también el número de peatones que atraviesan la intersección por cada zona cebrada debidamente identificada, por lo que se realizaron muestreos a lo largo del día que consistió en determinar la cantidad de personas que atravesaban la zona peatonal durante el tiempo en verde, escogiendo la más desfavorable y proyectándola a peatones/hora (Loor et al., 2021).

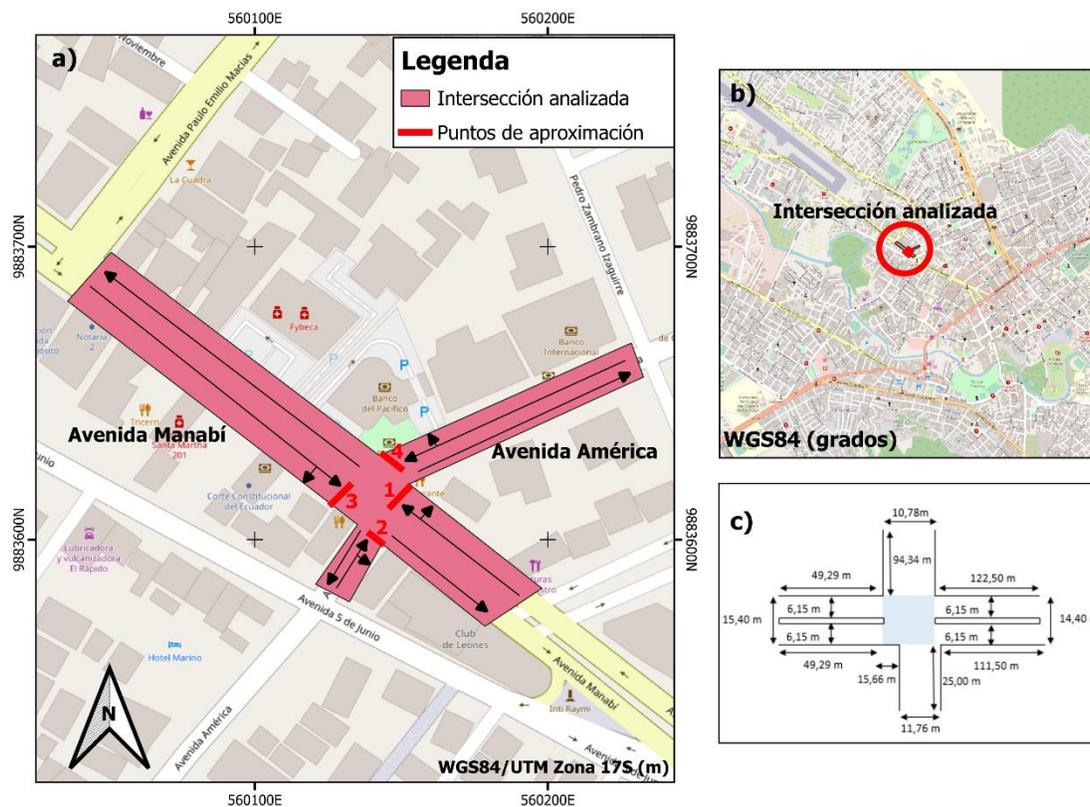
Una vez teniendo registrada toda la información de los desplazamientos, se procedieron a incluir los puntos de control, que para este caso fue la semaforización. Debido a que la intersección tiene 4 puntos de aproximación, fue necesario crear un grupo de señales para poder caracterizar correctamente la zona de estudio. Por tanto, el grupo de señales constó de 4 tiempos que hacen referencia a cada uno de los puntos de aproximación (considerando la dirección de los flujos y los giros permitidos). Debido a que la intersección no tiene giros especiales permitidos en intervalos exclusivos, la configuración semafórica se realizó en base a lo mostrado en la Fig. 2 (aquí se sincronizaron los desplazamientos a pie para que los peatones tengan permitido atravesar la intersección únicamente cuando el semáforo vehicular esté en rojo en un punto de aproximación en específico). Por último, se identificaron las zonas de estacionamientos como información complementaria.

El procedimiento mostrado consta con toda la información relevante para realizar las distintas simulaciones y que puede ser replicado en cualquier intersección. Inicialmente se procedió a analizar la situación actual, mediante la cual se determinó el nivel de servicio de la intersección. Posteriormente, mediante la identificación de diversas medidas de mitigación que se incluyeron en el programa (como cambios semafóricos, restricciones de giros o de estacionamientos, entre otros), se aplicaron simulaciones y el respectivo cálculo del nivel de servicio para identificar si la medida aportó o no en la mejora de la movilidad dentro de la intersección.

## Resultados y discusión

### Características de la intersección

La intersección semaforizada de las Avenidas Manabí y América es una de las más importantes de la ciudad (Loor et al., 2021), debido al elevado flujo vehicular que se registra diariamente, considerando además la existencia de puntos de interés como instituciones bancarias, gubernamentales y restaurantes.

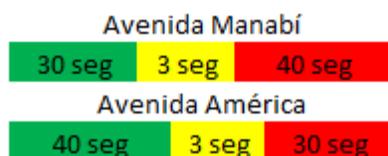


**Fig. 1.** Intersección semaforizada entre las Avenidas Manabí y América en la ciudad de Portoviejo-Manabí. (a) representa la intersección detallada; (b) representa el área circundante correspondiente al sector más concurrido de la ciudad y; (c) representa las medidas geométricas de la intersección (figura modificada de su forma real para facilitar la comprensión de las dimensiones)

Mediante la Fig. 1 se puede observar la composición de la intersección. Además, la Fig. 1a muestra con detalle un desfase interesante que afecta principalmente al flujo en sentido Sureste y Suroeste (en los puntos de aproximación “PA” 3 y 4). Este desfase haría suponer que la distribución de la semaforización requiere de un tiempo de “rojo protegido”, que corresponde al tiempo donde todos los semáforos de la intersección se mantienen en rojo con la finalidad de evacuar el flujo vehicular

## Análisis del nivel de servicio en intersección semaforizada: Avenidas Manabí y América, Portoviejo, Manabí

que ha quedado rezagado (Fig. 2, Delgado et al., 2021). Sin embargo, este tiempo de protección no existe. Los vehículos rezagados del PA 3 son los que generan mayores problemas de congestión en la zona de estudio, al quedarse por delante de la zona cebra (que delimita al carril cuando el semáforo está en rojo) que, como se observa en la Fig. 1c, tiene una longitud de 15.66 m. Este acontecimiento genera varios conflictos debido a que los vehículos encerrados dentro de esta longitud de transición, no tienen claro si deben avanzar o esperar al siguiente semáforo. Además, debido a que la longitud que continúa al girar a la derecha (con respecto al PA3) es muy corta (tan solo 25m), al cambiar el semáforo, los vehículos del PA3 no pueden realizar esta maniobra (girar a la derecha) y tan solo unos cuantos vehículos rezagados pueden continuar, por lo que el problema se retroalimenta en cada cambio semafórico.



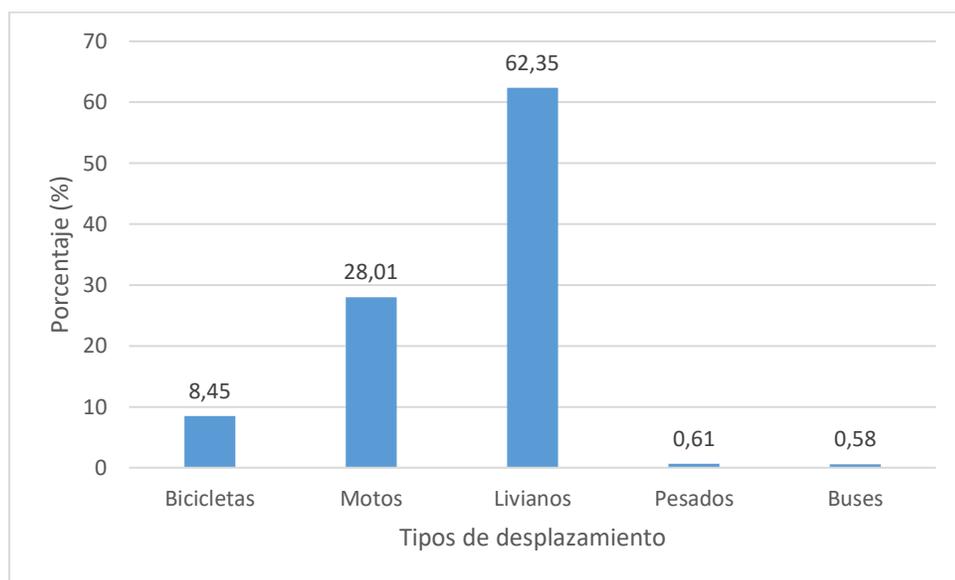
**Fig. 2.** Tiempos semafóricos en la intersección de las Avenidas Manabí y América en la ciudad de Portoviejo, Ecuador

Es importante mencionar que, de manera acertada, esta intersección tiene prohibido los giros a la izquierda. Sin embargo, un gran número de conductores realiza esta maniobra imprudente y peligrosa.

### Reparto modal de los medios de desplazamientos

Dentro de las avenidas Manabí y América se observó un reparto modal interesante y preocupante, donde los vehículos livianos tuvieron una representación del 62.35% de la composición del tránsito (Fig. 3), siendo el protagonista de esta intersección semaforizada. En segundo lugar, se situaron las motocicletas, con el 28.01% del reparto modal, grupo también considerado perjudicial para la obtención de una correcta movilidad urbana (Delgado et al., 2021). Las bicicletas ocuparon el tercer puesto con el 8.45% mientras que los vehículos pesados y buses representaron el 0.61% y el 0.58% del reparto modal, respectivamente.

Análisis del nivel de servicio en intersección semaforizada: Avenidas Manabí y América, Portoviejo, Manabí

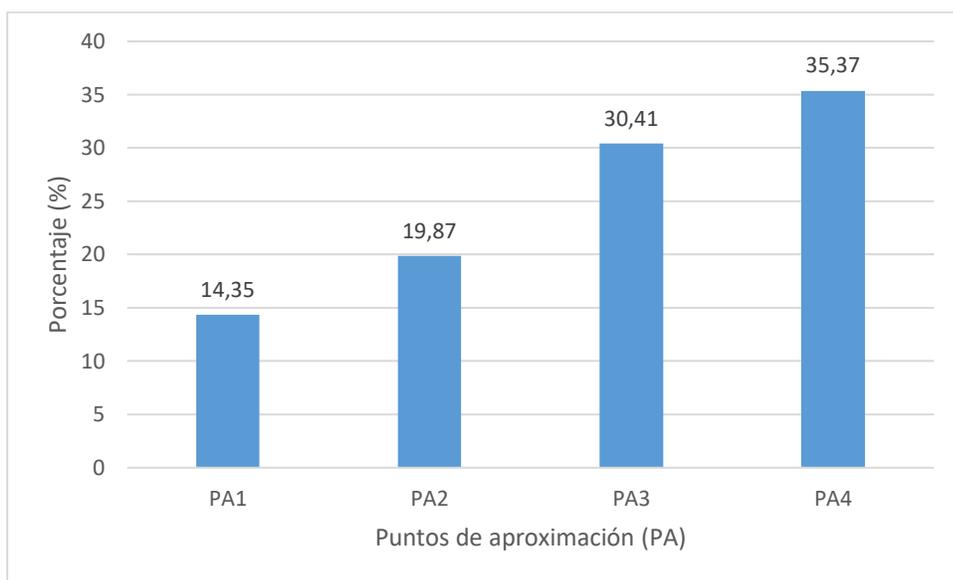


**Fig. 3.** Distribución del reparto modal en la intersección de las Avenidas Manabí y América, Portoviejo

Cabe recalcar que, en general, el vehículo liviano es el principal causante de los problemas de congestión en nuestra región (Delgado et al., 2021; Loor et al., 2021; Vera et al., 2022) y esta situación también se repite en la zona de estudio. El problema de congestión se torna más preocupante si las motocicletas se suman a los vehículos livianos, obteniendo una representación del 90.36%. Es decir, los demás medios de desplazamientos (sin incluir los realizados a pie) tan solo representan el 9.64%, mostrando una alta dependencia a la utilización de estos medios de movilización.

Los vehículos livianos alcanzaron la cantidad de 58509 unidades durante el tiempo de aforo, mientras que las motocicletas alcanzaron las 26284 unidades. Mediante un enfoque transversal, si se consideran a las motocicletas como livianos equivalentes (esto es, dos motocicletas representan 1 vehículo liviano, HCM, 2010), la cantidad de motocicletas aforadas serán equivalentes a 13142 vehículos livianos, por lo que este último medio de desplazamiento ascendería a 71651 unidades (vehículos livianos), dando un promedio de casi 24000 vehículos livianos circulando en la intersección analizada cada día (aproximadamente 33 vehículos livianos por minuto atraviesan la intersección).

## Análisis del nivel de servicio en intersección semaforizada: Avenidas Manabí y América, Portoviejo, Manabí



**Fig. 4.** Distribución del tránsito aforado por puntos de aproximación (PA) en la intersección de las Avenidas Manabí y América, Portoviejo. Detalles de los PA pueden observarse en Fig. 1

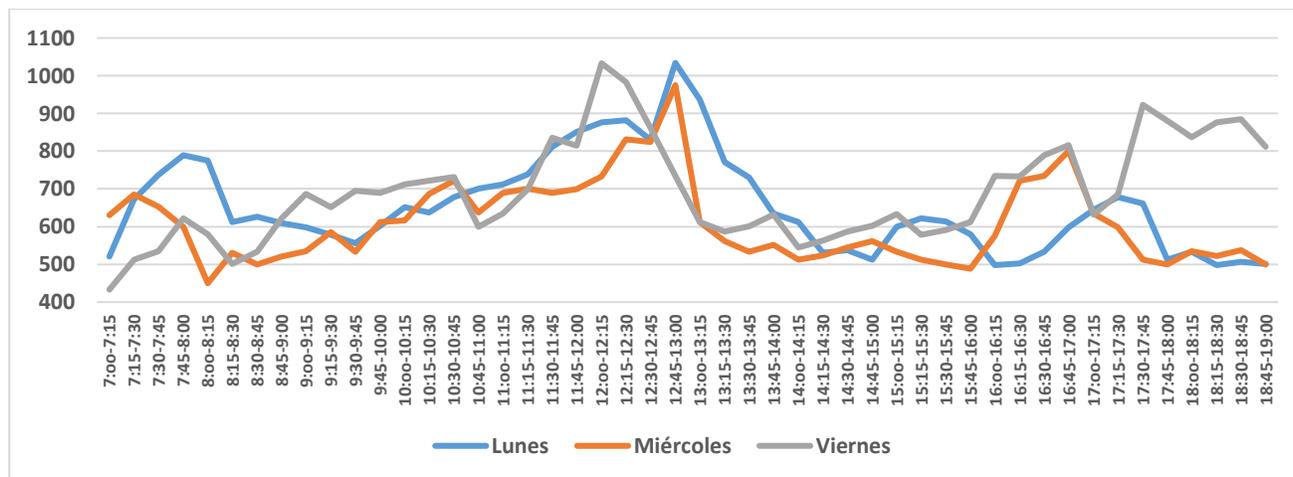
En cuanto a la distribución del tránsito aforado considerando los 4 PA identificados en la intersección semaforizada (un elemento importante a obtener al momento de calcular el nivel de servicio según Gómez & Delgado, 2022), se observa que el PA4 es el más representativo de la zona de estudio (Fig. 4). Este PA4 se sitúa en la Avenida América en sentido Norte-Sur y alcanza el 35.37% del peso total aforado en la intersección, lo que supondría un mayor aporte en la congestión de la intersección. El PA2 representa el 30.41% del aforo obtenido y se sitúa en la Avenida Manabí, con un flujo que se direcciona de oeste a este. El PA2 alcanza una representación del 19.87% y corresponde al sentido opuesto del PA4 (Avenida América, sentido Sur-Norte), mientras que el PA1 es el menos representativo de la zona de estudio, alcanzando únicamente el 14.35% de la representación total del tránsito aforado, y su flujo es inverso al registrado en el PA3 (Avenida Manabí, sentido este-oeste).

### Tendencia del flujo vehicular durante el período analizado

Determinar la tendencia del flujo vehicular permite identificar las horas pico, las cuales serán fundamentales para representar las situaciones más críticas dentro de la intersección, permitiendo calcular correctamente el nivel de servicio (Loor et al., 2021). En la Fig. 5 se puede observar cómo el tránsito vehicular ha ido fluctuando a lo largo del día y durante el tiempo aforado.

Análisis del nivel de servicio en intersección semaforizada: Avenidas Manabí y América, Portoviejo, Manabí

En general, el viernes registró el mayor número de vehículos (35.35%), seguido del lunes (33.49%) y el miércoles (31.16%). Pese a esto, es importante mencionar que la fluctuación entre los días aforados fue relativamente baja (fluctuación máxima registrada fue del 4.08%).



**Fig. 5.** Distribución del reparto modal en intervalos de 15 minutos. Eje “y” representa la frecuencia vehicular y eje “x” el intervalo analizado

Con respecto a las horas pico, cada día se caracteriza por registrar 3 picos especiales, que generalmente corresponden a las horas de entrada y salida laboral junto con la hora de almuerzo (esto puede cambiar levemente considerando situaciones especiales existentes en cada ciudad, Delgado et al., 2021). Para el presente análisis, la hora pico corresponderá a 4 intervalos continuos de 15 minutos (que sumados dan una hora) pero que no necesariamente deben iniciar a los 00 minutos de cada hora. Dentro de la zona de estudio también se identifican 3 horarios por día que registran valores pico del tránsito aforado. Para el lunes, el horario pico de la mañana se registró entre las 07:15 y 08:15 (2973 unidades), mientras que al medio día se dio entre las 12:15 y 13:15 (3683 unidades) y en la noche entre las 16:45 y 17:45 (2582 unidades).

El miércoles se caracterizó por registrar la hora pico de la mañana entre las 07:00 y 08:00 (2568 unidades), al medio día entre las 12:00 y 13:00 (3364 unidades) y en la tarde entre las 16:15 y 17:15 (2893 unidades).

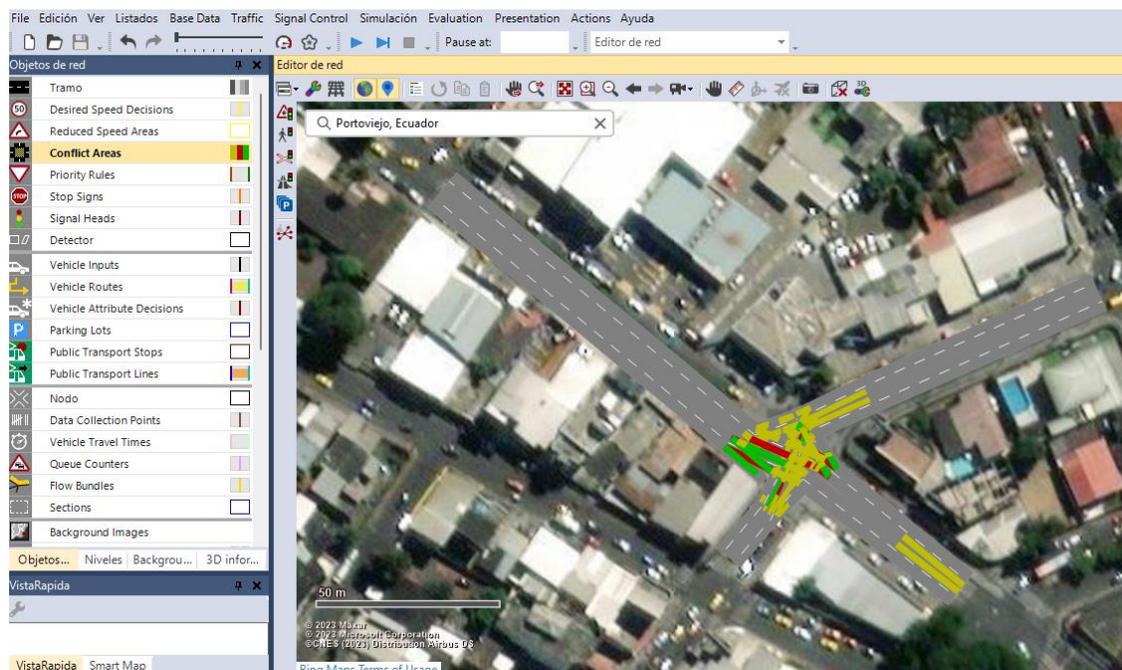
Para el viernes, la hora pico de la mañana se registró entre las 07:15 y 08:15 (2249 unidades), al medio día entre las 11:45 y 12:45 (3693 unidades), mientras que en la tarde la hora pico se dio entre las 16:00 y 17:00 (3073 unidades).

## Análisis del nivel de servicio en intersección semaforizada: Avenidas Manabí y América, Portoviejo, Manabí

En general, los patrones de desplazamiento mantienen gran similitud en los días analizados, debido a que las horas pico tienen una diferencia máxima de 30 minutos para su ocurrencia. Pese a que el viernes fue el día de mayor representación vehicular durante los días de aforo, fue también el día que menor cantidad de unidades registró durante la hora pico de la mañana, lo que podría indicar también ciertos rasgos de comportamiento de la sociedad, tomándolo como un día de menos estrés por la menor cantidad de desplazamientos. En cambio, el viernes toma mucha mayor relevancia en el reparto modal en horas de la tarde, donde se registró un incremento sustancial que permite corroborar lo indicado anteriormente con respecto a las tendencias sociales de la ciudad.

### Análisis del nivel de servicio mediante el software PTV VISSIM

Se procedió a trabajar dentro de la interfaz de VISSIM. Lo primero que se realizó fue la identificación de la zona de estudio. Una vez establecido el lugar y las direcciones de flujo, es posible visualizar los puntos de conflictos principales (Fig. 6).



**Fig. 6.** Determinación de la zona de estudio e identificación de puntos de conflictos

Como se observa en la Fig. 6, la cantidad y trascendencia de los puntos de conflicto en la intersección es considerable, pese a estar controlada con un sistema vial automático (semáforo, Fig. 7).

Análisis del nivel de servicio en intersección semaforizada: Avenidas Manabí y América, Portoviejo, Manabí

Posteriormente se procede a incluir la información del tránsito para simular la situación actual (Fig. 8), que permite visualizar situaciones desfavorables dentro de la intersección.

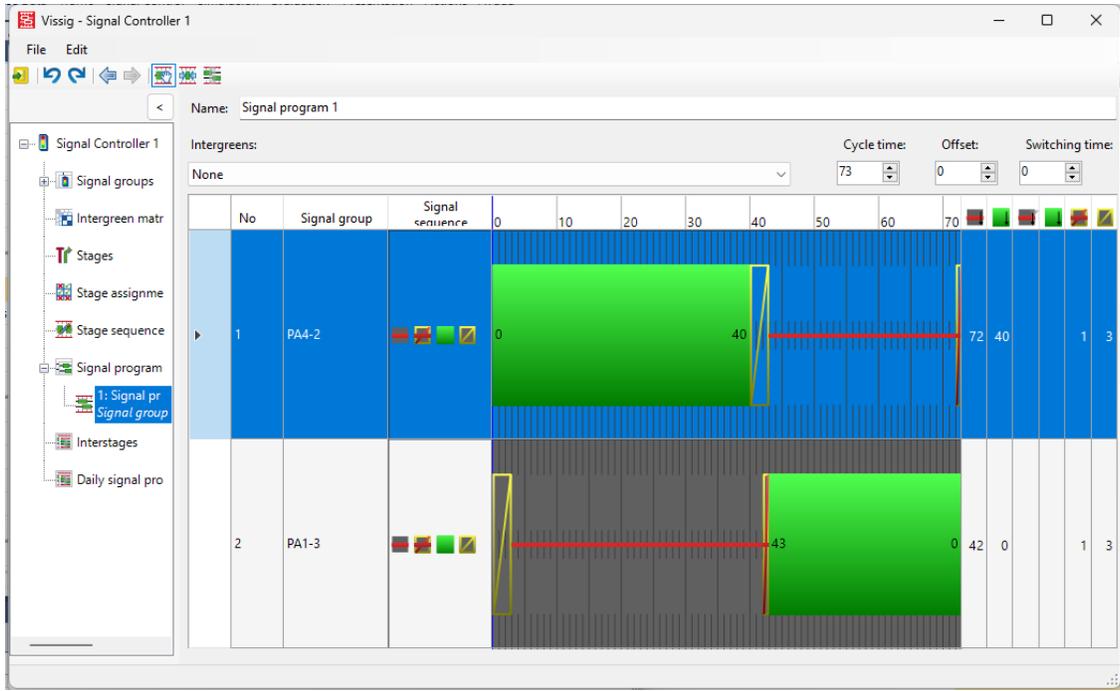


Fig. 7. Distribución semafórica de la intersección

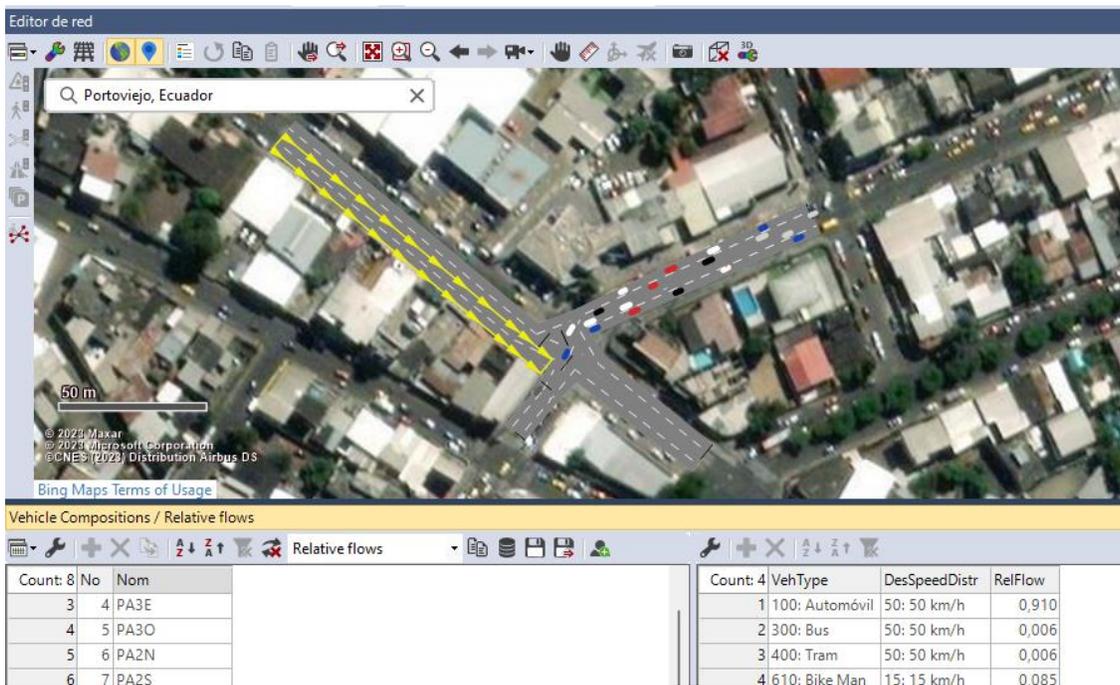


Fig. 8. Simulación inicial del tránsito vehicular

Análisis del nivel de servicio en intersección semaforizada: Avenidas Manabí y América, Portoviejo, Manabí

Se consideraron 532 peatones por hora simulando la situación más desfavorable (hora pico) para cada intersección. Al no existir semáforo peatonal, la distribución mostrada en la Fig. 7 también representó al comportamiento de los transeúntes, pero en sentido inverso (el rojo vehicular corresponde al verde peatonal, cuando corresponda según el PA).



**Fig. 9.** Simulación inicial del tránsito en otra perspectiva

La Fig. 9 permite visualizar otra perspectiva de la simulación. Mediante un análisis inicial, los resultados del nivel de servicio para cada punto de aproximación fueron (Tabla 1):

**Tabla 1.** Resultados de la intersección semaforizada categorizada por punto de aproximación y carril

Parámetro	P. A. 1		P. A. 2		P. A. 3		P. A. 4	
	Izquierd o	Derech o	Izquierd o	Derech o	Izquierd o	Derech o	Izquierd o	Derech o
Demora	26,53	34,85	27,01	41,52	32,01	40,37	37,08	41,33
Demoras por aproximación	30,28		33,52		35,78		39,00	
Demora en intersección (general)	35,03							
LOS	D							

La Tabla 1 permite observar resultados preocupantes que indican que la intersección bajo análisis trabaja en un nivel de servicio D, considerado perjudicial para una correcta movilidad urbana y que puede aumentar la generación de accidentes (Vera et al., 2021).

Dentro de la intersección, el PA4 destaca por ser el grupo de carriles que mayores problemas le aportan a la congestión, representando por si solos una demora de 39 seg/vehículo, que resulta muy desfavorable considerando el confort de los conductores y usuarios. Es importante mencionar que el nivel de servicio (LOS) es determinado considerando las situaciones más desfavorables dentro de un sistema vial, que corresponde a la simulación del tránsito en su punto máximo (hora pico).

Cabe recalcar que el nivel de servicio ideal de una intersección debe estar entre B y C (Delgado et al., 2021), por lo que establecer medidas de mitigación es fundamental. Se puede aprovechar el hecho de que el nivel de servicio C está muy cercano a los 35 seg/veh de demora, pero si la situación no se controla desde ahora, los problemas en un futuro próximo serán mucho más preocupantes.

### Propuestas de solución al congestionamiento actual

En la presente sección se evalúan alternativas considerando el impacto en el nivel de servicio final de la intersección. Para esto, se proponen las siguientes medidas:

**Implementación del rojo protegido por 1.5 segundos:** En un análisis inicial se observó que el tráfico generado por el PA3 no puede evacuarse por completo dentro del ciclo semafórico, debido a la incompatibilidad de la intersección generada por el desfase. Realizando una simulación en VISSIM, implementando un tiempo en rojo protegido (tiempo en que todos los semáforos se mantienen en rojo) de 1.5 segundos, permitió evacuar gran cantidad del tránsito atascado en horas pico (no por completo), pero no se recomienda aumentar este tiempo debido a que genera un efecto contrario (aumenta el tiempo de espera en general y, por ende, afecta al LOS). La aplicación de la propuesta permitió reducir en 2.18 segundos el tiempo dentro de la intersección (Tabla 2):

**Tabla 2.** Resultados de la implementación de la propuesta 1.

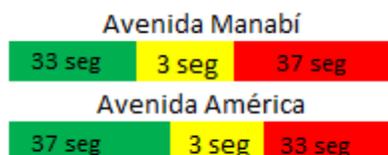
Simulación	Demora inicial	Nivel de servicio
Situación actual	35,03	D
Medida propuesta	32,85	C

**Restricción de estacionamientos en PA3 y PA4:** Los espacios para desplazamientos se tornan más angostos debido a la ocupación inadecuada del sistema vial. En ocasiones, los estacionamientos pueden generar un efecto devastador en el tránsito vehicular, debido a los conflictos que generan (ingreso y salida de vehículos al flujo principal). Considerando la prohibición de los estacionamientos en el PA3 (con dirección Este) y PA4 (Con dirección Sur) se mejora considerablemente la situación actual de la intersección analizada, ganando 2.64 segundos que son fundamentales al momento de mejorar el confort vial (Tabla 3):

**Tabla 3.** Resultados de la implementación de la propuesta 2.

Simulación	Demora inicial	Nivel de servicio
Situación actual	35,03	D
Medida propuesta	32,39	C

**Modificación de los tiempos semafóricos:** Al evaluar los tiempos semafóricos, considerando el flujo atascado de la avenida Manabí, se simuló una reducción de 3 segundos del tiempo semafórico en la Avenida América para aumentárselo a la Avenida Manabí (Fig. 10). Esta configuración no considera la implementación conjunta del rojo protegido y genera una reducción de 1.05 segundos (Tabla 4).



**Fig. 10.** Propuesta de modificación de los tiempos semafóricos sin considerar el rojo protegido

**Tabla 4.** Resultados de la implementación de la propuesta 3.

Simulación	Demora inicial	Nivel de servicio
Situación actual	35,03	D
Medida propuesta	33,98	C

**Aplicación de pico y placa en la ciudad:** Esta medida solo se consideró para tener referencias de lo que podría generar establecer una restricción de circulación por último dígito de placa pero no se recomienda debido al alto impacto invasivo que puede representar a la sociedad, generando un rechazo rotundo que traería repercusiones negativas a la movilidad urbana (algo que solo debe aplicarse cuando la pérdida dentro de la intersección supera los 55 segundos y las medidas alternativas no permiten reducir este tiempo, Loor et al., 2021). Para esto, se consideró una reducción del 50% del tránsito actual (los peatones no fueron objeto de modificación, pese a que una supuesta reducción vehicular podría aumentar el flujo peatonal) que significó una disminución considerable de 13.81 segundos, lo que permite que el nivel de servicio se sitúe muy cerca a “B” (Tabla 5).

**Tabla 5.** Resultados de la implementación de la propuesta 4.

<b>Simulación</b>	<b>Demora inicial</b>	<b>Nivel de servicio</b>
<b>Situación actual</b>	35,03	D
<b>Medida propuesta</b>	21,22	C

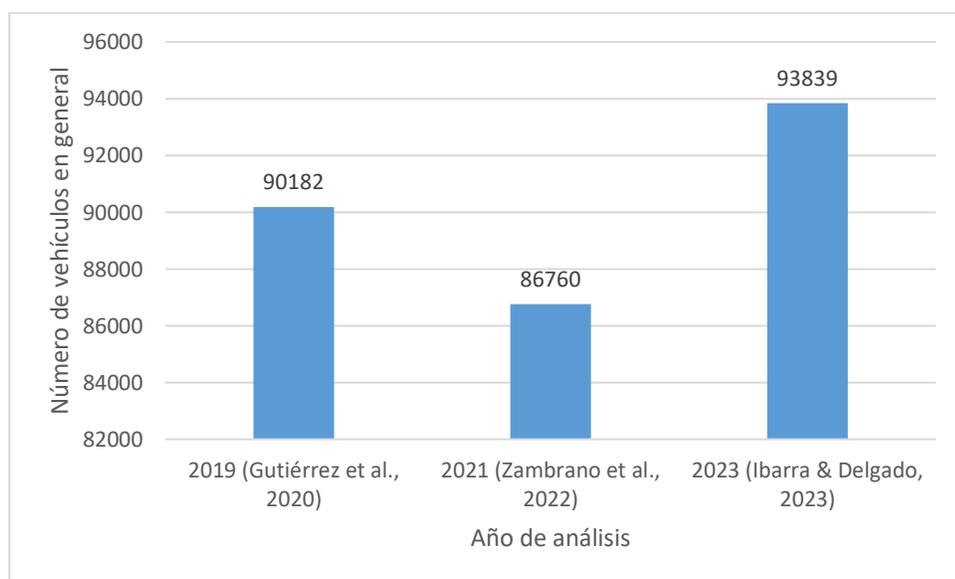
**Implementación conjunta de las medidas propuestas (sin considerar la aplicación de pico y placa):** La implementación conjunta de las medidas propuestas en el presente trabajo de investigación supondría una mejora considerable en la reducción del tiempo de la intersección. Para esto, se debe considerar que el tiempo reducido de cada medida no será igual que el resultado final, debido a que se involucran nuevas variables que modifican considerablemente los resultados de las medidas cuando éstas se consideran individuales. Dicho esto, y sin considerar la propuesta 4, se obtuvo una reducción de 3.91 segundos, tiempo considerable que generará un aumento en el grado de confort de los usuarios muy representativos (Tabla 6).

**Tabla 6.** Resultados de la implementación de la propuesta 5.

<b>Simulación</b>	<b>Demora inicial</b>	<b>Nivel de servicio</b>
<b>Situación actual</b>	35,03	D
<b>Medida propuesta</b>	31,12	C

### Comparación de la congestión vehicular en la intersección de las Avenidas Manabí y América considerando la literatura regional

La intersección de las avenidas Manabí y América constituye uno de los puntos principales de la circulación de la ciudad de Portoviejo. Su lugar estratégico lo convierten en un punto ideal para la generación de comercios y establecimientos públicos y privados. En sus alrededores se sitúan restaurantes, entidades bancarias, notarías, supermercados, franquicias farmacéuticas importantes, entre otros, que la vuelven muy transitada tanto por peatones (Castillo et al., 2020) como por vehículos motorizados (Gutiérrez et al., 2020). Esto lo convierte en un punto de gran importancia e interés para el análisis de los problemas de movilidad vigentes en este sitio y que pueden palpase en distintas investigaciones (Castillo et al., 2020; Gutiérrez et al., 2020; Loor et al., 2021; Abata et al., 2022; Zambrano et al., 2022)



**Fig. 11.** Comparación de aforos vehiculares en la zona de estudio considerando investigaciones previas

La Fig. 11 permite identificar cómo ha ido evolucionando el tránsito a lo largo de los años, considerando un análisis común que se basó en realizar un aforo vehicular durante 3 días de la semana en 12 horas consecutivas por día (lunes, miércoles y viernes). Esto permite generar una comparación más precisa sobre el tránsito en la zona de estudio. Según Gutiérrez et al. (2020), en el 2019 circularon 90182 vehículos durante el tiempo analizado mientras que en el 2021 se registró una disminución del 3.8%, pese a que el número de habitantes se ha mantenido en constante crecimiento (Loor et al.,

2021). Esta disminución atípica es producto de las medidas de restricción de circulación que aún se mantenían vigentes en el 2021 con la finalidad de frenar la propagación del COVID-19 (además de que ciertas actividades y trabajos, como la educación, se mantenían en modalidad virtual). Entre estos dos años, las mayores modificaciones las registraron los buses (con una drástica disminución) y las bicicletas (con un aumento considerable).

Comparando los resultados obtenidos en el 2023, se puede observar que el tránsito nuevamente recuperó su tendencia al alta (comparado con el 2021 se registró un aumento del 8.1%). Pese a este incremento preocupante, la utilización del vehículo liviano se ha mantenido a la baja. Para el 2019, el vehículo liviano representó el 74.84% del reparto modal; para el 2021 representó el 71.54% mientras que para el 2023 representó el 62.35%. Este comportamiento es considerado propicio para una correcta movilidad urbana, debido a que el medio de movilización más desfavorable poco a poco va perdiendo el protagonismo dentro de la ciudad. En este sentido, las bicicletas han aumentado considerablemente su utilización. Sin embargo, el número de motocicletas también ha aumentado, debido a que ciertas tendencias observadas durante la pandemia (Zambrano et al., 2022) se han mantenido hasta la actualidad. Esto es, la utilización de repartidores para bienes y servicios (delivery). En otras palabras, pese a que el problema principal se va reduciendo, va creciendo un problema alterno que corresponde a la utilización de motocicletas y que, sin una correcta planificación y control, puede generar inconvenientes mucho más relevantes dentro del sistema vial que los observados actualmente, considerando además la mala conducta de conducción que éstos registran y que se ven reflejados en el alto índice de accidentes de tránsito para este tipo de transporte (Vera et al., 2022).

## Conclusiones

La intersección semaforizada de las Avenidas Manabí y América representa un punto fundamental en la circulación de la ciudad de Portoviejo debido a la importancia comercial atribuida a su ubicación estratégica y privilegiada. Esto ha generado que los problemas de movilidad sean considerados un motivo de gran preocupación a lo largo de los años.

Los vehículos livianos representaron el 62.35% del reparto modal dentro de la intersección semaforizada, lo que lo convierte en el protagonista de los problemas de movilidad. Pese a esto, un análisis histórico de los registros de tránsito ha permitido identificar una tendencia a la baja en la utilización de este tipo de transporte el particular. Sin embargo, están surgiendo nuevos inconvenientes asociados al incremento considerable de las motocicletas que pasó a representar el

28.01% de la composición del tránsito (en comparación a los 19.64% y 22.09% registrados en 2019 y 2021, respectivamente).

Las bicicletas tuvieron un porcentaje interesante de circulación pese a que no existen elementos de seguridad que permitan fomentar su utilización. Priorizar este tipo de desplazamiento será fundamental para la obtención de una movilidad urbana sustentable y para la disminución de los desplazamientos más perjudiciales identificados en la zona de estudio (vehículos livianos y motocicletas).

Los buses y los vehículos pesados representaron únicamente el 1.19% (entre ambos) lo que indicaría que estos tipos de desplazamientos no generan un efecto negativo producto de la incompatibilidad geométrica de la intersección y de su nivel ocupacional considerando el modelo de un vehículo liviano equivalente.

El COVID-19 también generó repercusiones en el comportamiento histórico de la intersección, que fueron consideradas como un impacto medio-bajo. Pese a esto, el puesto de importancia de los principales tipos de desplazamientos se mantuvo inalterables (vehículos livianos, motocicletas y bicicletas, respectivamente).

Las condiciones de la intersección semaforizada, analizada mediante el software VISSIM, la catalogaron con un nivel de servicio “D” registrando una demora promedio por vehículo de 35.03 seg. Dentro de la intersección, el PA4 fue el que generó los mayores problemas de circulación, debido principalmente a la existencia de estacionamientos y al mayor flujo vehicular registrado.

La propuesta de solución que presentó mejores resultados individuales dentro de la intersección analizada, corresponde a la implementación de restricciones de circulación considerando el último dígito de placa. Sin embargo, esta medida invasiva no es recomendable si el tiempo de demora es inferior a 55 segundos. Por tanto, la mejor solución individual fue la restricción de estacionamientos en PA3 y PA4 que redujo 2.64 segundos del tiempo de demora dentro de la intersección.

La metodología empleada en la presente investigación podrá ser replicada en diversos puntos importantes de la ciudad y país, con la finalidad de identificar el nivel de servicio que ofrece una intersección en específico y buscar alternativas para mejorar su situación actual.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen el aporte brindado por Gutiérrez et al. (2020) y Zambrano et al. (2022) al haber contribuido con información relevante obtenida en sus respectivas investigaciones. Un

Análisis del nivel de servicio en intersección semaforizada: Avenidas Manabí y América, Portoviejo, Manabí

---

agradecimiento especial al Profesor Eduardo Tejeda, coordinador de la maestría de Ingeniería Civil, mención Vialidad (Universidad Técnica de Manabí), por las contribuciones realizadas.

## Referencias

- Abata, K., Artega, F., & Delgado, D. (2022). Análisis del congestionamiento vehicular en diferentes intersecciones en la ciudad de Portoviejo, Ecuador. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 7(1).
- Abou-Senna, H., Radwan, E., Westerlund, K., & Cooper, C. D. (2013). Using a traffic simulation model (VISSIM) with an emissions model (MOVES) to predict emissions from vehicles on a limited-access highway. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 63(7), 819-831.
- Bloomberg, L., & Dale, J. (2000). Comparison of VISSIM and CORSIM traffic simulation models on a congested network. *Transportation Research Record*, 1727(1), 52-60.
- CASANOVA RUIZ, G. J., & DELGADO GUTIÉRREZ, D. A. (2015). Diagnóstico del tráfico, alternativas y soluciones al congestionamiento vehicular en la Universidad Técnica de Manabí (Doctoral dissertation).
- Castillo, J. I. R., Zambrano, D. A. V., Gutiérrez, D. A. D., & Hernández, E. H. O. (2020). Análisis del tránsito peatonal, alternativas y soluciones a congestionamientos en la Avenida América, entre Avenida Manabí y Calle Ramón Fernández. Portoviejo-Manabí. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 5(2), 33-44.
- Cervera, J. L., Ibañez, R. R., Puycan, L. L. (2013). La contaminación acústica, factor medio ambiental que incide en la calidad de vida. *Ciencia & Desarrollo*, (15), 54-59. <https://doi.org/10.33326/26176033.2013.15.321>
- Delgado, D., Quiroz, S., Casanova, G., Álava, M. A. C., & da Silva, J. P. C. (2021, May). Urban Mobility Characterization and Its Application in a Mobility Plan. Case Study: Bahía de Caráquez–Ecuador. In *Proceedings of the 1st International Conference on Water Energy Food and Sustainability (ICoWEFS 2021)* (pp. 594-604). Cham: Springer International Publishing.
- Gately, C. K., Hutyrá, L. R., Peterson, S., & Wing, I. S. (2017). Urban emissions hotspots: Quantifying vehicle congestion and air pollution using mobile phone GPS data. *Environmental pollution*, 229, 496-504.
- Gómez, J., & Delgado, D. (2022). El congestionamiento vehicular, análisis y propuesta de solución: intersección semaforizada entre Avenidas América y Reales Tamarindos, Portoviejo, Ecuador. *Investigación y Desarrollo*, 16(1).

- Gutiérrez, D. A. D., Hernández, L. L. L., Suarez, W. J. P., & Hernández, E. H. O. (2020). Análisis del tránsito vehicular, alternativas y soluciones a congestionamientos en la Avenida América, entre avenida Manabí y calle Ramón Fernández-Portoviejo-Manabí. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 5(2), 11-23.
- HCM. (2000). *Highway Capacity Manual 2000*, Washington D.C.: Transportation Research Board, National Research Council.
- Hellinga, B. R. (1998). Requirements for the calibration of traffic simulation models. *Proceedings of the Canadian Society for Civil Engineering*, 4, 211-222.
- Loor, J., Hernández, E. O., & Delgado, D. (2021). Análisis del nivel de servicio en la intersección de las avenidas Manabí y América, Portoviejo, Ecuador: Analysis of the service level at the intersection of the Manabí and America avenues, Portoviejo, Ecuador. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 6(2), 29-42.
- Lozano, A., Torres, V., & Antún, J. P. (2003). Tráfico vehicular en zonas urbanas. *Ciencias*, (070).
- Macías, L., Loor, D., Ortiz-Hernández, E., Casanova, G., & Delgado, D. (2021, May). Comparative Analysis of Soil Slope Stability, Using Dynamic and Pseudo-static Methods on the Garrapata-Santa Maria Road, Manabi Province, Ecuador. In *International Conference on Water Energy Food and Sustainability* (pp. 505-515). Cham: Springer International Publishing.
- Manjunatha, P., Vortisch, P., & Mathew, T. V. (2013, January). Methodology for the Calibration of VISSIM in Mixed Traffic. In *Transportation research board 92nd annual meeting* (Vol. 11). Transportation Research Board Washington, DC, United States.
- Nasareno, E. R. C., Macías, K. G. Á., Gutiérrez, D. A. D., & Hernández, E. H. O. (2020). Caracterización de la movilidad vehicular y peatonal en la Universidad Técnica de Manabí. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 5(2), 64-75.
- Organización Mundial de la Salud. (2018) Calidad del aire y salud. OMS. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

- Peñabaena-Niebles, R. (2015). Impact of transition between signal timing plans in social cost based in delay, fuel consumption and air emissions. *Transportation Research Part D, Transport and Environment*, Volume 41, December 2015, p.445-456.
- Posada, C. (2018). Aumento continuo del parque automotor, un problema que urge solucionar. *La Cámara*, 816, 24-26.
- Vera, V., Larrea, J., Caballero, M., & Delgado, D. (2022). Efectos del COVID-19 sobre los accidentes de tránsito en la provincia de Manabí. *Investigación y Desarrollo*, 15(1), 32-44.
- Zambrano, R., García, J., García-Vinces, J., & Delgado, D. (2022). Incidencias del COVID-19 en el tránsito vehicular en la ciudad de Portoviejo–Ecuador: Intersección entre las avenidas Manabí y América. *Investigación y Desarrollo*, 16(1).