



INFORME ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE 2018

Identificación y modelación de la meta en transporte para Costa Rica, alternativas para alcanzarla y sus implicaciones

Investigadores:
Leonardo Sánchez Hernández
Jonathan Agüero
Renato Guadamuz

San José, 2018



Nota: El contenido de esta ponencia es responsabilidad del autor. El texto y las cifras de las ponencias pueden diferir de lo publicado en el Informe sobre el Estado de la Nación en el tema respectivo, debido a revisiones posteriores y consultas. En caso de encontrarse diferencia entre ambas fuentes, prevalecen las publicadas en el Informe.

Contenido

1. Introducción	4
2. Definición de la zona de estudio	4
3. ¿Cuáles elementos caracterizan la movilidad urbana dentro de la GAM?	5
4. Definición de la meta	8
5. Definición de los indicadores para alcanzar o avanzar hacia la meta planteada y sus impactos predecibles	9
6. ¿Cuáles alternativas de política pública permitirían al país alcanzar la meta definida, y con qué requerimientos, costos e implicaciones positivas y negativas? 12	
6.1. Alternativas en materia de infraestructura vial	12
a. Circunvalación norte:	13
b. Ampliación de la ruta 27	14
c. Corredor Vial San José - Cartago.....	15
d. Corredor vial San José-San Ramón y sus radiales	16
e. Pasos a desnivel en Circunvalación: Garantías Sociales, Rotonda La Bandera - UCR y Guadalupe	17
f. ¿Cuál es la viabilidad en términos de costos/inversión y gestión de las alternativas viales planteadas para alcanzar las metas?.....	19
g. ¿Cuáles son los impactos esperables de estas alternativas de inversión en infraestructura vial sobre los tiempos de viaje, aspectos económico-sociales y ambientales?.....	22
6.2. Alternativas en materia de transporte público	29
a. Implementación de la sectorización del transporte publico	30
b. ¿Qué impactos podría generar la sectorización?.....	31
c. ¿Cuál es la viabilidad de implementar la sectorización?	33
d. Implementación de la primera etapa del Tren rápido de pasajeros (TRP).....	34
e. ¿Qué tipo de inversiones y acciones de coordinación interinstitucional deben llevarse a cabo para desarrollar el TRP?	35
f. ¿Qué impactos podría generar el TRP?	36
g. ¿Cuáles serían los beneficios económicos y ambientales de la implementación de TRP?	37
h. ¿Qué costos de inversión tiene para el país el desarrollo del TRP?	38
i. Pago electrónico en transporte público.....	38
6.3. Alternativas en materia de transporte privado	39
a. Iniciativas no motorizadas y colectivos	39

b.	Mejorar la peatonalización	39
c.	Desarrollo de Ciclovías.....	40
d.	Teletrabajo.....	41
e.	¿Cuáles serían los beneficios económicos y ambientales de aumentar en un punto porcentual el uso de transporte no motorizado al año 2025?	42
f.	Uso de vehículos eléctricos	42
6.4.	Otras alternativas claves para cumplir la meta propuesta.....	48
a.	Ordenamiento territorial.....	48
b.	Reorganización de los flujos de carga y descarga.....	50
c.	Mejorar las zonas de estacionamiento y el control del tráfico.....	50
7.	Experiencias internacionales promueven políticas sostenibles de movilidad urbana	51
8.	Consideraciones finales.....	55
9.	Bibliografía consultada.....	59

1. Introducción

Esta ponencia se enmarca en el capítulo especial del Informe Estado de la Nación del 2018 sobre “*Transporte y movilidad en Costa Rica: alternativas para su transformación*”. Dicho capítulo se enfocará en buscar cuáles son las alternativas y necesidades, sus costos y beneficios, para transformar de manera significativa la situación del transporte y la movilidad en el país.

El enfoque de la ponencia está centrado en:

1) Definir una meta concreta que represente un cambio significativo y sostenible en los principales problemas derivados del sistema y patrones de transporte y movilidad actuales dentro de la GAM, en términos de sus costos económicos, tiempos de viaje e impactos ambientales.

2) Identificar las alternativas para alcanzar la meta propuesta y sus implicaciones.

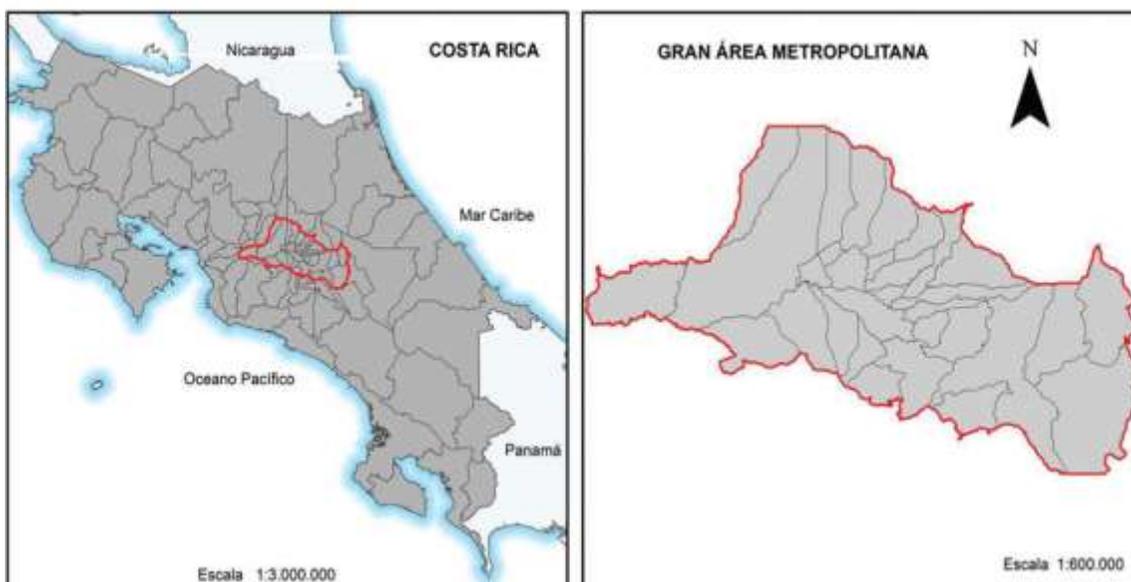
Con dicha meta, se pretenden analizar posibles alternativas de política pública que permitirían alcanzarla, considerando su viabilidad en el marco nacional, su relevancia, impacto positivo esperable, implicaciones sociales, económicas y ambientales y sus costos para el país. Lo anterior considerando la infraestructura vial, el sistema de transporte público, los instrumentos legales, posibles restricciones, incentivos o sanciones, patrones de movilidad en general, entre otros.

El documento se estructura de la siguiente en 7 secciones. En la primera se presentan el área de estudio con la que se estará trabajando, la segunda muestra los principales elementos caracterizan la movilidad urbana dentro de la GAM y en la tercera y cuarta sección se define la meta y sus indicadores. En la quinta sección se exponen las alternativas de política pública que permitiría alcanzar la meta propuesta. La sexta sección presenta algunos casos internacionales donde se han implementado políticas similares a las propuestas en la meta y en la séptima sección se esbozan algunas consideraciones finales.

2. Definición de la zona de estudio

La Gran Área Metropolitana (GAM), que constituye el área de estudio fue creada como un instrumento legal para regular el desarrollo urbano del sistema de ciudades y centros de población del Valle Central de Costa Rica (ver mapa 1). Su configuración está determinada por factores geográficos y su crecimiento obedece a un patrón de expansión horizontal. Cuenta con una extensión territorial de 196,700 Ha. que equivalen al 3,83% del territorio nacional, e incluye un anillo de contención urbana de 44,200 ha. (INVU, 2005: 4). Está conformado por 31 cantones (municipios) y 164 distritos (unidad geográfica en que se descomponen los cantones).

Mapa 1: Zona de estudio



Fuente: Elaboración propia.

3. ¿Cuáles elementos caracterizan la movilidad urbana dentro de la GAM?

A continuación, se describen los principales elementos que caracterizan el sistema de transporte y movilidad en la GAM que estarán orientando el enfoque de la meta.

- Oferta de transporte público (radial y concentrada) no responde a la demanda de movilidad (policéntrica).
- Descoordinación institucional entre el MOPT–CTP con la ARESEP derivado de las facultades otorgadas por las leyes constitutivas a cada una de las partes y a la interpretación que cada cual establece para sus funciones ante la ausencia de una Política Pública que aclare y defina lo que corresponde a cada cual.
- Los contratos de renovación de derechos de concesión por plazo de 7 años suscritos entre el CTP y los concesionarios en el 2014, que no han sido refrendados por la ARESEP. La totalidad de los concesionarios operan actualmente como permisionarios.
- La aplicación, por parte de ARESEP de un modelo tarifario que no contempla la Política Pública de la Modernización del Transporte Público remunerado de personas modalidad autobús y taxi.
- Ausencia de un sistema integrado tarifario (pago electrónico).
- Modelo de crecimiento urbano horizontal, disperso, en bajas densidades, sin planificación territorial local ni regional que aumenta los recorridos y tiempos

de viaje de la población hacia sus lugares de trabajo, estudio, recreación y consumo de bienes y servicios.

- Detrimento del transporte público frente al avance del transporte individual motorizado que hace uso indiscriminado e ineficiente del espacio público. El servicio presenta patrones radiales poco eficientes al competir con el flujo vehicular particular y de carga y no contar con integración intermodal. Además, el crecimiento expansivo de baja densidad de las ciudades impide rentabilizar el transporte colectivo al dispersar la demanda y ampliar los recorridos.
- Falta de opciones para la movilidad no motorizada aunado a la existencia de riesgos físicos tanto para los peatones como para los usuarios de bicicletas debido a la ausencia de infraestructura adaptada para estos fines.
- Localización de actividades económicas muy concentrada en pocos cantones, que aumentan la cantidad de kilómetros de viaje por trabajador. Al interior de la GAM el 50% del empleo que se genera proviene de los 4 principales cantones metropolitanos como los son San José (26,9%), Alajuela (10,3%), Heredia (7,6%) y Cartago (5,7%). Lo anterior se agrava con la falta de itinerarios alternativos para el acceso al centro de las ciudades. El Anillo de Circunvalación, en el caso de San José, que debería permitir estos itinerarios y en general todas las ciudades del GAM se ven sometidas a la presión de un gran volumen de vehículos de carga que atraviesan los cascos centrales de estas 4 ciudades metropolitanas como medio de paso, denotando falta de rutas de conectividad regional.
- Aunque el GAM cuenta con una importante red vial nacional su capacidad de movilidad vehicular, tanto en volumen de vehículos como en tiempos de viaje, se ha visto cada vez más limitada por el flujo creciente de automotores, aunado a un sistema de transporte público poco eficiente y articulado y la lenta actualización de obras viales. Esto lleva a una red de comunicación débil con una pobre conexión transversal entre radiales, poco desarrollo de tipo reticular, grandes flujos periféricos y pérdida de horas de trabajo y familia por tiempos prolongados de viaje.
- Crecimiento acelerado de la cantidad de servicios de transporte público informal y parcialmente regulado, favorecidos por un aumento en la tendencia de los ciudadanos a optar por opciones privadas no reguladas para resolver sus problemas de movilidad.
- El país no ha logrado articular las acciones necesarias entre las instituciones que operan el transporte público para implementar la política sectorial de modernización del transporte público renumerado de personas modalidad autobús (sectorización).

- En la actualidad los diferentes medios de transporte en el GAM compiten entre sí o simplemente no aprovechan las ventajas de complementar sus servicios en mutuo beneficio, para consolidar un sistema integrado de transporte público masivo. De igual forma se dificulta la posibilidad de intercambiar el modo de desplazamiento por falta de infraestructura física adecuada.
- Existen lentos procesos en los trámites expropiatorios consecuencia de las estipulaciones de la Ley de Expropiación y de la jurisprudencia que inciden de forma negativa en la construcción de infraestructura vial.
- Déficit de inversión en infraestructura. Actualmente, el país invierte al año en infraestructura el 0,8% del producto interno bruto (PIB), unos \$500 millones. Sin embargo, el Plan Nacional de Transportes estima que se debería destinar al menos un 4%.
- Problemas de gestión y planificación de la inversión en infraestructura. En la actualidad persisten los problemas de gestión que impiden aumentar la cantidad de proyectos de inversión, no existen mecanismos claros que agilicen las tareas de formulación, contratación y ejecución, así como tampoco de fiscalización.
- Escasa asociación público-privadas (APP). Por muchos años Costa Rica ha desarrollado los proyectos de infraestructura empleando sistemas tradicionales, donde el Estado es el proveedor de los bienes y servicios con recursos públicos. Sin embargo, en términos de infraestructura vial, particularmente carreteras, este modelo ha creado serios problemas de calidad e ineficiente gestión de los proyectos. En los últimos años no se han dado lineamientos para optar por alternativas de asociaciones público-privadas (APP), que es un esquema con participación privada que puede proveer recursos adicionales y ventajas respecto al tradicional en beneficio del desarrollo de la infraestructura vial y cuya pertinencia en un contexto de déficit fiscal toma relevancia.

4. Definición de la meta

Tomando en consideración los aspectos anteriores, la meta que a continuación se plantea busca ser integral y dar solución a parte de los problemas mencionados. De esta manera, se define la meta como:

“Proporcionar a los ciudadanos un sistema de transportes sostenible que integre a cada uno de los distintos modos que lo conforman, para mejorar la movilidad de las personas y de las mercancías dentro de la GAM al año 2025”.

La meta tiene una serie de restos que se plantean a continuación:

- Debe satisfacer las necesidades y expectativas de todas las personas dentro de la GAM para que puedan acceder a sus destinos deseados. Lo anterior implica a) asegurar condiciones de accesibilidad a toda la población, incluyendo las personas con o sin restricción de capacidad, adultos mayores y niños y b) Asegurar inclusión social ofreciendo la misma calidad y cantidad de servicios de movilidad urbana a sectores de menores y mayores ingresos.
- Minimizar las externalidades negativas sociales, económicas y ambientales originadas por el incremento en el uso de transporte privado mediante el desarrollo urbano orientado por el transporte, con el transporte público y medios no motorizados como ejes principales de movilidad, para estructurar y hacer funcionar el sistema de ciudades de la GAM.
- Promover el ordenamiento territorial dentro de los cantones de la GAM con objetivos claros de densificación y planificación de los usos del suelo integrados al sistema de transportes de manera tal que se generen menores necesidades de desplazamientos motorizados. Lo anterior implica a) reducir el costo social asociado a desplazamientos urbanos ineficientes, aprovechando el tiempo ganado en recreación, oportunidades de estudio y trabajo, mejorando la calidad de vida de las personas y b) Promover una política urbana de usos mixtos de suelo y densificación de corredores que fortalezcan los ejes de transporte masivo, haciendo eficientes y viables las inversiones en el tiempo.
- Crear redes integradas de transporte público, potenciadas con corredores de transporte masivo de alto rendimiento, basadas en redes multimodales que ayuden a una mayor disponibilidad del servicio en términos de cobertura y accesibilidad. Lo anterior implica establecer una jerarquía de movilidad urbana que ubique, en orden de prioridad en primera instancia a los modos no motorizados, en segundo lugar, al transporte público, luego al sistema logístico de suministros, en cuarto lugar, al sistema de vehículos compartidos y por último al transporte motorizado individual
- Avanzar hacia un sistema de indicadores de desempeño del sistema de transporte para mejorar el análisis, planificación y operación de los diferentes

componentes del sistema. El sistema debe ser universal, uniforme, en tiempo real, fácilmente accesible y confiable de manera tal que logre mejorar la información disponible para los usuarios y para los tomadores de decisiones en las instituciones rectoras de transporte.

- Mejorar la calidad del servicio de transporte público en tres elementos: a) atención al cliente; b) comodidad; c) Seguridad. Lo anterior implica, a) mejorar la operación (disminución de tiempos, mejorar intermodalidad y conectividad entre líneas del mismo modo, infraestructura de acceso al sistema, optimización de intervalos, niveles de ocupación, sistema tarifario y de pago, atención al cliente o experiencia de usuario) y b) Mejorar (o casi implementar) la fiscalización de la operación y el servicio en general.
- Disponer de un sistema de transporte orientado a la facilitación del comercio, de forma que constituya una herramienta, no solo para la actividad económica y productiva del país, sino para potenciar la integración de Costa Rica en el mercado internacional a través de la mejora de sus exportaciones.
- Facilitar a la población de la GAM infraestructura que conecten a todos los modos, agilizando los procesos de intercambio (intermodalidad), y permitiendo igualmente a las mercancías que fluyan libremente por todo el territorio desde su entrada o hasta su salida del país

5. Definición de los indicadores para alcanzar o avanzar hacia la meta planteada y sus impactos predecibles

Indicador 1: Reducir los tiempos promedio de viaje del transporte público dentro de la GAM en un 20% en los próximos 8 años.

Situación actual: En la actualidad el tiempo promedio ponderado de viaje dentro de la GAM se ubica alrededor de los 54 minutos. Los tiempos de viaje promedio actuales crecen a una tasa aproximada del 2,8% anual. De mantenerse las condiciones actuales sin cambios significativos en transporte y movilidad al cabo de 8 años podrían aumentar los tiempos en el orden del 22%.

Objetivos:

- a) Disminuir los tiempos de viaje promedio dentro de la GAM para el año 2025 a 48,6 minutos (10% respecto actualidad).
- b) Disminuir los tiempos de viaje promedio dentro de la GAM para el año 2032 a 42,7 minutos (20,9% respecto actualidad).

Indicador 2: Aumentar en cinco puntos porcentuales el uso de transporte público dentro de la GAM al año 2025.

Situación actual: En la actualidad la repartición modal de usuarios del transporte público y privado dentro de la GAM presenta las siguientes condiciones: 50,8% para transporte público, 23,8% para vehículo privado, 21,55% a pie, 1,9% en bicicleta y 1,95% en motocicleta.

Objetivo: Aumentar a 55% en los próximos 8 años (crecimiento del 10%).

Indicador 3: Aumentar en un punto porcentual el uso de transporte No motorizado dentro de la GAM al año 2025.

Situación actual: En el uso de transporte No motorizado se ubica en alrededor del 23%.

Objetivo: Aumentar a 24% el uso de transporte no motorizado (crecimiento 4,3%) en los próximos 8 años.

Indicador 4: Disminuir en cinco puntos porcentuales el uso de vehículo privado dentro de la GAM en los próximos 8 años.

Situación actual: Actualmente el uso de vehículo privado (incluye motocicletas) se ubica en 26%.

Objetivo: Disminuir a 21% el uso de vehículo privado (decrecimiento 19,2%) en los próximos 8 años.

Indicador 5: Disminuir las externalidades negativas (sociales, económicas y ambientales) derivadas de la estructura actual del sistema de transporte y movilidad dentro de la GAM en un 20% en los próximos 8 años

Situación actual: Actualmente (ProDUS (2015), PruGAM (2008), Otoya (2009), CFIA (2005), Durán, A.; Jiménez, L.; Morales, C. & Viquez, E., (2014), Pichardo y Otoya (2012)) dentro de la GAM las pérdidas por externalidades negativas debido al modelo de transporte no sustentable han sido estimadas en alrededor de 10% del PIB al año. De este porcentaje, 4% correspondería al impacto en salud por efecto de accidentes de tránsito, contaminación del aire e inactividad física. Otro 4% se debería al impacto en transporte por congestión vehicular, desperdicio de combustible y mal uso de infraestructura y equipamiento. Y finalmente, 2% se derivaría de las pérdidas en productividad y competitividad

<p>que se expresa en menores inversiones, empleos e impuestos. El objetivo es pasar de un 10% del PIB a un 8% del PIB en un periodo de 8 años.</p>
<p>Objetivo: Reducir al 8% del PIB las externalidades negativas</p>
<p>Indicador 6: Aumentar en un punto porcentual el uso de transporte No motorizado dentro de la GAM al año 2025.</p>
<p>Situación actual: En el uso de transporte No motorizado se ubica en alrededor del 23%.</p>
<p>Objetivo: Aumentar a 24% el uso de transporte no motorizado (crecimiento 4,3%) en los próximos 8 años.</p>
<p>Indicador 7: Aumentar la densidad urbana de la GAM en un 10% en los próximos 8 años</p>
<p>Situación actual: La densidad urbana (Habitantes/hectárea urbana) se ubicó en 79 en el año 2017, creció 0,68% anual (alrededor del 4,8% entre el 2010 y el 2017)</p>
<p>Objetivo: Alcanzar una densidad urbana de 87 Habitantes/hectárea urbana dentro de la GAM al año 2025</p>
<p>Indicador 8: Aumentar en 10 la cantidad de municipios con Plan Regulador (PR) vigente y actualizado dentro de la GAM en los próximos 8 años.</p>
<p>Situación actual: Al año 2017 en la GAM existían:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 11 cantones con PR vigente. • 7 cantones con PR vigente en proceso de actualización. • 1 cantón con PR desactualizado y en proceso de actualización. • 11 cantones sin PR en proceso de elaboración. • 1 cantón sin PR sin proceso de elaboración.
<p>Objetivo: 21 cantones de la GAM con planes reguladores vigentes y actualizados (68% de los cantones de la GAM)</p>

Indicador 9: reducir las emisiones de CO₂e en 10% con respecto a su estimación para 2025 si no se tomaran acciones para disminuirlas.

Situación actual: Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Absorción de Carbono (INGEIAC) realizado por el MINAE y PNUD en 2012, el sector de energía produce alrededor del 64% de las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) de todo el país y el transporte aporta el 69% de las emisiones del sector energía, por lo que el sector transporte es responsable de alrededor del 44% de todas las emisiones de CO₂e del país. De lo anterior se deduce que reducir las emisiones en este sector tendría un impacto significativo en la reducción de las emisiones totales nacionales.

Objetivo: Reducir al 34% el aporte del sector transporte a la producción de emisiones de dióxido de carbono.

6. ¿Cuáles alternativas de política pública permitirían al país alcanzar la meta definida, y con qué requerimientos, costos e implicaciones positivas y negativas?

En esta sección se discutirán las alternativas en materia de infraestructura, transporte público y privado que podrían llevar a la meta definida, analizando sus costos de inversión, y posibles impactos económicos, sociales y ambientales.

6.1. Alternativas en materia de infraestructura vial

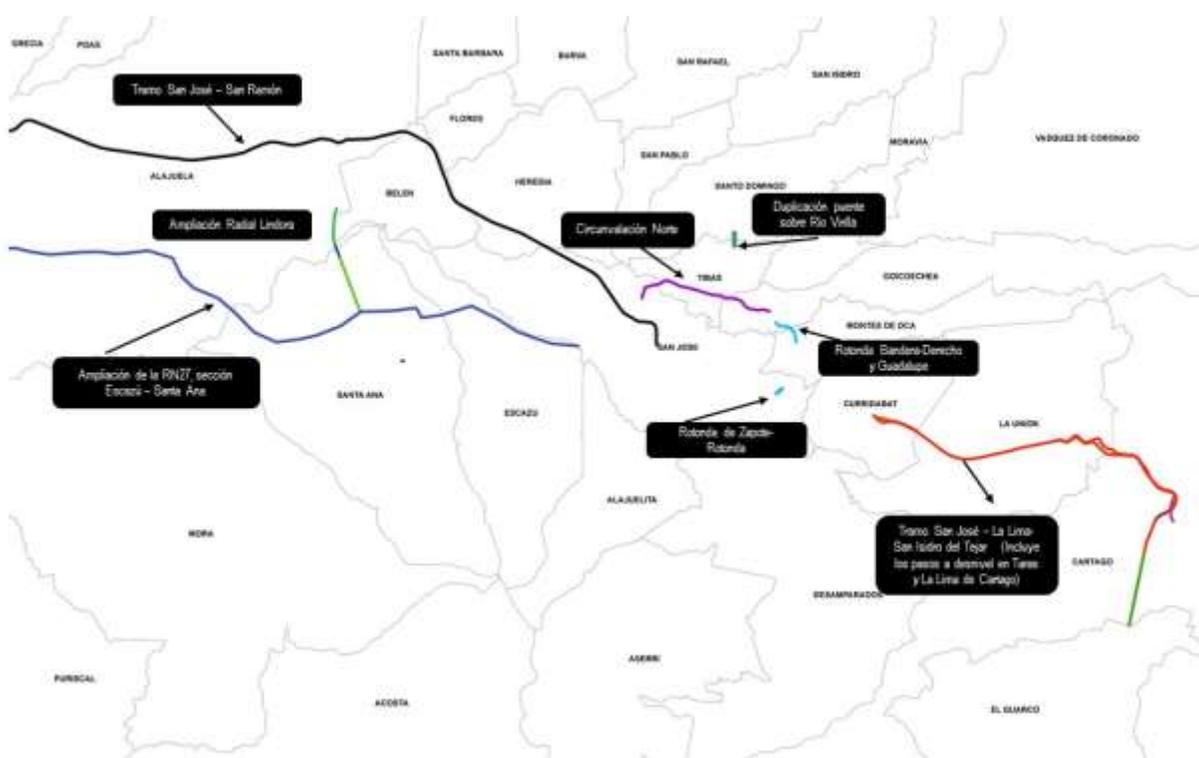
El país ha venido desarrollando algunas acciones que permiten tener un panorama positivo respecto al cumplimiento de la meta propuesta. En este sentido, la GAM ya cuenta con una serie de proyectos viales por ejecutar que tienen un potencial importante para poder desarrollarse en los próximos 8 años y que permitirán reducir los tiempos de viaje, las pérdidas económicas y ambientales, mejorar la movilidad de personas y mercancías, conectar el sistema de transporte público y en general avanzar hacia el cumplimiento de la meta propuesta. Para efectos del análisis se plantearon 7 proyectos de infraestructura vial:

1. Circunvalación Norte
2. Tramo San José – San Ramón
3. Tramo San José – La Lima- San Isidro del Tejar (Incluye los pasos a desnivel en Taras y La Lima de Cartago)
4. Ampliación de la RN27

5. Paso a desnivel Rotonda de Zapote-Rotonda Bandera-Derecho y Guadalupe
6. Duplicación puente sobre Río Virilla sobre la RN32
7. Ampliación Radial Lindora (sección Río Corrogres - Río Virilla / sección Río Virilla – RN122 y Sustitución de puente sobre Río Corrogres)

La ubicación de los proyectos se muestra en el mapa 1.

Mapa 1: Ubicación espacial de las alternativas en materia de infraestructura vial para el cumplimiento de la meta.



Fuente: Elaboración propia con datos de MIDEPLAN, MOPT, CTP, CNC.

Las principales características de estos proyectos son:

a. Circunvalación norte:

Este proyecto cuenta con cinco unidades funcionales (o etapas). El proyecto tendrá 5 kilómetros de tramo principal y contará con un viaducto (un puente elevado) de 2,5 kilómetros con varias rampas de ascenso y descenso. La Unidad Funcional I, transformará la actual intersección de La Uruca a una de tres niveles. La Unidad Funcional II contará con un puente de 300 metros y una carretera a 4 carriles de 1,3 km de longitud y conectará con nueva radial a Heredia. Es en este punto donde ya arrancaron las obras. La Unidad Funcional III consta de 1,5 kilómetros de vía en

forma de paso elevado y la Unidad Funcional IV permitirá conectar con otra intersección a tres niveles con la Ruta 32. La Unidad V es un tramo de 1,5 kilómetros irá desde la intersección con la ruta 32 hasta la intersección de Santo Tomás, en las cercanías del Wal-Mart en Guadalupe.

El paso a desnivel será reforzado con 18 kilómetros de marginales con tramos a nivel, que permitirán la interconexión fluida para que los vehículos puedan pasar por la parte inferior del viaducto. El Arco de Circunvalación Norte mejoraría el tráfico en tres importantes carreteras nacionales. Por ejemplo, en el caso de los vehículos pesados que vienen de la autopista Braulio Carrillo, podrán pasar por el Arco Norte para continuar con su destino hacia la Ruta Nacional 27 o la Interamericana Norte, sin necesidad de entrar a San José. Las unidades funcionales I a IV están en ejecución al presente, quedando para un futuro próximo la construcción de la unidad funcional V. Sin embargo, todo el proyecto en su totalidad ya tiene los diseños listos.

El proyecto tiene como objetivo reducir el tráfico de paso por el centro del núcleo urbano de San José. De esta manera permitiría especializar el anillo de circunvalación en itinerarios perimetrales de acceso al centro de San José, y la recuperación de espacios interiores para usos de peatones, bicicletas y transporte público; así como especializar el tramo norte del anillo para vehículos pesados e itinerarios de largo recorrido.

La sección debe contemplar las necesidades de absorción del tráfico de paso por el núcleo urbano y aquel con destino al este, del cual una parte importante del primero puede ser de tipo pesado, mientras que el último realizaría itinerarios alternativos al anillo de circunvalación. Con estas medidas, la proporción del tráfico dentro del centro urbano, se disminuiría en un 25% del tráfico actual dada la lejanía del trazado del anillo periférico.

b. Ampliación de la ruta 27¹

El proyecto tiene por objetivo la prestación de servicios de diseño, planificación, financiamiento, construcción, rehabilitación, ampliación, reparación, mantenimiento y conservación de la carretera San José - Caldera y de las áreas de servicios básicos, servicios especiales y de los servicios complementarios, así como su operación y explotación. El proyecto comprende tres secciones:

- Sección I: San José - Ciudad Colón, corresponde al tramo de carretera existente entre el Gimnasio Nacional en San José y el inicio de la construcción del nuevo tramo Ciudad Colón - Orotina, con una longitud de 14,20 Km, este tramo contaría con tres carriles por sentido.
- Sección II: Ciudad Colón - Orotina, contempla el nuevo tramo de carretera a construir entre esas dos localidades, con una longitud de 38,80 Km, este tramo contaría con dos carriles por sentido.

¹ Fuente: Concejo Nacional de Concesiones.

- Sección III: Orotina - Caldera, es el tramo de carretera existente entre Intercambio Orotina (paso superior) y el Puerto de Caldera, son una longitud de 23,80 Km y contaría con un carril por sentido.

El monto estimado del proyecto es de US\$ 450.000.000 y se espera que incremente hasta en un 53% la capacidad de la vía.

c. Corredor Vial San José - Cartago²

Este proyecto por iniciativa pública se refiere a la ampliación de la carretera San José - Cartago a tres carriles por sentido, y la construcción y mejoramiento de las diferentes intersecciones de la ruta. Está constituido por dos secciones con una longitud de 20.5 km, conformados por un tramo existente de 17.6 km de la Autopista Florencio del Castillo y la Radial Zapote-Curridabat (Tramo nuevo) de 2.9 km.

El corredor Cartago – San José, requerirá absorber intensidades horarias de alrededor de 7.400 vehículos en la hora pico. Para ello plantea un dimensionamiento en el corredor basado en la implementación de 3 carriles segregados en cada sentido de la marcha y al ingresar a la zona urbana, 3 carriles de tipo local o semaforizados. Uno de los carriles semaforizados sería reservado para el transporte público colectivo.

La ampliación de la autopista permitiría conducir el tráfico pesado por esta vía, de forma obligatoria, y reservar el trazado de la carretera San José – Tres Ríos para viajes locales y para disminuir la presión del transporte colectivo dotándola de bahías para su uso.

Ello supone un diseño de la vía, que contemple una tipología de superficie de rodamiento adecuada al tráfico de vehículos pesados, el ancho y previsión de rampas máximas y el establecimiento de servicios específicos para estos vehículos como zonas de descanso o estaciones de servicio adaptadas.

El proyecto también contempla los intercambios viales en Taras y la Lima de Cartago. Ambos proyectos se ubican en el cantón de Cartago, están concebidos a tres carriles por sentido. Se espera que generen los siguientes impactos:

- Intercambio vial en Taras de Cartago: 1) Reducción en los tiempos de viaje en 100%. 2) Reducción en el costo de transporte en al menos un 55%. 3) Disminución de al menos en un 65% de los accidentes de tránsito
- Intercambio vial en La Lima de Cartago: Disminución de los tiempos de viaje en un 100% en el tramo intervenido. 2) Disminución de al menos en un 50% de los costos de operación vehicular por cada 1000 km recorridos. 3) Disminución de al menos en un 50% de los accidentes de tránsito.

^{2 2} Fuente: Concejo Nacional de Concesiones.

Ambos intercambios han sido concebidos dentro del programa PIT del BID con el Ministerio de Obras Públicas. Los fondos de dicho programa cubrirán únicamente la fase de diseño de los dos intercambios, mismos que esperan tenerse listos en mayo de 2018. Para la fase constructiva se deberán buscar recursos adicionales

d. Corredor vial San José-San Ramón y sus radiales

El proyecto San José- San Ramón cuenta con una longitud de 55km, e incluye una serie de obras complementarias como: a. Intercambios e intersecciones b. Marginales c. Bahías para autobuses d. Puentes peatonales e. Iluminación f. Señalización y dispositivos de seguridad g. Sistemas de vigilancia e información a los usuarios h. Sistema de comunicaciones i. Sistema de peajes j. Sistema de pesaje k. Ductos de servicios públicos

El proyecto conecta las provincias de Alajuela, Heredia y San José y consta de tres tramos. El primer tramo tiene una longitud de 1,6km y se ubica entre La Sanaba y Circunvalación Norte en las inmediaciones del “Monumento al Agua”, consta de 3 carriles por sentido y espaldones. El Tramo 2, cuenta con una longitud de 12,6 km y se ubica entre Circunvalación Norte y el Aeropuerto Juan Santamaria, consta de 2 carriles por sentido y espaldones. El Tramo 3, se ubicará entre el aeropuerto Juan Santamaria y el cantón de San Ramón, tendrá una longitud de 41,05 km con 2 carriles por sentido y espaldones.

Adicionalmente a los tramos, se han incluido las siguientes obras complementarias:

a) Radial Río Segundo: radial entre Río Segundo de Alajuela y San Antonio de Belén, con dos carriles de ruedo y espaldones por sentido.

b) Radial a Sarchí: radial para conectar en forma directa la autopista Bernardo Soto con el cantón de Valverde Vega, con al menos un carril de ruedo y espaldón por sentido.

c) Tramo de intercambio con la punta sur de carretera Naranjo Florencia, según la Ley N.º 4476, de 3 de diciembre de 1969.

d) Interconexión a Heredia: para conectar la autopista General Cañas, ruta N.º 1, con la ruta N.º 3 a través de las rutas N.º 171, del colegio Castella a la ciudad de Heredia, y N.º 129, de la Firestone a la ciudad de San Joaquín de Flores. Estas contarán con al menos dos carriles de ruedo por sentido y los respectivos espaldones.

El diseño de la obra comprenderá las obras complementarias y de servicio que sean necesarias, incluyendo las vías radiales requeridas para garantizar la calidad del flujo vehicular de acuerdo con los estándares internacionales reconocidos en los convenios suscritos por el país en esta materia.

Este proyecto se ejecutará en dos etapas. La primera etapa se compone de los tramos principales, y la segunda de las obras complementarias a) a la d).

Actualmente, (abril 2018) la unidad ejecutora de este proyecto ubicada en CONAVI está trabajando en la conformación del fideicomiso que administrará el proyecto. Se cuenta con diseños provenientes del intento anterior para este proyecto con la fallida concesión a la empresa OAS. Los diseños elaborados por dicha firma serán suministrados como referencia para el nuevo diseño.

De acuerdo con el MOPT los beneficiarios directos del Proyecto lo constituyen los usuarios del transporte motorizado: vehículos particulares, de transporte público y de carga, motocicletas y otros, la población directamente beneficiada es la de los cantones de San José y de Alajuela, por la provincia de San José, se estima en 1.350.976 (un millón trescientos cincuenta mil novecientos setenta y seis) y por la provincia de Alajuela un total de 848.146 (ochocientos cuarenta y ocho mil ciento cuarenta y seis). La población indirectamente beneficiada, es la población de la GAM, que comprende parcial o totalmente a las Provincias de San José, Alajuela, Heredia y Cartago para un total de 152 distritos de 31 cantones de estas provincias.

Los volúmenes de tránsito en las condiciones de infraestructura existentes rondan los 90.000 vehículos por día (ambos sentidos) en la Autopista General Cañas, del Aeropuerto Juan Santamaría a Manolo's son 42.000 vehículos por día (ambos sentidos) y de Manolo's a la Radial Grecia o Ruta N° 154 son 27.000 vehículos por día (ambos sentidos). Se espera que, con todas las intervenciones previstas y la mejora sustancial en los niveles de servicio de estas dos autopistas, los volúmenes de tránsito aumenten.

Se espera como impacto de la carretera una disminución de al menos en un 5% de los costos de operación vehicular por kilómetro recorrido, en promedio por vehículo. Además, una disminución en al menos 25 minutos de los tiempos de traslado en promedio anual por recorrido del tramo por vehículo. Así como ahorros por concepto de mantenimiento vial, el cual, por experiencia en proyectos viales previos, se tendrán ahorros de hasta un 2% en los costos de mantenimiento vial por vehículo con el nuevo proyecto; así como un mayor lapso de tiempo entre mantenimientos periódicos de la carretera.

e. Pasos a desnivel en Circunvalación: Garantías Sociales, Rotonda La Bandera - UCR y Guadalupe

Este proyecto se trata de los pasos a desnivel en las rotondas de la Bandera, las Garantías Sociales y la intersección a Guadalupe, todos sobre la vía de Circunvalación, específicamente sobre Circunvalación Ruta 39 (Zapote, San Pedro de Montes de Oca, Guadalupe).

- **Garantías Sociales:** Paso superior de 4 carriles (2 por sentido, ampliables a futuro a 3 por sentido) sobre la rotonda de Zapote. Los carriles podrían ser de 3,6 m y no se necesitarían expropiaciones debido a que el derecho de vía es de 42 m. El proyecto de construcción ya fue adjudicado, pero se está a la

espera (abril de 2018) de que la Contraloría General de la República ratifique la empresa que ganó el concurso.

- **Rotonda Guadalupe:** Paso inferior de la vía de Circunvalación (Ruta Nacional No. 39) debajo de la rotonda que reemplazaría a la actual intersección con semáforos. Se contemplan 4 carriles en el paso a desnivel y dos carriles para cada rampa, tanto de entrada como de salida. Para ello se requiere aproximadamente un derecho de vía de 35,3 m si se usan carriles de 3,3 m de ancho. En mayo de 2018 se prevé sacar el cartel del proyecto de construcción.
- **Rotonda La Bandera - UCR:** Paso superior sobre la intersección de la Facultad de Derecho de la Universidad de Costa Rica y un paso inferior bajo la rotonda de La Bandera. Esta es la mejor opción de acuerdo con las características topográficas del sitio. Para ello se requiere aproximadamente un derecho de vía de 39 m si se usan carriles de 3,3 m de ancho o 42 m si los carriles miden 3,6 m. Dado que el derecho de vía mide 30 m en las secciones más angostas, se requiere de cuantiosas expropiaciones. Hacia finales de 2018 se espera sacar el cartel para el proyecto de construcción.

El proyecto de pasos a desnivel en Circunvalación vendrá a eliminar el congestionamiento de miles de conductores que diariamente atraviesan la carretera de Circunvalación en el sector de la rotonda de La Bandera, en San Pedro de Montes de Oca y Guadalupe.

De esta manera, quienes transiten por la Circunvalación en sentido sur – norte evitarán el semáforo que existe en ese sitio y continuarán directo hasta la rotonda de La Bandera, bajo la cual se construirá un paso a desnivel, con lo que quienes viajan hacia Guadalupe no encontrarán obstáculos de circulación.

En todos los casos se pretende mantener la rotonda como distribuidor de tráfico, y que quien viaje por Circunvalación pase por debajo, para continuar el camino sin obstáculos. El diseño sería similar al del paso a desnivel en Paso Ancho, inaugurado en 2017. El proyecto busca que el paso por Circunvalación haga más fluido el tránsito a las zonas aledañas a la capital. Actualmente, esta carretera cuenta con rotondas y semáforos que provocan congestionamientos, además de que no ha sido posible construir el arco norte para cerrar todo el circuito.

f. ¿Cuál es la viabilidad en términos de costos/inversión y gestión de las alternativas viales planteadas para alcanzar las metas?

El grafico siguiente muestra los costos de inversión en los que le país debe incurrir para hacer frente a los proyectos de infraestructura vial planteados para alcanzar la meta propuesta. En términos aproximados el valor de la inversión total ronda los 1.641 millones de dólares americanos lo que representa cerca del 2,4% del producto interno bruto a precios de mercado del presente año.

Gráfico 1: Costo aproximado en millones de dólares americanos de las alternativas de infraestructura vial propuestas para alcanzar la meta.



Fuente: Elaboración propia con datos de MIDEPLAN, MOPT, CTP, CNC.

Adicional al costo o inversión que implica para el país el desarrollo de las alternativas de infraestructura vial anteriores, también se debe considerar dentro de la viabilidad el estado de ejecución en que se encuentra cada proyecto, si cuenta con financiamiento y le mecanismo de ejecución con el que se propone llevar a cabo. Tomando en consideración lo anterior, las alternativas planteadas presentan las siguientes características (ver cuadro 1):

- a) Solo dos de los proyectos se encuentran en proceso de ejecución. Estos son la **etapa I de Circunvalación (La Uruca- RN 32)** con fondo del BCIE mediante mecanismo de obra pública y la ampliación del **puente sobre el río Virilla en la ruta Nacional 32** con fondos del BCIE-CODI y Fondos Internos mediante mecanismo de obra pública.
- b) En el caso de la **ampliación de la ruta 27**, es un proyecto que aún se encuentra por ejecutar y que es una de las inversiones que el gobierno Alvarado (2018-2022) ve como prioridad. Este es un proyecto pendiente de ejecución del Plan Nacional de Transporte 2011-2035 (PNT) que en la actualidad se encuentra sin fuente de financiamiento y se ha planteado desarrollarlo mediante un mecanismo de Alianza Público- Privado (APP).

- c) La segunda etapa de **Circunvalación Norte (RN32-Calle Blancos)** es otro de los proyectos que en la actualidad se encuentra sin ejecutar, sin financiamiento y forma parte de los proyectos pendientes a desarrollar según el PNT. A la fecha no cuenta con ningún mecanismo de ejecución establecido.
- d) La ampliación de la **carretera San José- San Ramón** es un proyecto que lleva tres décadas de estudios, sin embargo, a la fecha no está en ejecución. En la actualidad el Consejo Nacional de Concesiones planteo que dicho proyecto llevará un proceso de análisis que tardará tres años más. Este proyecto también forma parte del PNT, no cuenta con financiamiento y se espera desarrollar bajo un mecanismo de fideicomiso público. Las mismas características de este proyecto son las que presenta el proyecto sobre la ruta 2, **San José- La Lima- San Isidro del Tejar**.
- e) Los proyectos de **pasos a desnivel de Zapote, Derecho-La Bandera y Guadalupe** se encuentran por ejecutar, ya cuentan con financiamiento asegurado del BCIE y se estarán gestionando mediante mecanismos de obra pública. El mismo escenario presenta el proyecto de **duplicación del puente sobre el Río Virilla** en la RN 32.
- f) Los **intercambios viales en Taras y la Lima** de Cartago son proyectos por ejecutar que se encuentran en fase de pre-inversión, sin financiamiento en la actualidad y sin un mecanismo de ejecución establecido, aunque se plantea que tienen potencial para APP.
- g) Los proyectos de **ampliación Radial Lindora** (sección Río Corrogres - Río Virilla / sección Río Virilla – RN122 y Sustitución de puente sobre Río Corrogres) son proyectos que se encuentran por ejecutar, con financiamiento asegurado por parte del BCIE-CODI y Fondos internos y se espera sea desarrollado mediante mecanismos de obra pública.

Con el fin de identificar la viabilidad de la alternativa planteada en el tema de infraestructura vial y poder clasificar los diferentes proyectos propuestos se procedió hacer la siguiente clasificación:

- i. **Proyectos con viabilidad 1 (Muy Alta):*** Son proyectos que ya se encuentran en ejecución y están totalmente financiados.
- ii. **Proyecto con viabilidad 2 (Alta):*** Son proyectos que aún no se ejecutan pero que ya cuentan con financiamiento asegurado y un mecanismo de ejecución establecido.
- iii. **Proyecto con viabilidad 3 (Media):*** Son proyectos que están establecidos como prioritarios dentro del PNT, cuentan con un mecanismo de ejecución establecido, pero no tienen actualmente financiamiento.

- iv. **Proyecto con viabilidad 4 (baja):** Son proyectos que están establecidos como prioritarios dentro del PNT, no cuentan con un mecanismo de ejecución establecido, así como tampoco con financiamiento.
- v. **Proyecto con viabilidad 5 (Muy baja):** Son proyectos que no están establecidos como prioritarios dentro del PNT, se encuentran en fase de pre-inversión, no cuentan con un mecanismo de ejecución establecido ni financiamiento.

Dados los criterios anteriores y como se muestra en el cuadro 1, de acuerdo con las alternativas planteadas sobre inversión en infraestructura vial para la GAM se tienen que:

- a) Dos proyectos tienen viabilidad muy alta (*Circunvalación Norte Etapa 1 (Uruca) y la Ampliación del puente sobre el Río Virila (Ruta 32)*).
- b) Tres proyectos tienen viabilidad alta (*Pasos a desnivel Bandera-Derecho-Guadalupe, Zapote y la ampliación Radial Lindora (sección Río Corrogres - Río Virilla / sección Río Virilla – RN122 y Sustitución de puente sobre Río Corrogres)*).
- c) Tres proyectos tienen viabilidad media (*Ampliación ruta 27, San José- San Ramón y San José- La Lima*).
- d) Dos proyectos cuentan con viabilidad baja (*Circunvalación Norte Etapa 2 (Calle Blancos) y La Lima - San Isidro del Tejar*).
- e) Dos proyectos cuentan con viabilidad muy baja (*Intercambio en Taras-Cartago e Intercambio en la Lima- Cartago*).

Cuadro 1. Grado de gestión y financiamiento de las alternativas de infraestructura vial propuestas para alcanzar la meta.

Proyecto	Estado	Categoría	Fuente de Financiamiento	Mecanismo de ejecución	Viabilidad
Ampliación ruta 27	Por ejecutar	Proyecto pendiente del PNT	Sin Financiamiento	APP	3
Circunvalación Norte Etapa 1 (Uruca)	En ejecución	Proyecto en ejecución	BCIE	Obra Pública	1
Circunvalación Norte Etapa 2 (Calle Blancos)	Por ejecutar	Proyecto pendiente del PNT	Sin Financiamiento	Por definir	4
La Lima - San Isidro del Tejar	Por ejecutar	Proyecto pendiente del PNT	Sin Financiamiento	Por definir	4
San José- San Ramón	Por ejecutar	Proyecto pendiente del PNT	Sin Financiamiento	Fideicomiso público	3
San José- La Lima	Por ejecutar	Proyecto pendiente del PNT	Sin Financiamiento	Fideicomiso público	3
Paso a desnivel rotonda Zapote	Por ejecutar	Proyecto con financiamiento asegurado	BCIE	Obra Pública	2
Pasos a desnivel Bandera-Derecho- Guadalupe	Por ejecutar	Proyecto con financiamiento asegurado	BCIE	Obra Pública	2
Ampliación del puente sobre el Río Virila (Ruta 32)	En ejecución	Proyecto con financiamiento asegurado	BCIE	Obra Pública	1
Intercambio en Taras- Cartago	Por ejecutar	Fase de Pre-Inversión	Sin Financiamiento	Con potencial APP	5
Intercambio en la Lima- Cartago	Por ejecutar	Fase de Pre-Inversión	Sin Financiamiento	Con potencial APP	5
Ampliación Radial Lindora (sección Río Corrogres - Río Virilla / sección Río Virilla – RN122 y Sustitución de puente sobre Río Corrogres)	Por ejecutar	Proyecto con financiamiento asegurado	BCIE-CODI- Fondos Int	Obra Pública	2

Fuente: Elaboración propia con datos de MIDEPLAN, MOPT, CTP, CNC.

g. ¿Cuáles son los impactos esperables de estas alternativas de inversión en infraestructura vial sobre los tiempos de viaje, aspectos económico-sociales y ambientales?

Con el fin de estimar los posibles ahorros en tiempos de viaje que estarían generando los proyectos viales analizados anteriormente como alternativas para alcanzar la meta propuesta se estiman funciones de tiempo-intensidad o funciones de congestión.

Estas funciones describen el tiempo recorrido dependiendo del tipo de carretera, capacidad y velocidad, las cuales dependen de parámetros de calibración que son propios de las rutas estudiadas. De esta manera, para efectos del análisis se propone una calibración de funciones de demora tiempo-intensidad, específicamente las funciones cónicas, utilizando información de flujos viales y modelando la asignación de viajes apegada a las condiciones reales de nuestro sistema de transporte actual. Para realizar la modelación se toma como base, información del Plan Nacional de Transporte de Costa Rica (PNT), Ineco 2011, en conjunto con Dirección Sectorial del MOPT y los parámetros calibrados dependientes a los diferentes tipos de carretera considerados. También se toman en consideración los estudios previos elaborados por Alvarado (2015), Mena (2015) y Puscar (2014).

Con la calibración de estas funciones es posible obtener parámetros que permiten realizar una modelación de asignación de viajes más cercana a la realidad, que a su vez permite obtener los determinantes del tiempo de recorrido actual y con ellos

hacer escenarios de simulación para ver el efecto que tendrá sobre las velocidades y los tiempos de viaje la construcción (ampliación) de los proyectos analizados.

Las funciones a calibrar dependen directamente del tipo de carretera, ya que de esta manera varía la capacidad, tiempo de recorrido, intensidad de flujo y tiempo de flujo libre, insumos necesarios para la obtención de los parámetros. Por lo tanto, es necesario delimitar el área de estudio y esto corresponde a las rutas utilizadas para llevar a cabo el proceso de calibración.

Para el caso de la asignación de viajes, cada ruta es representada por un arco, con su respectivo origen y destino, al cual se le determina una función de costo. Los costos sociales totales del transporte normalmente son separados en costos internos y costos externos. Los primeros, también conocidos como costos privados o directos, incluyen los costos que los usuarios perciben directamente, como el costo de operación y el costo del tiempo. Mientras que los costos externos, también denominados costos indirectos, se refieren a los costos que no son asumidos directamente por los usuarios, como lo son el costo de la accidentalidad, costo de polución, costo de la congestión impuesta a otros usuarios, y en ciertos casos, el costo generado por el deterioro debido al uso frecuente de la infraestructura vial.

Para efectos del análisis se estará utilizando la función cónica modificada. Cuya formulación matemática se describe a continuación:

Función Cónica Modificada

$$f(x) = T_0 \frac{\left(2 + \sqrt{\alpha^2 \left(1 - \frac{x}{C}\right)^2 + \beta^2} - \alpha \left(1 - \frac{x}{C}\right) - \beta\right)}{2 + \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} - \alpha - \beta}$$

Con las condiciones:

$$\alpha > 1$$

$$0 < \beta < \frac{2\alpha - 1}{2\alpha - 2}$$

Donde:

$f(x)$: tiempo de recorrido

T_0 : tiempo de flujo libre en minutos.

X: Intensidad.

C: capacidad.

α, β : Parámetros.

La calibración de una función tiene como principal objetivo, acercar el modelo que representa a la realidad, optimizando el valor de los parámetros que la componen, por lo que se utilizan diferentes técnicas estadísticas para llevar a cabo dicha operación. Se utilizó la herramienta estadística de la diferencia de mínimos

cuadrados junto con Solver (EXCEL, Microsoft), el cual forma parte de una serie de comandos a veces denominados herramientas de análisis de hipótesis. Con Solver, se puede encontrar un valor óptimo (mínimo o máximo) ajustando los valores en las celdas cambiantes que se especifiquen, denominadas celdas ajustables, para generar el resultado especificado en la fórmula de la celda objetivo.

Para la suma de mínimos cuadrados se tiene como objetivo $\min \sum \sqrt{(y - \check{y})}$ donde:

y: Tiempo de recorrido obtenido con las mediciones

\check{y} : Representa el valor del tiempo de recorrido $f(x)$

Para ello se tomó en cuenta la siguiente información:

- Tiempos de viaje obtenidos para cada ruta por donde estarían pasando los nuevos proyectos.
- Flujos de vehículos para cada ruta por donde estarían pasando los nuevos proyectos.
- Capacidad, se utiliza la capacidad teórica, descrita en el apartado anterior en el HCM 2000, según tipo de carretera, está se define como máxima razón de flujo de personas o vehículos de los cuales se tienen certeza que pasarán por un punto o segmento uniforme de un carril, durante un periodo de tiempo especificado bajo ciertas condiciones dadas del camino, geometría, tráfico, ambientales y de control; usualmente se expresan en vehículos por hora.

Estos elementos se tomaron en consideración para estimar la función cónica modificada de cada una de las rutas por donde estarán pasando los proyectos. Para las rutas estudiadas, las celdas variantes siempre serán los valores del tiempo de flujo libre y los parámetros a calibrar. Es importante mencionar, que el valor de velocidad de flujo libre se obtiene como el resultado de las iteraciones, utilizando la velocidad como otra celda variante. Este mismo, representa un valor promedio de todos los valores de velocidades de flujos mínimos, Solver genera un valor medio que abarca la mayoría de información por lo que se considera el más correcto en estos casos.

Finalmente, el programa hace las iteraciones necesarias para establecer los valores que generan las menores diferencias entre los valores calculados y los valores medidos, y así se encuentran los valores de los parámetros. Una vez estimado el valor de los parámetros, la intensidad y capacidad de las rutas, así como los tiempos en flujo libre y recorrido es posibles estimar la función Cónica Modificada. El cuadro 2 muestra los resultados de aplicar la fórmula de la función Cónica Modificada a las vías por donde estarán pasando los proyectos evaluados. Con ello, se pudo obtener el tiempo estimado de recorrido en cada una de las carreteras. Este valor del tiempo de recorrido será tomado como el valor sin proyecto.

Cuadro 2. Estimación del tiempo de recorrido en las rutas donde pasarían los proyectos (ampliación) (escenario sin proyecto)

Nombre del proyecto	Vehículo/Hora/carril a saturación (Intensidad=X) usando el valor promedio ambos sentidos	Capacidad teorica promedio ambos sentidos (c) por carril	Parametro (α)	Parametro (β)	T0 (tiempo en flujo libre en minutos)	F(x) tiempo del recorrido en minutos (minutos por kilometro)	Kilometros	Tiempo en minutos total de recorrido
Circunvalación Norte, Unidad Funcional V	1950	2000	3,22	1,50	0,83	3,40	5,4	18,4
Pasos a desnivel en Circunvalación; Garantías Sociales. Rotonda La Bandera y Guadalupe	1950	2000	3,73	1,38	0,86	3,96	3,3	13,1
San José – San Ramón	1600	2000	3,63	1,24	0,57	2,14	52,0	111,2
Ampliación de la RN27	1600	2000	3,09	1,19	0,50	1,68	76,0	128,0
Ampliación Radial Lindora (sección Río Corrogres - Río Virilla / sección Río Virilla – RN122 y Sustitución de puente sobre Río Corrogres)	1600	2000	3,82	1,47	0,81	3,04	4,0	12,2
San José- La Lima – San Isidro del Tejar (incluye los intercambios viales de Taras Carlago, La Lima y Carlago)	1600	2000	4,01	1,12	0,84	3,46	22,4	77,6
Ampliación del puente sobre el Río Virila (Ruta 32)	1300	2000	3,91	1,77	0,80	2,26	4,0	9,0

Fuente: Elaboración propia.

Para estimar el impacto que tendrían los nuevos proyectos sobre las carreteras existentes en términos de tiempos de recorrido, se recalcula (ver Cuadro 3) la función suponiendo que los flujos viales se distribuyen en los nuevos carriles bajo tres escenarios:

- Escenario 1:** Existe un aumento en la demanda de vehículos al año 2025 de 5%, por tanto, el flujo de vehículos estimado en cada carretera donde pasaran los nuevos proyectos se distribuye entre todos los carriles disminuyendo el flujo vial por carril en un 45%.
- Escenario 2:** Existe un aumento en la demanda de vehículos de un 10%, por tanto, el flujo de vehículos estimado en cada carretera donde pasaran los nuevos proyectos se distribuye entre todos los carriles disminuyendo el flujo vial por carril en un 40%.
- Escenario 3:** Existe un aumento en la demanda de vehículos de un 20%, por tanto, el flujo de vehículos estimado en cada carretera donde pasaran los nuevos proyectos se distribuye entre todos los carriles disminuyendo el flujo vial por carril en un 30%.

El planteamiento de los escenarios parte de la “Ley de Hierro de la Congestión”, que se basa en la posición de Lewis–Mogridge, o la Triple Convergencia, cuya conclusión es que, si crea o amplían las carreteras, se induce a la demanda de forma artificial. A continuación, se desarrolla más a profundidad este supuesto:

- La disminución en los tiempos de viajes previstos para las carreteras donde se llevarán a cabo las nuevas inversiones generara un incentivo para que usuarios que utilizan rutas alternas para desplazarse antes del proyecto se trasladen a estas carreteras donde se desarrollaran los nuevos proyectos. En otras palabras, al ampliar las carreteras, la lógica dice que parte del flujo de vehículos con tiempos de

viaje mayores o menores velocidades en rutas alternas optarán por las carreteras donde se hacen nuevas inversiones y se mejoran los tiempos de viaje. De esta manera la lógica de los conductores es que, a igual número de vehículos y mayor espacio, menos congestión. Pero no es tan simple. El comportamiento del resto de agentes varía cuando se amplían las carreteras, y puede hacerlo de tres modos distintos:

- Por un lado, los conductores que madrugaban más de lo debido para evitar las horas pico de congestión del tráfico dejarán de hacerlo. Al haber más vías satisfaciendo la demanda, no tendrán incentivos para continuar levantándose a las cinco de la mañana. Por tanto, más vehículos se suman a las vías existentes y a las de reciente construcción.
- Por otro lado, muchos conductores que utilizaban vías alternativas y secundarias para acudir al trabajo comenzarán a utilizar las nuevas carreteras y accesos ofrecidos, utilizando el mismo principio que lleva al conductor madrugador a dejar de serlo.
- Y finalmente, un número indeterminado de trabajadores que antes optaban por el autobús, el tren o la bicicleta para ir a su oficina dejarán de hacerlo. El vehículo es más cómodo y privado, y, en teoría, las nuevas vías permiten evitar los atascos que con anterioridad les empujaban a buscar alternativas. Ahora, muchos ya no se sentirán en la necesidad de hacerlo.

b) Por otro lado, estas carreteras donde se desarrollarán los nuevos proyectos estarán absorbiendo parte del nuevo crecimiento del parque vehicular que experimenta anualmente el país. Lo anterior se explica al menos por dos factores: a) La clara concentración del crecimiento residencial en distritos y cantones colindantes con las carreteras donde se llevarán a cabo los nuevos proyectos y b) La fuerte concentración del empleo en los cantones por donde desarrollarán los nuevos proyectos.

c) La mayor accesibilidad y disminución en los tiempos de viaje que estarán generando los nuevos proyectos viales provocará, como es la tendencia dentro de la GAM, a mayores desarrollos comerciales/servicios y residenciales que a su vez se convierten en nuevos atractores de población y con ello una mayor oferta de vehículos sobre las nuevas carreteras.

Dado los aspectos anteriores, por criterio de experto se seleccionaron los tres escenarios. El primero donde la demanda en las carreteras se incrementa en un 5%, el segundo donde la demanda inducida aumenta un 10% producto de los factores explicados anteriormente y la tercera donde la demanda inducida aumenta un 20%.

El Cuadro 3 muestra los resultados. La primera columna presenta el tiempo de recorrido en las carreteras donde se estarán desarrollando los proyectos, es decir, el escenario sin proyecto. Las columnas 2, 3 y 4 muestran los nuevos tiempos de recorrido una vez construidos los proyectos y bajos los tres escenarios de demanda. Por último, las columnas 5, 6 y 7 muestran el ahorro (situación sin proyecto menos

situación con proyecto) en los tiempos de recorrido estimados que se estarían dando bajos los tres escenarios en caso de que los proyectos nuevos se ejecuten.

Cuadro 3: Estimación del ahorro en tiempo bajo los tres escenarios

Nombre del proyecto	Situación sin proyecto (tiempo de recorrido en minutos)	Escenario 1 (Disminuye el flujo vial en un 45%)	Escenario 2 (Disminuye el flujo vial en un 40%)	Escenario 3 (Disminuye el flujo vial en un 30%)	Ahorro de tiempo (minutos) en escenario 1	Ahorro de tiempo en (minutos) escenario 2	Ahorro de tiempo en (minutos) escenario 3
Circunvalación Norte, Unidad Funcional V	18,4	10,1	10,94	12,62	8,23	7,44	5,8
Pasos a desnivel en Circunvalación: Garantías Sociales. Rotonda La Bandera y Guadalupe	13,1	7,3	7,89	9,09	5,74	5,17	4,0
San José – San Ramón	111,2	68,5	72,94	82,06	42,71	38,28	29,2
Ampliación de la RN27	128,0	82,2	87,03	96,90	45,83	41,01	31,1
Ampliación Radial Lindora (sección Río Corrogres - Río Virilla / sección Río Virilla – RN122 y Sustitución de puente sobre Río Corrogres)	12,2	6,9	7,45	8,52	5,21	4,71	3,6
San José- La Lima – San Isidro del Tejar (incluye los intercambios viales de Taras Cartago, La Lima y Cartago)	77,6	48,9	51,98	58,23	28,68	25,60	19,4
Ampliación del puente sobre el Río Virilla (Ruta 32)	9,0	5,2	5,56	6,30	3,81	3,47	2,7

Fuente: Elaboración propia.

Para estimar y cuantificar en términos monetarios el impacto de los nuevos proyectos se estará analizando el valor del tiempo por tipo de vehículo. En este caso se utilizan los parámetros de valores del tiempo de los vehículos elaborados por la unidad de Planificación Sectorial del MOPT y Planificación Institucional y Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI. El costo de operación se calcula por tipo de vehículo (valor del tiempo/hora en dólares): Automóvil (pasajero) (\$8), Pick Up (carga liviana) (6\$), Bus (\$80), Camión 2 Ejes (\$4), Camión 3 Ejes y Camión 5 Ejes (\$3). Los flujos vehiculares (TPDA) que transitan por cada una de las rutas analizadas se toman del MOPT al año 2018 desagregadas por los tipos de vehículos. Los resultados del impacto en dólares anuales se muestran en el cuadro siguiente según escenario:

Cuadro 4. Cuantificación de los ahorros anuales por tiempos de traslado en millones dólares según escenario y proyecto de inversión.

Nombre del proyecto	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Circunvalación Norte, Unidad Funcional V	40,8	36,9	28,5
Pasos a desnivel en Circunvalación: Garantías Sociales. Rotonda La Bandera y Guadalupe	33,0	29,7	22,8
San José – San Ramón	273,2	244,9	186,5
Ampliación de la RN27	232,5	208,1	158,0
Ampliación Radial Lindora (sección Río Corrogres - Río Virilla / sección Río Virilla – RN122 y Sustitución de puente sobre Río Corrogres)	3,3	3,0	2,3
San José- La Lima – San Isidro del Tejar (incluye los intercambios viales de Taras Cartago, La Lima y Cartago)	92,9	83,0	62,7
Ampliación del puente sobre el Río Virilla (Ruta 32)	14,3	13,1	10,3
Total	690,1	618,5	471,2

Fuente: Elaboración propia.

Los datos derivados del cuadro 4 muestran que bajo el escenario 1, el desarrollo de la alternativa enfocada en inversión de infraestructura vial podría tener un impacto económico anual cercado a los 690 millones de dólares, de 618 millones bajo el escenario 2 y de 471 millones bajo el escenario 3.

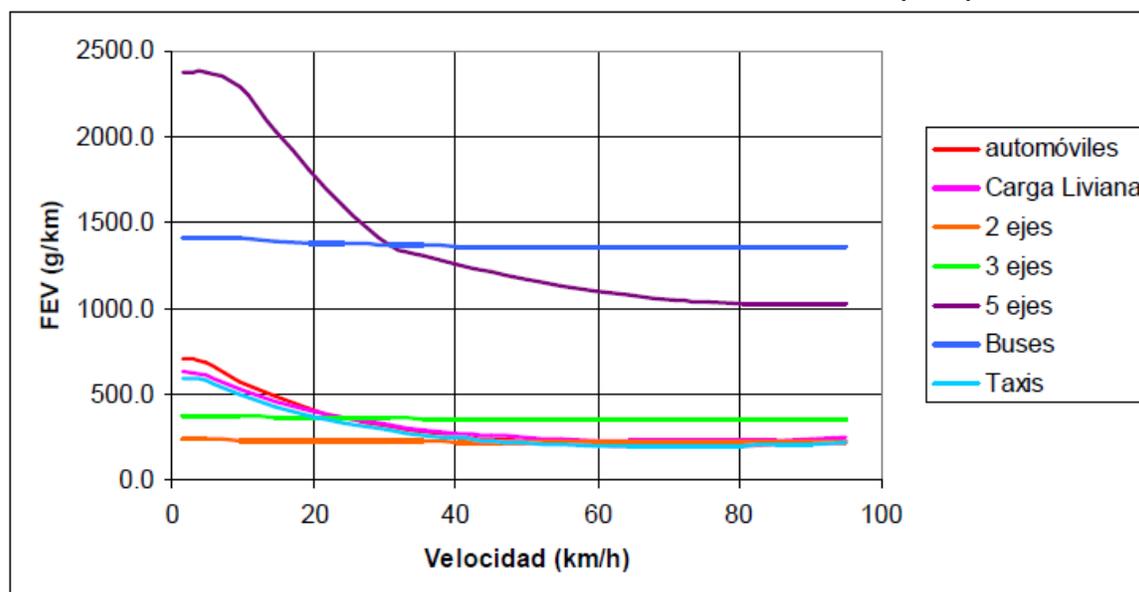
Con el ahorro en el tiempo establecido en el cuadro 3, es posible identificar cuanto mejorarían las velocidades en cada una de las carreteras por donde se estarían construyendo los nuevos proyectos viales. Esta variable permite a su vez estimar junto con los flujos viales los posibles impactos ambientales mediante la estimación de las reducciones en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

Existen varios modelos de emisiones para fuentes móviles a nivel internacional. En particular dos modelos estadounidenses son utilizados ampliamente: MOBILE6 (EPA, 2000) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA por sus siglas en inglés) y EMFAC (2006) de la Junta de Recursos del Aire de California (CARB por sus siglas en inglés). En el caso de este análisis se sigue la metodología usada por ProDUS-UCR (2011) donde se utilizó el modelo EMFAC 2007 por ser más personalizable y permitir producir los estimados por vehículo-kilómetro necesarios para producir mapas de emisiones y estimar los diferenciales de emisiones por tipo de ruta y ubicación para las condiciones de Costa Rica.

En la metodología utilizada por ProDUS-UCR (2011), los flujos vehiculares son empleados para calcular los vehículos-kilómetro que se utilizan en combinación con las velocidades de ruedo para estimar las emisiones en carretera de los vehículos. El modelo de emisiones además toma en cuenta la distribución de la flota vehicular en términos de su edad, composición y kilometraje para modificar los factores de emisión que son aplicados a los vehículos-kilómetro.

El estudio anterior permite estimar las emisiones de Dióxido de Carbono producto del cambio en las velocidades tal como se muestra en el grafico 2.

Gráfico 2. Factores de Emisión Vehicular de Dióxido de Carbono (CO₂).



Fuente: ProDUS (2011).

El tránsito promedio diario de las carreteras por donde estarían pasando los nuevos proyectos planteados como alternativas de infraestructura vial para alcanzar la meta ronda los 530 mil vehículos, de los cuales cerca de un 70% son livianos, buses un 3,9%, alrededor de un 15% de carga liviana y el restante porcentaje se distribuye en vehículos pesados de dos a cinco ejes. Con esta información y la obtenida en los cuadros anteriores sobre ahorro en tiempo, aumento de velocidades y los datos del gráfico 2 es posible aproximar el impacto sobre la disminución en las emisiones de CO₂ cuyo valor aproximado se ubica en 64 mil toneladas de CO₂ anuales, lo que equivale al 1,3% de las emisiones totales anuales de CO₂ emitidas en el país dentro del sector transporte.

6.2. Alternativas en materia de transporte público³

Desde hace más de dos décadas el Ministerio de Obras Públicas y Transportes estableció la necesidad y urgencia de modernizar el transporte público en la GAM. Como parte de un proceso generado para realizar tal modernización, siguiendo recomendaciones técnicas y las tendencias en ciudades con sistemas de transporte público eficientes y ordenados, desde hace varios años el MOPT decidió que las rutas urbanas deben cambiar su operación a esquemas troncalizados, basándose para ello en unidades operativas geográficas denominadas sectores y subsectores.

Desde el punto de vista técnico-práctico, son cinco principios básicos los que orientan el proceso de modernización del transporte público en la GAM:

- Sectorización.
- Rutas intersectoriales.

³ Fuente: Política Sectorial de Modernización del Transporte Público

- Troncalización.
- Integración de servicios.
- Priorización del transporte público.

a. Implementación de la sectorización del transporte público

La sectorización es el ordenamiento de las rutas de autobús dentro de la GAM. La sectorización se sustenta en dos pilares para transformar el sistema del transporte público y, con ello, disminuir los problemas que enfrentan los usuarios cuando deben desplazarse por dentro de la GAM.

El primer pilar de la sectorización es la creación de canales exclusivos para buses en las carreteras radiales que llegan hasta San José y, en especial, hasta el centro de la capital. De esta forma, se reducirán las presas y se logrará que el principal sistema de transporte público pueda utilizar al menos el 50% del espacio disponible en las vías, lo cual es lógico considerando que moviliza al 60% de las personas.

El segundo pilar es una reestructuración del sistema de buses mediante terminales alrededor del centro de la capital que recibirán a las 53 líneas de buses que entran a ella todos los días, según estadísticas del MOPT. Cuando los usuarios arriben a las terminales, deberán tomar un segundo autobús de una nueva línea, que será la única que recorrerá hacia el centro.

La combinación de ambas medidas permitirá reducir la congestión vial y el tiempo invertido a diario para el traslado dentro de la GAM, generando así externalidades positivas para la sociedad. Además, al ejecutarse esta propuesta se reducirán también las emisiones de dióxido de carbono en el país porque habrá menos circulación de vehículos.

En países como Colombia, Brasil, Ecuador, México, Chile y Guatemala se han desarrollado proyectos de modernización de sus sistemas de transporte público bajo conceptos similares a los de la “sectorización”. Incluso en Panamá y Honduras ya han implementado estas y otras medidas en sus ciudades

De acuerdo con el Plan- GAM la propuesta de sectorización prioriza las actuaciones en las vías radiales por medio de la habilitación de un carril exclusivo para autobuses de ida y otro de vuelta. Esta red de carriles exclusivo deberá unificarse a la red urbana de carriles bus previstos en la ciudad. De no poderse aplicar esta medida debido a las dificultades que presenta la cuadrícula urbana y el tránsito vehicular, los carriles exclusivos al menos podrían funcionar en las horas pico, siendo después compartidos por otros modos.

Ya la GAM cuenta con la experiencia de ruta Santo Domingo de Heredia-Tibás-San José, desde mediados de agosto del 2017 donde se habilitó un carril exclusivo para buses en un tramo de 1.5 kilómetros y se estiman efecto sobre los tiempos de viaje de 30 minutos en dicho tramo. Sin embargo, esta acción va a necesitar de mucho apoyo en los próximos ocho años, dado que la priorización del acceso en transporte

público en algunas vías radiales va a tener consecuencias en el vehículo privado aumentando sus tiempos de viaje, que podría ser un aspecto positivo para que existan menos incentivos en el uso del automóvil.

En este sentido, se debe recordar que el crecimiento del 8% anual del parque de vehículos en Costa Rica constituye ya no una amenaza sino una debilidad en la movilidad de la GAM, que solo puede ser contrarrestada de acuerdo con el Plan GAM con medidas claras a favor del transporte público como son:

- Las nuevas rutas intersectoriales, prioridad para la circulación de autobuses y la llegada del tren eléctrico.
- En las rutas propuestas de transporte público no sólo se debe prever carriles exclusivos para autobuses, sino que también el establecimiento de prioridades semafóricas para los autobuses.
- Implementación de un corredor de transporte público.

b. ¿Qué impactos podría generar la sectorización?

De acuerdo con el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, de la Universidad de Costa Rica, los cambios viales implementados en Tibás, que incluyen la creación de carriles exclusivos para autobuses, representan 12.924 horas de ahorro mensual para los usuarios.

El estudio concluyó que uno de los principales beneficios es el carril en “contra sentido”, luego que la ruta que va desde la antigua Mi Taberna al parque de Tibás dejó de tener los tres carriles en un sentido y ahora se utiliza uno en circulación contraria, exclusivo para autobuses. Además, el carril externo hacia el parque tibaseño también es de uso único para transporte público.

Los resultados del estudio que estima que los usuarios ahorran 4.841 horas mensuales en días hábiles, en horas pico, en su desplazamiento entre Heredia y San José, al tiempo que el ahorro alcanza las 8.083 horas cuando viajan en el sentido contrario.

En términos de ahorro en tiempos de viaje el estudio calcula en 5.5 minutos el ahorro de tiempo de traslado, promedio, en horas pico hacia la capital y en 10,2 minutos en el sentido contrario. La ruta de buses que viaja hacia y desde La Víguí, en Santo Domingo, experimentó incluso ahorros de 25 minutos en el sentido San José-Heredia y de 19 minutos en el sentido contrario.

En términos generales el MOPT espera que con la sectorización completa se tenga un 85% menos de rutas ingresando a San José, es decir una reducción de 34 a 5. De igual forma, el reajuste de rutas implica sacar del sistema alrededor de 540 buses. En términos de velocidades se espera pasar de una situación actual de 13km/h a 21km/h lo que representa alrededor de un 61% de aumento promedio en la velocidad de operación. Lo anterior implica un tercio de ahorro en tiempo promedio de viaje, al pasar de 55 minutos a 35 minutos aproximados en trayectos más largos.

El estudio de Epypsa (2014) sobre el modelo general de sectorización de transporte público, estima el total de pasajeros movilizados por las rutas de transporte público que integraría la sectorización. En este caso, se estima un índice de pasajeros por kilómetro – IPK - para cada ruta aforada, el estudio asume la misma cifra para las rutas del mismo sector que son semejantes a la medida en cuanto a su trazado y áreas atendidas. De esta forma, encuentra una cifra aproximada de la movilización de pasajeros que asciende a cerca de **1.218.000 pasajeros** en día hábil en el Área Metropolitana de San José-AMSJ. El cuadro 5 muestra dichos resultados.

Cuadro 5. Cantidad de pasajeros diarios dentro del AMSJ de transporte publico

SECTOR	RUTAS			ASCENSOS (Pasajeros/día)			IPK PROMEDIO	VELOCIDAD PROMEDIO (Km/h)
	TOTALES	A SAN JOSÉ	AFORADAS	RUTAS AFORADAS	ESTIMADO TOTAL RUTAS A SAN JOSÉ	PARTICIPACIÓN		
Pavas	5	5	5	73.593	73.593	6%	2,79	15,99
Central	11	11	11	88.723	88.723	7%	9,48	9,60
San Francisco - Desamparados	34	34	9	69.937	160.812	13%	2,46	16,61
San Pedro - Curridabat	38	32	8	73.727	168.789	14%	2,34	16,29
Guadalupe - Moravia	47	35	9	99.862	208.797	17%	2,49	16,30
Hatillo - Alajuelita	39	39	6	51.032	190.842	16%	3,67	16,69
Escazú - Santa Ana	35	18	4	40.403	100.583	8%	1,77	22,66
Uruca - Heredia	19	17	6	82.542	118.399	10%	2,15	18,34
Tibás - Santo Domingo	21	18	4	35.466	72.087	6%	2,38	21,43
Intersectorial & Otras	7	7	7	35.671	35.671	3%	2,03	16,53
TOTAL	256	216	69	650.956	1.218.295		2,50	17,04

Fuente: Epypsa

Como se muestran en el cuadro anterior, los sectores de Guadalupe – Moravia y Hatillos-Alajuelita tienen la mayor movilización, con cerca del 33% de pasajeros movilizados del total del AMSJ, siendo su participación individual de alrededor del 17% en cada caso. En los sectores de San Pedro – Curridabat y San Francisco-Desamparados se moviliza el 27% de usuarios, participando cada sector con cerca del 14% de pasajeros. Es decir, entre los 4 sectores antes mencionados se moviliza un poco más de la mitad de los viajeros en transporte público de San José.

Las rutas de los sectores Uruca-Heredia, Santa Ana-Escazú, Central y Pavas y movilizan en cada sector un total que varía entre el 7% y el 10% de viajeros en día hábil de la zona de estudio. Por su parte, las rutas con menor cantidad de pasajeros movilizados son las correspondientes a sector de Tibás-Santo Domingo y las intersectoriales y periféricas.

De acuerdo con el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, los cambios viales implementados en Tibás, que incluyen la creación de carriles exclusivos para autobuses, representan 12.924 horas de ahorro mensual para los usuarios, actualmente en la ruta Tibás-Santo Domingo se movilizan alrededor de 72.087 (Epypsa, 2014) esto equivale a un ahorro promedio por usuario cercano a los 10,75 minutos mensuales o 130 minutos anuales (2,1 horas). Haciendo un análisis grueso y manteniendo constante dichas estimaciones para el resto de rutas de transporte publico donde se moviliza cerca de 1.218.000 pasajeros los ahorros totales de horas anuales podrían ubicarse en caso de desarrollarse la sectorización de forma completa en alrededor de 2,6 millones de horas anuales. De acuerdo con

la Encuesta Nacional de Hogares (2017) el ingreso per cápita del hogar mensual en el año 2017 producto del salario fue de 244.110 colones para zonas urbanas, lo que representa un promedio de 1.271 colones la hora (jornadas de 48 horas semanales). Si este valor se multiplica por el ahorro en horas aproximado que estaría generando de forma anual la sectorización se tiene un monto de 3.305 millones de colones anuales de ahorro o 5,8 millones de dólares americanos.

De acuerdo con el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) actualmente 1.880 autobuses están habilitados para entrar San José, si se toma en consideración los parámetros utilizados por la unidad de Planificación Sectorial del MOPT y Planificación Institucional y Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI, que estima que el costo promedio de operación para los buses es de \$80 por hora, y se multiplica por ahorro promedio de 2,1 horas anuales citado anteriormente, se podría tener un monto aproximado de ahorros por costos de operación para los buses suponiendo que cada unidad en promedio labora 15 horas diarias y realiza en promedio un viaje (ida y vuelta) por hora. Lo anterior equivale a un ahorro aproximado de \$4,7 millones anuales en costos de operación.

Continuando con la lógica anterior, y tomando en consideración: a) los cambios en las velocidades estimados por el MOPT donde se pasaría en promedio de 13km/h a 21km/h lo que representa alrededor de un 61% de aumento promedio en la velocidad de operación y b) La reducción de la flota en 540 buses, es posible estimar el posible ahorro en emisiones de CO₂ que estaría generando la implementación de la sectorización. Este valor se estima en alrededor de 506 toneladas de ahorro de emisiones de CO₂ anuales.

c. ¿Cuál es la viabilidad de implementar la sectorización?

La sectorización de la GAM, se ha analizado desde hace varias décadas, y no se ha podido realizar hasta la fecha. La entrada en operación de este plan está en trámite desde el 16 diciembre de 1999, fecha en que se firmó el decreto número 28337 y, pese a que, 3 de los 9 sectores están listos para este nuevo reordenamiento del transporte público aún no es una realidad. A diferencia de otros proyectos viales o de transporte masivo donde uno de los principales factores es la inversión inicial en este caso el mayor obstáculo es la falta de voluntad gubernamental.

Al año 2017 las autoridades de transporte habían recibido cerca de 16 propuestas de los empresarios autobuseros, pero a la fecha no se han logrado poner de acuerdo y se presentan varias propuestas para una misma zona. También existe un estudio del consorcio Epypsa-Sigma, presentado en 2015; un informe para el reordenamiento de las rutas de Desamparados, entregado en 2013 por transportistas de esa zona; un diseño operativo de líneas troncales y alimentadoras para Desamparados, proporcionado por la Secretaría de Planificación Sectorial del MOPT en 2016 y una investigación, suministrada en 2016, por el Instituto Tecnológico Costarricense (ITCR) para la optimización de rutas en el corredor vial Desamparados-San José

Actualmente no se cuenta con una unidad ejecutora, fondos para la conformación de esta unidad y se desconocen aspectos relativos a cómo se calcularían las tarifas y las demandas de las nuevas rutas.

d. Implementación de la primera etapa del Tren rápido de pasajeros (TRP)

En Costa Rica la implementación del tren es una de las inversiones con más estudios técnicos. Desde 1985 el INCOFER viene realizando estudios para analizar la viabilidad y factibilidad de este, en total se contabilizan más de 10 estudios.

Actualmente, el ferrocarril ofrece una velocidad comercial que está en los mismos niveles que las del autobús y el vehículo privado, lo que le hace perder la ventaja competitiva más característica de los sistemas de transporte metropolitano. A pesar de los esfuerzos que se están realizando para la modernización de los trenes, los equipamientos y sistemas de que dispone el ferrocarril son inadecuados para asegurar su futuro desarrollo. Se necesitan modernos equipos de tracción, y sistemas de señalización y control.

El INCOFER cuenta con la Ley de Fortalecimiento para desarrollar el nuevo sistema de transporte rápido de pasajeros del Gran Área Metropolitana. Con solo un tren se podrá transportar hasta 1,000 personas en cada recorrido, reduciendo el tráfico entre 250 y 1,000 vehículos (Reducción del congestionamiento vial). Este sistema de tren eléctrico contempla una renovación total de las estaciones ferroviarias que contarán con modernas instalaciones intermodales.

El proyecto abarcará el Gran Área Metropolitana, teniendo una extensión de 81.5 kilómetros y una influencia directa sobre 13 cantones y 51 distritos del GAM. La influencia indirecta del proyecto supera la GAM ya que se estima que usuarios interprovinciales fuera de la GAM, que viajen entrando o saliendo de ella, también podrán utilizar los servicios del ferrocarril. El proyecto contempla unos 50 km de eje principal, en su mayoría bidireccional, más aproximadamente 40 km de vías complementarias.

La construcción consta de tres etapas:

Etapas 1: Tramo Alajuela-Estación Atlántico. Incluye los siguientes puntos generales de referencia: Alajuela centro, INVU Las Cañas, Río Segundo, San Joaquín, Heredia centro, Santo Domingo, Tibás, Calle Blancos, Estación Atlántico.

Etapas 2: Tramo Estación Atlántico-Paraíso. Incluye los siguientes puntos generales de referencia: Estación Atlántico, Universidad de Costa Rica, Freses, Guayabos, Tres Ríos, Ochomogo, Quircot, Cartago Centro, Santa Lucía, Paraíso.

Etapas 3: Tramo Ciruelas-Estación Pacífico-Estación Atlántico. Incluye los siguientes puntos generales de referencia: Ciruelas, Ojo de Agua, Lindora, Belén, Pavas, La Sabana, Estación Pacífico, Plaza Víquez, Estación Atlántico.

Actualmente el gobierno tiene como meta (2018-2022) la construcción de la primera etapa del tren eléctrico en los próximos 5 años. El trayecto abarca la ruta por San José, Cartago y Paraíso, para un total de 25km y los usuarios podrán hacer uso del tren, sin necesidad de esperar a la segunda fase de construcción.

Es importante mencionar que el TRP solo es sostenible si este se concibe como un servicio interurbano con velocidades de operación aceptables que no compita con el sistema sectorizado de autobuses metropolitanos y urbanos, sino que más bien se integre y complemente inteligentemente con dicho sistema moderno de autobuses. De esta forma el proyecto debe prever la integración física en algunos puntos entre el tren interurbano y otros modos y medios de transporte (estaciones polifuncionales con alquiler o venta para comercios y servicios para su auto-sostenimiento económico), tarifa electrónica y, en el futuro, tarifa integrada con el sistema de autobuses modernizado. La integración con otros medios y modos de transporte es posible con espacios en las estaciones mencionadas para los servicios de taxi, autobuses distribuidores urbanos y la conexión de pasos pedestres urbanos para peatones y ciclistas (eje oeste-este del Hospital San Juan de Dios con la Estación del Atlántico (Avenida Cero-Morazán-Avenida de Las Damas) y nort-sur o Calle 2 con la Estación del Pacífico al Museo de Los Niños) (Ficha técnica del TRP de INCOFER, 2014).

e. ¿Qué tipo de inversiones y acciones de coordinación interinstitucional deben llevarse a cabo para desarrollar el TRP?⁴

Para la implementación del Sistema de Transporte Ferroviario, el INCOFER agrupa los componentes del proyecto en los siguientes temas de intervención:

- a) Planificación coordinada entre el INCOFER, el MOPT, el Consejo de Transporte Público, la ARESEP, Ministerio de Hacienda, gobiernos locales y otras entidades públicas o entes privados que participen en el proyecto en todas sus etapas de diseño, construcción, supervisión, fiscalización, inyección de recursos financieros y humanos, hasta el equipamiento y operación final del proyecto.
- b) Construcción o reconstrucción de superestructuras y estructuras ferroviarias en los derechos de vía actuales u otros que mejoren el recorrido del ferrocarril, para lo cual se contemplar pasos a desnivel o puentes para evitar cruces con el tránsito, obras menores y otras obras viales para garantizar la seguridad, incluidos semáforos inteligentes y otro tipo de señalamiento.
- c) Electrificación del sistema en coordinación con el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y de la Compañía nacional de Fuerza y Luz (CNFL), a fin de asegurar el suministro energético (subestaciones). Los requerimientos para dicha electrificación serán de posteo y cable de alimentación (catenaria) a no ser que estos se puedan soterrar.

⁴ Basado en la ficha técnica del TRP del Incofer, 2014.

- d) Iluminación y fibra óptica necesaria para la implementación de cobro electrónico, GPS, información en tiempo real, internet y WiFi para los usuarios del servicio, en coordinación con ICE.
- e) Talleres, equipos de mantenimiento del sistema y otros equipamientos.
- f) Centro de Operaciones y monitoreo permanente en tiempo real del sistema.
- g) Terminales y nodos de integración con otros sistemas de transporte.

Aunado a lo anterior la construcción del TRP pasa por la coordinación de una serie de instituciones que tienen injerencia legal sobre este, entre ellas están el INCOFER, el MOPT y sus consejos, la ARESEP como uno de los actores más relevantes por el tema de fijación tarifaria, la Defensoría de los Habitantes y los gobiernos locales, así como LANAMME y el Colegio Federado de ingenieros y Arquitectos.

Por último, uno de los aspectos más importantes y que aún no se definen es sobre el modelo de contratación, ejecución y operación, lo cual se debe realizar con el estudio de factibilidad final del proyecto. Según el caso podría hacerse uso de leyes como la “Ley General de la Administración Pública”, N° 6227 del 2 de mayo de 1978 y sus reformas, la “Ley de Contratación Administrativa”, N° 7494, del 2 de mayo de 1995, o la Ley N° 7762 “Ley General de Concesión de Obras Públicas con Servicios Públicos”, del 14 de abril de 1998 y sus reformas.

f. ¿Qué impactos podría generar el TRP?

- Como primer punto se espera que la velocidad promedio de operación del TRP sea de 35 Km/h. El rango de velocidades de operación factibles del TRP, dependiendo de las condiciones de diseño de la infraestructura física (viaductos) y de la cantidad de paradas intermedias consideradas, es de 30 Km/h a 50 Km/h. En la actualidad el sistema de tren existente no supera los 25km/h.
- De acuerdo con INCOFER el límite superior garantizable de la velocidad de operación (50 Km/h), sólo sería factible en todos los períodos pico, si no hay paradas intermedias entre los puntos extremos (entre Paraíso y Alajuela, por ejemplo) y además no existieran dificultades o condiciones restringidas en ningún punto del alineamiento de la infraestructura física.
- Uno de los principales efectos esperados es la disminución de los tiempos de viaje. Con el nuevo TRP se espera pasar de 80 minutos a 42 minutos para realizar el trayecto entre Ciruelas y Paraíso. De igual forma se espera que con la implementación de este sistema la capacidad diaria aumentará de 16,000 a 250,000 personas.

- Por otra parte, se espera un incremento de la cobertura del trazado de 4km al pasar de 76km en la actualidad a 80km con el proyecto. Adicionalmente la capacidad de la vía pasara de una vía a doble vía.
- El TRP mejora en la calidad de la vía, reducción la interacción con el modo vial en cruces, que deriva en reducción de accidentes.
- Se pasará de trenes tipo Apolo (diésel) con capacidad para 150 pasajeros a trenes LRT (Light Railway transport) (eléctricos) con capacidad para 500 pasajeros. Incrementando la oferta de plazas a los usuarios y disminuyendo la emisión de CO2 en la GAM.
- El análisis económico para el proyecto muestra que la Tasa Interna de Retorno (TIR), evaluada con una tasa de descuento de un 12% corresponde a un 3.64%. El Valor Actual Neto (VAN) del Flujo de Fondos calculado para el proyecto asciende a la suma de \$ 1.103,13 millones de dólares

El cuadro 6 resumen las principales características operativas que tendría el TRP.

Cuadro 6. Características operativas de la propuesta de TRP

Características	Hora pico	Fuera del pico
Capacidad tren (pasajeros/tren)	500	500
Velocidad tren (km/hr)	35	35
Tiempo de espera (min)	5	10
Intervalo mínimo (min)	3	30
Frecuencia máxima (trenes/hr)	20	2
Factor de ocupación en tramo crítico	95%	70%
Horario	5:00-8:00 y 16:00-19:00	8:00-16:00 y 19:00-21:00

Fuente: Incofer (2016).

g. ¿Cuáles serían los beneficios económicos y ambientales de la implementación de TRP?

De acuerdo con el estudio del TRP de L.C.R Logistica S.A (2016) para el INCOFER desde el punto de vista de la economía costarricense, la implementación del TRP implica beneficios asociados a ahorros en el tiempo de viaje y costos de operación que sobrepasan, por mucho, los costos de inversión y operación. Los flujos económicos pasarían de un mínimo de \$496 millones anuales al entrar en operación plena del tren, hasta los \$4.200 millones anuales en 2045. Lo recíproco también aplica, la no construcción de un tren interurbano de altos estándares de operación o la no construcción del todo, implicaría pérdidas económicas anuales por tiempos de viaje y costos de operación que podría ir desde los \$496 millones anuales en 2020 a los \$4.200 millones en 2045.

De igual forma, si se estima que la demanda por el tren rápido de pasajeros eléctrico aumentará de 16,000 a 250,000 personas diarias y se suponen que esos nuevos

usuarios anteriormente se movilizaban en vehículos motorizados, la disminución en las emisiones de CO2 sería de alrededor de 670 mil toneladas de CO2 anuales, esto equivale a reducir en un 13,6% las emisiones de CO2 que produce el sector transporte en el país.

h. ¿Qué costos de inversión tiene para el país el desarrollo del TRP?

El proyecto actual del TRP de acuerdo con INCOFER tiene un costo de \$1.353 millones de dólares americanos y comprende un trayecto desde Paraíso hasta Alajuela y Ciruela en viaducto y con doble vía. De este monto \$ 998 millones son para infraestructura física, \$52 millones para estaciones y paradas, \$87 para control y comunicaciones y \$119 para sistemas de energía. Se estiman imprevistos en el orden del 5% para un valor de \$63 millones. Adicional a lo anterior, los costos de instalaciones y mantenimiento se ubican en \$33,1 millones de dólares.

El costo del equipo rodante asociado es de \$229,5 millones del año 2016, pero en el año 2020, el costo del equipo rodante será 256,5 millones de US\$ del año 2016. La diferencia se debe a que mientras en el 2016 se requerirían 51 trenes, en el año 2020 se requerirían 57 trenes. Además, el costo anual administrativo, de mantenimiento y de operación es de \$12,24 millones a valores del 2016. El costo anual de mantenimiento de la infraestructura física es de \$9,13 millones y el costo anual de la administración general es de \$0,48 millones.

i. Pago electrónico en transporte público

La entrada en funcionamiento de la sectorización propuesta anteriormente debe ir de la mano con la integración de un modelo tarifario electrónico que además permita con un solo medio de pago llegar a cualquier parte de la GAM, de la forma más rápida y accesible posible. El proyecto es técnicamente, un proyecto sencillo, máxime que ya existe en casi todo el mundo. La literatura es amplia respecto a la posibilidad de que el pago electrónico mejore el control al medir exactamente la cantidad de pasajeros de cada ruta, al reducir el riesgo de asalto a los choferes, al eliminar el efectivo, al disminuir los tiempos de abordaje en paradas, al aumentar la bancarización del país y al poder administrar la flota de unidades operativas en tiempo real, aliviando así problemas de flujo vehicular.

Los beneficios para los usuarios son múltiples, desde la posibilidad de adquirir pasajes (con tarifas especiales) utilizables durante un período (semana, mes o quincena) o solo fuera de las horas pico, hasta un solo pasaje para cambiar varias veces de bus (o incluso de medio de transporte). Pero para que su implementación se desarrolle se debe dejar de lado los intereses particulares de los grupos empresariales de autobuseros.

6.3. Alternativas en materia de transporte privado

a. Iniciativas no motorizadas y colectivos

En los últimos años ha existido un crecimiento de movimientos sociales, así como de múltiples iniciativas de la sociedad civil, que demandan una movilidad urbana de calidad con acceso para todas las personas y mecanismos democráticos de rendición de cuentas y participación ciudadana.

Estas iniciativas son un elemento importante para la meta propuesta porque promueven iniciativas no motorizadas de transporte público y con ello la reducción en el uso del vehículo privado, que es un modo ineficiente de transporte que ocupa el 80% del espacio y moviliza el 30% de las personas. Estas iniciativas son fundamentales para reducir los problemas de contaminación del aire y sónica, disminuir la factura petrolera, la congestión vial y los problemas de salud pública asociados al sedentarismo que promueve el uso del automóvil.

b. Mejorar la peatonalización

Una de las alternativas claves para alcanzar la meta propuesta es mejorar sustancialmente la movilidad no motorizada. La peatonalización debería ser una pieza clave de las políticas de movilidad urbana en el futuro de la GAM y deben considerarse como acciones que demuestran una alternativa real y sostenible de moverse dentro de la ciudad.

Actualmente la GAM presenta condiciones de movilidad inapropiadas para los peatones en la mayor parte de los núcleos urbanos de los 31 cantones que conforman esta región. Si bien es cierto, existe algunas acciones en esta línea como la implantación de algunas zonas peatonales en San José, y Alajuela, aún siguen siendo muy reducidas. De acuerdo con los datos de PruGAM la movilidad no motorizada (peatones y bicicletas) representa cerca de una cuarta parte de la modalidad en que se desplazan las personas.

Dado lo anterior, es importante que en los próximos ocho años se presente un cambio importante en los 31 cantones de la GAM para mejorar la conectividad peatonal entre los puntos generadores de viajes y la calidad y estado de aceras y paseos. De igual forma se debe aumentar el número de pasos peatonales y marcas viales de pasos de peatones, para mejorar la seguridad vial e incentivar este tipo de movilidad.

En este sentido, Plan GAM en su dimensión de movilidad plantea una serie de acciones que son vitales para mejorar la movilidad de esta población:

- a) Implementación de una red peatonal constituida por vías reservadas a la movilidad a pie o en su defecto con vías con anchura de aceras suficiente (más de 3 metros) que conecten las principales actividades como terminales de autobús, estación del tren, centro ciudad, parques y zonas escolares.

- b) Una implantación de cruces semaforizados en las intersecciones de las vías básicas de circulación, entendiendo que el cruce semaforizado debe incorporar las fases para los peatones.
- c) Una consideración de zonas de velocidad limitada (por ejemplo, zonas con límites de 30 km por hora) en aquellas zonas interiores a las vías básicas de circulación.

c. Desarrollo de Ciclovías

Otra de las alternativas claves para alcanzar la meta propuesta es el desarrollo de ciclovías. Este complemento de la movilización no motorizada constituye una alternativa para promover la accesibilidad con un medio de transporte limpio y acorde con la actividad física. El desarrollo de ciclo vías debe plantearse dentro de las 31 municipalidades de la GAM de forma gradual y que esta sea complementaria a las políticas existentes de viabilidad. La experiencia existente en cantones como Cartago, Alajuela, Montes de Oca y San José puede servir para desarrollar diseños mejor planificados para que no generen rechazo y descrédito.

Lo que es claro, es que incentivar políticas de transporte no motorizado como la bicicleta son muy importantes porque generar impactos sociales, económicos y ambientales a bajo costo. Desde el punto de vista económico, la bicicleta, por su costo de adquisición y mantenimiento, es un vehículo asequible a casi la totalidad de la población y se convierte en una de las alternativas de modo de transporte más eficientes desde el punto de vista energético, uso del espacio y ambiental.

Más de a mitad de los cantones de la GAM carece de planes de ordenamiento territorial, el desarrollo de los mimos incorporando espacios dentro del territorio para el uso de la bicicleta es fundamental para mejorar la movilidad. Es importante dentro de esta planificación no ver el uso de la bicicleta solo en relación a los parques u otras zonas recreativas, sino que se debe extender la visión y considerar una parte importante de los desplazamientos de la población, especialmente aquellos tramos en donde la distancia a recorrer no represente grandes desplazamientos. La definición de ciclovías dependerá de cada municipio en coordinación con otras municipalidades y las autoridades de tránsito del MOPT.

El Plan GAM propone una categorización de las vías para bicicletas al menos para las principales ciudades de la GAM (San José, Alajuela, Heredia y Cartago), donde puede existir demanda suficiente para que sean utilizadas:

- **Pista bici:** Esta propuesta plantea una vía reservada a la circulación de bicicletas con un trazado independiente de las vías principales. Dado que no se localizarán necesariamente en plena naturaleza, o zonas verdes estas vías estarán destinadas al uso más recreativo combinado con la absorción de una posible movilidad cotidiana en bicicleta cerca de la aglomeración urbana. La Pista bici está pensada para peatones y bicicletas segregando el espacio de cada uno de ellos, dado que la mayor velocidad de las bicicletas podría poner en peligro a los peatones.

- **Carril Bici interurbano.** La propuesta consiste en una calzada exclusivamente reservada a las bicicletas y con separación física de la circulación del tráfico motorizado. Este tipo de vía está indicado cuando el itinerario transcurre al lado de una vía con una intensidad de tráfico importante, una velocidad elevada de tráfico motorizado o un porcentaje significativo de vehículos pesados. Se recomienda que los elementos de protección del carril bicicleta sean suficientemente sólidos para evitar posibles intrusiones de los vehículos que circulen por la calzada principal sobre la vía reservada a los ciclistas. En este sentido es importante evaluar las experiencias en Montes de Oca y San José donde los elementos de protección han fallado.
- **Carril bici urbano. (en vías radiales o urbanas)** Si el tipo de vía urbana en el que se plantea un *carril bici* todavía mantiene velocidades elevadas del tráfico se mantendrá la segregación física. En cambio, si la velocidad se ha reducido y hay poca circulación de vehículos pesados, sólo con demarcación de pintura en el suelo sería suficiente para su localización. En ambos casos (carriles de bici interurbanos y carriles de bici urbanos) es muy importante mantener la disciplina relativa al estacionamiento de los vehículos.

d. Teletrabajo

En transportes el mejor viaje es el que no se hace, no sólo porque el individuo no tuvo que gastar tiempo en hacer su viaje sino también porque no le puso más presión al sistema, generando demoras para otros usuarios. Opciones como el teletrabajo, compras en línea, servicios gubernamentales en línea, consultas profesionales por medios electrónicos, etc. ayudan justamente en ese sentido. Sin embargo, se debe tener claro que no siempre implica que el viaje como tal desaparezca, a veces suele ser simplemente diferido o que el impacto es menor. Más del 85% de los encuestados por la Escuela de Estadística en 2016 prefieren medidas de teletrabajo y mejoras a sistemas de buses y trenes como soluciones para el congestionamiento vial. Son iniciativas que presentan mayor apoyo que otras alternativas como el establecimiento de horarios diferenciados, la restricción vehicular o la reducción de impuestos a motocicletas, entre otras.

Actualmente alrededor de 60 instituciones del estado presentan opciones de teletrabajo como una política para la mejora de la movilidad y del entorno, a través de la reducción en la frecuencia y la duración de los desplazamientos entre el domicilio y el lugar de trabajo. Sin embargo, el teletrabajo no parece estar calando entre empresas y trabajadores del sector privado e incluso en la mayoría de las instituciones del país, por lo que aún falta mucho por hacer.

La movilidad en los núcleos urbanos podría verse mejorada mediante un mayor interés de empresas y trabajadores por adoptar esta forma de trabajo, pero para ello es necesario aclarar qué es el teletrabajo, qué formas tiene y cómo se pueden beneficiar las partes implicadas, además de indicar sus debilidades y cómo minimizarlas. Lo cierto es que esta alternativa no presenta un beneficio únicamente para los empleados, que podrán trabajar desde su casa, sino para el empleador,

que ahorra en gastos de infraestructura, energía, equipos e incluso se mejora la productividad y el país en general reduce la huella de ecológica.

e. ¿Cuáles serían los beneficios económicos y ambientales de aumentar en un punto porcentual el uso de transporte no motorizado al año 2025?

Actualmente alrededor del 23% de la población en la GAM se moviliza por medio de transporte no motorizado, esto equivale a cerca de 530 mil personas. Un incremento en un punto porcentual, es decir, pasar al 24% equivale a incorporar cerca de 23.000 personas más al sistema de transporte no motorizado. Esta meta no depende solo de mejorar la infraestructura para peatones o en ciclovías o teletrabajo sino también mejorando las densidades mediante la aplicación correcta de planes de ordenamiento territorial que permitan a las personas vivir más cerca de los lugares de trabajo y de servicios.

Suponiendo que: a) las personas en la actualidad dentro de la GAM recorren en promedio una distancia de 16,4km diarios; b) tardan en promedio alrededor de 54 minutos y c) el 1% de incremento en el uso de métodos no motorizados se obtendría de usuarios que usan vehículo motorizados, se tiene que el ahorro por costos de operación vehicular que tendría el cumplimiento de esta meta sería de alrededor de \$ 67 millones de dólares anuales con una reducción en las emisiones de CO₂ de alrededor de 65 mil toneladas anuales, lo que ayudaría a reducir las emisiones totales actuales de CO₂ en el país en el sector transporte en un 1,34%.

f. Uso de vehículos eléctricos

Como se planteó al inicio del documento la meta que se propone es reducir las emisiones de CO_{2e} en 10% con respecto a su estimación para 2025 si no se tomaran acciones para disminuirlas. En este sentido, existe la experiencia nacional de previas metas y antecedentes de aplicación de política pública, como la Carbono Neutralidad 2021 y el Acuerdo de Cambio Climático de París que fueron tomados en cuenta para establecer la meta ambiental para esta investigación.

Propuestas para lograr la meta

Para lograr la meta de reducción de las emisiones de CO_{2e} en el sector de transporte, enfocado a vehículos de carretera, se proponen las siguientes acciones puntuales que se deben de cumplir para el año 2025:

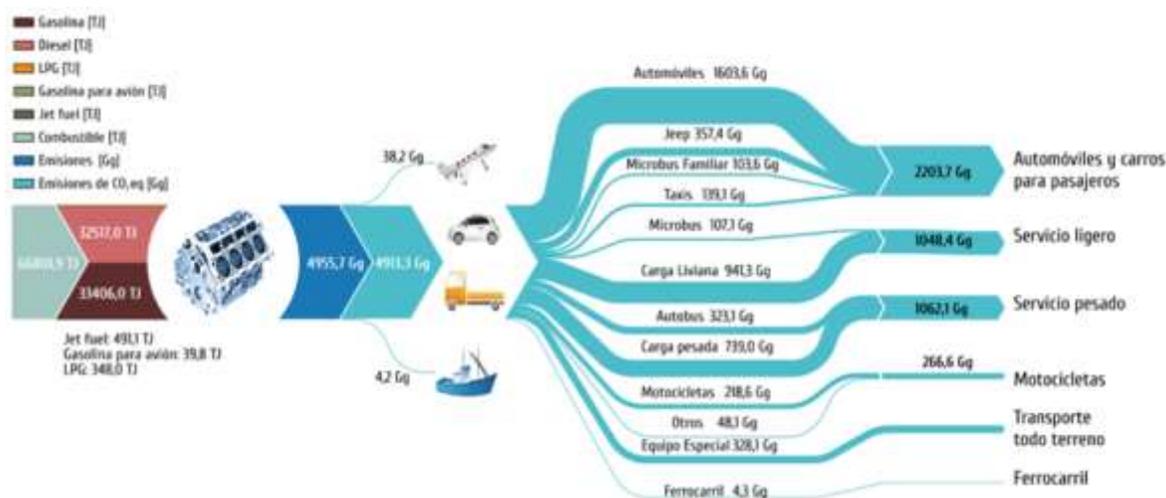
- Importación de 20.000 automóviles eléctricos para uso privado.
- Las flotas vehiculares del gobierno deben incluir 10% de vehículos eléctricos.
- Aplicación de las normas europeas de emisiones Euro IV para todos los vehículos de carga (aplicada en Europa desde 2005) y Euro V para todos los automóviles (aplicada en Europa desde 2009), para vehículos de combustión interna.
- Reemplazo de 1% de la flota de autobuses con motor de combustión por autobuses eléctricos.

- Reemplazo de 10% de la flota de taxis con motor de combustión por taxis eléctricos.
- Implementación de centros de recarga aproximadamente cada 80 km en carreteras nacionales y cada 120 km en carreteras cantonales.
- Implementación de 5% de los estacionamientos públicos o comerciales exclusivos o prioritarios para vehículos eléctricos.

Justificación

Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Absorción de Carbono (INGEAC) realizado por el MINAE y PNUD en 2012, el sector de energía produce alrededor del 64% de las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) de todo el país y el transporte aporta el 69% de las emisiones del sector energía, por lo que el sector transporte es responsable de alrededor del 44% de todas las emisiones de CO₂e del país. De lo anterior se deduce que reducir las emisiones en este sector tendría un impacto significativo en la reducción de las emisiones totales nacionales.

Figura 1. Emisiones de CO₂e en el sector Transporte en 2012.



Fuente: MINAE-PNUD, 2012.

Estas emisiones se pueden comparar con la flota vehicular del mismo año, 2012, para determinar el punto de partida de emisiones por vehículo. La flota para el año 2012 se muestra en el siguiente cuadro y proviene de datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

Cuadro 7. Emisiones de CO₂e anuales por vehículo en 2012.

Tipo de vehículo	Cantidad de vehículos	Emisiones anuales de CO ₂ e (Gg)	Aporte relativo de emisiones por sector (%)	Emisiones anuales de CO ₂ e por vehículo (kg)
Automóvil	722 020	2 065	42%	2 859
Autobuses	16 354	430	9%	26 305
Camiones de carga < 3500 kg	160 742	941	19%	5 856
Camiones de carga > 3500 kg	35 042	739	15%	21 089
Taxis	12 150	139	3%	11 449
Equipo especial	11 791	328	7%	27 826
Motocicletas	176 274	267	5%	1 513
Total	1 134 373	4 909	100%	4 328

Fuente: Elaboración propia con datos del INEC, 2015 y MINAE-PNUD 2012.

Basado en el INGEIAC del MINAE-PNUD, los principales responsables de las emisiones de CO₂e en el sector transporte son los automóviles (42%) y los vehículos de carga (liviana 19% y pesada 15%), por lo que se deben atacar principalmente estos ejes para obtener mejoras significativas en el tema.

El ferrocarril representa emisiones de menos de 0.1% del sector transporte, por lo que su contribución a la disminución de emisión de gases es despreciable y se omite su análisis del todo para esta investigación. Esto no implica que se debe abandonar el eje ecológico del ferrocarril, pero para efectos macro, su aporte sería irrelevante.

Para poder comparar los cambios relativos en la flota vehicular futura, se utilizan datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Debido a la poca información disponible, para el año 2025 se proyectan las flotas por tipo de vehículo utilizando la tasa de crecimiento promedio observada entre 2012 y 2015. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Flota vehicular futura para 2025 por tipo de vehículo.

Año	Automóvil	Autobuses	Camiones de carga < 3500 kg	Camiones de carga > 3500 kg	Taxis	Equipo especial	Motocicletas	Total
2012	722 020	16 354	160 742	35 042	12 150	11 791	176 274	1 134 373
2013	754 689	17 411	164 736	35 392	12 261	12 879	190 256	1 187 624
2014	789 260	18 554	169 864	35 897	12 420	13 455	218 733	1 258 183
2015	833 570	17 237	176 091	36 868	12 635	14 026	255 917	1 346 344
Tasa de crecimiento (2012-2015)	4.9%	2.0%	3.1%	1.7%	1.3%	6.0%	13.3%	-
2025	1 345 760	20 964	238 677	43 681	14 397	25 074	892 053	2 580 606

Fuente: Elaboración propia con datos del INEC, 2015.

De la flota anterior, se espera que un porcentaje corresponda a vehículos eléctricos, su análisis

Según el Plan Nacional de Energía 2015-2030, la matriz para la generación de energía eléctrica para Costa Rica en 2014 estaba compuesta por las fuentes que se muestran a continuación.

Cuadro 9. Matriz energética de Costa Rica.

Fuente energética	Aporte porcentual
Hidroeléctrica	65,75%
Geotérmica	15,06%
Térmica	10,21%
Eólica	6,00%
Biomasa	2,96%
Solar	0,02%

Basado en lo anterior, se considera que las fuentes hidroeléctrica, geotérmica, eólica y solar corresponden a fuentes limpias, por lo que la energía eléctrica se produce en un 86.8% con fuentes de energía limpias. Esta matriz energética sería la fuente de energía para vehículos eléctricos en lugar de los combustibles fósiles para vehículos de combustión interna.

Para estimar el cambio en emisiones con la entrada de vehículos eléctricos, se comparan estados de Estados Unidos que operan con matrices eléctricas similares a las de Costa Rica. Para esta comparación entre vehículos eléctricos y de combustión, se utilizan datos del Departamento de Energía de Estados Unidos de América. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 10. Emisiones de vehículos eléctricos en matrices energéticas limpias.

Región	Tipos de fuentes limpias	Fuentes limpias	Fuentes no limpias	Emisiones anuales de CO ₂ de un vehículo eléctrico (lb)
Vermont	Nuclear, Hidro, Eólica, Solar	94%	6%	0
Washington	Hidro, Nuclear, Eólica	86%	15%	829
Idaho	Hidro, Eólica, Solar, Geotérmica	79%	21%	826
Oregon	Hidro, Eólica, Solar, Geotérmica	74%	26%	1232
South Dakota	Hidro, Eólica	74%	26%	2141
Promedio		81%	19%	1006

Fuente: Elaboración propia con datos del Departamento de Energía de Estados Unidos, 2018.

Para cualquiera de los estados anteriores, el mismo Departamento de Energía de Estados Unidos establece que un vehículo de combustión interna emite 11435 lb (5186 kg) de dióxido de carbono (CO₂) anualmente. Por tanto, se espera que las

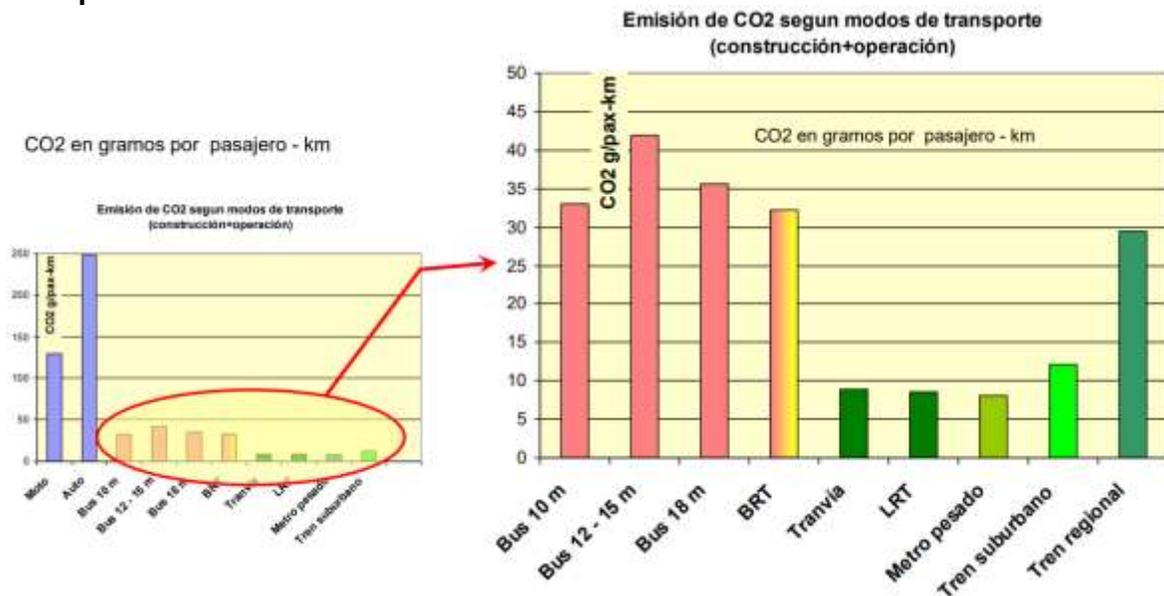
emisiones anuales de vehículo eléctrico con una matriz bastante limpia sean 1006 lb (456 kg) en promedio. Esto implica que un vehículo eléctrico emite apenas 8,8% de los gases de efecto invernadero (GEI) que un vehículo de gasolina.

Para el caso de los autobuses eléctricos, con electricidad proveniente de fuentes renovables, se tienen reducciones promedio de 98.36% en las emisiones de gases de efecto invernadero comparadas con autobuses de diésel (Mahmoud et al., 2012), es decir, los autobuses eléctricos producen solamente 1.64% de las emisiones que su equivalente de diésel.

Aunque el cambio a vehículos con tecnologías más ecológicas (como los vehículos eléctricos, de hidrógeno, solares, etc.) ayudan a reducir las emisiones, estos no tienen impacto alguno en la congestión vehicular generada por el resto de los vehículos. El mayor aporte global se obtiene al no realizar viajes, realizar viajes no motorizados o al menos hacerlos en transporte público masivo, ya que, dada la mayor capacidad de las unidades, se reducen las emisiones por pasajero por kilómetro.

En las siguientes figuras se evidencia como las emisiones por pasajero pueden ser hasta casi seis o siete veces menores en viajes en sistemas de autobús que en automóvil, tomando en cuenta la construcción y operación o alrededor del doble tomando sólo la operación y ocupaciones de autobús bajas comparadas con la realidad nacional. Con esto, igual al resto de ejes analizados, se converge nuevamente a apostar por transporte público masivo, ahora desde un enfoque ambiental.

Figura 2. Emisiones de CO₂ por pasajero por kilómetro para distintos modos de transporte.



Fuente: SYSTRA et al., 2011.

Figura 3. Emisiones de CO₂ por transporte de pasajeros en Europa



Fuente: Agencia Europea Ambiental, 2014. Modificado por los autores.

Tomando en cuenta que el transporte público es una vía importante para lograr cambios sustanciales en distintos ejes, en el cuadro 11, se incluye el escenario de flota vehicular con la implementación de las mejoras en los sistemas de transporte, que implican una disminución de 5% del parque vehicular de automóviles y los nuevos vehículos eléctricos que ya no forman parte de la flota de motores combustión interna. Además, con las mejoras de transporte público se espera una disminución en las emisiones por vehículo de 5%, dado que mayor cantidad de viajes se realizarán en transporte público o mediante medios no motorizados, reduciendo de esta manera la cantidad de kilómetros promedio por vehículo y las emisiones relacionadas con esta.

Para los autobuses, dada la implementación de corredores de BRT, se espera una disminución de alrededor de 10% de la flota de autobuses (sin afectar la calidad del servicio), además 1% de estos autobuses serían eléctricos por lo que al igual que para los automóviles, se descuentan del parque de combustión.

Finalmente, el Manual de Procedimientos para la Revisión Técnica de Vehículos Automotores en las Estaciones de RTV del Consejo de Seguridad Vial establece los valores máximos permitidos para la emisión de gases en vehículos automotores, que tiene una metodología de emisiones por volumen y no como las normas estadounidenses o europeas de emisiones cuyos valores son de emisiones por kilómetro o milla recorrida.

Esto hace que con la implementación de normas Euro IV y Euro V no pueda ser calculada directamente, sin embargo, se estima que la aplicación de estas normas a toda la flota vehicular implicaría una reducción de las emisiones de alrededor de 10% para los vehículos de combustión interna. Con estos supuestos se esperan las emisiones que se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 11. Emisiones esperadas en sector transporte con y sin implementación de medidas.

Tipo de vehículo	Sin implementación de propuestas			Con implementación de propuestas				
	Vehículos de combustión	Emisiones anuales de CO ₂ e por vehículo (kg)	Emisiones anuales de CO ₂ e (Gg)	Vehículos de combustión	Vehículos eléctricos	Emisiones anuales de CO ₂ e por vehículo de combustión (kg)	Emisiones anuales de CO ₂ e por vehículo eléctrico (kg)	Emisiones anuales de CO ₂ e (Gg)
Automóvil	1 345 760	2 859	3 848	1 258 472	20 000	2 581	227	3 252
Autobuses	20 964	26 305	551	18 679	189	24 990	410	467
Camiones de carga < 3500 kg	238 677	5 856	1 398	238 677	-	5 563	-	1 328
Camiones de carga > 3500 kg	43 681	21 089	921	43 681	-	20 035	-	875
Taxis	14 397	11 449	165	12 957	1 440	10 876	1 007	142
Equipo especial	25 074	27 826	698	25 074	-	26 435	-	663
Motocicletas	892 053	1 513	1 350	892 053	-	1 437	-	1 282
Total	2 580 606	-	8 931	2 489 593	21 628	-	-	8 009

Fuente: Elaboración propia con datos del INEC, 2015 y MINAE-PNUD, 2012.

La disminución total con estas medidas es de 10% de las emisiones de CO₂e anuales. El mayor impacto se obtiene al utilizar normas de emisiones más estrictas, ya que el parque vehicular eléctrico será todavía muy pequeño comparado con el parque vehicular de motores de combustión.

Estas proyecciones son similares cantidad y tipo de flota vehicular eléctrica a las obtenidas por Sancho et al. (2015) en el estudio Opciones de Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Costa Rica: Análisis Sectorial, Potencial de Mitigación y Costos de Abatimiento 2015-2050 para el escenario 1, con 2% de flota vehicular eléctrica para el año 2030, por lo que el estudio de Sancho et al. sirve como medio para validar los resultados obtenidos.

Aunque el cambio a vehículos eléctricos contribuye a la reducción de emisión de GEI, el mayor aporte se verá reflejado si se implementa un sistema de transporte público integrado, eficiente, confiable, cómodo y a un costo razonable que permita que la gran masa de los viajes se realice en este sistema y no en vehículos privados, así como la aplicación de estándares internacionales de emisiones que realmente controlen las emisiones de vehículos particulares.

6.4. Otras alternativas claves para cumplir la meta propuesta

a. Ordenamiento territorial

La ausencia de planes reguladores dentro de la GAM es un problema para el cumplimiento de la meta ya que el crecimiento es desordenado, disperso y en bajas densidades. Es un imperativo para el cumplimiento de la meta al menos que en el plazo de 8 años los cantones de la GAM que no cuenta con planes reguladores hayan finalizado el proceso de elaboración de planes reguladores o al menos la actualización de los existentes. Los planes reguladores deben prever en sus

propuestas y reglamentos una configuración del espacio público que tenga en cuenta las necesidades del modelo de movilidad tomando en consideración aspectos como:

- Completar las infraestructuras necesarias para encaminar el tráfico de paso por vías exteriores al núcleo urbano.
- Fomentar el desarrollo vertical sobre el horizontal y promover el desarrollo de uso mixto a lo largo de corredores de transporte público.
- Diseñar una trama urbana que favorezca la coexistencia de tráficos.
- Potenciar un tipo de urbanización encaminada a la mezcla de usos (residencial, comercial, servicios, industrial no contaminante) para incentivar la reducción de la movilidad en vehículo privado.
- Adoptar medidas constructivas que garanticen la prioridad de la movilidad a pie y en bicicleta.
- Prever infraestructuras que permitan favorecer el uso de la bicicleta como medio habitual de transporte (dotación de carriles bici en los nuevos proyectos urbanísticos).
- Aplicar en la nueva urbanización los criterios básicos de mejora de la seguridad vial, garantizando sobre todo la protección y seguridad de peatones y ciclistas.
- Adoptar en las áreas a urbanizar el criterio básico de accesibilidad para todos.
- Prever y reservar (en las nuevas áreas urbanizadas) las plazas de aparcamiento para residentes y de rotación, que sean necesarias para absorber la demanda de aparcamiento general en estas nuevas actuaciones.

b. Reorganización de los flujos de carga y descarga

En la mayor parte de los cantones de la GAM y en especial dentro de las cabeceras de las principales áreas metropolitanas existen serios problemas asociados a la complicada gestión del transporte de mercancías en el centro de la ciudad y a los impactos que ocasiona. Regular y gestionar todo este sector y sus pautas de movilidad de una forma planificada y teniendo en cuenta la idiosincrasia del mismo, es una forma óptima de disminuir los problemas que ocasiona y de mejorar su servicio. Este proceso debe fomentarse a través de la cooperación entre los usuarios de la cadena logística: distribuidores de mercancías, comerciantes, centros de mercancías y representantes del mismo municipio. Algunas acciones claves son:

- Regulación de la carga y descarga, creando puntos intermedios de almacenamiento.
- Redefinir, en beneficio de una mayor agilidad y velocidad en el reparto, los horarios y el tiempo de permanencia en las zonas de carga y descarga, en función de las características comerciales de cada zona y los tipos de vehículos.
- Garantizar la disponibilidad de las zonas reservadas para carga y descarga por los comerciantes y repartidores a través de una vigilancia permanente, mejorando su señalización horizontal y vertical.

c. Mejorar las zonas de estacionamiento y el control del tráfico

El complemento de la infraestructura vial y el transporte masivo es la política de control y manejo del tránsito y la infraestructura de estacionamientos, la cual debe considerar una gran cantidad de variables, acorde a la problemática existente. Algunos aspectos importantes en esta línea expuestos en el Plan GAM son:

- a) Establecer una red de estacionamientos vinculados con la forma o morfología urbana, sus densidades, centros de servicios y comerciales.
- b) A nivel cantonal, deberá buscarse una política de estacionamientos, la cual debe considerar fundamentalmente regular: el estacionamiento en vía públicas; espacios para estacionamientos en terrenos urbanos desocupados; estacionamiento en nuevas edificaciones y su ubicación; estacionamientos en edificios y en forma subterránea.
- c) Una forma de incentivar y garantizar la inversión de los estacionamientos es prohibiendo absolutamente el estacionarse en las vías públicas, en un radio a estudiar desde donde se ubica dicha infraestructura. Igualmente se fortalecería la medida, prohibiendo estacionarse de forma perpendicular a cada edificio, lo que bloquea el funcionamiento de las vías, las aceras, y la relación peatón/edificio. No todo edificio nuevo debería contar con estacionamiento propio, en el tanto que, a corta distancia del mismo, existiera una dotación suficiente de espacio para estacionar.

- d) Con la implementación del tren eléctrico, al entorno de las estaciones se recomienda la ubicación de aparcamientos para el vehículo privado, con la finalidad de potenciar el tren interurbano como modo habitual de transporte.

7. Experiencias internacionales promueven políticas sostenibles de movilidad urbana

Muchos países alrededor del mundo como Brasil, México, Italia, Colombia, India y Francia han adoptado marcos de política nacional para incentivar a las ciudades a desarrollar Planes de Movilidad Urbana y hacer más eficiente el uso del transporte público.

Estos marcos van desde requerimientos legales (Francia y Brasil) hasta directrices voluntarias (caso italiano). Algunos países sin requerimientos legales aseguran que los municipios (gobiernos locales) desarrollen Planes de Movilidad urbana volviéndolos un prerrequisito para recibir fondos nacionales para proyectos urbanos a gran escala.

Los marcos normativos de implantación de las diferentes políticas varían entre los países según su compromiso con transporte sostenible. En la actualidad muchas ciudades todavía usan enfoques de planificación basados en la provisión de infraestructura para el automóvil particular y otros países como Brasil, México e India han reconocido la necesidad de un enfoque para la planificación de la movilidad urbana orientado a las personas, pero siguen explorando mecanismos para asegurar que los planes de movilidad urbana prioricen el transporte sostenible. Algunos ejemplos de países son:

- **Brasil:** La Política Nacional de Movilidad Urbana de Brasil fue revisada en el 2012, y bajo la nueva política, las ciudades con poblaciones mayores a 20.000 habitantes deben elaborar planes de movilidad urbana. Por primera vez en Brasil el marco legislativo ordena la consideración del transporte motorizado como la del transporte no motorizado. La normativa en Brasil establece que los planes de movilidad urbana deben estar armonizados con los planes maestros de desarrollo urbano. Las ciudades en Brasil tienen que presentar planes de movilidad urbana al Ministerio de Ciudades; de no presentarlo las ciudades o aglomeraciones no reciben financiación federal para los proyectos de transporte. Los proyectos de movilidad urbana deben ser actualizados cada diez años. Los planes se basan en tres principios: 1) Identificar las maneras de reducir el número de desplazamientos hechos en automóvil particular e incrementar la participación modal de caminar y la bicicleta. Se espera que las ciudades sin un sistema de transporte público prioricen el transporte no motorizado. 2) Reducir el consumo de energía, la contaminación local y la emisión de gases de efecto invernadero y 3) Mejorar la seguridad, particularmente para grupos vulnerables (peatones, ciclistas, ancianos y niños). (GIZ, 2014).

- **India:** Desde el 2006 el Ministerio de Desarrollo Urbano de este país anunció la Política Nacional de Transporte Urbano, la cual promueve el uso del transporte público y medios de transporte no motorizados en ciudades indias. También fomenta la integración del uso del suelo y planificación de transporte, para poder minimizar la distancia de viaje y para suministrar acceso a mercados, empleo, educación y servicios sociales. El plan

promueve prácticas de movilidad seguras, asequibles, confiables y sostenibles y la meta explícita de la política se basa en 10 principios: 1) Asegurar una planificación coordinada para el transporte urbano; 2) Asegurar una planificación integrada del uso del suelo y del transporte; 3) Enfoque a las personas y asignación equitativa del espacio vial; 4) Inversión en transporte público y medios de transporte no motorizados; 5) Estrategias para estacionamientos y el movimiento del transporte de carga; 6) Establecer mecanismos regulatorios que aseguren la distribución equitativa de recursos; 7) Métodos de financiación innovadores para recaudar recursos; 8) Promoción de los sistemas de transporte inteligentes (ITS), combustibles y tecnologías vehiculares menos contaminantes; 9) Proyectos para mostrar las mejores prácticas de transporte sostenible; 10) Crear capacidades para planificar transporte urbano sostenible. (MoUD, ADB, 2013).

- **México:** Desde el 2008 este país desarrolló el Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable. Dicho Plan es promovido por el Fondo Nacional de Infraestructura de México (FONADIN) y el Programa Federal de Apoyo al Transporte Urbano Masivo (PROTRAM). El plan se centra en la modernización de sistemas de transporte público en ciudades con más de 500.000 habitantes. El proyecto busca, de manera integral, fortalecer el transporte público, el transporte no motorizado y las tecnologías de vehículos no contaminantes. Para poder recibir financiación para proyectos de transporte de parte del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS), las ciudades deben desarrollar un Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable (PIMUS). Actualmente en México 42 ciudades planifican propuestas de transporte público bajo esta política. Dentro de las metas del plan están: 1) Mejorar la movilidad de las personas de manera sustentable y segura: promover sistemas integrados de transporte urbano e interurbano, potenciar la inversión en proyectos de transporte sustentable, modernizar y ampliar infraestructura portuaria para turismo y 2) Fomento del transporte ferroviario: reducir costos logísticos con libramientos y relocalización de vías y mejorar la seguridad ferroviaria. (GIZ, 2014).
- **Canadá:** Este país desarrollo la política denominada “Estrategia de Transporte Urbano Sustentable para Canadá” que plantea 12 objetivos: 1) Planeación del transporte integrada al uso del suelo a nivel local y regional, 2) Arreglos políticos entre Gobiernos locales para aquellas áreas con múltiples jurisdicciones, 3) Incorporación de criterios de accesibilidad para todos los modos en los planes de desarrollo, 4) Uso de un enfoque de penalizaciones y recompensas para promover el cambio modal desde el automóvil hacia otros modos, 5) Una red de transporte público extensiva y

densa, 6) Cobros por congestión y medias regulatorias para desincentivar el uso del automóvil, 7) Uso de fuentes alternativas e innovadoras para financiar la construcción de infraestructura, 8) Medidas de bajo costo para mejorar la eficiencia en el uso del transporte, 9) Incentivos para la compra de vehículos más livianos y eficientes en el consumo de combustible, 10) Proyectos piloto para promover factores de carga más altos, 11) Estudios de prefactibilidad para la construcción de 2 trenes de alta velocidad y 12) Preparación de una estrategia nacional de transporte urbano entre Gobiernos provinciales y Gobierno federal. (Barbero, 2015).

- **Colombia:** En este país el plan “Visión Colombia 2019 “El Centenario” tiene como metas en movilidad urbana: 1) Incentivar la intermodalidad con centros de transferencia en lugares estratégicos, incluidos los pasos de frontera; 2) Consolidación de corredores de alta velocidad y modernización de la red primaria, 3) Articular la red férrea y posicionarla en el movimiento de cargas; 4) elaboración del Plan Maestro de Transporte Multimodal, 5) Fortalecimiento de la operación del transporte público, con énfasis en lo institucional; 6) Sistemas inteligentes de transporte para vigilancia, aprovechamiento y mantenimiento de la infraestructura. De igual forma cuenta con la Política Nacional de Transporte Urbano que tiene como meta eliminar la sobreoferta de vehículos, mejorar condiciones de competencia de servicios, y promover soluciones de movilidad de bajo costo y alto impacto.
- **Chile:** El plan de transporte de este país tiene como objetivos el fomento del Transporte Público Urbano bajo un desarrollo de las ciudades en torno a corredores de transporte masivo (metro, tren suburbano y bus de alto rendimiento en vías dedicadas), ampliación de la red y servicios de buses, fomento de modos no motorizados (facilidades para peatones y ciclovías); tarificación vial por congestión y gestión de la demanda mediante el control de tráfico (optimización de la gestión), ciudades inteligentes (integración del control del tránsito, del centro de fiscalización y del centro de control de buses del Transantiago), teletrabajo y flexibilidad horaria.

De igual forma, algunas experiencias latinoamericanas de implementación de alternativas de infraestructura y transporte masivo han tenido beneficios importantes entre ellas están:

Reducción de tiempos de viaje

- En Cali, antes de la implementación del BRT, la velocidad promedio durante hora pico de los autobuses era de 8 a 12 km/hora. Luego de la implementación del BRT se tienen velocidades promedio de 17,7 km/h. [Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (2015). Casos de estudio comparativo de tres proyectos de transporte urbano apoyados por el BID.]
- En Lima, la duración promedio de los viajes era de 53 minutos y luego del BRT se obtienen duraciones promedio de 35 minutos. [Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (2015). Casos de estudio comparativo de tres proyectos de transporte urbano apoyados por el BID.]
- El Transmilenio de Bogotá redujo los tiempos de viaje entre 12 y 14 minutos (equivalente a 19%) [Fuente: Rodríguez, J. y Días J. (2014). Evaluación de impacto del sistema de transporte Metrolínea: revisión de metodologías. Revista Equidad & Desarrollo, (22), pp.121-135.]

Emisiones

- Clean Air Institute estimó una reducción del 74% en las emisiones de PM₂ por pasajero y del 20% de CO₂ atribuibles a la implementación del Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá entre 2008 y 2018. [Fuente: BID (2013). Documento de Enfoque. Casos comparativos: Proyectos de Transporte Urbano Apoyados por el BID.]
- Con la implementación de la primera línea de tránsito rápido de autobuses en la Ciudad de México se identificó una reducción del 10% en las emisiones de CO₂ en su corredor, debido principalmente al cambio modal desde el vehículo particular hacia el sistema de tránsito rápido de autobuses, mejoras en las emisiones de los autobuses y los niveles de energía y una mayor eficiencia energética en general de los viajes en el corredor. [Fuente: BID (2013). Documento de Enfoque. Casos comparativos: Proyectos de Transporte Urbano Apoyados por el BID.]
- En Cali, se estimó que el proyecto de BRT reduciría alrededor de 65% las emisiones de CO₂ y en 66% las de PM_{2,5}. [Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (2015). Casos de estudio comparativo de tres proyectos de transporte urbano apoyados por el BID.]
- El sistema de BRT de Lima redujo las emisiones de CO₂ entre 3% y 8% de 2012 a 2015 y reducciones de 17% en 2012 y 19% en 2013 de las PM_{2,5}. [Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (2015). Casos de estudio comparativo de tres proyectos de transporte urbano apoyados por el BID.]

Seguridad Vial

- Los accidentes de tránsito en el corredor de BRT de Lima disminuyeron 65%, aunque es probable que estos se hayan trasladado a vías cercanas al corredor. En Cali se redujeron en 15% el total de accidentes de tránsito [Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (2015). Casos de estudio comparativo de tres proyectos de transporte urbano apoyados por el BID.]

8. Consideraciones finales

- a) Es de suma importancia para el país el desarrollo de las alternativas propuestas, no solo porque representa un enorme beneficio social, económico y ambiental sino porque es la única opción viable que en el 2018 nos queda para enfrentar los serios problemas de movilidad urbana que tiene la GAM y que se empeora cada año que pasa.
- b) Las alternativas propuestas para alcanzar la meta planteada en esta ponencia tienen grandes beneficios económicos y ambientales para el país. En promedio le ahorrarían al país por concepto de ahorros en los tiempos de viaje y costos operativos alrededor de \$1.263 millones de dólares anuales lo que equivale al 2,46% del PIB nominal (2018) y alrededor de 863 mil toneladas en reducciones de emisiones de CO₂ al año lo que equivale al 17% de las emisiones de CO₂ totales emitidas anualmente por el sector transporte.

Alternativas	Beneficios economicos anuales (millones de dolares)	Beneficios ambientales (reducción emisiones de CO ₂ en miles de toneladas)
Alternativas de infraestructura vial	690	64
Alternativas de transporte público	506	734
Alternativas de transporte privado	67	65
Total	1263	863

- c) La construcción de las obras de infraestructura vial propuestas ayudaría a reducir entre un 10% y un 30% según proyecto los tiempos de viaje de cerca de 600 mil personas que transitan a diario por las rutas analizadas. De igual forma, la construcción del TRP reduciría entre un 40% y un 50% los tiempos de viaje de cerca de 200 mil personas dentro de la GAM, mientras que la sectorización del transporte público podría aumentar las velocidades de circulación de 13km/h a 21km/h lo que representa alrededor de un 61% de aumento promedio en la velocidad de operación lo que implica un tercio de ahorro en tiempo promedio de viaje, al pasar de 55 minutos a 35 minutos aproximados en trayectos más largos, beneficiando a cerca de 1,2 millones de usuarios del transporte de bus. El desarrollo de estas alternativas permitiría alcanzar fácilmente la meta propuesta de reducir en un 20% los tiempos de viaje dentro de la GAM en los próximos 8 años y con ello cumplir los otros indicadores propuestos como aumentar el uso de transporte público y disminuir las externalidades negativas económicas y ambientales.

d) En el proceso de avance hacia la meta propuesta de una movilidad urbana sostenible, enfrentan desafíos comunes en múltiples temas que requieren especial atención con diferente grado de intensidad y sobre todo con un enfoque interinstitucional y sectorial, entre ellos están:

- Reconocer la movilidad urbana como derecho social y como una política de estado.
- Concientizar y sensibilizar a la sociedad sobre el entendimiento de la relación entre desarrollo urbano y movilidad.
- Mejorar las evaluaciones, mediciones, monitoreo y seguimiento de los impactos de la movilidad sobre las externalidades negativas en ambiente, calidad de vida y lo económico.
- Las propuestas, planes y políticas de movilidad deben superar los ciclos políticos y ser lideradas con base en propuestas técnicas concretas de acción y liderazgo.
- Dar mayor prioridad al transporte público colectivo y no motorizado.
- Controlar las estructuras de precios, subsidios e impuestos que favorecen la competitividad de los modos de transporte motorizado individual.
- Fortalecer los mecanismos de fiscalización técnica, rendición de cuentas y participación ciudadana.
- Fortalecer y mejorar coordinación de las entidades públicas gestoras del transporte público y no motorizado.

Los desafíos anteriores para que la meta sea viable difícilmente pueden ser solucionados con medidas aisladas. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar políticas públicas integrales, reconociendo la movilidad urbana sostenible como un derecho social fundamental.

e) El cumplimiento de las metas propuestas pasa por armonizar los elementos de la ecuación infraestructura vial - transporte - ordenamiento territorial en una visión de desarrollo integral. Esta armonización debe partir primero de la formulación de un plan de desarrollo plasmado en una política pública clara; un plan como lo plantea Loria (2014) que plantee acciones fuertes contra el "Status Quo", que pudieran implicar modificaciones profundas en los actuales sistemas de transporte y en la infraestructura existente, un plan que responda, como se indicó a políticas de Estado más que a políticas de gobierno, ya que su periodo de implementación, sin duda, va a trascender los cuatro años de una gubernatura usual, donde se definan acciones concretas,

presupuestos o modelos de financiamiento sostenibles, y donde, se designen funcionarios o entidades responsables, de la ejecución de las acciones”.

- f) De igual forma, y como se plantea en el Plan GAM (2013) se necesita modernizar los sistemas de transporte, de forma que se creen opciones de movilidad en las zonas mayormente pobladas, evitando la redundancia innecesaria y reduciendo (o al menos conociendo) los tiempos de viaje esperados. La GAM requiere de procesos de regeneración urbana y de revitalización económica basados en el principio de Desarrollo Urbano Orientado al Transporte Público. Esto implica la creación de ciudades compactas y caminables apoyadas en el transporte público de manera que la población mantenga su calidad de vida sin depender de un automóvil para su movilidad personal. El concepto se enfoca a afrontar los graves y crecientes problemas por la dependencia de combustibles fósiles y el calentamiento global, creando comunidades densas caminables conectadas al transporte público
- g) Por último, en Costa Rica ya existe el suficiente fundamento técnico y legal para modernizar el transporte público y mejorar la movilidad en la GAM. El país ha avanzado en la elaboración de múltiples estudios que avalan desde el punto de vista técnico y normativo la meta hacia una modernización del transporte público y la mejora en la movilidad. Entre estos estudios encontramos:
- L.C.R. Logística S.A., “Reorganización del Transporte Público en el Área Metropolitana de San José”. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica. 1999.
 - L.C.R. Logística S.A., “Estudio de Oferta y Demanda de Transportes de la GAM”. Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. PRUGAM, Planificación Regional y Urbana de la Gran Área Metropolitana del Valle Central de Costa Rica. Informe Final. San José, Costa Rica. 2007.
 - Plan Regional Urbano de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica. Tomo II: Propuesta Plan PRUGAM 2008-2030. Diciembre, 2008.
 - Ministerio de Obras Públicas y Transportes. “Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035”. Memoria. Setiembre de 2011.
 - Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018, “Alberto Cañas Escalante”.
 - Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. “Plan Estratégico Institucional 2012- 2016”.
 - PLAN NACIONAL DE ENERGÍA. 2015-2030, oficializado como una política pública de interés público sectorial mediante el Decreto Ejecutivo N° 39219-MINAE, de 14 de setiembre del 2015.
 - Consorcio Operativo del Este S.A., Transportes del Este Montoya S.A., Cenbus S.A., Autotransportes RARO S.A., Transportes Públicos La Unión S.A. “Reorganización del Transporte Público Urbano en el Sector Operativo San Pedro–Curridabat–Tres Ríos”. Enero, 2014.
 - Autotransportes Moravia S.A. “Reorganización del Transporte Público Urbano en el Subsector Operativo Moravia–Paracito”. Marzo, 2014.
 - Autotransportes San Antonio S.A. “Reorganización del Transporte Público Urbano en el Subsector Operativo San Francisco”. Marzo, 2016.

- Cooperativa Autobuseros Asociados R.L. “Reorganización del Transporte Público Urbano en el Sector Operativo Tibás-Santo Domingo”. Setiembre, 2012.
- Compañía de Inversiones La Tapachula S.A. “Reorganización del Transporte Público Urbano en el Sector Operativo Escazú-Santa Ana”. Enero, 2014.
- Consorcio de Transportes Cooperativos METROCOOPR.L., Transportes 205S.A., Trans-Masoma S.A. “Reorganización del Transporte Público Urbano en el Subsector Operativo Hatillo-Alajuelita”. Agosto, 2012.
- Grupo ATD, Buses San Miguel Higuito S.A. “Reorganización del Transporte Público Urbano en el Subsector Operativo Desamparados”. Agosto, 2013.
- Magasoso Lomas del Sur S.A. “Reorganización del Transporte Público Urbano en el Sector Operativo San Pedro–Curridabat–Tres Ríos”. Abril, 2017.
- Empresa Transvi S.A. “Reorganización del Transporte Público Urbano en el Subsector Operativo Coronado-Guadalupe.” Abril, 2017.
- Autobuses Unidos de Coronado. “Reorganización del Transporte Público Urbano en el Subsector Operativo Coronado-Guadalupe.” Abril, 2017.
- Autotransportes Pavas S.A. “Reorganización del Transporte Público Urbano en el Sector Operativo de Pavas. Abril, 2017.
- Empresa Transru. S.A. “Reorganización del Transporte Público Urbano en el Subsector Operativo San José-Santo Domingo.”. Abril, 2017.

9. Bibliografía consultada

- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2018) Ley No. 9518: Incentivos y promoción para el transporte eléctrico.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2015). Casos de estudio comparativo de tres proyectos de transporte urbano apoyados por el BID.
- BID (2013). Documento de Enfoque. Casos comparativos: Proyectos de Transporte Urbano Apoyados por el BID.
- COSEVI. (2015) Manual de Procedimientos para la Revisión Técnica de Vehículos Automotores en las Estaciones de RTV.
- European Environment Agency. (2014). Focusing on environmental pressures from long-distance transport. TERM 2014: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe.
- Granados, A. (2013). Carbono Neutralidad: Avances y Desafíos de cara al año 2021
- INEC (2015). Vehículos automotores en circulación 2012-2015.
- L.C.R. Logística S.A. “Modelo de Regulación Económica del Servicio de Transporte Remunerado de Personas, Modalidad Autobús. Estructura Productiva Modelo”. San José, Costa Rica. Enero de 2012.
- L.C.R. Logística S.A., “Estudio de Oferta y Demanda de Transportes de la GAM”. Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. PRUGAM, Planificación Regional y Urbana de la Gran Área Metropolitana del Valle Central de Costa Rica. Informe Final. San José, Costa Rica. 2007.
- Mahmoud, M., Garnett, R., Ferguson, M. and Kanaroglou, P. (2016). Electric buses: A review of alternative powertrains. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, pp.673-684.
- Ministerio de Ambiente y Energía e Instituto Meteorológico Nacional. (2012). Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono 2012.
- Ministerio de Ambiente y Energía y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2015). Plan Nacional de Energía 2015-2030.
- Ministerio de Ambiente y Energía. “PLAN NACIONAL DE ENERGÍA. 2015-2030”, oficializado como una política pública de interés público sectorial mediante el Decreto Ejecutivo N° 39219-MINAE, de 14 de setiembre del 2015.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. “Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035”. Memoria. Setiembre de 2011.
- Ministerio de Planificación Nacional: Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018, “Alberto Cañas Escalante”.
- Periódico La Nación. (2018) Hacienda estima mínimo impacto fiscal por nueva exoneración de autos eléctricos. Publicado el 27 de enero de 2018 y recuperado el 5 de junio de 2018 de la dirección <https://www.nacion.com/economia/finanzas/hacienda-estima-minimo-impacto-fiscal-por-nueva/OZEMKQVICNHEHPWPWCR3DFJ66E/story/>
- Plan Regional Urbano de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica. Tomo II: Propuesta Plan PRUGAM 2008-2030. Diciembre, 2008.
- Rodríguez, J. y Días J. (2014). Evaluación de impacto del sistema de transporte Metrolínea: revisión de metodologías. *Revista Equidad & Desarrollo*, (22), pp.121-135

- Sancho, F., Rivera, L. y Obando, G. (2015). Opciones de Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Costa Rica: Análisis Sectorial, Potencial de Mitigación y Costos de Abatimiento 2015-2050.