ESTADO DE LA NACIÓN

Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 2026

Investigación

Nuevas obras de infraestructura y su incidencia sobre el costo económico de la congestión

Investigadores:
Gabriel Madrigal Quesada
Felipe Carrera Cerdas
(CRIMod: Escuela de Economía, UCR)

San José | 2026

CONSEJO NACIONAL DE RECTORES

2026 UNIVERSIDADES PÚBLICAS POR LA NIÑEZ Y ADOLESCENCIA

PROGRAMA ESTADO DE LA NACIÓN

352.77
M183n Madrigal Quesada, Gabriel
Nuevas obras de infraestructura y su incidencia sobre el costo económico de la congestión / Gabriel Madrigal Quesada y Felipe Carrera Cerdas. -- San José, C.R. : PEN, 2026.
1 recurso en línea (52 páginas): archivos de texto PDF, 1.450 KB

ISBN 978-9930-667-31-6
Investigación para el Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 2026 (no. 32)

1. OBRAS PÚBLICAS. 2. INFRAESTRUCTURA. 3. DESARROLLO ECONÓMICO. 5. CONGESTIÓN VIAL. 4. COSTA RICA. I. Carrera Cerdas, Felipe. II. Título.

Información de las personas investigadoras:

Gabriel Madrigal Quesada. https://orcid.org/0009-0007-4230-4466

Felipe Carrera Cerdas. https://orcid.org/0009-0008-3654-3521

Esta obra se comparte bajo la licencia

Reconocimiento – No Comercial – Compartir Igual

(CC-BY-NC-SA)

Permite usar una obra para crear otra obra o contenido, modificando o no la obra original, siempre que se cite al autor, la obra resultante se comparta bajo el mismo tipo de licencia y no tenga fines comerciales

Índice

Introducción 4

Pregunta general 5

Preguntas específicas 5

Revisión de literatura 7

La valoración del tiempo 12

Estudio de la congestión en Costa Rica 15

Metodología 19

Estimación de los costos económicos de la congestión 22

Situación de los corredores viales y su área de influencia inmediata 22

Análisis de caso Ruta 39 Circunvalación 25

Análisis de caso Ruta 1 General Cañas-Bernardo Soto 30

Limitaciones y futuras líneas de investigación 36

Conclusiones y recomendaciones 38

Bibliografía 40

Anexos 45

Descargo de responsabilidad

Esta investigación se realizó para el *Informe Estado de la Nación 2026*. El contenido es responsabilidad exclusiva de su autor, y las cifras pueden no coincidir con las consignadas en el capítulo respectivo, debido a revisiones posteriores. En caso de encontrarse diferencia entre ambas fuentes, prevalecen las publicadas en el Informe.

Introducción

La congestión vial es un problema constante en la rutina de los costarricenses. Según las encuestas de Uso del Tiempo del Instituto Nacional de Estadística y Censos, en el 2017 las personas dedicaron poco menos de 5 horas semanales para trasladarse a sus lugares de trabajo, y este tiempo aumentó en alrededor de 20 minutos para el 2022 (INEC, 2023). Las personas que se movilizan por las carreteras del país enfrentan múltiples decisiones sobre su traslado: cuánto tiempo tomará el viaje, cuántos minutos antes se debe partir para llegar al destino a tiempo, cuáles rutas alternas se pueden usar para evitar las congestiones más severas o incluso si vale la pena realizar el viaje en absoluto. Estos cálculos mentales reflejan el impacto de una red de transporte terrestre susceptible a la congestión sobre las decisiones de las personas y las empresas, con costos tangibles e intangibles.

Si bien estos costos son evidentes para todas aquellas personas que la sufren, no siempre es fácil ponerles un valor monetario. En primer lugar, el tiempo adicional de viaje resultante de la congestión tiene un costo de oportunidad correspondiente al uso alternativo que se le podría dar a este tiempo. En segundo lugar, los viajes tienen costos directos como el costo del combustible consumido en viajes de mayor duración y a velocidades poco eficientes y el costo de mantenimiento de los vehículos que están expuestos a un mayor desgaste (USDOT, 2016).

En términos prácticos, la congestión vial se puede interpretar como un problema de oferta y demanda. La demanda está dada por las personas que requieren movilizarse a sus trabajos, centros de estudio o comercios en vehículos particulares o de transporte público, mientras que la oferta corresponde a la capacidad de las vías para abarcar los vehículos. Así, la congestión corresponde a situaciones donde la demanda de transporte se acerca a o excede la capacidad

de la infraestructura (Goodwin, 2004). Bajo este enfoque, las alternativas para combatir la congestión pasan por reducciones de la demanda o por aumentos en la capacidad del sistema para movilizar vehículos.

En el caso de Costa Rica, las inversiones en transportes realizadas en años recientes se han enfocado en aumentos de la capacidad de la red vial principalmente: ampliaciones de carreteras, construcción de pasos a desnivel o apertura de nuevos tramos de carretera. Pero existen criterios encontrados sobre si los aumentos de la capacidad del sistema generan una reducción duradera de la congestión o si inducen a que se manifieste una demanda latente que eventualmente vuelve a generar congestión (Arnott & Small, 1994). En este contexto, resulta esencial analizar en qué medida las obras de infraestructura vial emprendidas en años recientes han contribuido a aliviar (o no) la congestión y los beneficios (costos) asociados con esta para los usuarios. Para esto se plantearon las siguientes preguntas de investigación.

Pregunta general

¿Cuál ha sido la incidencia de las nuevas obras de infraestructura como las desarrolladas en Circunvalación y la Ruta 1 sobre el costo económico directo de la congestión vial?

Preguntas específicas

- ¿Cómo incide la apertura de nuevas obras de infraestructura de transportes en la congestión vial y la de las rutas alternativas?
- ¿Cómo el desarrollo de estas obras incide en el costo económico de la congestión en estas rutas y qué factores inciden en este resultado?

Para contestar estas preguntas, se utilizan datos de embotellamientos o *jams* obtenidos a partir de los usuarios de la aplicación Waze y procesados por el Programa Estado de la Nación. Estos datos permiten conocer la velocidad promedio de los vehículos en las carreteras de interés entre el 2019 y el 2025, lo que posibilita observar la severidad y evolución de la congestión en las zonas de influencia de las obras viales construidas. Además, se utiliza la información de tránsito promedio diario de las estaciones de medición del MOPT para estimar la cantidad y tipos de vehículo que generalmente están involucrados en las presas. Por último,

se estima el costo monetario que tiene la congestión sobre los usuarios de las carreteras y cómo este ha cambiado a lo largo del tiempo.

Los resultados apuntan a un aumento del retraso promedio si se considera la zona de influencia de las principales rutas que tuvieron alguna construcción, así como un derrame de la congestión fuera de las horas pico. En relación con las obras específicas analizadas, se encuentra una disminución de los costos en tiempo de la congestión en el tramo de Circunvalación del 2025 con respecto al 2019 de alrededor de 70.000 colones anuales en términos reales, pero se observa una tendencia al alza en los tiempos de viaje de más de 100% entre el 2023 y 2025, lo que amenaza con deshacer los ahorros obtenidos en los próximos años de mantenerse la tendencia. En cuanto al tramo de la Autopista General Cañas, las reducciones producto de la pandemia han dado paso a un aumento persistente de los tiempos de viaje y una ampliación en las horas con congestión, con un costo 540.000 colones más alto en 2025 que en 2019. Esto refleja la efectividad limitada de las obras de infraestructura con enfoque en los medios de transporte particulares frente a los medios de transporte colectivos, ante una demanda creciente de transporte que anula los beneficios esperados de las obras.

El principal aporte de esta investigación es la medición de la congestión que enfrentan los usuarios en puntos importantes de la red vial y el análisis del impacto de las obras de infraestructura reciente sobre los costos que incurren. Este tema ya ha sido abordado por diversos autores a nivel nacional y cantonal [véase Sánchez et al. (2018), Sánchez (2019), Gómez-Campos & Cubero Corella (2019) y Gómez-Campos et al. (2024)], pero existe la oportunidad de realizar un análisis comparativo en el tiempo para ver los patrones de la congestión y la trayectoria de los costos con un enfoque en vías específicas.

La investigación se divide en cinco partes. En primer lugar, se presentan los antecedentes de la medición de la congestión vial y la cuantificación de los costos asociados con esta. En segundo lugar, se plantea la metodología empleada para medir la congestión en las vías que han experimentado obras de infraestructura y para monetizar los costos en que incurren los usuarios de estas vías. Tercero, se realiza un análisis de los patrones de congestión y tiempos de retraso en las zonas de influencia de algunas de las principales vías con proyectos de

infraestructura de gran envergadura. Seguidamente, se estiman los cambios en los costos de viaje derivados de dos de los proyectos de infraestructura vial recientes: la construcción de los pasos a desnivel en la ruta 39 (Circunvalación) y las obras en la ruta 1 a la altura del tramo San José-Alajuela. La sección cuatro presenta las limitaciones encontradas y posibles líneas de investigación futuras. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de política resultantes del presente estudio.

Revisión de literatura

Según Small et al. (2024), la congestión ocurre cuando la calidad del servicio de una instalación depende de la intensidad de su uso. Es decir, entre mayor sea el uso de la instalación, disminuye la calidad del servicio que provee. En el contexto de las vías terrestres, esto significa que el volumen de tráfico está muy cerca de la capacidad máxima del camino o red (Goodwin, 2004) y esto tiene un impacto sobre la calidad del servicio en términos del tiempo de viaje esperado, la hora de llegada esperada, la fiabilidad y la conveniencia del viaje (Small et al., 2024).

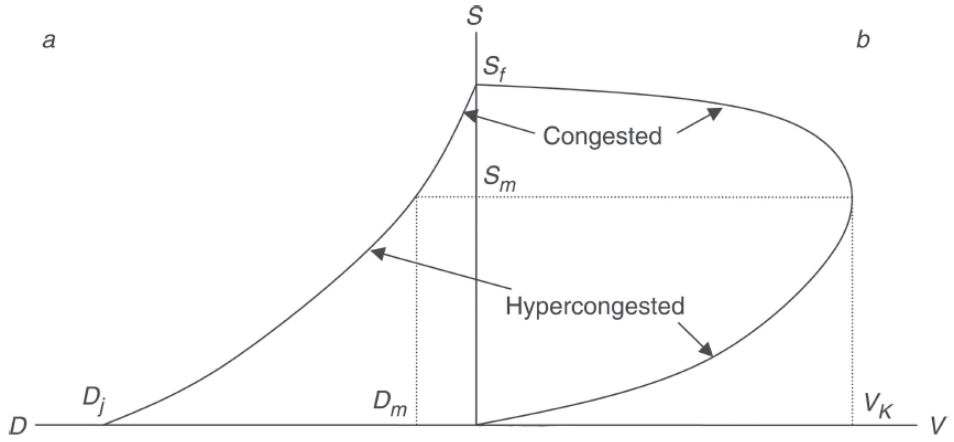
Existen múltiples modelos para explicar la mecánica de la congestión de variable complejidad y, entre ellos, la teoría básica del flujo de tráfico ofrece una mirada simple pero intuitiva del funcionamiento de la congestión. Este modelo estático establece que el flujo vehicular (V), dado por la cantidad de vehículos que circulan por hora, es igual al producto de la velocidad promedio en kilómetros por hora (S) y la densidad (D) correspondiente a la cantidad de vehículos por kilómetro de carretera (Small et al., 2024). La siguiente ecuación describe la relación:

$$V = S \times D$$

Con base en esta teoría se construye el diagrama fundamental de la congestión vial (gráfico 1), que muestra gráficamente la relación entre la velocidad, la densidad y el flujo vehicular. Según el diagrama, un aumento de la densidad provoca que los vehículos reduzcan su velocidad por razones de seguridad, pero inicialmente el flujo vehicular aumenta hasta un máximo dado por V_K a una velocidad S_m. Sin embargo, aumentos subsecuentes de la densidad vehicular y las

reducciones de la velocidad asociadas resultan en una reducción del flujo vehicular llamada hiper-congestión (Small et al., 2024).

Gráfico 1
Diagrama fundamental de la congestión vial



Fuente: Adaptación del gráfico de Small et al. (2024), pp 104.

En términos más prácticos, Vickrey (1969) menciona seis tipos de congestión con una definición más amplia, haciendo referencia a situaciones en que es necesario reducir la velocidad con respecto a la velocidad de flujo libre. Estas situaciones de congestión tienen causas distintas y pueden ocurrir al mismo tiempo. Estas son:

- Interacción simple: ocurre cuando dos unidades de transporte se acercan lo suficiente como para que alguna deba disminuir su velocidad para reducir la probabilidad de una colisión, resultando en un retraso. Este tipo de congestión se da en condiciones de tráfico ligero y cada usuario adicional impone un retraso sobre los demás usuarios igual al retraso que el mismo experimentará, de manera que el retraso total aumenta como el cuadrado del volumen de tráfico.
- Interacción múltiple: se da en situaciones de tráfico más denso, entre un 50% y 90% de la capacidad de la vía. En este caso, un minuto adicional de retraso experimentado por un vehículo adicional, resulta en tres, cinco o más minutos de retraso adicionales para los demás vehículos.

- *Bottleneck* o cuello de botella: corresponde a las vías que tienen una capacidad sustancialmente menor con respecto a la demanda de transporte que los tramos siguientes o precedentes. El retraso será relativamente bajo mientras la demanda no exceda la capacidad reducida de este tramo, pero aumentará cuando la demanda exceda continuamente la capacidad.
- *Triggerneck*: son los casos en los que la congestión causada por los cuellos de botella se extiende tanto que afecta incluso a vehículos que no tienen intención de circular por el tramo de menor capacidad.
- Red y control: son las situaciones en que el nivel de tránsito durante los picos requiere de medidas adicionales de control (regulaciones, semáforos, limitaciones de rutas) para regular el flujo vehicular. Si persisten, estas medidas de control pueden eventualmente afectar el flujo vehicular en condiciones fuera del pico de demanda.
- Densidad general: se refiere a la densidad del sistema de transporte en general para un área, considerando los flujos de transporte en diversos modos y rutas.

Por su parte, Cambridge Systematics y Texas Transportation Institute (2005) señalan factores determinantes análogos. Aun así, advierten que los cuellos de botella, relacionados con la capacidad física de la infraestructura, y los dispositivos de control de tránsito, particularmente los que no están optimizados, resultan en una congestión recurrente que las personas pueden predecir. Las demás fuentes de congestión constituyen un componente no recurrente, pues ocurren de forma irregular y son más difíciles de predecir.

El principal efecto de la congestión no recurrente es la incertidumbre que introduce sobre los tiempos de viaje. Si la congestión y el tiempo de retraso que esta genera son conocidos, las personas podrán seleccionar una hora de salida que les permita llegar justo a tiempo a su destino. Si hay incertidumbre sobre la duración del viaje producto de eventos disruptivos, las personas deberán planificar una salida anticipada y podrán llegar a su destino más temprano o más tarde de lo deseado. Al igual que el retraso provocado durante el viaje, este “colchón de tiempo” no se puede dedicar a otras actividades y por tanto forma parte del costo de la congestión.

Generalmente, las obras de infraestructura buscan reducir la congestión o aumentar las velocidades de circulación para generar ahorros en los tiempos de viaje, y el valor de estos ahorros juega un papel crucial en los análisis de inversión (Small, 2012). Estos ahorros constituyen la proporción más grande en los beneficios, por encima de los ahorros en costos de operación para los usuarios en la mayoría de los análisis de costo-beneficio de la planificación de transportes (Hössinger et al., 2020).

Las inversiones pueden estar enfocadas en aumentos en la capacidad de las carreteras para reducir la densidad de vehículos o en reducciones de las fricciones como intersecciones, semáforos o rotondas. No obstante, las obras también podrían generar aumentos de la congestión en otros puntos por los cuellos de botella, al conectar con vías que no han visto ampliada su capacidad, o a través de un aumento de la densidad general, al servir vehículos más rápidamente a lugares con tránsito más pesado. Arnott y Small (1994) resaltan también que el tránsito a hora pico no refleja la totalidad de la demanda, pues muchas personas escogerán modificar, reprogramar o cancelar sus viajes por motivo de la congestión. Entonces, las medidas para aliviar la congestión podrían verse negadas en parte por esta demanda latente, reduciendo los beneficios esperados.

Precisamente, Winston y Langer (2004) encontraron que las inversiones en infraestructura tienen un impacto bajo sobre los costos de la congestión para los usuarios en Estados Unidos. Los autores estimaron que, por cada dólar gastado en carreteras en un año, la reducción de los costos para los usuarios fue de once centavos en ese año. Incluso si se focalizaran los gastos en las ciudades con mayores problemas de congestión, la reducción de los gastos ascendería a diecinueve centavos. Así, las inversiones para ampliar o mejorar la superficie de las carreteras no necesariamente se reflejan en una caída significativa de los costos de congestión en el corto plazo, y este efecto inicial puede disminuir en el tiempo.

La literatura ofrece al menos tres explicaciones sistemáticas de por qué las ampliaciones de capacidad rinden menos de lo proyectado. La primera es la demanda inducida. Downs (2004) la resume en la noción de “convergencia triple”: cuando una vía mejora, los conductores que antes usaban rutas alternas, otros horarios u otros modos convergen sobre ella hasta

restablecer el nivel de congestión previo. Duranton y Turner (2011) cuantificaron este mecanismo para las áreas metropolitanas de Estados Unidos y encontraron una elasticidad de los kilómetros-vehículo recorridos respecto a los kilómetros-carril cercana a 1,0 en las autopistas interestatales urbanas, es decir, cada carril-kilómetro adicional termina absorbido por un aumento proporcional del tránsito. Las magnitudes varían según la escala geográfica y el horizonte temporal: las revisiones sistemáticas reportan elasticidades de corto plazo entre 0,03 y 0,6 y de largo plazo entre 0,16 y 1,39, con los valores más altos concentrados en los estudios de escala metropolitana (Department for Transport, 2018). Anas (2024) matiza que este resultado no implica que las obras carezcan de valor, pues aun cuando la congestión regrese a su nivel inicial las personas acceden a más destinos y ese acceso adicional es un beneficio en sí mismo; lo que sí implica es que el ahorro de tiempo, que es la partida dominante en los análisis de costo-beneficio, se sobreestima cuando la demanda se proyecta como si fuera independiente de la obra.

La segunda explicación son los cambios en los patrones de movilidad que ocurren en paralelo a la obra y que modifican la demanda que esta debía atender. La revisión del Department for Transport (2018) identifica cinco mecanismos de ajuste: cambio de modo, cambio de ruta, cambio de horario de salida, cambio de destino y, en el plazo más largo, relocalización de la residencia y de las actividades económicas. Los tres primeros redistribuyen viajes que ya existían y se manifiestan con rapidez; los dos últimos generan viajes nuevos y más largos, y explican por qué el efecto observado tiende a crecer con los años en lugar de estabilizarse. En Costa Rica varios de estos mecanismos operan de manera simultánea y en sentido desfavorable: según Bazán (2025), se estima que el parque vehicular alcanzó más de 1.222.000 vehículos particulares y más de 600.000 motocicletas en circulación en el 2025. Esto es el doble de vehículos particulares que los estimados para el 2007, y se proyecta que continúe la tendencia hacia 2030. Además, la inversión favorece el transporte individual y no los medios de transporte colectivos, y esto se refleja en un número de pasajeros de autobús menor que antes de la pandemia y que está en declive desde el 2023 (Madrigal-Quesada y González-Tenorio, 2025). Finalmente, Sánchez (2019) encuentra que los patrones de crecimiento urbano de baja densidad de la GAM alargan las distancias de viaje. Rutas

ampliadas en este contexto no enfrenta una demanda estable a la que se le añade capacidad, sino una demanda que crece con fuerza por razones ajenas a la obra.

La tercera explicación, menos discutida en la literatura internacional pero central en el caso costarricense, es el desfase entre el diseño y la puesta en operación de la infraestructura. Madrigal-Quesada y González-Tenorio (2025) encontraron desafíos persistentes para el desarrollo de infraestructura de transporte en Costa Rica, que limitan la efectividad de las inversiones para cerrar las brechas existentes. En particular, destaca el tiempo transcurrido entre el diseño y la construcción de la infraestructura, que en muchos casos se mide en décadas y que produce obras con capacidad insuficiente para el parque vehicular actual.

La Circunvalación ilustra el punto: fue concebida en la década de 1950 y declarada de interés público en 1960, pero su último tramo se abrió al tránsito en octubre del 2024, más de seis décadas después, con cerca de 40.000 usuarios diarios desde el inicio de su operación (Delfino.cr, 2024). Ya en el 2014, LanammeUCR había advertido, con base en el diseño conceptual disponible entonces, que la Circunvalación Norte requería al menos seis carriles, tres por sentido, y que el tramo entre la ruta 32 y Calle Blancos podría necesitar un carril adicional por sentido después del 2030. Un patrón análogo se observa en la ruta 1: el segmento más cargado moviliza actualmente alrededor de 110.000 vehículos diarios y, según los análisis del estudio de factibilidad de la ampliación prevista para el período 2026-2032, con tasas de crecimiento del tránsito de 5% a 7% anual la vía volvería a saturarse entre seis y ocho años después de concluidas las obras (La Nación, 2024). En otras palabras, la obra se dimensiona contra la demanda del momento del diseño y no contra la del momento de la operación, y la brecha entre ambas se amplía con cada año de atraso.

La valoración del tiempo

El valor del tiempo surgió como un elemento de análisis importante para comprender las decisiones de los hogares gracias a las teorías desarrolladas por Becker (1965) y DeSerpa (1971). En estas teorías, los hogares requieren de tiempo para “producir” los bienes y servicios que se consumirán y, por tanto, el consumo no depende exclusivamente del tiempo de trabajo y los ingresos generados como se describe en el modelo básico de ocio-trabajo, sino que

requiere tiempo y "bienes de consumo intermedio". Así, las personas deben asignar sus recursos de dinero y tiempo a las actividades que les generan satisfacción y existe un costo de oportunidad en el empleo del tiempo, los usos alternativos que se le podrían dar.

El valor del tiempo en el análisis de la congestión se refleja en dos indicadores principales: el valor del tiempo de viaje (VoT, por sus siglas en inglés) y el valor de la fiabilidad (VoR, por sus siglas en inglés). Ambos indicadores buscan medir en términos monetarios la disposición a pagar de los usuarios de las vías por ahorrar tiempo de viaje en el caso del VoT o por reducir la variabilidad en los tiempos de viaje con el VoR (Carrion & Levinson, 2012).

Con base en el modelo teórico de DeSerpa (1971), el VoT se puede descomponer en dos elementos: el costo de oportunidad de utilizar el tiempo en otras actividades y el valor de una reducción en el tiempo dedicado al viaje en sí. Hössinger et al. (2020) plantean esta diferencia como el valor del ocio menos el valor del tiempo asignado a viajar. El primero depende de la valoración individual por el ocio mientras que el segundo depende de las características de la modalidad de transporte como la comodidad o la posibilidad de realizar otras actividades durante este tiempo. Esto da pie a una valoración diferenciada del tiempo de viaje según las características socioeconómicas de los viajeros y del modo de transporte utilizado.

De igual manera, existe una diferencia en la valoración del tiempo con base en el propósito del viaje, donde el tiempo de viaje que se realiza en horario laboral es más valioso que el tiempo de traslado al lugar de trabajo y a los viajes que se realizan por motivos personales o de ocio. Los viajes de trabajo se valoran bajo el supuesto de que el valor para el empleador de dicho viaje es igual al total de los costos laborales que debe pagar. En relación con los otros motivos de viaje, se asigna una valoración menor del tiempo partiendo de que si el salario recompensa a las personas por sacrificar el ocio, esforzarse en sus tareas laborales y por su capital humano, entonces el valor del ocio que se sacrifica en los viajes debe ser menor que el salario pues no incluye las otras dimensiones que implica la jornada laboral (Gwilliam, 1997).

La medición del retraso que experimentan los usuarios puede variar dependiendo de la definición de la velocidad base con que se compara la velocidad observada. La mayoría de los estudios se centraban en la velocidad de flujo libre o *free flow*, sin embargo, esta ha sido criticada ya que no suele ser factible aún con densidades vehiculares bajas. En muchos casos, los autores han optado por utilizar los límites de velocidad o la velocidad económicamente eficiente para medir el retraso. En el caso de los límites de velocidad, se esperaría que los usuarios los respeten aun cuando la densidad vehicular les permitiría circular a velocidades mayores. Por otro lado, la velocidad eficiente se refiere a la velocidad que maximiza el flujo vehicular, maximiza el rendimiento del combustible y además reduce la probabilidad de generar accidentes (Litman, 2026).

En relación con el componente VoR, la fiabilidad (o falta de fiabilidad) en el transporte se relaciona con las variaciones impredecibles de los tiempos de viaje, las cuales pueden surgir por el lado de la demanda o del lado de la oferta de la red de transporte. Si se considera los tiempos de viaje como una distribución probabilística, la fiabilidad se puede asociar con la dispersión de dicha distribución. En el análisis empírico del VoR se encuentran dos métodos principales: los que realizan un análisis con base en la centralidad-dispersión de la distribución y castigos simétricos en relación con una llegada temprana o tardía, y los análisis que consideran las horas preferidas de llegada y castigos asimétricos, donde la llegada tardía es menos deseable que una llegada temprana. El primer método tiene un uso más amplio en los análisis, puesto que no requiere información sobre los tiempos de llegada preferidos de las personas (Carrion & Levinson, 2012; Fosgerau & Karlström, 2010).

Entonces, la literatura apunta a que las personas no solo valoran el tiempo que pierden en las presas, sino que hay valor también en la posibilidad de programar el uso del tiempo de manera más certera y reducir los periodos de tiempo fuera del vehículo que podrían ser aprovechados en otras actividades.

Un componente que las mediciones basadas en tránsito observado no capturan es el costo de los viajes que no llegan a realizarse. La contraparte de la demanda inducida es la demanda suprimida: así como una reducción del costo generalizado del viaje genera tránsito adicional,

un aumento de ese costo elimina viajes que se habrían hecho en condiciones fluidas (Department for Transport, 2018). Esos viajes desplazados, es decir, la visita que no se hace, la cita que se pospone como otros ejemplos, no dejan rastro en los datos de velocidad ni en los conteos vehiculares, precisamente porque no ocurren, pero representan una pérdida de bienestar real y, a diferencia del retraso, recae de manera desproporcionada sobre quienes tienen menos margen para absorber tiempos de viaje largos.

La forma estándar de valorarlos en la evaluación económica de proyectos es a través del excedente del consumidor sobre la curva de demanda de viajes, aproximado mediante la llamada "regla de la mitad". Bajo este enfoque, los usuarios que ya realizaban el viaje reciben el ahorro completo del costo generalizado, mientras que a los viajes que aparecen o desaparecen en el margen, cuya disposición a pagar se distribuye entre el costo con y sin proyecto, se les asigna la mitad de ese cambio (Institute for Transport Studies, s.f.; Department for Transport, 2018).

Aplicar esta regla exige conocer la elasticidad de la demanda de viajes respecto al tiempo o al costo generalizado, un parámetro que se obtiene de modelos de demanda calibrados con encuestas de origen-destino o con experimentos de preferencias declaradas. En ausencia de esa información, Goodwin (2004) y Litman (2026) señalan que las estimaciones de costos de congestión basadas únicamente en el retraso observado deben interpretarse como una cota inferior del costo total, y advierten que el sesgo no es neutral: es mayor allí donde la congestión es más severa, porque es ahí donde más viajes se suprimen. En Costa Rica, la ausencia de un estudio actualizado de origen-destino impide realizar este ejercicio, y por esa razón las estimaciones que se presentan más adelante se limitan a los viajes efectivamente realizados.

Estudio de la congestión en Costa Rica

En Costa Rica, múltiples estudios han medido la congestión y sus impactos a nivel nacional, generalmente con un enfoque más macroeconómico de los costos. AC&A Global y Gensler (2017) estimó los costos derivados de los problemas de transporte en la Gran Área Metropolitana (GAM). Entre esos costos, el estudio calculó en US$691 millones anuales aquellos derivados de la congestión, con cálculos adicionales para el costo de los siniestros, el

ruido, la calidad del aire y las emisiones de gases de efecto invernadero. En total, los problemas de transportes habrían provocado costos por US$2.861 millones de dólares anuales o 4,7% del PIB del 2017 para el país.

Por otro lado, Sánchez-Hernández et al. (2018) analizaron el efecto potencial de diversas obras de infraestructura sobre los tiempos de viaje y el costo monetario para los usuarios en un horizonte de 8 años, 2018-2025. Para esto estimaron funciones de congestión o tiempo-intensidad calibradas con base en observaciones de velocidad, capacidad y tipo de carretera para cada una de las rutas que serían intervenidas. Asimismo, utilizaron diversos escenarios del crecimiento de la demanda de vehículos para definir la variación en el flujo vehicular, específicamente un crecimiento de 5%, 10% y 20%. Los resultados arrojan un impacto económico anual de entre US$471 millones y US$690 millones dependiendo del escenario de crecimiento de la demanda con base en el ahorro de tiempos de operación de las distintas clases de vehículo. En términos de emisiones de CO2, los autores estiman una reducción de 1,3% de las emisiones totales anuales producto de la disminución del tiempo de traslado y el aumento de las velocidades.

Sánchez (2019) estimó el costo de la congestión para los trabajadores de la GAM con base en información histórica de los tiempos de viaje de los distritos hacia el distrito central de cada cantón obtenida de Google Maps. Posteriormente, estimó las horas adicionales de viaje en congestión para los trabajadores que laboran en un cantón diferente al de residencia con base en el Censo 2011 y asignó un costo igual al salario por hora imputado a partir de la Encuesta Nacional de Hogares 2018 según la ocupación. Los costos estimados ascendieron a US$2.713 millones o US$2.869 per cápita anuales con un impacto que osciló entre un valor mínimo de US$1.493 anuales para un trabajador de Alvarado de Cartago y un valor máximo de US$5.197 para un trabajador de Barva de Heredia.

En relación con el análisis de la congestión observada, Gómez-Campos y Cubero Corella (2019) realizaron un análisis en los cantones de Costa Rica con datos de la aplicación Waze para el 2018. Los autores encontraron que las presas son más frecuentes de lunes a viernes en las ‘horas pico’ de 6:00am a 8:00am y de 4:00pm a 7:00pm, las horas usuales de movilización

hacia los lugares de trabajo y de estudio. En el caso de los fines de semana, las presas eran más frecuentes entre las 10:00am y 1:00pm los sábados, y entre 4:00pm y 6:00pm los domingos. En cuanto a la distribución geográfica de la congestión vial, la mayor parte de las presas ocurrieron en cantones de la GAM, con San José, Alajuela, Heredia, Santo Domingo y Cartago clasificados en el nivel 'extremo' con más de tres millones de presas reportadas en el cantón.

En un estudio posterior con datos de Waze para el período 2019-2024, Gómez-Campos et al. (2024) encontraron que la reducción en el tránsito durante los períodos más restrictivos de la pandemia en el 2020 se revirtió para el 2021 y el 2022, alcanzando niveles de congestión vial similares a los observados antes de la pandemia en el 2019. Asimismo, identificaron un aumento sostenido de la congestión vial para el 2023 y el 2024, con un promedio anual 16% y 32% por encima del 2019 respectivamente. Los cantones de San José y Alajuela se mantuvieron como los cantones con la mayor cantidad de reportes de congestión a nivel nacional, pero mientras que San José tuvo una reducción relativa de la congestión entre el 2019 y el 2024, Alajuela experimentó un aumento. Finalmente, los autores identificaron veintiséis distritos que concentran consistentemente las zonas de mayor congestión durante todo el período de análisis, todos ubicados en la GAM y que se reproducen en el cuadro 1.

Cuadro 1
Costa Rica. Distritos de mayor congestión entre enero de 2019 y agosto de 2024

Provincia	Cantón	Distritos
San José	San José	Catedral, El Carmen, Hatillo, Hospital, Mata Redonda, Merced, Pavas, San Francisco de Dos Ríos, Uruca, Zapote
	Escazú	San Rafael
	Santa Ana	Pozos
	Alajuelita	San Felipe
	Moravia	San Vicente
	Montes de Oca	Mercedes, San Pedro
Alajuela	Alajuela	Alajuela, Garita, Guácima, Río Segundo, San Antonio, San José, San Rafael
Heredia	Heredia	San Francisco, Ulloa
	Belén	La Ribera

Fuente: Gómez-Campos, Rojas y Aguilar (2024) con datos de Waze-MOPT.

Los estudios consultados muestran que la congestión es más problemática en la GAM, con mayor cantidad de eventos de congestión y altos costos estimados para los residentes. También evidencian que la disminución de la congestión producto de las restricciones y los cambios de hábitos provocados por la pandemia se ha revertido en su totalidad y que se ha retomado el crecimiento en los últimos años.

Para dimensionar estos hallazgos conviene contrastarlos con las mediciones internacionales de congestión, con el objetivo de dar perspectiva, pero no comparación ya que no se comparte una misma metodología. El referente más difundido es el Global Traffic Scorecard de INRIX, que en su edición correspondiente al 2025 analizó 942 áreas urbanas y reporta para cada una las horas perdidas por conductor al año y su equivalente monetario. Estambul encabezó la clasificación con 118 horas perdidas por conductor, seguida de Chicago con 112 horas, Ciudad de México con 108, la única ciudad latinoamericana entre las primeras posiciones, con un aumento de 11% respecto al 2024, Nueva York con 102, Londres con 91 y París con 90. El promedio de las ciudades estadounidenses fue de 49 horas perdidas y US$894 por conductor al año, para un costo nacional de US$85.800 millones (INRIX, 2025).

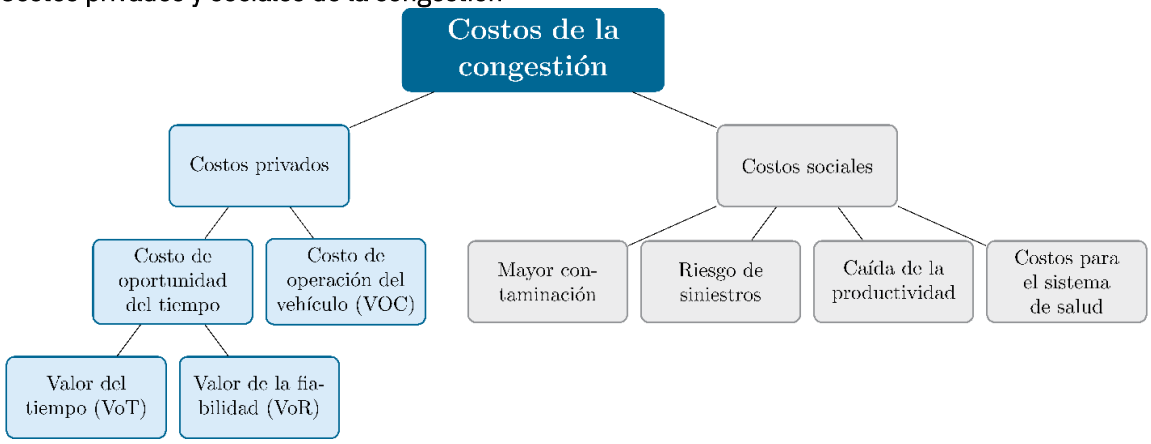
Estas cifras no son directamente comparables con las estimadas en este documento, por tres razones. Primero, el ámbito geográfico: INRIX mide el retraso a lo largo de los corredores de acceso a los centros de empleo de un área urbana completa, mientras que aquí se estiman los costos de recorrer dos tramos específicos y particularmente congestionados de la Red Vial Nacional. Segundo, la velocidad de referencia: INRIX compara la velocidad en hora pico contra la velocidad nocturna de flujo libre efectivamente observada, en tanto que este estudio utiliza el límite de velocidad señalizado, un umbral más exigente que produce retrasos mayores. Tercero, la valoración del tiempo: INRIX aplica el valor por hora de la guía del USDOT ajustado por inflación y convertido a moneda local mediante paridad de poder adquisitivo, mientras que aquí se emplea el 50% del salario mediano bruto de la región Central. A esto se suma que Costa Rica no forma parte de la cobertura de INRIX, por lo que no existe una cifra construida con esa metodología que permita ubicar al país en la clasificación; las menciones recurrentes en medios de comunicación sobre la posición de San José en los rankings mundiales de

tránsito provienen de índices de percepción de fuente colaborativa, que no son mediciones de retraso observado y no deberían leerse como tales.

Metodología

El cálculo de los costos de la congestión está compuesto por dos partes principales: los costos privados en que incurren los usuarios de las carreteras y los costos sociales, aquellos costos que se imponen sobre otros usuarios y la sociedad en general. En esta investigación, se pretende medir únicamente los costos privados de los usuarios, resaltados en azul en la figura 1, pero no se le debe restar importancia a los costos en que incurre la sociedad, como una mayor emisión de gases de efecto invernadero, mayores riesgos de siniestros en carreteras, menor productividad para la economía y cargas adicionales para el sistema de salud relacionados con el estrés o ansiedad de los conductores.

Figura 1
Costos privados y sociales de la congestión



Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026).

Para obtener los costos privados, se debe medir la congestión en términos del tiempo adicional de viaje que impone sobre los usuarios de la red vial y posteriormente se debe asignar un valor monetario a ese tiempo adicional, correspondiente al costo de oportunidad del tiempo y a los costos de operación de los vehículos.

La medición de la congestión se realizó con datos de Waze, procesados por el Programa Estado de la Nación, los cuales ofrecen información sobre la velocidad y el retraso promedio en tramos de la red vial de 100 metros de longitud y en intervalos de 10 minutos para *jams* o presas*,* eventos de congestión identificados automáticamente por la aplicación. El anexo metodológico provee una explicación detallada sobre las características de los datos y las transformaciones realizadas.

A partir de la información de Waze, y con la medida de la velocidad promedio por hora en las rutas de interés, se obtuvo el tiempo de retraso o tiempo adicional de viaje recurrente con respecto a la movilización a la velocidad máxima para tener un punto de comparación estable del tiempo que toma circular por la vía y se excluyeron los valores extremos con base en el rango intercuartílico, para evitar que los eventos muy atípicos como accidentes graves o manifestaciones elevaran excesivamente el retraso promedio.

El componente no recurrente, el valor de la fiabilidad (VoR), se calcula con base en el *Buffer Index* (BI). Este índice cuantifica el tiempo adicional que se debe 'presupuestar' para llegar a tiempo el 75% del tiempo. La siguiente ecuación describe el cálculo del índice, donde TdV es el tiempo de viaje y p75 se refiere al percentil 75 de la distribución:

$$BI = \frac{TdV_{p75} - TdV_{promedio}}{TdV_{promedio}}$$

Dado que no se tiene información de los recorridos que realizan los usuarios de la aplicación, no es posible conocer la distancia o las rutas específicas por donde circulan las personas. Por esta razón, el análisis siguiente se realiza con base en dos casos hipotéticos de los movimientos de trabajadores a lo largo de dos de las rutas: la sección de Circunvalación entre el distrito de Zapote de San José y Calle Blancos de Goicoechea, y las secciones de la Autopista General Cañas entre Uruca de San José y Ulloa de Heredia y La Asunción de Belén y Garita de Alajuela. En el caso de la Circunvalación, se construyeron tres pasos a desnivel en la Rotonda de las Garantías Sociales, la Rotonda de la Bandera y la Rotonda del Bicentenario. Para la Autopista General Cañas, se consideró la ampliación de los puentes sobre los Ríos Segundo,

Ciruelas, y Alajuela, parte de las llamadas Obras Impostergables (OBIS) del proyecto de ampliación de la ruta 1.

Para la monetización del tiempo adicional de viaje, siguiendo la práctica estándar descrita en USDOT (2016), se utiliza la mediana del salario bruto de los hogares. El monto se obtiene con base en la variable de salario bruto en el empleo principal de la región Central de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO) del INEC para el período 2019-2025, ponderado por el factor de expansión. El salario por hora se obtiene dividiendo el salario mensual monetario bruto entre las horas normales semanales del empleo principal multiplicadas por 4,345. A continuación, se obtiene el valor del salario real ajustando con el Índice de Precios al Consumidor del INEC con base en diciembre del 2020, para excluir el efecto de la inflación.

Cuadro 2
Costa Rica. Salario bruto por hora mediano de la población asalariada de hogares con al menos un vehículo. 2019-2025
(colones corrientes y colones constantes)

Año	Salario bruto mediano por hora (colones corrientes)	Índice de precios al consumidor (junio)	Salario bruto mediano por hora (colones constantes junio 2026)
2019	2.589,183	90,329	2.866,392
2020	2.769,035	90,611	3.055,959
2021	2.876,870	92,340	3.115,519
2022	2.876,870	101,625	2.830,868
2023	3.068,661	100,570	3.051,269
2024	3.116,609	100,536	3.099,993
2025	3.164,557	100,319	3.154,494

Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026) con datos de la ENAHO y del IPC (INEC), 2019-2026.

La estimación de los costos de operación de los vehículos se realiza con base en estimaciones del modelo HDM-4 del Banco Mundial (2007). Los costos operativos incluyen los gastos en combustible, lubricantes, mantenimiento y desgaste de los neumáticos por kilómetro para un vehículo mediano. El cuadro A1 del anexo muestra los parámetros utilizados para la estimación de los costos y el cuadro A2 muestra los costos de operación en colones a la velocidad máxima promedio para los tramos analizados en esta investigación.

Estimación de los costos económicos de la congestión

En esta sección se resumen los resultados de la medición de la congestión a nivel de distritos para un conjunto de corredores viales que han experimentado obras de infraestructura en años recientes. Más adelante, se ilustran los costos directos para una persona representativa que circula por la ruta 39 y la ruta 1.

Situación de los corredores viales y su área de influencia inmediata

Para una medición más localizada de la congestión, se seleccionaron rutas nacionales donde se realizaron o se están realizando obras de infraestructura de gran tamaño. El cuadro 3 describe las obras seleccionadas y los distritos que atraviesan.

Cuadro 3
Costa Rica. Obras de infraestructura de gran tamaño y distritos de influencia considerados

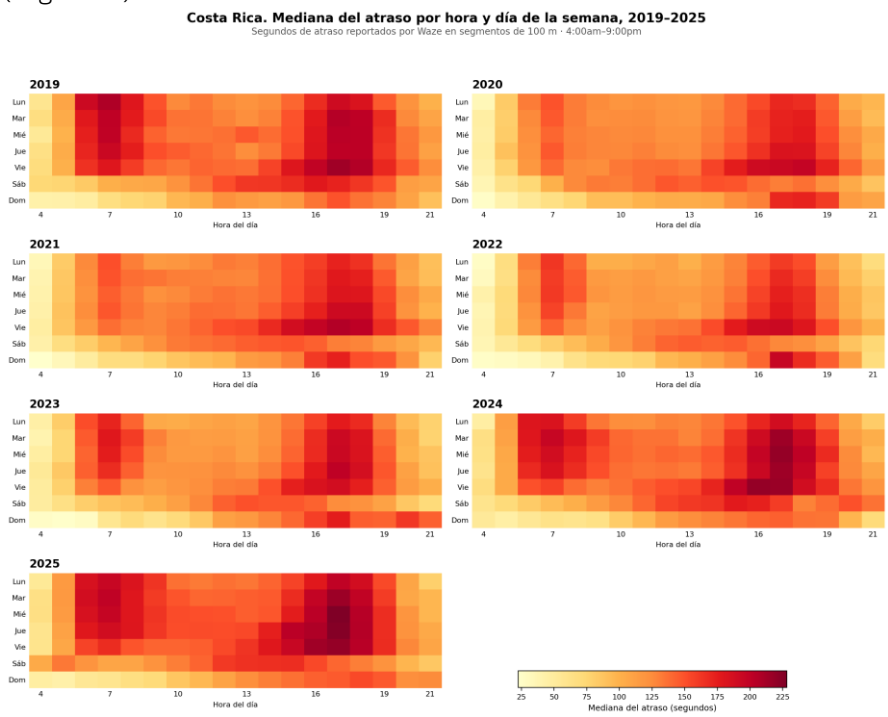
Obras	Cantón	Distritos
Ruta 1 Barranca-Liberia	Esparza	Espíritu Santo
	Montes de Oro	Miramar, San Isidro
	Puntarenas	Barranca, Acapulco, Pitahaya, Chomes
	Abangares	Las Juntas, San Juan
	Cañas	San Miguel, Cañas
	Bagaces	Bagaces, Pijije
	Liberia	Liberia
Ruta 2 Intercambio Taras-La Lima	Cartago	Guadalupe, San Nicolás
Ruta 2 Túnel La Galera	Curridabat	Curridabat, Sánchez, Granadilla
Ruta 39 Circunvalación	San José	Carmen, Catedral, Hospital, Merced, Zapote, Mata Redonda, Uruca, Hatillo, San Sebastián, San Francisco de Dos Ríos, Pavas
	Goicoechea	Guadalupe, San Francisco, Calle Blancos
	Tibás	Cinco Esquinas, Colima, Anselmo Llorente, León XIII
	Alajuelita	Alajuelita, San Felipe
	Montes de Oca	San Pedro, Mercedes
Ruta 32 Ampliación y Construcción de puentes sobre Río Virilla	Tibás	San Juan
	Santo Domingo	San Miguel, Santo Tomás
Ruta 32 Ampliación cruce Río Frío-Limón	Sarapiquí	Las Horquetas
	Pococí	Guápiles, Jiménez
	Guácimo	Guácimo, Mercedes, Pocora
	Siquirres	Siquirres, Germania, Alegría, El Cairo, Pacuarito

Obras	Cantón	Distritos
	Matina	Batán, Matina, Carrandí
	Limón	Río Blanco, Limón
Ruta 1 Uruca-Garita	Heredia	Ulloa, San Francisco
	Belén	La Asunción, La Ribera
	Flores	Llorente, San Joaquín
	Santa Bárbara	San Juan
	Alajuela	Río Segundo, Desamparados, Alajuela, San Antonio, Guácima, San José, Garita, Tambor

Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026).

La distribución del atraso por hora del día y día de la semana confirma el patrón bimodal característico del desplazamiento diario del lugar de residencia a los lugares de trabajo o estudio. El gráfico 2 presenta la mediana del atraso registrado por Waze para cada combinación de hora y día, en cada año del período 2019-2025. Se utiliza la mediana y no el promedio porque la distribución del atraso es fuertemente asimétrica: unos pocos eventos de bloqueo prolongado desplazan el promedio hacia arriba y no representan la experiencia típica del usuario de la vía.

Gráfico 2
Costa Rica. Mediana del atraso por hora del día y día de la semana. 2019-2025
(segundos)



Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026) con datos de Waze-MOPT.

A partir del gráfico 2 se pueden destacar tres rasgos. Primero, el pico vespertino es sistemáticamente más intenso y prolongado que el matutino: entre semana, la mediana del atraso en la franja de 4:00 p.m. a 6:00 p.m. alcanzó 206 segundos en 2025, frente a 181 segundos en la franja de 6:00 a.m. a 8:00 a.m. Segundo, la caída del período pandémico afectó de manera desigual a ambos picos: en 2020 el pico matutino se redujo 27% respecto a 2019, mientras que el vespertino cayó apenas 10%. Esto es consistente con la interpretación de que el teletrabajo suprimió principalmente el viaje de ingreso a la jornada laboral, no así los viajes de regreso, compras y actividades de la tarde. Tercero, lo ganado en pandemia se perdió: en 2025 tanto el pico matutino como el vespertino superan los niveles de 2019, y el valle de media mañana y mediodía que en 2022 era 12% inferior al de 2019, se ubica ya 10% por encima.

Cuadro 4
Costa Rica. Mediana del atraso según franja horaria. 2019-2025
(segundos)

Año	Pico a.m. (6-8 h, L-V)	Pico p.m. (16-18 h, L-V)	Valle (10-14 h, L-V)	Fin de semana (Sáb-Dom)	Madrugada (0-4 h)
2019	181,5	194,2	134,7	105,8	56,1
2020	133,1	174,6	127,9	94,7	34,7
2021	133,9	180,0	136,2	90,1	29,9
2022	139,6	166,9	117,9	85,2	28,4
2023	151,5	180,0	119,8	94,6	40,9
2024	172,1	198,4	138,8	111,7	66,5
2025	180,7	206,0	148,5	114,0	70,7
Cambio 2019-2025	-0,4%	+6,1%	+10,2%	+7,8%	+26,0%

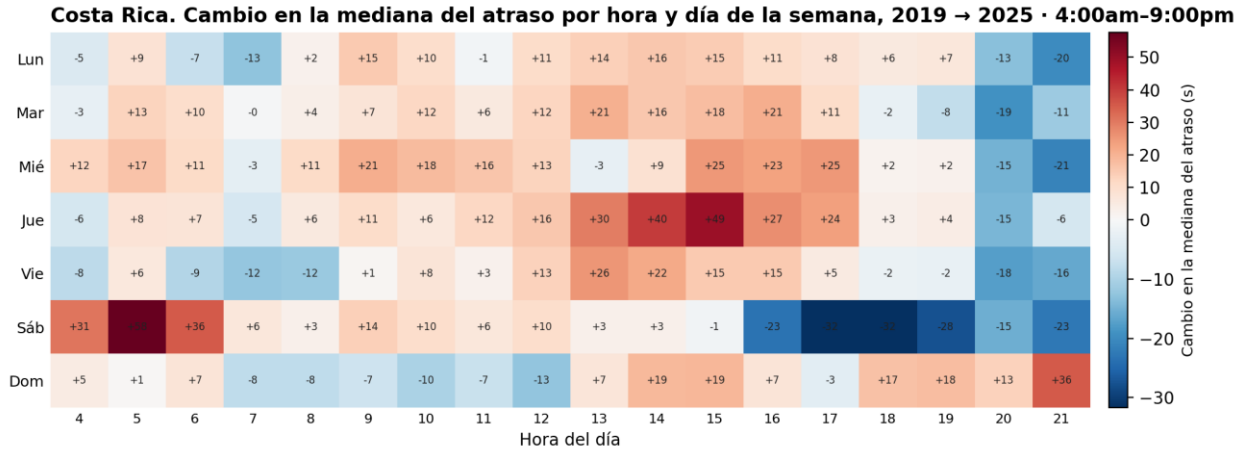
Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026) con datos de Waze-MOPT.

El cambio entre 2019 y 2025 no es uniforme a lo largo del día, y esa heterogeneidad es relevante para la estimación de costos. El gráfico 3 descompone la variación celda por celda: los aumentos se concentran en la madrugada, en el fin de semana y en las horas contiguas a los picos, mientras que el corazón del pico matutino entre semana muestra reducciones. En otras palabras, la congestión no se agravó tanto en su punto máximo como se extendió hacia franjas horarias que antes eran fluidas. Este ensanchamiento del período de congestión, y no el

aumento del pico, es el principal motor del crecimiento del costo agregado, porque multiplica la cantidad de horas-vehículo expuestas al atraso.

Gráfico 3

Costa Rica. Cambio en la mediana del atraso por hora del día y día de la semana. 2019-2025 (segundos)



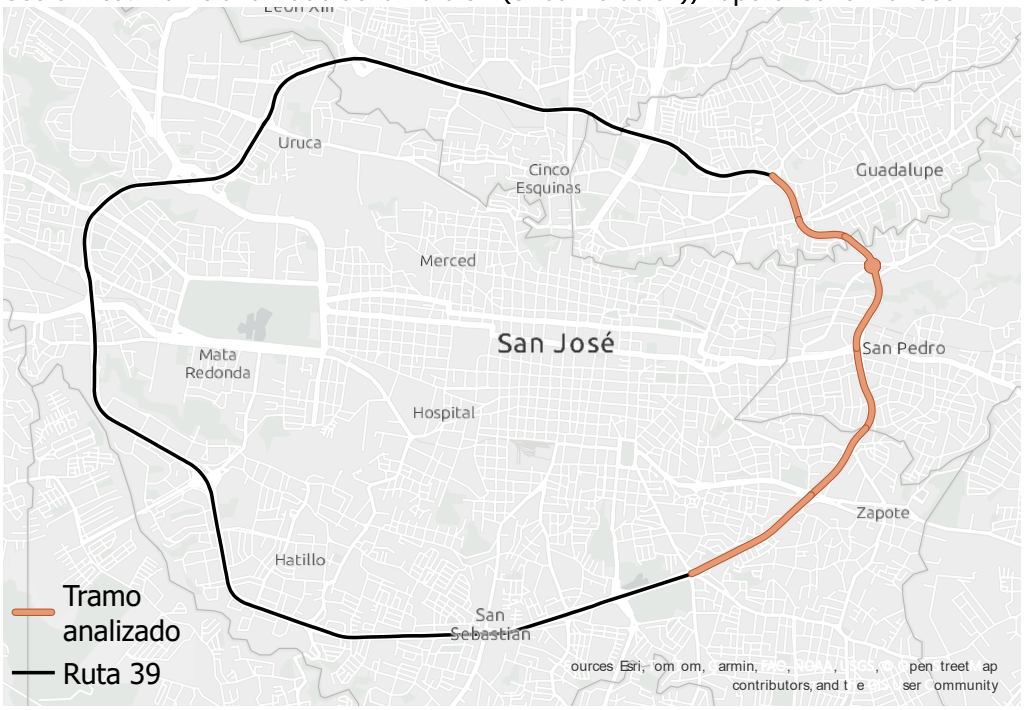
Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026) con datos de Waze-MOPT.

Análisis de caso Ruta 39 Circunvalación

El siguiente ejemplo contempla el segmento de la ruta 39 comprendido entre los distritos de Zapote en San José y Calle Blancos en Goicoechea. El mapa 1 muestra la ubicación geográfica del tramo en relación con el resto de la ruta 39, así como la extensión en kilómetros, los límites de velocidad y el tiempo de viaje si se recorre a la velocidad máxima. Recorrer este tramo al límite de velocidad permitido, duraría 4 minutos en condiciones de flujo libre.

La ruta 39 presentaba varias de las tipologías de congestionamiento descritas en la literatura, con particular influencia de los dispositivos de control de tránsito de las rotondas y semáforos y las interacciones múltiples producto de la alta densidad del tránsito en horas pico.

Mapa 1
Costa Rica. Tramo analizado de la Ruta 39 (Circunvalación), Zapote-Calle Blancos



Longitud	Velocidad máxima	Tiempo de viaje
4,495 km	60-70 km/h	~4 minutos

Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026).

En este tramo se desarrollaron tres pasos a desnivel en las rotondas de las Garantías Sociales y la Bandera y el antiguo cruce semaforizado de Guadalupe, que dio paso a la rotonda del Bicentenario (cuadro 5). El propósito de estas obras fue reducir la fricción, relacionada con los dispositivos de control de tránsito, en la circulación sobre el tramo principal de la Circunvalación. La construcción de los pasos se desarrolló entre el 2019 y el 2022, por lo que no se tienen observaciones antes del comienzo de la construcción. No obstante, la evolución de la congestión en el periodo 2019-2025 permite ver las tendencias del tránsito en esta ruta.

Cuadro 5
Costa Rica. Obras de infraestructura ejecutadas en el tramo de la Ruta 39 analizado

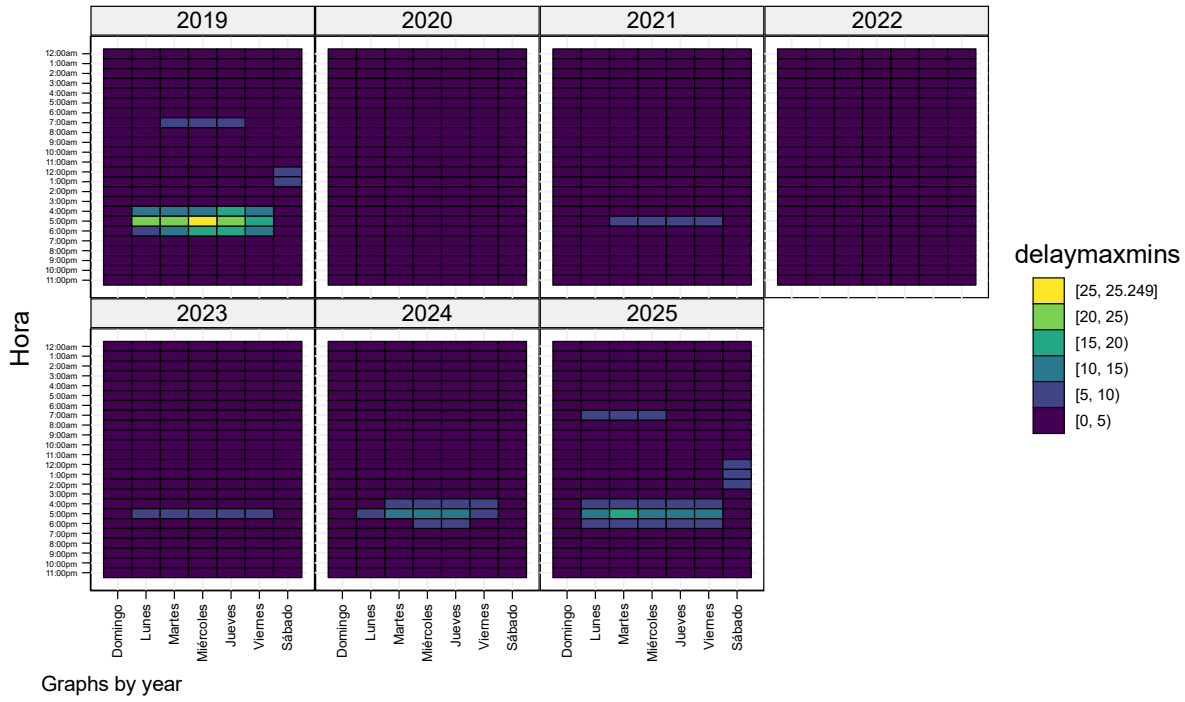
Obra	Inicio	Final
Paso a desnivel en la Rotonda de las Garantías Sociales	15 enero de 2019	30 marzo 2020
Paso a desnivel en la Rotonda del Bicentenario	16 enero 2020	25 marzo 2021
Paso a desnivel en la Rotonda de la Bandera	14 diciembre 2020	25 abril 2022

Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026).

El gráfico 4 muestra el mapa de calor del retraso promedio por año, por día y por hora, donde los colores claros representan un tiempo adicional de viaje bajo y los colores más oscuros corresponden a atrasos mayores. Debido al efecto de la pandemia y la disrupción del tránsito por la construcción de las obras mencionadas, conviene comparar principalmente el 2019 con el periodo 2023-2025. En primer lugar, se observa una reducción generalizada en los tiempos de viaje del 2023 con respecto al 2019, con retrasos de menos de 5 minutos en todas las horas salvo en la franja de 5pm a 6pm. En horas de la mañana, se pasó de un retraso promedio de 4 minutos a menos de 1 minuto y en la tarde de 18 minutos a 4 minutos. Esto sugiere que los pasos a desnivel fueron efectivos para reducir los tiempos de viaje de los usuarios durante el primer año completo de operación. No obstante, para el 2024 y el 2025, se empieza a notar un aumento de los tiempos de viaje, con una intensificación en las horas pico. Entre el 2023 y el 2024 se dio un aumento de 3 minutos en los viajes emprendidos a las 5pm entre semana y entre 2024 y 2025 volvió a aumentar en 5 minutos, lo cual indica que la efectividad de las obras se está reduciendo conforme aumenta la demanda de transporte en esta ruta.

La mayor densidad vehicular podría estar relacionada con las conexiones adicionales que permite la ruta con el tramo de Circunvalación Norte hacia la ruta 32 o hacia la Uruca, particularmente por la construcción de obras adicionales en el tramo sur de la carretera. En ese sentido, convendría revisar si los aumentos del tiempo continúan después de terminadas estas obras o si se trata de un desvío temporal.

Gráfico 4
Costa Rica. Retraso promedio en la Ruta 39 por hora, día y año. 2019-2025



Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026) con datos de Waze-MOPT.

Para ilustrar los costos directos que incurre una persona que circula por esta vía, considere el caso de una persona trabajadora que reside en Desamparados y se traslada a su trabajo en Calle Blancos. Suponga además que trabaja 40 horas semanales en el horario regular de 8am a 5pm de lunes a viernes. Para llegar a tiempo a su lugar de trabajo, esta persona debe agregar el tiempo de retraso típico producto del congestionamiento recurrente y un tiempo adicional por si se produce algún imprevisto como un accidente de tránsito, incorporado aquí mediante el BI. En la tarde, para volver al hogar, asumimos que no es necesario aplicar un buffer.

El cuadro 6 muestra los elementos que forman parte de la planificación del tiempo para 2019 y 2023-2025 (resultados completos en cuadro A3 del anexo). Por ejemplo, para el 2025, el tiempo de viaje promedio en la mañana fue de poco menos de 5 minutos y se requirió un buffer de 2 minutos para evitar llegar tarde al trabajo. En la tarde, el tiempo de viaje fue de 14,3 minutos, con un buffer de 4,5 minutos. Esto resulta en un tiempo de 25,7 minutos adicionales sobre los 4 minutos que toma recorrer el tramo a la velocidad máxima.

Los datos muestran que los valores de tiempo adicional de viaje y de buffer para el 2025 alcanzaron los observados en el 2019, un retroceso importante en relación con el 2023 y 2024. En horas de la tarde, también se ha dado un aumento en el tiempo, pero ambas métricas se mantienen aún por debajo del 2019.

Los costos anuales estimados por el tiempo de viaje adicional superaron los 220.000 colones en el 2025, más de 100.000 colones adicionales que en el 2024, pero menor que los 289.000 estimados para el 2019. De este monto, 162.351 colones corresponden al valor del tiempo perdido, calculado a partir de una valoración del 50% del salario bruto, mientras que los 58.320 colones restantes corresponden al costo de operar el vehículo por este tiempo extra. Aunque la entrada en funcionamiento de los pasos a desnivel redujo en un 72% los tiempos extraordinarios de viaje entre 2019 y 2023, lo que generó un ahorro anual cercano a los 220.000 colones, dicho beneficio se ha visto erosionado. A partir de 2023, el tiempo adicional aumentó 5 y 9 minutos al 2024 y 2025 respectivamente, más que duplicando el recorrido y reduciendo el ahorro neto a menos de 70.000 colones anuales.

Cuadro 6
Cálculo representativo del valor del tiempo para una persona usuaria de la ruta 39

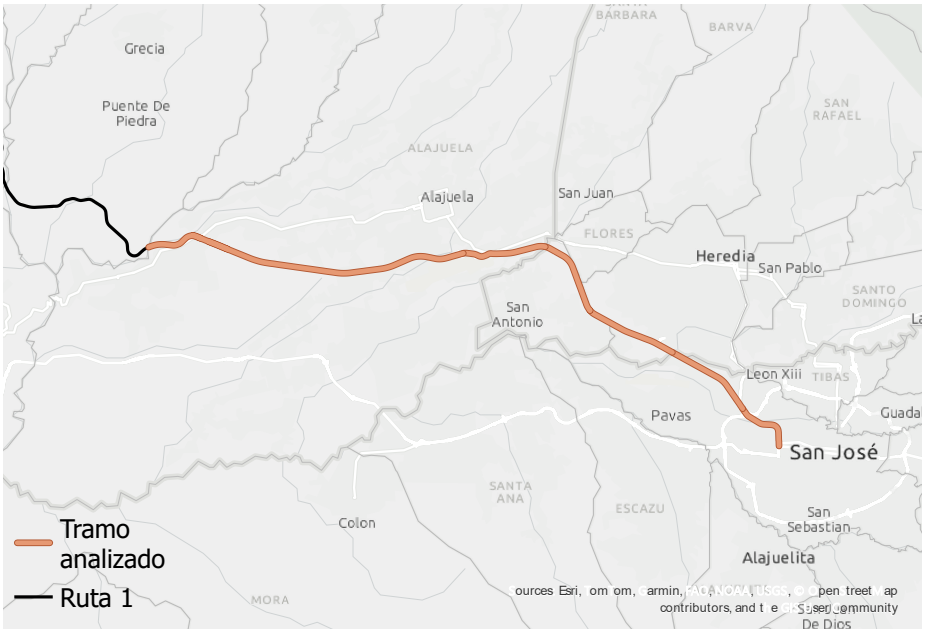
	Costos	2019	2023	2024	2025
7am	Tiempo adicional de viaje	4,9	0,9	1,7	4,9
	Buffer de tiempo	2,1	0,4	0,7	2,0
5pm	Tiempo adicional de viaje	23,1	6,6	9,4	14,3
	Buffer de tiempo	9,7	3,2	4,9	4,5
Total de tiempo adicional		39,9	11,1	16,6	25,7
Costo de oportunidad del tiempo		952,5	281,3	429,2	676,5
Costos de operación del vehículo		254,5	5,0	62,5	243,0
Costo total diario		1.206,9	286,3	491,6	919,5
Costo anual (240 días laborales)		289.664,0	68.720,1	117.991,5	220.672,9

Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026).

Análisis de caso Ruta 1 General Cañas-Bernardo Soto

El mapa 2 muestra la extensión del tramo de la ruta 1 analizado, entre la Uruca en San José y la Garita en Alajuela. Este tramo de 27 kilómetros se podría recorrer en 20 minutos y medio en condiciones donde el flujo vehicular permita movilizarse a la velocidad máxima. El congestionamiento presente en la ruta 1 guarda relación con una muy alta densidad de tránsito al ser la principal vía de conexión de San José con Alajuela y algunos cantones de Heredia, así como la presencia de múltiples cuellos de botella en puentes y dispositivos de control de tránsito como el peaje y el cruce frente al Aeropuerto Juan Santamaría.

Mapa 2
Costa Rica. Tramo analizado de la Ruta 1 (General Cañas-Bernardo Soto), Uruca-Garita



Longitud	Velocidad máxima	Tiempo de viaje
27,32 km	70-90 km/h	~20,5 minutos

Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026).

En este tramo se realizaron las llamadas OBIS, principalmente las ampliaciones de los puentes sobre los ríos Alajuela, Ciruelas y Segundo, construidos entre el 2020 y e inicios del 2022 (cuadro 7). Adicionalmente se amplió el puente a la altura de la Firestone y se construyó el conector Barreal-Castella.

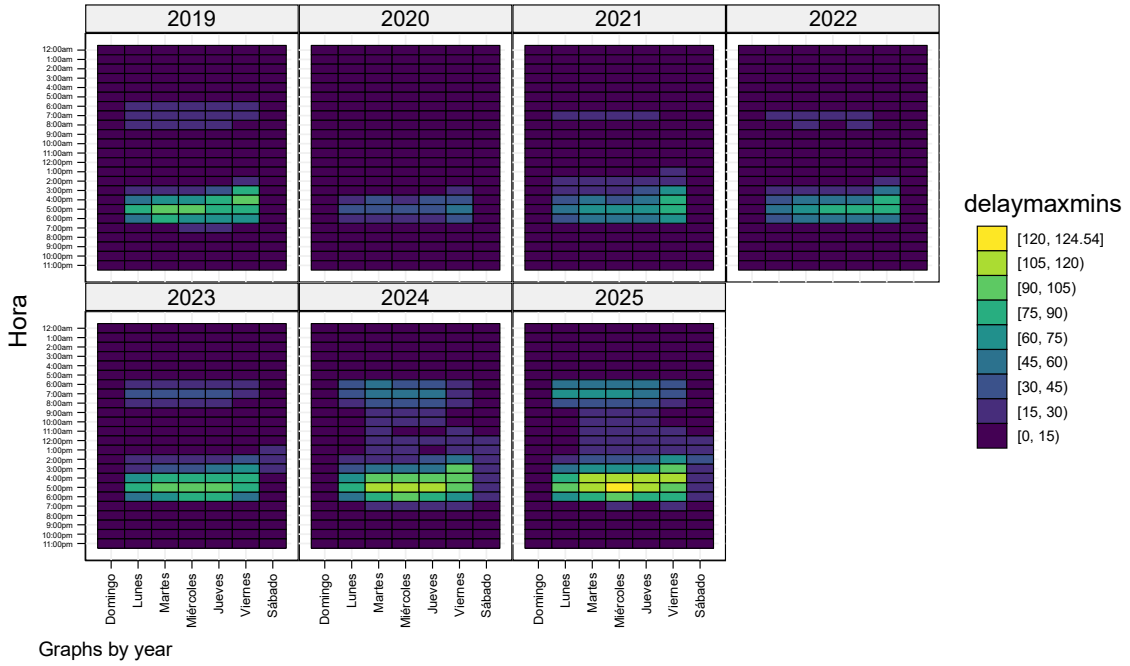
Cuadro 7
Costa Rica. Obras de infraestructura ejecutadas en el tramo de la Ruta 1 analizado

Obra	Inicio	Final
Puente sobre Río Ciruelas	5 agosto de 2020	agosto 2021
Puente sobre Río Alajuela	19 agosto 2020	28 enero 2022
Paso a desnivel en la Rotonda de la Bandera	2 marzo 2021	3 febrero 2022
Ampliación de puente de la Firestone	8 enero 2021	abril 2022
Conector Barreal-Castella	mayo 2020	27 julio 2022

Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026).

El gráfico 5 muestra el mapa de calor para la sección de la ruta 1 considerada. Nuevamente, por el impacto de la pandemia y las disrupciones de las obras ejecutadas, se enfoca el análisis en el 2019 y el periodo 2023-2025. En el 2019 y el 2023, se observan patrones de congestión similares, con retrasos más intensos en las horas pico y en algunas horas antes y después. En este periodo se dio un aumento de doce minutos entre las 7am y 8am y se tuvo un retraso prácticamente igual entre 4pm y 7pm. Sin embargo, el 2024 y 2025 muestran una intensificación de la congestión no solo en los picos de demanda, sino también en el horario intermedio. Llama la atención un aumento de la hora de retraso a las 6am de 22 minutos entre el 2023 y el 2025, un posible indicio de que las personas están empezando sus viajes más temprano para evitar los peores momentos de las presas. Al circular por esta vía a las entre las 5pm y 6pm, el retraso promedio alcanza los 112 minutos en el 2025, siendo un tanto menor a las 4pm y 6pm, con retrasos de 104 y 79 minutos respectivamente. En el periodo entre las 9am y las 4pm, el retraso tuvo un aumento de alrededor de 12 minutos entre el 2023 y el 2025, con un retraso promedio de alrededor de 28 minutos.

Gráfico 5
Costa Rica. Retraso promedio en la Ruta 1 por hora, día y año. 2019-2025



Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026) con datos de Waze-MOPT.

El cuadro 8 muestra un ejercicio similar al desarrollado con la ruta de Circunvalación para la ruta 1 para 2019 y 2023-2025 (resultados completos en cuadro A4 del anexo). Para facilitar la comparación, asumimos las mismas condiciones para la persona representativa: una jornada de lunes a viernes de 8am a 5pm, la circulación por la totalidad del tramo cada día de ida y vuelta y la necesidad de planear un tiempo de salida prudencial para llegar a tiempo el 75% de las veces.

En este caso, el costo en tiempo perdido es bastante más alto para la ruta 1 que para la ruta 39. El tiempo promedio de viaje del 2025 es 57 minutos mayor que circulando a la velocidad máxima permitida en horas de la mañana y 112 minutos mayor en la tarde. A esto se debe sumar un buffer de alrededor de 23 minutos en ambos horarios lo que indica una incertidumbre más alta particularmente en la mañana si se compara con los 7 minutos del 2019. En términos monetarios, esto representa más de un millón de colones constantes para cada uno de los años del análisis. Es decir, esa pérdida por congestión equivale, para una persona con el salario mediano de la región Central, a entre 1,5 y 2,3 meses completos de

sueldo al año, o a cerca de un 11-18% de su ingreso bruto anual solo por el tiempo perdido en ese tramo específico.

Cuadro 8
Cálculo representativo del valor del tiempo para una persona usuaria de la ruta 1

Costos		2019	2023	2024	2025
7am	Tiempo adicional de viaje	22,6	35,1	44,6	57,3
	Buffer de tiempo	7,3	12,7	16,7	24,2
5pm	Tiempo adicional de viaje	92,3	92,7	101,2	112,3
	Buffer de tiempo	21,2	21,3	24,5	22,6
Total de tiempo adicional		143,3	161,7	187,0	216,4
Costo de oportunidad del tiempo		3.423,4	4.111,7	4.830,1	5.688,9
Costos de operación del vehículo		1.341,3	1.341,3	1.341,3	1.341,3
Costo total diario		4.764,7	5.452,9	6.171,4	7.030,1
Costo anual (240 días laborales)		1.143.522,6	1.308.705,9	1.481.136,1	1.687.233,3

Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026).

Con las velocidades de operación con congestionamiento, el costo adicional de operación para todos los años es de 1.341 colones diarios o 321.901 colones al año, lo que eleva el costo total de la congestión a 1.687.233 colones para el 2025. Este resultado es más de 500.000 colones más alto que el valor estimado para el 2019 en términos reales, o un aumento de casi 50%. En términos relativos, el costo total de congestión (tiempo + operación del vehículo) para 2025 equivale a que una persona con el salario mediano de la región Central pierda cerca de 2,8 meses de su sueldo al año, o poco más de una quinta parte de su ingreso anual bruto.

Una forma de dimensionar estos montos es expresarlos en relación con el ingreso de la persona que los soporta. El cuadro 9 presenta el costo total anual de la congestión de los dos casos analizados como porcentaje del ingreso bruto anual y como número de meses de salario, utilizando el mismo salario mediano por hora empleado en los cuadros 6 y 8, y 240 días laborales.

Cuadro 9
costo total anual de la congestión de los dos casos analizados como porcentaje del ingreso bruto anual y como número de meses de salario

Indicador	2019	2023	2024	2025
Salario mediano de referencia (colones constantes junio 2026, mensual)	553.532	596.599	596.801	598.092
Ruta 39: costo total anual de la congestión	289.664,0	68.720,1	117.991,5	220.672,9
Como % del ingreso bruto anual[1/]	4,0	0,9	1,5	2,8
Equivalente en meses de salario	0,5	0,1	0,2	0,4
Ruta 1: costo total anual de la congestión	1.143.523	1.308.706	1.481.136	1.687.233
Como porcentaje del ingreso bruto anual[a/]	15,9%	16,9%	19,1%	21,7%
Equivalente en meses de salario	2,1	2,2	2,5	2,8

a/ Ingreso bruto anual corresponde al salario bruto mensual multiplicado por 13, 12 meses del año y el pago de aguinaldo.
Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026).

La escala es distinta según el corredor. Para el usuario intensivo de la ruta 39, el costo del 2025 equivale a poco menos de un 3% de su ingreso bruto anual, o 0,4 meses de salario: una carga apreciable, pero que se redujo respecto del 4% que representaba en el 2019. Para el usuario de la ruta 1 la magnitud es de otro orden: el costo del 2025 asciende a un 21,7% del ingreso bruto anual, cerca de 2,8 meses de salario, y a diferencia del caso anterior la carga es hoy mayor que en el 2019, cuando representaba un 15,9%. Dicho de otro modo, quien recorre a diario el tramo Uruca-Garita destina el equivalente a poco más de una quinta parte de su remuneración anual a cubrir el tiempo y los gastos operativos que le impone la congestión de esa vía.

La comparación con el salario mínimo permite apreciar la regresividad del fenómeno. El salario mínimo mensual de un trabajador en ocupación no calificada fue de 367.108 colones en el 2025 (MTSS, 2024). Bajo ese parámetro, el costo anual de la congestión en la ruta 39 equivale a 0,7 salarios mínimos mensuales, y el de la ruta 1 a 3,4 salarios mínimos mensuales, es decir, un 28,6% de la remuneración anual de una persona que percibe el mínimo. Dado que el costo

de la congestión en tiempo y en operación vehicular es prácticamente el mismo para todos los usuarios de un tramo, con independencia de lo que ganen, su peso relativo es mayor cuanto menor es el ingreso del hogar. También se debe considerar que las ocupaciones menos calificadas tienen generalmente horarios más estrictos y menor acceso a teletrabajo que otras ocupaciones de mayor calificación, por lo que los costos de una llegada tardía al trabajo que enfrentan estas personas podrían ser mayores y podrían requerir un mayor buffer de tiempo para movilizarse. En términos más amplios, los hogares de menos recursos tienen menor acceso a servicios en sus comunidades y requieren movilizarse más lejos para acceder a estos. Todos estos factores apuntan a un impacto desigual de la congestión, con una carga mayor sobre las personas de menores ingresos.

Estos montos deben interpretarse con cuidado. Corresponden a un caso hipotético construido para hacer tangible el costo del retraso, no a un promedio poblacional. La persona representativa del ejercicio recorre la totalidad del tramo dos veces al día, los 240 días laborales del año, en los dos momentos de mayor congestión de la jornada, y lo hace sola en un vehículo particular. Cada uno de estos supuestos empuja el resultado hacia arriba: la mayoría de los usuarios recorre solo una fracción del tramo, muchos viajan fuera de las horas pico o cuentan con horarios flexibles, una parte se moviliza en autobús o comparte el vehículo, y prácticamente nadie enfrenta el pico de la mañana y el de la tarde todos los días del año. En sentido contrario, el ejercicio omite componentes que elevarían el costo, como los viajes no laborales, los viajes suprimidos discutidos en la revisión de literatura y la totalidad de los costos externos. El resultado debe leerse, entonces, como el orden de magnitud del costo que enfrenta un usuario intensivo de estos corredores, y no como el costo promedio de la congestión para la población.

La magnitud también es sensible a los parámetros escogidos. El valor del tiempo se fijó en 50% del salario mediano bruto, un supuesto ubicado dentro del rango que utiliza la literatura para los viajes de traslado al trabajo, que suele situarse entre un 35% y un 60% del salario según el modo y el propósito del viaje (Small, 2012; Wardman et al., 2016); emplear el extremo inferior de ese rango reduciría el costo del tiempo en cerca de un 30%, y emplear el superior lo aumentaría en una proporción similar. De igual manera, el uso del límite de velocidad

señalizado como referencia produce retrasos mayores que los que resultarían de utilizar la velocidad observada en horas de baja demanda. Ninguna de estas decisiones altera la dirección de los hallazgos ni la comparación entre años, que es el objeto central del análisis, pero sí condiciona el nivel absoluto de los montos, y por eso conviene explicitarlas.

Limitaciones y futuras líneas de investigación

Es importante aclarar algunas limitaciones de los datos de Waze. Primero, esta base de datos se nutre de información obtenida a partir de la utilización de la aplicación homónima por parte de los conductores, por tanto, no constituye una radiografía exhaustiva de la situación vial en el país. No obstante, la aplicación alcanzó a más de 500.000 usuarios en el 2015 (Cordero, 2015 via Gómez-Campos et al., 2024) por lo que los datos aportan un panorama útil de la situación de la congestión para el presente análisis.

Por otro lado, la base de datos consultada registra observaciones de presas, es decir, no se tienen observaciones de las carreteras cuando no se detecta congestión. En ese sentido, suponemos que no hay congestión en los momentos en que no hay reporte y que los vehículos circulan a la velocidad máxima del tramo de carretera, de manera que no se sobreestime el tiempo adicional de viaje al obtener el promedio. Este supuesto es razonable dada la relativa ubicuidad de la aplicación en la GAM, pero resalta la necesidad de realizar un monitoreo oficial más detallado de las principales vías. Asimismo, la información de presas para rutas específicas puede estar influenciada por el congestionamiento de rutas adyacentes. En los cálculos realizados, se aplicaron medidas para minimizar este impacto, pero no es posible eliminarla completamente sin las referencias geoespaciales detalladas.

Para el estudio del tramo de la ruta 39, no se tuvo información previa al inicio de algunas de las obras, particularmente el paso a desnivel en la rotonda de las Garantías Sociales cuya construcción comenzó en enero del 2019. Como se mencionó anteriormente, las obras sobre la carretera y los desvíos o cierres parciales asociados con la construcción pueden provocar afectaciones sobre los tiempos de viaje y por esta razón, los retrasos registrados en el 2019 podrían ser atípicamente altos y los ahorros aparecer más altos al compararse con este año.

En cuanto a los datos de tráfico promedio diario, muchas de las estaciones de monitoreo del MOPT están fuera de servicio por averías y vandalismo, por lo que no se cuenta con una serie continua y actualizada de datos sobre la cantidad y tipos de vehículos que circulan por las principales vías del país. Las aproximaciones hechas en las secciones precedentes son de carácter ilustrativo, pero podrían ampliarse con base en esta información para obtener un estimado del costo agregado.

El análisis del tiempo de viaje a nivel internacional ha tenido un desarrollo importante en términos de la especificidad y sofisticación de los cálculos. El metaanálisis de Wardman et al. (2016) muestra la riqueza de información que se genera en Europa sobre prácticamente todas las dimensiones del traslado de personas, no solo en relación con el tiempo en vehículo en congestión o en flujo libre, sino también los tiempos de caminata, de espera, de trasbordo, de búsqueda de parqueo, de llegadas tardías, etc. En esta línea, existe una oportunidad para generar e incorporar esta información en las decisiones de política pública de transporte individual y colectivo, a través de la recolección sistemática de datos de preferencias reveladas o preferencias declaradas de las personas. Esto requiere de un monitoreo constante y detallado de los patrones de movilidad en las principales carreteras de la Red Vial Nacional.

Aunado a esto, una futura línea de investigación de suma importancia para el país sería definir los costos de tiempo correspondientes al transporte público específicamente y como estos costos llevan a muchas personas a optar por vehículos particulares para movilizarse, agravando el problema de la congestión en las vías e incrementando el gasto ambiental de Costa Rica. Como se discutió en el documento, la fiabilidad y la comodidad tienen un impacto sobre las decisiones de viaje de las personas, donde muchas veces las personas prefieren un viaje de mayor duración predecible que un viaje de corta duración con mucha incertidumbre. Analizar estos componentes podría dar mayor claridad sobre la reducción de la demanda de transporte en autobús identificada en Bazán (2025) y Madrigal-Quesada y González-Tenorio (2025) y revelar cuál es el mejor método para revertir la tendencia.

Las dos oportunidades de investigación anteriores subrayan la importancia de realizar un estudio actualizado de los patrones de movilidad en el país, particularmente un análisis de origen-destino de los viajes. Un estudio de esta naturaleza proporcionaría información valiosa para los planificadores, al permitir una cuantificación más detallada de los costos de la congestión y la identificación de las principales vulnerabilidades de la red vial y las intervenciones más eficaces para solventarlas. Además, podría aportar evidencia sobre la existencia y magnitud de los efectos de la congestión según el nivel de ingreso de las personas usuarias para medir el grado de desigualdad y pobreza generado por este fenómeno.

Otro factor de suma relevancia que no se abordó en este documento, es el costo externo que tiene la congestión. En particular, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes que se realizan por el tiempo adicional de operación de los vehículos tienen efectos adversos sobre la salud de las personas y del medioambiente. La cuantificación y mitigación de estos costos es crucial para alcanzar un desarrollo sostenible y mejorar las condiciones de vida en los espacios urbanos.

Conclusiones y recomendaciones

La presente investigación aporta evidencia sobre los efectos de la congestión sobre las personas que deben enfrentarla todos los días. Una parte importante de las vías del país presenta atrasos recurrentes, aquellos que la gente conoce e incorpora en su planificación, pero también no recurrentes, eventos que se manifiestan en retrasos de larga duración y que ocurren de manera irregular. Estos eventos, esperados e inesperados, afectan las decisiones de las personas e imponen costos en términos de tiempo y dinero.

El elemento más importante de estos costos y el que impulsa en muchos casos las decisiones de inversión de infraestructura de transportes, es el tiempo de viaje, o más precisamente, el ahorro potencial de tiempo de viaje para la sociedad. Los retrasos con respecto a condiciones de flujo libre y las medidas que toman las personas para mitigarlos representan un costo que, si bien no se manifiesta en su totalidad sobre el bolsillo, sí tiene secuelas sobre el bienestar de las personas y sobre la actividad económica del país. El valor del tiempo, particularmente aquel que se dedica al ocio o a consumir bienes y servicios, no siempre atrajo la atención dentro de la

disciplina económica. Los trabajos de Becker (1965), DeSerpa (1971) y otros economistas ampliaron el entendimiento sobre el rol del tiempo dentro de las decisiones de las personas y establecieron la existencia de un costo de oportunidad dada la cantidad limitada de tiempo del que disponen las personas. En el contexto del sector transporte, estos modelos han informado el desarrollo de una amplia literatura sobre la forma en que las personas valoran su tiempo en distintas situaciones, modos de viaje, distancias, comodidades, etc., y es importante considerar todos estos elementos a la hora de planificar intervenciones en la red vial.

La literatura internacional reconoce también que las personas no solo valoran los ahorros en los tiempos de viaje, sino que también dan importancia a la certeza que tengan con respecto a esos tiempos. La utilización de las plataformas de información en tiempo real sobre el tránsito, una de las cuales proporciona los datos para este estudio, refleja el deseo de las personas de conocer al menos una hora de llegada estimada para poder administrar su tiempo y escoger horas de salida con mayor seguridad de que llegarán a su destino a tiempo. Mejorar la fiabilidad del sistema a través de mejor información para los usuarios o incluso mediante una atención más expedita de los siniestros que reduzca las presas más extremas, les permitiría a las personas reducir el buffer de tiempo en el origen y destino de su viaje, y dedicarlo a alguna actividad de mayor provecho personal. Este tipo de intervenciones, quizás complejas, pero potencialmente menos costosas que las grandes obras de infraestructura, pueden tener un impacto positivo sobre el bienestar de las personas y su aplicación podría ofrecer un alivio más inmediato sobre los puntos críticos de congestión.

Otro elemento por considerar al hablar de la congestión y las obras descritas aquí es que también se puede atacar el problema desde el lado de la demanda de transporte. Los hallazgos sobre la ruta 39 sugieren que las obras han sido efectivas para reducir los tiempos de viaje para los usuarios, mientras que las OBIS de la ruta 1 no lograron aliviar por sí solas la problemática de esta vía cuya ampliación es urgente. En el corto plazo, medidas para mitigar la demanda como el transporte colectivo de personas podrían ser una solución potencial para los problemas de congestión, pero tienen que haber inversiones y cambios de paradigma en la oferta de servicios de transporte para atraer a las personas que lo abandonaron en favor de un vehículo personal. Una medida relativamente sencilla como integrar un GPS que permita

rastrear en tiempo real las unidades de bus, les permitiría a las personas usuarias recuperar tiempo que en muchos casos se pierde esperando en las paradas de bus, quitando uno de los principales costos. Asimismo, mejorar la comodidad de las paradas de buses y de las unidades podrían incentivar el uso de este modo de transporte.

Por último, se debe entender la relación estrecha que guarda el sistema de transportes con el desarrollo urbano. En la medida en que se puedan hacer los viajes más cortos, la congestión será menos problemática. Esto implica acercar los servicios que las personas utilizan a los lugares donde residen, aumentar la densidad del espacio urbano, para que las personas puedan vivir cerca de su lugar de trabajo o de estudio o incluso transformar la infraestructura destinada a vehículos en favor de infraestructura que favorezca la movilidad activa.

Bibliografía

Abrantes, P.A.L. & Wardman, M.R. (2011). Meta-analysis of UK values of travel time: An update. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45 (1), pp. 1-17. https://doi.org/10.1016/j.tra.2010.08.003

AC&A Global & Gensler (2017). Plan Integral de Movilidad Urbana Sostenible para el Área Metropolitana de San José de Costa Rica. Informe No. 4 – Plan de Acción. San José: AC&A Global y Gensler.

Anas, A. (2024). "Down's Law" under the lens of theory: Roads lower congestion and increase distance traveled. *Journal of Urban Economics 139*. https://doi.org/10.1016/j.jue.2023.103607

Arnott, R. & Small, K. (1994). The economics of traffic congestion. *American Scientist*, 82(5), pp. 446–455. http://www.jstor.org/stable/29775281

Banco Mundial (2007). HDM-4 Road user costs model documentation: version 1.10. Washington DC: Banco Mundial. Disponible en: https://documents1.worldbank.org/curated/en/620891468337297899/pdf/841860WP0HDM4R0Box0382132B00PUBLIC0.pdf

Bazán, V. (2025). Patrones y desafíos de la gestión y uso de la energía para la sostenibilidad ambiental. Investigación realizada para el INFORME ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE 2025 (no. 31), Capítulo 04: Armonía con la Naturaleza. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12337/10970.

Becker, G. (1965). A theory of the allocation of time. *The Economic Journal*, 75 (299), pp. 493-517. https://doi.org/10.2307/2228949

Bilbao-Ubillos, J. (2008). The costs of urban congestion: Estimation of welfare losses arising from congestion on cross-town link roads. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42 (8), pp. 1098-1108. https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.03.015

Börjesson, M. & Eliasson, J. (2026). Reducing traffic with "carrots": A review of the evidence. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 203. https://doi.org/10.1016/j.tra.2025.104735

Carrion, C. & Levinson, D. (2012). Value of travel time reliability: A review of current evidence. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 16(4), pp. 720-741. https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.01.003

Cambridge Systematics & Texas Transportation Institute (2005). Traffic congestion and reliability: Trends and advanced strategies for congestion mitigation. Final report prepared for the Federal Highway Administration. Disponible en: https://ops.fhwa.dot.gov/congestion_report/congestion_report_05.pdf

Cordero, C. (2015). Waze tiene más de 500.000 usuarios activos en el área metropolitana. El Financiero. Costa Rica. https://www.elfinancierocr.com/tecnologia/waze-tiene-mas-de-500-000-usuarios-activos-en-el-area-metropolitana/QKX4P4EK5VECTKQUK7M4A2N4HI/story/

Delfino.cr (2024). Tras cuatro décadas de espera, tramo final de Circunvalación Norte está abierto al tránsito de más de 40 mil usuarios diarios. San José, 22 de octubre de 2024. Disponible en: https://delfino.cr/2024/10/tras-cuatro-decadas-de-espera-tramo-final-de-circunvalacion-norte-esta-abierto-al-transito-de-mas-de-40-mil-usuarios-diarios

DeSerpa, A.C. (1971). A theory of the economics of time. *The Economic Journal*, 81 (324), pp. 828-846. https://doi.org/10.2307/2230320

Department for Transport (2018). Latest evidence on induced travel demand: An evidence review. Londres: Department for Transport. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5c0e5848e5274a0bf3cbe124/latest-evidence-on-induced-travel-demand-an-evidence-review.pdf

Downs, A. (2004). Still stuck in traffic: Coping with peak-hour traffic congestion. Washington DC: Brookings Institution Press.

Duranton, G. & Turner, M.A. (2011). The fundamental law of road congestion: Evidence from US cities. American Economic Review, 101(6), pp. 2616-2652. https://doi.org/10.1257/aer.101.6.2616

https://doi.org/10.2307/2230320Fosgerau, M. & Karlström, A. (2010). The value of reliability. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44, pp. 38-49. https://doi.org/10.1016/j.trb.2009.05.002

Garro, J.F., Barrantes, R. & Elizondo, A.L. (2025). Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Alta Capacidad de Costa Rica, Año 2024. San José: Universidad de Costa Rica. Disponible en: https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/2944

Gómez-Campos, S. & Cubero Corella, M. (2019). Congestión vial en los cantones de Costa Rica. Ponencia presentada como investigación base para el INFORME ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE 2019 (no. 25), plataforma Dcifra.cr. Disponible en https://hdl.handle.net/20.500.12337/7938

Gómez-Campos, S., Rojas Zúñiga, E. & Aguilar Gómez, C. (2024). Luego de la calma regresa la congestión: patrones de los flujos viales en Costa Rica 2019-2024. Investigación realizada para el INFORME ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE 2024 (no. 30), Capítulo 04: Armonía con la Naturaleza. Disponible en https://hdl.handle.net/20.500.12337/9758

Goodwin, P. (2004). The economic costs of road traffic congestion. Discussion paper. ESRC Transport Studies Unit, University College London.

Gwilliam, K.M. (1997). The value of time in economic evaluation of transport projects: Lessons from recent research. Washington DC: The World Bank.

Hössinger, R., Aschauer, F., Jara-Díaz, S., Jokubauskaite, S., Schmid, B., Peer, S., Axhausen, K.W. & Gerike, R. (2020). A joint time-assignment and expenditure allocation model: value of leisure and value of time assigned to travel for specific population segments. Transportation, 47, pp. 1439-1475. https://doi.org/10.1007/s11116-019-10022-w

Hügler, B., Flynn, R., Heeckt, C., da Cruz, N.F., Herrmann, A. & Rode, P. (2023). What keeps us driving? Exploring sociodemographic patterns and underlying motives of mode choice in cities. LSE Cities Working Papers, Research Strand 02: Cities, environment and climate change.

[INEC] Instituto Nacional de Estadística y Censos (2023). Encuesta Nacional de Uso del Tiempo 2022: principales resultados. San José: Instituto Nacional de Estadística y Censos.

INRIX (2025). 2025 INRIX Global Traffic Scorecard. Kirkland, WA: INRIX. Disponible en: https://inrix.com/scorecard/

Institute for Transport Studies (s.f.). Treatment of induced traffic. Urban Transport Toolkit, University of Leeds y Banco Mundial. Disponible en: https://www.its.leeds.ac.uk/projects/WBToolkit/Note6.htm

Johnson, M.B. (1964). On the economics of road congestion. *Econometrica*, 32(1/2), pp. 137-150. https://doi.org/10.2307/1913739

[LanammeUCR] Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (2014). Análisis preliminar de capacidad en la ruta nacional N° 39, Circunvalación Norte. San José: Universidad de Costa Rica.

La Nación (2024). Autopista General Cañas colapsaría menos de 10 años después de finalizar ampliación. San José. Disponible en: https://www.nacion.com/el-pais/autopista-general-canas-colapsaria-menos-de-10/THVMSQ44ZNCZ5KGBXB54JLBVFQ/story/

Litman, T. (2026). Congestion costing best practices. Victoria Transport Policy Institute.

Madrigal-Quesada, G. & González-Tenorio, K. (2025). Las brechas en la infraestructura de transportes como obstáculo al crecimiento económico. Investigación realizada para el INFORME ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE 2025 (no. 31), Capítulo 04: Armonía con la Naturaleza. Disponible en https://hdl.handle.net/20.500.12337/11025

[MTSS] Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (2024). Decreto de salarios mínimos para el sector privado 2025. San José: Consejo Nacional de Salarios, MTSS.

Sánchez-Hernández, L. (2018). Diagnóstico sobre la situación del transporte y la movilidad en Costa Rica. Ponencia presentada como investigación base para el INFORME ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE 2018 (no. 24), Capítulo Especial: Transporte y Movilidad: Retos en favor del desarrollo humano. Disponible en https://hdl.handle.net/20.500.12337/2962

Sánchez-Hernández, L., Agüero-Valverde, J. & Guadamuz, R. (2018). Identificación y modelación de la meta en transporte para Costa Rica: alternativas para alcanzarla y sus implicaciones. Ponencia presentada como investigación base para el INFORME ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE 2018 (no. 24), Capítulo Especial: Transporte y Movilidad: Retos en favor del desarrollo humano. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12337/2963

Sánchez, L. (2019). Patrones de crecimiento urbano y sus impactos sobre la movilidad. Investigación para el Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 2019. San José: Programa Estado de la Nación-CONARE.

Small, K.A. (2012). Valuation of travel time. *Economics of Transportation*, 1(1-2), pp. 2-14. https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2012.09.002

Small, K.A., Verhoef, E.T., & Lindsey, R. (2024). The Economics of Urban Transportation (3rd ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203642306

Solera, A., Oviedo, A., & Vargas, L. (2025). Costos para el usuario por cierres totales o parciales en puentes. Boletín Técnico LanammeUCR. 2(1): enero, 2025.

Tipping, D.G. (1968). Time savings in transport studies. *The Economic Journal*, 78(312), pp. 843-854. https://doi.org/10.2307/2229181

[USDOT] Departamento de Transportes de Estados Unidos (2016). The value of travel time savings: Departmental guidance for conducting economic evaluations Revision 2 (2016 update). Washington DC.

Vickrey, W.S. (1969). Congestion theory and transport investment. *The American Economic Review*, 59 (2), pp. 251-260.

Wardman, M., Chintakayala, V.P.K. & de Jong, G. (2016). Values of travel time in Europe: Review and meta-analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, pp. 93-111. https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.08.019

Winston, C. & Langer, A. (2004). The effect of government highway spending on road users' congestion costs. Final report to the Federal Highway Administration.

Anexos

Metodología

La información de Waze corresponde a un registro de las presas o jams que la aplicación detecta automáticamente cuando se produce una reducción de velocidad en relación con las velocidades típicas registradas en cada tramo de carretera. Las presas tienen asignado un identificador único y ciertas características asociadas como la longitud, la ubicación geográfica, la velocidad estimada y el retraso con respecto a la velocidad máxima registrada en el tramo de la carretera.

El cálculo inicial del retraso se realiza con base en los distritos de influencia de las rutas nacionales que han tenido intervenciones en el período de análisis, identificados en el cuadro 4. La información de retraso corresponde al tiempo adicional de viaje con respecto a la velocidad de libre circulación que define la aplicación Waze, la velocidad máxima registrada en cada tramo de carretera. Con esta información, se obtiene la mediana de retraso por hora para estas zonas en agregado tal como se refleja en los gráficos 2 y 3 y en el cuadro 5.

El cálculo de los costos en la ruta 1 y ruta 39 se realiza de forma más detallada. A partir de la información de Waze, se obtiene la información de velocidad estimada por identificador de la presa y por tramo de carretera en lapsos de diez minutos, y se eliminan los casos duplicados donde haya más de una presa en el mismo tramo, manteniendo el valor máximo de velocidad entre las presas. Para los tramos donde no hay reporte de presas en los lapsos de tiempo, se asume que los vehículos se movilizan a la velocidad máxima permitida en la carretera. A continuación, se obtiene la velocidad promedio por hora de la ruta y se calcula una nueva medida de retraso con respecto al límite de velocidad promedio de la vía: la diferencia en el tiempo de recorrer el tramo analizado a la velocidad máxima promedio de la vía y el tiempo que toma recorrerlo a la velocidad promedio registrada. Para la obtención del promedio de retraso por año, día y hora, se excluyen los valores extremos superiores, mayores a 1,5 veces el rango intercuartílico (diferencia entre el percentil 25 y percentil 75).

En relación con el cálculo del valor del tiempo, se utiliza la mediana del salario principal monetario bruto dividido por las horas normales en la ocupación principal de los hogares que tienen al menos un vehículo a partir de los datos de la ENAHO del 2019 al 2025. Los montos calculados se convierten en colones constantes de junio de 2026 con base en la serie más reciente del Índice de Precios al Consumidor (IPC) del INEC, con el fin de facilitar la comparación entre años.

Los costos de operación de los vehículos se estiman con base en la metodología HDM-4 del Banco Mundial. Con base en esta metodología, se calculan los costos directos de operación (combustible, lubricantes, desgaste de llantas y otras partes del vehículo y mano de obra) por vehículo por kilómetro a distintas velocidades. Los costos adicionales de operación corresponden a la diferencia entre los costos de operar el vehículo a la velocidad promedio de la ruta con congestionamiento frente a la operación a la velocidad máxima.

Para la estimación de los costos de operación de un vehículo de tamaño mediano se utilizaron los siguientes parámetros convertidos a dólares de Estados Unidos con base en el tipo de cambio promedio del 2025:

Cuadro A1
Parámetros para la estimación de los costos de operación vehicular

Parámetro	Precio en colones[a/]	Precio en dólares	Notas
Combustible (Gasolina regular/Plus91, litro)	647,53	1,28	Precio promedio del 2025 calculado a partir de tarifas fijadas, ARESEP. Tarifas de combustibles – ARESEP Autoridad Reguladora
Aceites lubricantes (litro)	~5.500	10,86	Precio de referencia Pennzoil 20w50 946ml, agosto 2026. Aceite lubricante Pennzoil 20w50 – 946 ml. – Walmart | Costa Rica
Llantas (unidad)	~30.000	59,23	Precio de referencia Firestone 185/70 R14, agosto 2026. Llanta Firestone F700 185/70 rin14 – Walmart | Costa Rica
Costo de trabajo de mantenimiento	1.720,93	3,4	Salario mínimo por hora de mecánico automotriz, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Salario mínimos en Costa Rica

a/ Tipo de cambio promedio de 2025: 506,47.

Los precios de referencia de los aceites lubricantes y llantas se consultaron el 14 de agosto de 2026 de la página web de Walmart y corresponden a precios de bienes relativamente accesibles y que están disponibles en una cadena de supermercados con amplia presencia en el país. Además, los cálculos de los costos de operación se realizan con base en una carretera con rugosidad de 2,0 m/km con base en el Índice de Regularidad Internacional (IRI) consistente con la condición 'regular' identificada para estas rutas en la evaluación de la red vial nacional de alta capacidad realizada por Garro, Barrantes y Elizondo (2025). El cuadro A2 muestra los costos de operación de referencia utilizados para los tramos analizados de las rutas 1 y 39.

Cuadro A2
Estimación de los costos de operación de un vehículo mediano a la velocidad máxima promedio por tramo de ruta seleccionado

Información del tramo	Ruta 1	Ruta 39
Longitud (km)	27,32	4,50
Velocidad máxima promedio (km/h)	80,29	67,29
Tiempo de viaje a velocidad máxima (minutos)	20,42	4,01
Costo de operación del vehículo a velocidad máxima promedio por longitud total del tramo (colones)	2.261,35	355,17
Combustible (colones/vehículo-km)	57,65	54,13
Lubricantes (colones/vehículo-km)	3,57	3,49
Llantas (colones/vehículo-km)	1,37	1,22
Partes para mantenimiento (colones/vehículo-km)	15,67	15,67
Mano de obra de mantenimiento (colones/vehículo-km)	4,51	4,51

Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026) con información del modelo HDM-4 Versión 3.00.

Los cuadros A3 y A4 aportan los resultados presentados anteriormente para el período completo, de 2019 a 2025. Los años entre el 2020 y 2022 fueron impactados por la pandemia de covid-19 y por las propias obras de construcción en estos tramos. Por esta razón, se observa una caída importante de los costos en el 2020, con una recuperación en los dos años siguientes.

Cuadro A3

Cálculo representativo del valor del tiempo para una persona usuaria de la ruta 39

Costos		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
7am	Tiempo adicional de viaje	4,9	0,3	1,5	0,6	0,9	1,7	4,9
	Buffer de tiempo	2,1	0,2	0,6	0,3	0,4	0,7	2,0
5pm	Tiempo adicional de viaje	23,1	1,6	5,6	3,3	6,6	9,4	14,3
	Buffer de tiempo	9,7	0,4	2,2	1,4	3,2	4,9	4,5
Total de tiempo adicional		39,9	2,4	9,9	5,5	11,1	16,6	25,7
Costo de oportunidad del tiempo		952,5	62,4	257,0	130,7	281,3	429,2	676,5
Costos de operación del vehículo		254,5	71,2	0,6	2,4	5,0	62,5	243,0
Costo total diario		1.206,9	133,6	257,6	133,2	286,3	491,6	919,5
Costo anual (240 días laborales)		289.664,0	32.069,1	61.833,9	31.956,2	68.720,1	117.991,5	220.672,9

Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026).

Cuadro A4

Cálculo representativo del valor del tiempo para una persona usuaria de la ruta 1

Costos		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
7am	Tiempo adicional de viaje	22,6	5,2	15,6	19,3	35,1	44,6	57,3
	Buffer de tiempo	7,3	1,4	5,1	6,8	12,7	16,7	24,2
5pm	Tiempo adicional de viaje	92,3	41,2	66,0	71,6	92,7	101,2	112,3
	Buffer de tiempo	21,2	22,9	30,0	29,0	21,3	24,5	22,6
Total de tiempo adicional		143,3	70,7	116,7	126,7	161,7	187,0	216,4
Costo de oportunidad del tiempo		3.423,4	1.800,5	3.028,9	2.989,7	4.111,7	4.830,1	5.688,9
Costos de operación del vehículo		1.341,3	92,0	830,1	1.045,0	1.341,3	1.341,3	1.341,3
Costo total diario		4.764,7	1.892,4	3.859,0	4.034,8	5.452,9	6.171,4	7.030,1
Costo anual (240 días laborales)		1.143.522,6	454.188,0	926.165,0	968.346,5	1.308.705,9	1.481.136,1	1.687.233,3

Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026).

Sensibilidad de los resultados al supuesto salarial

El cálculo presentado en el cuerpo del documento utiliza la mediana del salario bruto de las personas asalariadas pertenecientes a hogares con al menos un vehículo. Este anexo examina las dos preguntas que ese supuesto deja abiertas: cuánto cambia el resultado si se considera al conjunto de las personas asalariadas en lugar del subconjunto de hogares con automóvil, y cómo varía la carga de la congestión a lo largo de la distribución salarial. Para ello se procesaron las bases de la Encuesta Nacional de Hogares del INEC de los años 2019 a 2025, restringidas a las personas ocupadas de la región Central con posición de asalariadas en su empleo principal. El salario bruto por hora se obtuvo dividiendo el ingreso monetario bruto del empleo principal entre las horas normales semanales multiplicadas por cuatro, y se ponderó por el factor de expansión de la encuesta. Los montos se expresan en colones constantes de junio del 2026, deflatados con el Índice de Precios al Consumidor. Los deciles se construyeron sobre la distribución del salario por hora; se reporta la media ponderada dentro del tercer y del décimo decil, además de la mediana.

Cuadro A5
Costa Rica. Salario bruto por hora de la población asalariada de la región Central según universo y nivel salarial, 2019 y 2025
(colones constantes de junio de 2026)

Universo y nivel salarial	2019	2025
Todas las personas asalariadas – tercer decil (media)	1.645	1.833
Todas las personas asalariadas – mediana	2.123	2.342
Todas las personas asalariadas – décimo decil (media)	8.440	9.251
Hogares con automóvil – tercer decil (media)	1.678	1.887
Hogares con automóvil – mediana	2.866	3.154
Hogares con automóvil – décimo decil (media)	8.697	9.536

Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026) con datos de la ENAHO (INEC), 2019-2025.

Restringir la muestra a los hogares con automóvil eleva el salario mediano por hora en cerca de un 35% en el 2025, de 2.342 a 3.154 colones, y la brecha se mantiene estable a lo largo del período. La brecha es menor en el tercer decil, de un 3%, que, en la mediana, lo que sugiere que la tenencia de automóvil se ha extendido hacia hogares de ingresos medios y bajos y que el costo de la congestión alcanza hoy a un grupo más amplio que el de los hogares de mayores ingresos.

El cuadro A6 replica el ejercicio de los cuadros 7 y 9 para el 2025 con cada uno de los seis niveles salariales, manteniendo los tiempos de retraso y los costos de operación vehicular de los cuadros A3 y A4.

Cuadro A6
Costa Rica. Costo anual de la congestión en los tramos analizados según universo y nivel salarial, 2025
(colones constantes de junio de 2026 y porcentajes)

Universo y nivel salarial	Salario bruto por hora	Ruta 39: costo anual	Ruta 1: costo anual
Todas las asalariadas – tercer decil	1.833	152.660	1.115.263
Todas las asalariadas – mediana	2.342	178.856	1.335.569
Todas las asalariadas – décimo decil	9.251	534.441	4.325.930
Hogares con automóvil – tercer decil	1.887	155.439	1.138.635
Hogares con automóvil – mediana	3.154	220.672	1.687.019
Hogares con automóvil – décimo decil	9.536	549.109	4.449.284

Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026) con datos de Waze-MOPT y de la ENAHO (INEC), 2025.

El costo absoluto varía de manera sustancial entre niveles salariales. En la ruta 1, el costo anual estimado para el 2025 va desde 1,14 millones de colones en el tercer decil de los hogares con automóvil hasta 4,45 millones en el décimo decil. Esta dispersión es consecuencia directa del supuesto de proporcionalidad entre el valor del tiempo y el salario: una hora perdida en la presa vale, en términos monetarios, alrededor de cuatro veces más para la persona del décimo decil que para la del tercero. El resultado advierte que cualquier agregación poblacional del costo de la congestión será muy sensible al tratamiento que se dé a la cola alta de la distribución salarial, y que conviene reportar los agregados junto con la mediana y no solo con el promedio.

Como proporción del ingreso, en cambio, la carga resulta notablemente estable: entre un 4,1% y un 5,0% del ingreso bruto anual en la ruta 39, y entre un 20,1% y un 24,4% en la ruta 1. La explicación es que el componente dominante del costo, el valor del tiempo, escala con el salario, de modo que el único elemento que introduce un gradiente distributivo es el costo de operación vehicular, que es fijo en colones. El gradiente existe y apunta en la dirección esperada, pues la carga relativa es mayor en los deciles bajos, pero su magnitud es moderada. Esto matiza la lectura distributiva de los resultados: bajo un valor del tiempo proporcional al salario, la congestión no aparece como fuertemente regresiva en términos relativos. La conclusión sería distinta si se valorara el tiempo de todas las personas a una misma tasa, criterio que parte de la literatura prefiere por razones de equidad, precisamente porque una valoración proporcional al salario asigna menos peso al tiempo de quienes ganan menos y puede sesgar la priorización de las inversiones hacia los corredores utilizados por los hogares de mayores ingresos (Litman, 2026).

En relación con el buffer de tiempo que eligen los hogares, este se puede definir con base en distintos percentiles del tiempo de retraso y por tanto, puede variar de manera importante con base en el indicador elegido. El cuadro A7 muestra los percentiles 75, utilizado en los cálculos precedentes, y el percentil 95, correspondiente al buffer de tiempo necesario para llegar a tiempo en el 95% de los viajes. En el caso de la ruta 1, el buffer sería mayor en 33 minutos bajo el escenario del percentil 95 en ambos horarios, cerca de 1.734 colones diarios adicionales en tiempo, o 416.393 por año. En la ruta 39, los 3 minutos de la mañana costarían 78 colones diarios y los 6 minutos de la tarde 157 colones diarios, para un total de 56.780 colones anuales adicionales.

Cuadro A7

Costa Rica. Métricas del buffer de tiempo por hora según ruta, 2025

Indicador	Ruta 1	Ruta 39
7am		
Percentil 75	24,2	2,0
Percentil 95	57,4	5,1
Diferencia	33,2	3,1
5pm		
Percentil 75	22,6	4,5
Percentil 95	55,9	10,8
Diferencia	33,3	6,3

Fuente: Madrigal Quesada y Carrera Cerdas (2026).