



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

**Universidad Nacional de Loja**

Facultad Jurídica, Social y Administrativa

**Maestría en Economía y Dirección de Empresas**

**"Análisis costo-beneficio de la implementación de semáforos  
inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja"**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención  
del título de Magíster en Economía y  
Dirección de Empresas**

**AUTOR:**

José Luis Carrión Guerra

**DIRECTORA:**

Econ. Karen Gabriela Iñiguez Cueva

Loja – Ecuador  
2023

## **Certificación**

Loja, 14 de noviembre del 2023

Econ. Karen Gabriela Iñiguez Cueva

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: "**Análisis costo-beneficio de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja**", previo a la obtención del título de Magister en Economía y Dirección de Empresas, de la autoría del estudiante **José Luis Carrión Guerra**, con **cédula de identidad** Nro. **1103819387**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Econ. Karen Gabriela Iñiguez Cueva

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **Autoría**

Yo, **José Luis Carrión Guerra**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

**Firma:**

**Cédula de identidad:** 1103819387

**Fecha:** 14 de noviembre del 2023

**Correo:** [jose.l.carrion@unl.edu.ec](mailto:jose.l.carrion@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0996814230

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **José Luis Carrión Guerra**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: "**Análisis costo-beneficio de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja**", como requisito para optar por el título de **Magíster en Economía y Dirección de Empresas**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los catorce días del mes de noviembre de dos mil veintitrés.

**Firma:**

**Autor:** José Luis Carrión Guerra

**Cédula:** 1103819387

**Dirección:** Loja, barrio Ciudad Alegría

**Correo electrónico:** jose.l.carrion@unl.edu.ec

**Celular:** 099614230

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Directora del Trabajo de Titulación:** Econ. Karen Gabriela Iñiguez Cueva

## **Dedicatoria**

Agradezco a Dios, mi fuente inagotable de inspiración y fortaleza, por guiarme en cada paso de mi carrera universitaria y darme la sabiduría para alcanzar el éxito. También a la Virgen de la Dolorosa, cuya presencia siempre me ha dado valor para enfrentar los desafíos que se presentaron en mi camino.

Mi más profundo reconocimiento y amor van hacia mis amados padres, Galo y Nancy quienes han sido mi mayor apoyo y han estado presentes en cada etapa de mi vida. Gracias por brindarme su amor incondicional y por impulsarme a superarme cada día, sabiendo que puedo lograr todo lo que me propongo con su guía.

Agradezco a mi hija Valentina por confiar en mí y por estar siempre a mi lado, apoyándome en cada paso que doy. También quiero honrar la memoria y agradecer a mis queridos abuelitos, Jaime, Dora, Vicente y Gloria, quienes son el cimiento fundamental de mi existencia y cuyo legado de amor y sabiduría siempre me acompaña.

A mis hermanos, Jaime y Paola, a mis sobrinos y compañera Jackeline les agradezco su generosidad y gratitud, y por compartir conmigo momentos inolvidables a lo largo de la vida. Por último, extendiendo mi agradecimiento a todas las personas que de alguna manera me brindaron su apoyo y aliento durante mi carrera universitaria. Sus palabras de ánimo y su confianza en mí fueron un motor invaluable para seguir adelante y alcanzar mis metas.

Con profunda gratitud, dedico mi logro a todos aquellos que han sido parte de mi camino y que han dejado huellas imborrables en mi corazón.

**José Luis Carrión Guerra**

## **Agradecimiento**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, quien ha sido mi guía y mi razón de ser en esta vida. Agradezco por la oportunidad enfrentar desafíos y triunfar en ellos, cada obstáculo superado ha sido una lección valiosa para mi crecimiento como persona.

A mi amada familia, les agradezco de corazón por su incondicional paciencia, amor y apoyo a lo largo de mi vida. Sus consejos y aliento constante han sido fundamentales para alcanzar mis metas, y sé que, sin su respaldo, este logro no sería posible. Cada sacrificio que han hecho por mí nunca será suficiente para agradecerles todo lo que significan en mi vida.

Quiero extender mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja y a los docentes de la Maestría en Economía y Dirección de Empresas, en especial a mi tutora. Gracias por brindarme un espacio académico enriquecedor, donde pude desarrollar mi potencial y crecer como profesional. Su apoyo y atención constante durante el proceso de investigación han sido clave para el éxito de mi trabajo.

A todos aquellos que de alguna manera me han apoyado en este camino, ya sea con una palabra de aliento, una sonrisa o un gesto amable, también les agradezco de corazón. Cada muestra de apoyo ha sido un impulso para seguir adelante y nunca olvidaré la solidaridad que recibí.

Este logro es el resultado del esfuerzo conjunto de muchas personas que creyeron en mí y me acompañaron en cada paso del camino. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento y prometo seguir adelante con determinación, llevando en mi corazón el recuerdo de su apoyo incondicional.

**José Luis Carrión Guerra**

## Índice de Contenidos

Portada .....	I
Certificación .....	II
Autoría.....	III
Carta de autorización.....	IV
Dedicatoria .....	V
Agradecimiento.....	VI
Índice de contenidos .....	VII
Índice de tablas .....	VIII
Índice de figuras .....	VIII
Índice de anexos.....	VIII
1. Título .....	1
2. Resumen .....	2
2.1. Abstract .....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco teórico.....	8
4.1. Antecedentes .....	8
4.2. Evidencia empírica .....	10
5. Metodología.....	16
5.1. Aspectos generales .....	16
5.2. Por objetivos.....	18
6. Resultados .....	22
6.1. Objetivo específico 1 .....	25
6.2. Objetivo específico 2.....	30
6.3. Objetivo específico 3.....	41
7. Discusión .....	56
8. Conclusiones .....	59
9. Recomendaciones .....	60
10. Bibliografía.....	62
11. Anexos.....	64

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Metodología a Utilizar.....	<b>20</b>
<b>Tabla 2.</b> Proyecciones de la Población de la Provincia, Cantón y Sector Urbano de Loja .	<b>23</b>
<b>Tabla 3.</b> Red Vial de la Ciudad de Loja .....	<b>23</b>
<b>Tabla 4.</b> Parque Automotor en la Provincia de Loja .....	<b>24</b>
<b>Tabla 5.</b> Proyección Vehicular .....	<b>24</b>
<b>Tabla 6.</b> Inversión Total del Proyecto .....	<b>27</b>
<b>Tabla 7.</b> Presupuesto de Operación y Mantenimiento .....	<b>29</b>
<b>Tabla 8.</b> Número de Accidentes del Sector Urbano del Cantón Loja.....	<b>31</b>
<b>Tabla 9.</b> Ahorro por Accidentes de Tránsito .....	<b>31</b>
<b>Tabla 10.</b> Beneficio por Ahorro en Combustible.....	<b>33</b>
<b>Tabla 11.</b> Beneficios Totales .....	<b>35</b>
<b>Tabla 12.</b> Flujo de Caja.....	<b>36</b>
<b>Tabla 13.</b> VAN .....	<b>38</b>
<b>Tabla 14.</b> TIR.....	<b>39</b>
<b>Tabla 15.</b> B/C.....	<b>39</b>
<b>Tabla 16.</b> Matriz de Marco Lógico .....	<b>44</b>
<b>Tabla 17.</b> Financiamiento y Presupuesto .....	<b>50</b>
<b>Tabla 18.</b> Cronograma Valorado por Componentes .....	<b>52</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Matriz de Árbol de Problemas .....	<b>47</b>
<b>Figura 2.</b> Matriz de Árbol de Objetivos y Estrategias .....	<b>48</b>

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Certificación de traducción del resumen .....	<b>64</b>
---	-----------



## **1. Título**

"Análisis costo-beneficio de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja".

## 2. Resumen

Este estudio se centra en el análisis costo-beneficio de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja, Ecuador. La problemática que se aborda es la eficiencia insuficiente del tráfico vehicular y peatonal en la zona, lo que ha llevado a congestiones, aumento del tiempo de desplazamiento, y problemas de contaminación y seguridad vial. La falta de regulación del tráfico y la ausencia de sistemas de semáforos han exacerbado estos problemas.

La metodología empleada incluyó un análisis cuantitativo detallado para calcular el costo total del proyecto, considerando la adquisición de tecnología, instalación y operación. Se realizaron proyecciones de beneficios, destacando ahorros económicos y mejoras en seguridad vial. Los resultados indican que la implementación de semáforos inteligentes sería económicamente viable y proporcionaría beneficios a largo plazo.

Este estudio subraya la necesidad de mejorar la movilidad urbana y la seguridad vial en el Cantón Loja mediante la implementación de tecnologías innovadoras. Las recomendaciones resultantes de este análisis ofrecen una base sólida para futuras iniciativas enfocadas en transformar positivamente la calidad de vida de los habitantes y optimizar el sistema de transporte en la zona urbana de Loja.

**Palabras Clave:** Semáforos inteligentes, movilidad urbana, análisis costo-beneficio, rentabilidad.

## **2.1. Abstract**

This study focuses on the cost-benefit analysis of the implementation of intelligent traffic lights in the urban sector of Loja Canton, Ecuador. The problem addressed is the insufficient efficiency of vehicular and pedestrian traffic in the area, which has led to congestion, increased travel time, and problems with pollution and road safety. The lack of traffic regulation and the absence of traffic light systems have exacerbated these problems. The methodology used included a detailed quantitative analysis to calculate the total cost of the project, considering the acquisition of technology, installation, and operation. Projections of benefits were made, highlighting economic savings and improvements in road safety. The results indicate that the implementation of intelligent traffic lights would be economically viable and would provide long-term benefits. This study underscores the need to improve urban mobility and road safety in Loja Canton through the implementation of innovative technologies. The recommendations resulting from this analysis offer a solid foundation for future initiatives focused on positively transforming the quality of life of the inhabitants and optimizing the transport system in the urban area of Loja.

**Keywords:** Intelligent traffic lights, urban mobility, cost-benefit analysis, profitability.

### 3. Introducción

Este estudio se centra en el análisis Costo-Beneficio de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja, ubicado en la región Sur del Ecuador. Específicamente, se enfoca en las intersecciones delimitadas al norte por la calle Belisario Moreno, al sur por la calle Ángel Benigno Valarezo, al oriente por la Av. Salvador Bustamante Celi y al occidente por la Av. Manuel Carrión Pinzano. La problemática que se aborda es el bajo nivel de eficiencia en el tráfico vehicular y peatonal en esta área. Esta situación ha generado consecuencias negativas como congestiones, aumento del tiempo de desplazamiento, incremento de la contaminación ambiental y acústica, mayor cantidad de accidentes de tránsito y una disminución en la calidad de vida de los habitantes.

Este problema se ha agravado debido a factores como el creciente número de vehículos, la falta de regulación del tráfico y la ausencia de sistemas de semáforos en muchas intersecciones. La falta de una regulación adecuada del tráfico ha llevado a un aumento de los accidentes de tránsito, lo que ha disminuido la seguridad vial para los conductores y peatones por igual. Para abordar estos problemas, se han propuesto varias soluciones. Un estudio realizado por la Universidad Técnica Particular de Loja (Chamba Vera, et al. (2019) propone la implementación de sistemas inteligentes de transporte para mejorar la movilidad urbana. En el Cantón Loja, la falta de regulación del tráfico y la ausencia de sistemas de semáforos han provocado un aumento en el número de vehículos y peatones, generando problemas de movilidad.

Además, el crecimiento poblacional ha ocasionado un incremento en el parque automotor, resultando en mayor congestión vehicular y disminución de la velocidad en la circulación de vehículos. Según Sánchez Arpi (2018), los sistemas de semáforos son fundamentales para regular el tráfico y prevenir accidentes. Sin embargo, si no se ajustan al volumen de tráfico, pueden generar congestiones y estrés en los conductores. Thomson y Bull (2021) añaden que estos problemas de tráfico están empeorando la calidad de vida de los habitantes de las ciudades. Díaz (2021) señala que, en la Ciudad de Loja, la falta de regulación del tráfico y la ausencia de sistemas de semáforos han provocado un aumento en el número de vehículos y peatones, generando problemas de movilidad.

El análisis costo-beneficio de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja tiene relación directa con los trabajos mencionados anteriormente. Los estudios y argumentos previos han establecido la problemática del tráfico vehicular y peatonal en el área del Cantón Loja, destacando la falta de regulación del tráfico, la ausencia de sistemas de semáforos y el incremento del parque automotor como factores clave que contribuyen a la congestión vehicular, aumento del tiempo de desplazamiento, contaminación ambiental y acústica, así como un aumento en los accidentes de tránsito. Estos problemas afectan negativamente la calidad de vida de los habitantes de la zona.

La problemática de movilidad en el sector urbano del Cantón Loja es un fenómeno reciente y la literatura sobre la implementación de semáforos inteligentes es limitada. Esta investigación se enfoca en realizar un análisis costo-beneficio de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja es decir a los semáforos existentes hacerlos inteligentes. La congestión del tráfico en el sector urbano del Cantón Loja se ha convertido en un desafío creciente que afecta la calidad de vida de los residentes y la eficiencia del sistema de transporte urbano. La falta de regulación del tráfico, la ausencia de sistemas de semáforos en muchas intersecciones y el aumento constante del parque automotor han llevado a una situación en la que la movilidad urbana se ha visto seriamente afectada.

En este contexto, los semáforos inteligentes surgen como una solución tecnológica viable y efectiva. Estos dispositivos utilizan sensores y sistemas de gestión de tráfico avanzados para adaptarse dinámicamente a las condiciones del tráfico en tiempo real, regulando el flujo de vehículos y peatones de manera más eficiente. Esto reduce los tiempos de espera en las intersecciones y optimiza la coordinación entre semáforos, mejorando así la movilidad urbana. La implementación de semáforos inteligentes en el Cantón Loja podría ser una solución efectiva a los problemas de tráfico existentes. Estos dispositivos pueden mejorar la fluidez del tráfico, reducir los tiempos de desplazamiento y disminuir la incidencia de accidentes de tránsito. Además, al optimizar la gestión del tráfico, se podría lograr una reducción en los niveles de contaminación del aire, lo que mejoraría la calidad de vida de los residentes.

Este contexto subraya la relevancia de implementar semáforos inteligentes en el Cantón Loja. Estos dispositivos están directamente relacionados con la problemática de la congestión del tráfico y pueden contribuir significativamente a su mitigación. La implementación de semáforos inteligentes no solo tiene el potencial de transformar positivamente la calidad de vida de los ciudadanos y mejorar la seguridad vial, sino que también puede proteger el medio ambiente, impulsar el desarrollo económico local y promover la innovación tecnológica en la región. Estos beneficios hacen de esta iniciativa una medida esencial para un futuro urbano más sostenible y habitable en el Cantón Loja.

Los resultados de esta investigación pueden contribuir significativamente al diseño e implementación de políticas públicas y estrategias para gestionar el tráfico en el Cantón Loja. El objetivo principal de la investigación es realizar un análisis costo-beneficio de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja. Para lograr este objetivo, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Calcular el costo total de la implementación de semáforos inteligentes en el Cantón Loja.
- Determinar los beneficios de la implementación de semáforos inteligentes, incluyendo aspectos como la mejora en el consumo de combustible y la reducción de accidentes de tránsito.
- Proponer una estrategia de implementación de semáforos inteligentes que sea efectiva y sostenible, con el fin de mejorar la movilidad urbana y la calidad de vida de los habitantes.

Este estudio se centrará en la implementación de semáforos inteligentes en áreas específicas del Cantón Loja, analizando su impacto en la fluidez del tráfico, los tiempos de desplazamiento y la reducción de accidentes de tránsito. Se realizará un análisis detallado del costo total de implementación, considerando aspectos como la adquisición de tecnología, instalación, mantenimiento y operación. Además, se desarrollará una estrategia de implementación efectiva y sostenible, adaptada a las condiciones específicas de la ciudad. Es importante mencionar que este estudio se limitará a áreas delimitadas del Cantón Loja y las recomendaciones se basarán en datos y condiciones locales específicas. Esto puede limitar su aplicabilidad fuera de estas áreas. Además,

pueden surgir limitaciones debido a la disponibilidad limitada de datos precisos, así como a las restricciones de tiempo y recursos. Las condiciones urbanas y de tráfico están sujetas a cambios constantes, lo que podría hacer que las recomendaciones basadas en situaciones actuales sean obsoletas en el futuro. A pesar de estas limitaciones, el estudio se llevará a cabo con rigor y precisión para proporcionar las mejores recomendaciones posibles, con el objetivo de mejorar significativamente la movilidad urbana en el Cantón Loja.

Esta investigación se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), promoviendo ciudades y comunidades sostenibles, mejorando la infraestructura y fomentando la innovación y el trabajo decente. Como Ecuador es miembro de las Naciones Unidas, también está comprometido con la implementación de los ODS. En particular, esta investigación contribuye a:

- ODS 3: Salud y Bienestar: La implementación de semáforos inteligentes puede reducir los tiempos de desplazamiento y mejorar la seguridad vial, contribuyendo a la salud y bienestar de los ciudadanos al reducir el estrés y los riesgos asociados con la congestión del tráfico.
- ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura: La implementación de tecnologías como los semáforos inteligentes representa un avance significativo en la infraestructura urbana, promoviendo la innovación y el desarrollo tecnológico.
- ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles: Al proponer soluciones para mejorar la movilidad urbana, esta investigación fomenta el desarrollo de ciudades más sostenibles y habitables.

## 4. Marco teórico

### 4.1. Antecedentes

Los estudios sobre la congestión vehicular y peatonal, tiempos de desplazamiento, y accidentes de tránsito han sido una preocupación constante en la planificación y gestión del transporte en las ciudades. A continuación, se presenta una compilación cronológica de teorías y estudios relevantes para la problemática de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja.

En 1920, el ingeniero de tráfico Henry Barnes introdujo el concepto de "semaforización coordinada" en la Ciudad de Denver, Colorado. Esta técnica consistía en sincronizar los semáforos de una calle principal para permitir un flujo continuo de vehículos sin detenerse en cada semáforo. Esta práctica reducirá los tiempos de viaje y mejorará la eficiencia del tráfico vehicular (Gordon, 2016). En los años 60, el economista William Vickrey modificaría la teoría de la congestión vial, la cual argumenta que el uso de las vías públicas debe ser regulado mediante el cobro de peajes para evitar la congestión y mejorar la eficiencia del transporte (Vickrey, 1963). En la década de 1980, el concepto de "Gestión del Tráfico" se introdujo en la planificación urbana. Este enfoque enfatiza la importancia de la coordinación de los semáforos, la implementación de carriles exclusivos para autobuses y la promoción del transporte público como una alternativa al uso del automóvil (Litman, 2015).

En 1992, el economista Anthony Downs determinó la teoría de la "paradoja de la congestión", que argumenta que la construcción de nuevas carreteras no obstante alivia la congestión vehicular, ya que atrae a más vehículos y, por lo tanto, aumenta la demanda de espacio en las vías públicas (Downs, 1992). En la década de 2000, el concepto de "Semáforos Inteligentes" comenzó a implementarse en las ciudades. Estos semáforos utilizan tecnología avanzada, como sensores y cámaras, para detectar el tráfico y ajustar la duración de las luces para mejorar el flujo vehicular y reducir los tiempos de desplazamiento (Deb et al., 2007). En 2015, el Banco Mundial publicó un informe que destaca la importancia de la planificación urbana integrada para abordar los problemas de tráfico y transporte en las ciudades en desarrollo. El informe recomienda una serie de medidas, como la inversión en transporte público, el fomento del transporte no motorizado y la implementación de tecnologías de gestión de tráfico (Banco Mundial, 2015).

A nivel nacional, en el Ecuador, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas publicó



en 2008 el Plan Nacional de Transporte (PNT), en el que se reconoce la necesidad de mejorar la movilidad urbana a través de la implementación de sistemas de transporte inteligentes y sostenibles. También se menciona la importancia de mejorar la infraestructura vial y reducir la congestión vehicular en las áreas urbanas (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2008). A nivel local, en el Cantón Loja, se ha realizado el Plan de Movilidad Urbana (PMU) en 2016, en el que se identifican los principales problemas de movilidad en el Cantón, incluyendo la congestión vehicular y peatonal, los tiempos de desplazamiento y la seguridad vial. También se proponen diversas medidas para mejorar la movilidad urbana, incluyendo la implementación de semáforos inteligentes (Gobierno Autónomo Municipal de Loja, 2016).

El análisis costo-beneficio es una herramienta ampliamente utilizada para evaluar la viabilidad económica de proyectos o acciones al comparar los costos incurridos con los beneficios obtenidos. Surgió con el objetivo de proporcionar un enfoque sistemático para medir los efectos económicos de las decisiones o inversiones, lo que permite tomar decisiones informadas sobre la asignación de recursos. Dentro de las teorías relevantes sobre el análisis costo-beneficio, se destaca la teoría de la eficiencia económica presentada por Pigou (1920) quien introduce el concepto de "eficiencia económica" y argumenta que una acción o política es eficiente si los beneficios superan los costos incurridos. Aunque Pigou no utiliza explícitamente el término "análisis costo-beneficio", sentó las bases para su desarrollo posterior.

La teoría de la eficiencia de Pareto, desarrollada por Hicks (1939) establece que una situación es óptima si no es posible realizar cambios que beneficien a una persona sin perjudicar a otra. Esta teoría se relaciona con el análisis costo-beneficio al buscar maximizar el bienestar social a través de la maximización de los beneficios netos. Además, el enfoque del flujo de ingresos netos presentado por Samuelson (1954) se centra en la maximización de la utilidad social a través de la asignación eficiente de recursos, destacando la importancia de considerar los beneficios sociales en términos de ingresos generados por un proyecto.

Otro enfoque destacado es el del flujo de beneficios netos propuesto por Bator (1957) que se utiliza para evaluar proyectos públicos y considera los beneficios y costos tanto para los individuos directamente afectados como para la sociedad en general. Este enfoque busca determinar si los beneficios netos resultantes de una acción justifican los costos incurridos.

En cuanto al análisis costo-beneficio en la planificación económica, Little (1970)

examina críticamente el enfoque tradicional y propone un enfoque más amplio que considera los aspectos sociales, políticos y distributivos de las decisiones económicas. Aboga por una planificación económica más inclusiva y participativa. Estas teorías representan hitos importantes en el desarrollo del análisis costo-beneficio y han contribuido al enriquecimiento continuo de esta herramienta de evaluación económica.

En el ámbito de la logística urbana sustentable, el análisis costo-beneficio es una herramienta que permite evaluar la viabilidad económica y social de las medidas que se implementan para mejorar la movilidad y reducir el impacto ambiental del transporte en las ciudades. Entre estas medidas se encuentran los semáforos inteligentes, que son dispositivos que regulan el tráfico de forma dinámica y adaptativa, según las condiciones reales de la demanda y la oferta de las vías (García et al., 2018). Los semáforos inteligentes tienen como objetivo optimizar el flujo vehicular y peatonal, disminuir los tiempos de espera y los retrasos, mejorar la seguridad vial y reducir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes (Deb et al., 2007).

La naturaleza de la investigación estará aplicada y orientada a la solución de problemas prácticos en el contexto del tráfico y la movilidad urbana en el Cantón Loja. La investigación se basará en la aplicación de tecnologías innovadoras, como los semáforos inteligentes, para abordar los problemas identificados en el área de estudio.

#### **4.2. Evidencia Empírica**

La evidencia empírica se centra en temas como la eficiencia y beneficios de los semáforos inteligentes, los diferentes tipos de detectores de tráfico utilizados, las características de los semáforos inteligentes y su capacidad de adaptación a las condiciones de tráfico en tiempo real, la reducción de tiempos de espera y mejora de la seguridad vial, el impacto en la calidad de vida de los habitantes, la reducción de accidentes de tránsito y los casos exitosos de implementación de semáforos inteligentes en diferentes ciudades del mundo.

El tráfico vehicular es una fuente importante de contaminación ambiental y acústica en las zonas urbanas. La congestión del tráfico y los tiempos de espera en las intersecciones viales pueden aumentar significativamente las emisiones de gases contaminantes, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el monóxido de carbono (CO), el óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y las partículas finas. Según un estudio realizado por Domingo et al. (2015), los semáforos

inteligentes permiten una gestión más eficiente del tráfico vehicular, lo que se traduce en una reducción en las emisiones de gases contaminantes y en la mejora de la calidad del aire en las zonas urbanas.

Además, los semáforos inteligentes pueden contribuir a reducir el ruido generado por el tráfico vehicular, disminuyendo el nivel de ruido en las zonas urbanas. Abdulhai et al. (2016) mencionan que uno de los principales componentes de los semáforos inteligentes es el detector de tráfico, que puede ser de diferentes tipos, como sensores inductivos, cámaras de video, sensores de radar, entre otros. Estos detectores se utilizan para medir el volumen de tráfico, la velocidad de los vehículos y la presencia de peatones en las intersecciones.

Según Kosmatopoulos (2017), los semáforos inteligentes tienen la capacidad de ajustarse a las condiciones de tráfico en tiempo real. Utilizan sensores y algoritmos avanzados para analizar el flujo vehicular y peatonal en las intersecciones, lo que permite adaptar los tiempos de los ciclos de los semáforos, reducir los tiempos de espera de los conductores y mejorar la seguridad vial. Además, los semáforos inteligentes pueden utilizar sistemas de comunicación vehicular y peatonal, como el Dedicated Short-Range Communications (DSRC), que permite la comunicación entre los vehículos y los sistemas de gestión del tráfico. Los vehículos pueden enviar información sobre su ubicación y velocidad, y recibir información sobre el estado de los semáforos y las condiciones de tráfico en la vía.

Este enfoque dinámico conduce a una disminución de la congestión vehicular en las vías urbanas, ya que los tiempos de los ciclos se adaptan para mejorar la fluidez del tráfico, lo que a su vez reduce los tiempos de desplazamiento. En términos ambientales, la optimización del flujo vehicular a través de semáforos inteligentes también tiene un impacto positivo en la reducción de emisiones contaminantes. Al disminuir el tiempo de espera y la congestión vehicular en las intersecciones, se reduce la cantidad de emisiones producidas por los vehículos, contribuyendo así a un entorno más limpio y saludable.

Los semáforos inteligentes son sistemas de gestión de tráfico que utilizan tecnología avanzada para mejorar la eficiencia del tráfico vehicular y peatonal en áreas urbanas. Estos sistemas, también conocidos como semáforos adaptativos, aseguran que la circulación de vehículos y peatones sea lo más fluida posible (Larsson, 2018). La congestión del tráfico es un problema común en las zonas urbanas, que afecta tanto a los conductores como a los peatones. Los semáforos inteligentes pueden ayudar a mitigar este problema al reducir los

tiempos de desplazamiento y mejorar la seguridad vial.

Además, los semáforos inteligentes pueden integrar sistemas de comunicación vehicular y peatonal, lo que permite una comunicación más efectiva entre los usuarios de la vía y los sistemas de gestión del tráfico. Esto contribuye a una mayor seguridad y eficiencia en el tránsito. Los semáforos inteligentes funcionan mediante el uso de tecnologías avanzadas que les permiten adaptarse a las condiciones de tráfico en tiempo real. Estos sistemas pueden utilizar diferentes tipos de tecnologías para la detección del tráfico y la comunicación entre los usuarios de la vía y los sistemas de gestión del tráfico.

La implementación de semáforos inteligentes en la gestión del tráfico vehicular y peatonal trae consigo una serie de beneficios que mejoran la calidad de vida de los habitantes y contribuyen al desarrollo de las ciudades. Al adaptar los tiempos de los ciclos de los semáforos según las necesidades de cada momento y evitar situaciones de bloqueo, se maximiza la capacidad de las vías y se evitan cuellos de botella (Larsson, 2018).

Los accidentes de tránsito son un problema importante en las zonas urbanas y pueden tener graves consecuencias para la seguridad y la calidad de vida de los habitantes. Los semáforos inteligentes pueden contribuir a reducir el número de accidentes de tránsito y mejorar la seguridad vial al reducir los tiempos de espera y mejorar la eficiencia del tráfico vehicular (González et al., 2019).

Los semáforos inteligentes se pueden clasificar en tres tipos: semáforos con temporizadores, semáforos con sensores de vehículos y semáforos con cámaras. Los semáforos con temporizadores funcionan según un horario fijo y predecible, mientras que los semáforos con sensores de vehículos y cámaras utilizan tecnología avanzada para detectar vehículos y peatones y ajustar las señales en tiempo real (González et al., 2019).

La implementación de semáforos inteligentes ha sido exitosa en diferentes ciudades a nivel mundial, incluyendo algunas en América Latina. En Ecuador, existen ejemplos de éxito en la implementación de semáforos inteligentes en ciudades como Quito y Guayaquil. En Quito, se ha implementado un sistema de semáforos inteligentes en la intersección de las avenidas Amazonas y Naciones Unidas, lo que ha permitido reducir los tiempos de espera en los semáforos en un 30% (Municipio de Quito, 2019). En Guayaquil, se ha implementado un sistema similar en la avenida Francisco de Orellana, lo que ha permitido reducir los tiempos de espera en los semáforos en un 20% (Municipio de Guayaquil, 2017).

A nivel internacional, existen numerosos casos de éxito en la implementación de semáforos inteligentes. Por ejemplo, en Estambul, Turquía, un estudio realizado por Aktas et al. (2016) encontró que la implementación de semáforos inteligentes redujo en un 29% la tasa de accidentes de tránsito en las intersecciones. En Singapur, la Land Transport Authority (2017) implementó un sistema de semáforos inteligentes que utiliza tecnología de cámaras y radares para ajustar automáticamente los tiempos de los semáforos en función del tráfico vehicular en tiempo real. Como resultado, se ha logrado reducir los tiempos de espera en las intersecciones en un 25% y reducir los tiempos de viaje en un 10%.

En México, la Ciudad de León ha implementado un sistema de semáforos inteligentes en la zona del Poliforum, una de las más transitadas de la Ciudad. Según un informe del Municipio de León (2019), el sistema ha permitido reducir los tiempos de espera en los semáforos en un 40%, lo que ha mejorado la movilidad y ha reducido la contaminación en la zona. En la Ciudad de Xiamen, China, un estudio realizado por Wang, et al. (2019) indica que la implementación de semáforos inteligentes ha reducido en un 23% la tasa de accidentes de tránsito en las intersecciones. En la Ciudad de Ghent, Bélgica, un estudio realizado por Notebaert et al. (2018) analizó el impacto de los semáforos inteligentes en la congestión del tráfico en una red urbana. Los resultados mostraron que la implementación de estos semáforos redujo los tiempos de desplazamiento de los vehículos en un 15%.

Posteriormente, en la Ciudad de Nueva York, NYCDOT (2019) se implementó un sistema de semáforos inteligentes que utiliza sensores en las calles para monitorear el tráfico vehicular y ajustar los tiempos de los semáforos en consecuencia. Como resultado, se ha logrado reducir los tiempos de espera en las intersecciones en un 15% y mejorar la fluidez vehicular y peatonal. En Singapur, por ejemplo, se implementó un sistema de semáforos inteligentes en la zona del Central Business District que utiliza tecnología de inteligencia artificial para ajustar los tiempos de espera en los semáforos en función del tráfico en tiempo real. Según un informe de Land Transport Authority (2020), el sistema ha permitido reducir los tiempos de espera en los semáforos en un 25%, mejorando la fluidez del tráfico y reduciendo los niveles de congestión en la zona.

En Barcelona, se implementó un sistema de semáforos inteligentes que utiliza tecnología de cámaras y radares para ajustar los tiempos de los semáforos en función del tráfico vehicular y peatonal en tiempo real. Además, el sistema incluye una aplicación móvil

que permite a los usuarios verificar los tiempos de espera en las intersecciones y recibir alertas sobre el estado del tráfico. Como resultado, se ha conseguido reducir los tiempos de espera en las intersecciones en un 20% y mejorar la seguridad vial (Ayuntamiento de Barcelona, 2021). El Instituto de Tecnología del Transporte de la Universidad de Michigan define un semáforo inteligente como un sistema de control de tráfico que utiliza datos del tráfico y otra información para ajustar la configuración de los semáforos en tiempo real, con el objetivo de mejorar la circulación vehicular y peatonal (TIC., 2022). Estos sistemas pueden mejorar la seguridad, la comodidad y la eficiencia del transporte en áreas urbanas congestionadas.

Los casos de éxito en la implementación de semáforos inteligentes demuestran que esta tecnología puede ser una solución efectiva para mejorar la movilidad urbana y reducir los tiempos de espera en los semáforos. Además, el uso de la tecnología puede ser una herramienta clave para mejorar la calidad de vida de los habitantes de una ciudad. Varios estudios han realizado un análisis costo-beneficio de la implementación de semáforos inteligentes en diferentes contextos y escenarios. Por ejemplo, Notebaert et al. (2018) realizaron un estudio en la ciudad de Ghent, Bélgica, donde evaluaron el impacto económico y ambiental de los semáforos inteligentes en una red urbana. Los resultados mostraron que los semáforos inteligentes generaron un beneficio neto de 2.7 millones de euros por año, con una relación beneficio-costo de 1.6.

Otro ejemplo es el estudio de Domingo, Onieva et al. (2015) en la ciudad de Granada, España, donde estimaron los beneficios derivados de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub> y del número de accidentes de tránsito. Los resultados indicaron que los semáforos inteligentes produjeron un beneficio neto de 1.2 millones de euros por año, con una relación beneficio-costo de 1.3. Un estudio realizado por National Geographic (2018) comparó los resultados de los semáforos inteligentes con los semáforos convencionales en diferentes ciudades del mundo. Los resultados mostraron que los semáforos inteligentes generaron un beneficio neto de 3.2 millones de euros por año, con una relación beneficio-costo de 1.8.

Estos estudios demuestran que los semáforos inteligentes son una medida rentable y sostenible para mejorar la logística urbana, ya que generan beneficios económicos, sociales y ambientales para los usuarios del transporte y la sociedad en general. Sin embargo, también

se reconoce que existen factores que pueden influir en la efectividad y la viabilidad de los semáforos inteligentes, como el tipo y la calidad de la tecnología utilizada, el diseño y la configuración de la red vial, las condiciones meteorológicas y el comportamiento de los conductores y peatones (Kosmatopoulos, 2017). Por lo tanto, se requiere un análisis específico y adaptado a cada caso para determinar la conveniencia y el potencial de los semáforos inteligentes.

La implementación de semáforos inteligentes ha demostrado ser exitosa en varias ciudades alrededor del mundo. En León, México, un estudio de Xataka (2019) reveló que la implementación de semáforos inteligentes en la zona del Poliforum generó un beneficio neto de 2.1 millones de euros por año, con una relación beneficio-costo de 1.7. Además, un análisis realizado por Movimentistas (2020) en México mostró que los semáforos inteligentes generaron un beneficio neto promedio de 4.3 millones de euros por año, con una relación beneficio-costo promedio de 2.1. Estos beneficios se derivaron principalmente del ahorro de tiempo, combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>.

En la Comunidad de Madrid, un estudio de El Confidencial (2022) evaluó el impacto social y ambiental de los semáforos inteligentes en diferentes ciudades como Coslada, Fuenlabrada y Alcorcón. Los resultados indicaron que los semáforos inteligentes produjeron un beneficio neto de 1.5 millones de euros por año, con una relación beneficio-costo de 1.4.

Estos estudios demuestran que los semáforos inteligentes son una medida rentable y sostenible para mejorar la logística urbana, ya que generan beneficios económicos, sociales y ambientales para los usuarios del transporte y la sociedad en general. Sin embargo, también se reconoce que existen factores que pueden influir en la efectividad y la viabilidad de los semáforos inteligentes, como el tipo y la calidad de la tecnología utilizada, el diseño y la configuración de la red vial, las condiciones meteorológicas y el comportamiento de los conductores y peatones. Por lo tanto, se requiere un análisis específico y adaptado a cada caso para determinar la conveniencia y el potencial de los semáforos inteligentes.

## 5. Metodología

### 5.1. Aspectos Generales

La investigación se llevará a cabo en el sector urbano del Cantón Loja, ubicado en la provincia de Loja, al sur de Ecuador. Este sector está delimitado al norte por la calle Belisario Moreno, al sur por la calle Ángel Benigno Valarezo, al este por la Avenida Salvador Bustamante Celi y al oeste por la Avenida Manuel Carrión Pinzano. Geográficamente, se encuentra en las coordenadas 3°59'00"S 79°12'00"O, situándose en América del Sur y en el hemisferio sur. Como la ciudad más grande y poblada de la provincia de Loja, este sector se caracteriza por sus calles y avenidas de alta circulación vehicular y peatonal, lo que lo convierte en un área crítica para la movilidad y la seguridad vial.

Para llevar a cabo esta investigación, se emplearán diversas fuentes de información, incluyendo estudios previos, estadísticas de accidentes de tránsito, datos sobre la circulación vehicular y detalles sobre los costos de adquisición e instalación de semáforos inteligentes. Estos datos proporcionarán una base sólida para el análisis Costo-Beneficio que se realizará. El procedimiento de investigación implica la recopilación meticulosa de datos sobre el número de vehículos y accidentes de tránsito en el área de estudio. A través de análisis detallados, se evaluará la movilidad urbana en el Cantón Loja, considerando aspectos como los tiempos de desplazamiento y la seguridad vial. Estos datos servirán como insumos cruciales para el enfoque metodológico de análisis Costo-Beneficio que se aplicará en esta investigación.

El análisis Costo-Beneficio se realizará utilizando técnicas y herramientas económicas, estadísticas y financieras. Se estimarán con precisión los costos asociados con la implementación de semáforos inteligentes, así como los beneficios derivados de la mejora en la movilidad urbana y la reducción de los tiempos de desplazamiento. Además, se llevará a cabo una evaluación minuciosa de los posibles riesgos y oportunidades vinculadas con la implementación de esta tecnología innovadora. Este enfoque permitirá tomar decisiones informadas y garantizar una inversión eficaz de los recursos disponibles.

La metodología de esta investigación se basa en un enfoque analítico cuantitativo que implica la utilización de métodos específicos para desglosar el problema en componentes manejables y, posteriormente, analizar y evaluar cada elemento del análisis Costo-Beneficio de manera minuciosa. Para lograr esto, se emplearán dos métodos principales: el método



analítico y el método histórico. El método analítico se utilizará para descomponer el problema en partes más simples y manejables, permitiendo un análisis detallado de cada elemento del análisis Costo-Beneficio de forma individual y detallada. Este enfoque analítico permitirá una evaluación exhaustiva de los datos recopilados y garantizará la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos. Además, se utilizarán técnicas como el análisis de documentos para recopilar datos sobre el número de vehículos y accidentes de tránsito, proporcionando información relevante para el estudio.

Por otro lado, el método histórico se aplica para analizar datos y tendencias pasadas en relación con los accidentes de tránsito, la circulación vehicular y otros aspectos relevantes que pueden influir en el análisis Costo-Beneficio de la implementación de semáforos inteligentes. Esta perspectiva histórica permitirá identificar patrones y tendencias a lo largo del tiempo, ofreciendo una visión contextual valiosa para la investigación. Para recopilar datos sobre los costos de adquisición e instalación de semáforos inteligentes, se llevarán a cabo consultas a entidades gubernamentales pertinentes. Estos datos se someterán a un análisis cuidadoso utilizando software estadístico, lo que permitirá procesar información cuantitativa de manera eficiente y precisa. Además, se aplicarán técnicas de análisis económico para evaluar tanto los costos como los beneficios asociados con la implementación de semáforos inteligentes.

La comparación de datos históricos y actuales se realizará meticulosamente para identificar tendencias y patrones significativos en la movilidad urbana y la seguridad vial. Este enfoque cuantitativo permitirá analizar y cuantificar los costos y beneficios de la implementación de semáforos inteligentes, empleando datos numéricos, estadísticas y otras mediciones relevantes. Además, se utilizarán técnicas de evaluación de beneficios sociales, como el cálculo de la reducción de tiempos de espera en los semáforos y la disminución de accidentes, para obtener resultados precisos y cuantificables que respalden el análisis Costo-Beneficio de manera objetiva y confiable.

La naturaleza de la investigación se define como explicativa, ya que tiene como objetivo principal establecer una relación causa-efecto entre la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja y los beneficios que se derivan de su uso. Este enfoque permitirá identificar los factores que influyen en la mejora de la movilidad urbana y la reducción de los tiempos de desplazamiento, lo que a su vez facilitará la

formulación de una estrategia de implementación eficiente y rentable en términos de costos y beneficios.

En cuanto al diseño de investigación, se empleará un enfoque no experimental de tipo transversal. Este diseño implica la observación y medición de variables en su entorno natural, sin la manipulación intencional de las mismas. La elección de este diseño se justifica por la ética y la viabilidad práctica, ya que no sería apropiado ni ético manipular el entorno urbano del Cantón Loja para evaluar los costos y beneficios de la implementación de semáforos inteligentes. Además, los datos históricos y actuales sobre tráfico vehicular y peatonal en el Cantón Loja proporcionan una base sólida para llevar a cabo una evaluación detallada de los costos y beneficios asociados con los semáforos inteligentes.

En este análisis de Costo-Beneficio de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja, se considera la totalidad de los semáforos existentes en la zona. La población de estudio abarca todos los semáforos en el sector urbano del Cantón Loja, sin aplicar criterios de inclusión o exclusión. Esta decisión se basa en la necesidad de evaluar todos los semáforos para obtener una comprensión completa de los costos y beneficios de la implementación de semáforos inteligentes en comparación con los semáforos tradicionales.

## **5.2. Por objetivos**

### **Objetivo 1. Calcular el costo total de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del cantón Loja.**

La investigación descriptiva será fundamental para calcular el costo total de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja. Se utilizará un análisis univariado, un método estadístico que permite examinar una sola variable. En este caso, se analizará cada componente de costo por separado, lo que proporcionará información detallada sobre los costos de los diferentes elementos necesarios para la implementación de los semáforos inteligentes, como los equipos, la instalación y el mantenimiento.

Posteriormente, se llevará a cabo un análisis de Costo-Beneficio para determinar la viabilidad económica de la implementación de semáforos inteligentes en el Cantón Loja. Este análisis se alinea con la metodología Costo-Beneficio mencionada anteriormente, que tiene como objetivo medir la rentabilidad económica del proyecto, beneficiando directamente a la población del sector urbano del Cantón Loja.

Para obtener los datos necesarios para este análisis, se utilizará un estudio proporcionado por la Dirección de Movilidad Tránsito y Transporte Terrestre del Gobierno Autónomo Municipal de Loja. Este estudio incluirá detalles sobre los costos de los equipos, la instalación, el mantenimiento y otros costos asociados. Con esta información, se realizará un análisis detallado para calcular el costo total de la implementación, asegurando que los cálculos estén basados en datos locales relevantes y sean lo más precisos posible. Este enfoque garantiza un análisis riguroso y confiable, esencial para la toma de decisiones informadas.

**Objetivo 2. Determinar los beneficios de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del cantón Loja.**

Para cumplir el objetivo específico de determinar los beneficios de esta implementación, se utilizará un enfoque de investigación descriptivo. Este tipo de investigación se enfoca en la descripción de características, propiedades y relaciones entre variables, sin tratar de establecer causalidad. En este caso, se describirán los beneficios de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano de Loja, sin establecer una relación causal entre los mismos. Se emplearán pruebas de análisis univariado para examinar los beneficios de manera individual, sin compararlos con otros factores. Además, se utilizarán técnicas estadísticas y financieras para obtener resultados precisos y confiables en la evaluación de los beneficios. Además, se evaluarán los beneficios sociales derivados de la ejecución del proyecto, considerando como beneficiarios directos a los propietarios de los vehículos. Estos beneficiarios experimentarán ahorros anuales en combustible debido a la reducción del tiempo de recorrido en los sectores de intervención y ahorro por accidentes de tránsito gracias a la reducción de accidentes en las intersecciones intervenidas con semáforos inteligentes.

Para el análisis de costo-beneficio, se utilizará el método del valor actual neto (VAN). Esta técnica consiste en descontar los flujos de costos y beneficios futuros a una tasa de interés apropiada, para obtener el valor actual de la inversión. El VAN permitirá comparar los costos y beneficios de implementar semáforos inteligentes con los de mantener los semáforos tradicionales, y determinar si el proyecto es rentable o no.

El flujo financiero fiscal proyectado se calculará para un periodo de 10 años, y se analizarán indicadores financieros como la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación

Beneficio Costo (B/C). La TIR permitirá evaluar la rentabilidad del proyecto, mientras que la B/C determinará la cantidad monetaria obtenida por cada dólar invertido. El proyecto busca evaluar y justificar la inversión económica necesaria para la implementación de semáforos inteligentes, teniendo en cuenta el beneficio social que traerá a los habitantes de la ciudad en términos de mejora en movilidad, seguridad y calidad de vida. El análisis de Costo-Beneficio será fundamental para tomar decisiones informadas y determinar la viabilidad del proyecto.

**Objetivo 3. Proponer una estrategia de implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del cantón Loja, a fin de mejorar la movilidad urbana y reducir los tiempos de desplazamiento en la zona.**

Para cumplir el objetivo específico 3 se utilizará la guía metodológica "Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local" de Silva Lira et al. (2012). Esta metodología que se aplicará consta de siete fases como se muestra en la Tabla 1:

**Tabla 1. Metodología a Utilizar**

<b>Fases</b>	<b>Nombre</b>	<b>Detalle</b>
1	Diagnóstico participativo	Se recopilará información sobre la situación actual de la movilidad urbana en el Cantón Loja, identificando los problemas y oportunidades existentes.
2	Identificación y priorización de problemas	Jerarquizar los problemas identificados en la fase anterior, priorizando aquellos que tengan mayor impacto en la movilidad urbana y en la reducción de tiempos de desplazamiento en la zona. Para esto, se pueden utilizar técnicas como la matriz de análisis de problemas y la matriz de priorización de problemas.
3	Formulación de objetivos y estrategias	Definir los objetivos específicos de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja, y proponer estrategias para alcanzarlos. Se pueden utilizar técnicas como el árbol de problemas y el árbol de objetivos para la definición de objetivos y estrategias.
4	Diseño de programas y proyectos	Diseñar los programas y proyectos específicos para la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja. Se pueden utilizar técnicas como el marco lógico para el diseño de programas y proyectos.
5	Formulación de planes de acción	Definir las acciones específicas necesarias para implementar los programas y proyectos diseñados en la fase anterior. Se pueden utilizar técnicas como el cronograma de actividades.
6	Evaluación y seguimiento	Establecer mecanismos para monitorear y evaluar la implementación de los programas y proyectos, y su impacto en la movilidad urbana y la reducción de tiempos de desplazamiento en la zona. Se pueden utilizar técnicas como el sistema de indicadores para la evaluación y seguimiento.

<b>Fases</b>	<b>Nombre</b>	<b>Detalle</b>
7	Difusión y comunicación	Socializar los resultados de la implementación de los programas y proyectos con la comunidad y actores clave. Se pueden utilizar técnicas como la elaboración de materiales de difusión y la organización de eventos de socialización.

*Nota. Guía metodológica "Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local".*

Este proyecto de investigación se enfoca en la propuesta de programas y proyectos para la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja. Para ello, se utilizarán solo 4 fases de la metodología, se utilizará un enfoque descriptivo para recopilar información sobre la situación actual de la movilidad urbana, identificar problemas y oportunidades, formular objetivos y estrategias, y diseñar programas y proyectos específicos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta investigación es solo una etapa inicial y no implica la implementación directa de los programas y proyectos propuestos. Antes de ser puestos en marcha, estos deben ser evaluados, revisados y aprobados por las autoridades y actores pertinentes. Además, la implementación requeriría un proceso adicional con recursos y planificación adecuada.

La metodología que se utilizará para los cuatro primeros puntos del proyecto de investigación sobre la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja se puede desarrollar de la siguiente manera:

En la primera fase, el diagnóstico participativo, se llevarán a cabo varias actividades para recopilar información sobre la situación actual de la movilidad urbana en el Cantón Loja. Esto incluirá la revisión de documentos, informes y datos existentes. En la segunda fase, se utilizará el enfoque del Marco Lógico para identificar las actividades, insumos, productos, resultados e impactos esperados. Además, se establecerán indicadores de medición para cada nivel del marco lógico.

En la tercera fase, se identificarán y priorizarán los problemas relacionados con la movilidad urbana. Para ello, se elaborará una matriz de árbol de problemas para evaluar la gravedad, causas y consecuencias de cada problema detectado en el diagnóstico. Finalmente, en la cuarta fase, se formularán objetivos y estrategias para abordar los problemas identificados. Se construirán matrices de un árbol de objetivos y un árbol de estrategias que muestren los resultados esperados de la implementación de semáforos inteligentes.

## 6. Resultados

La información presentada a continuación es esencial para comprender la realidad de los resultados del proyecto de investigación sobre el análisis costo-beneficio de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja. Los datos sobre la población, el parque automotor, la red vial y la situación actual de la infraestructura de semáforos proporcionan el contexto necesario para entender la relevancia y el alcance del proyecto. La creciente población y el aumento del parque automotor generan desafíos significativos en la movilidad urbana, y la implementación de semáforos inteligentes se presenta como una medida para abordar estos desafíos y mejorar la circulación vehicular y peatonal, así como la seguridad vial en la zona. Los resultados del análisis costo-beneficio y la propuesta de estrategia de implementación estarán respaldados por estos datos, lo que permitirá tomar decisiones informadas para lograr una infraestructura vial adecuada y sostenible para atender las necesidades de la creciente población urbana en el Cantón Loja.

El proyecto de intervención se enfoca en la implementación de una nueva semaforización inteligente en la ciudad. Actualmente, el casco central cuenta con un 42,69% de intersecciones con semáforos de última generación y tecnología LED. Estos semáforos se instalaron en 2013 y mejoraron en parte la seguridad vial, especialmente para peatones, al incorporar semáforos peatonales dinámicos con cronómetros en decremento.

El área de intervención abarca 150 intersecciones con un promedio de 600 semáforos, limitada al norte por la calle Belisario Moreno, al sur por la calle Ángel Benigno Valarezo, al oriente por la Av. Salvador Bustamante Celi y al occidente por la Av. Manuel Carrión Pinzano. El objetivo principal es mejorar la circulación vehicular y peatonal en estas zonas.

Con este proyecto se busca continuar avanzando en el desarrollo y la modernización de su infraestructura vial, lo que incluye la implementación de la semaforización inteligente en las intersecciones a intervenir. Esto contribuirá a facilitar la movilidad de los habitantes y visitantes, así como a mejorar la seguridad en las vías.

La población de la ciudad de Loja es de aproximadamente 180.617 habitantes en su zona urbana. Se ha calculado una población de 253.761 habitantes para el año 2023, lo que resalta la importancia de contar con una infraestructura vial adecuada para atender a la creciente población.

**Tabla 2.** *Proyecciones de la Población de la Provincia, Cantón y Sector Urbano de Loja*

<b>Año</b>	<b>Provincia Loja</b>	<b>Cantón Loja</b>	<b>Sector Urbano Loja</b>
2010	448.966	214.855	180.617
2011	454.129	219.732	185.403
2012	459.352	224.720	190.317
2013	464.634	229.821	195.360
2014	469.977	235.038	200.537
2015	475.382	240.374	180.618
2016	480.849	245.830	211.306
2017	486.379	214.856	180.618
2018	491.972	257.117	222.654
2019	497.630	262.954	228.554
2020	503.353	268.923	234.611
2021	509.141	275.028	180.618
2022	514.996	281.271	247.210
2023	520.919	287.656	253.761

*Nota: Información del INEC último censo (2010) proyectado al año 2023.*

La población del sector urbano de Loja representa el 84,06% del total del cantón Loja, y el 40,23% del total de la provincia de Loja.

En cuanto a la red vial, esta constituye una trama reticular que caracteriza a la ciudad y facilita el flujo de vehículos y peatones. Es necesario mantener y mejorar esta red para optimizar la movilidad urbana y minimizar el impacto ambiental. Para enfrentar el problema de la contaminación atmosférica, se debe promover medios de transporte sostenibles, fomentando el uso del transporte público y la movilidad no motorizada, como bicicletas y caminar. Asimismo, es fundamental promover prácticas de conducción responsables y educar a la comunidad sobre la importancia de cuidar el medio ambiente.

**Tabla 3.** *Red Vial de la Ciudad de Loja*

<b>No.</b>	<b>Red Vial Actual</b>	<b>Kilómetros Actuales</b>
1	Red local	28,4637
2	Red arterial	194,9176
3	Red expresa	46,8227
<b>Total</b>		<b>270,204</b>

*Nota: Información obtenida de la Dirección de Movilidad Tránsito y Transporte Terrestre de Loja.*

El aumento acelerado del parque automotor y la concentración de actividades en el centro de la ciudad generan una mayor presión sobre el tráfico, lo que resulta en una emisión significativa de gases contaminantes que afectan la calidad del aire. A su vez, el crecimiento del parque automotor también provoca ruido, vibraciones y caos en el tránsito y transporte

urbano. Es fundamental considerar los datos del parque automotor en el contexto de este proyecto; durante los últimos tres años, se han matriculado aproximadamente 70.757 vehículos en la provincia de Loja. Sin embargo, es importante destacar que la mayoría de estos registros es porque la mayoría de los ciudadanos optan por matricular en otros cantones de la provincia, debido a que Loja cuenta con equipos modernos de revisión. Por lo tanto, para este proyecto, se tendrán en cuenta los vehículos matriculados en la provincia, según los datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Censos.

**Tabla 4.** *Parque Automotor en la Provincia de Loja*

<b>Vehículos Matriculados Según Tipo de Vehículo Año 2021</b>		
<b>Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Automóvil	22.415	32%
Autobús	733	1%
Camión	3.220	5%
Camioneta	15.277	22%
Furgoneta	917	1%
SUV	13.443	19%
Motocicleta	13.970	20%
Tanquero	54	0%
Tráiler	227	0%
Volqueta	381	1%
Otra Clase	120	0%
<b>Total</b>	<b>70.757</b>	<b>100%</b>

*Nota: Información del INEC año (2021).*

En la provincia de Loja, se ha observado una tasa de crecimiento promedio del parque automotor del 3,25%, según datos proporcionados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Con base en esta tasa, se estima que en el año 2021 el número de vehículos circulando diariamente dentro del cantón es de 70.757. Al proyectar esta tendencia, se espera que para el año 2023 el parque automotor alcance los 75.431 vehículos.

**Tabla 5.** *Proyección Vehicular*

<b>Provincia</b>	<b>Año 2021</b>	<b>Año 2022</b>	<b>Año 2023</b>
<b>Loja</b>	70.757	73.057	75.431

*Nota: Información del MTO sobre la tasa de crecimiento vehicular e información de la tabla 4.*

Las variables utilizadas que permiten medir el impacto económico del proyecto están dadas por las variaciones de los costos y beneficios del sistema:

- Ahorro en costos generados por accidentes de tránsito en los que incurren los habitantes del sector urbano del cantón Loja.



- Ahorro en combustible.
- Cuantificación de los empleos temporales directos e indirectos, empleos permanentes, que corresponden a la operación del sistema y los derivados de la industria automotriz, sobre la base de mano de obra calificada y no calificada.
- Los costos contemplados corresponden a la inversión en infraestructura y equipos.
- La evaluación económica, se obtuvo mediante los indicadores de Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio Costo.

La implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja es una iniciativa que busca mejorar la movilidad urbana y reducir los tiempos de espera en las intersecciones. Para determinar si esta medida es viable, es necesario llevar a cabo un análisis de costo-beneficio que permita evaluar los costos y beneficios asociados a su implementación. En este proyecto, se calculará el costo total de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja, se determinarán los beneficios que esta medida puede aportar y se propondrá una estrategia de implementación para mejorar la movilidad urbana. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de los objetivos específicos planteados.

### **6.1. Objetivo Específico 1**

*Calcular el costo total de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja.*

La implementación de semáforos inteligentes es una estrategia que busca optimizar la movilidad, incrementar la seguridad y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Sin embargo, esta estrategia implica una inversión que debe ser evaluada y justificada. Por lo tanto, el primer objetivo de este trabajo es calcular el costo total de dicha implementación en el sector urbano del Cantón Loja. Para determinar los requerimientos de controladores de tráfico, equipos de comunicación, software de control y sistema informático, se realizó un análisis detallado de las 150 intersecciones ya semaforizadas en el sector. Cada intersección cuenta con un promedio de 600 semáforos que requieren una actualización tecnológica para optimizar la movilidad y seguridad.

Se identificó la necesidad de 50 controladores de tráfico de 8 grupos (Gama Media) para ciertas intersecciones que requieren un control de tráfico más riguroso. Además, se determinó la necesidad de 29 controladores de tráfico de 6 grupos (Gama Baja) para

intersecciones donde se necesita un control más básico pero eficaz. En cuanto a los equipos de comunicación, se requieren 79 radios de RF 900Mhz TX/RX para garantizar una comunicación efectiva entre los semáforos y el centro de control. Adicionalmente, se necesitan 4 troncales RF para establecer una comunicación robusta y redundante en todo el sistema.

En relación al software de control de semaforización, se busca una solución especializada que centralice la gestión de todos los semáforos. Este software es crucial para la coordinación eficiente del tráfico y la adaptación dinámica a las condiciones cambiantes de la vía. Finalmente, en cuanto al sistema informático y el equipamiento necesario, se han identificado requerimientos específicos que incluyen servidores, almacenamiento compartido, software de control y gestión, equipo de sala de monitoreo, sistemas de energía ininterrumpida, entre otros. Estos componentes son esenciales para respaldar el sistema centralizado y asegurar su funcionamiento óptimo y continuo.

Las cotizaciones para este proyecto se obtuvieron de la Dirección de Movilidad Tránsito y Transporte Terrestre de Loja, basándose en información de proyectos anteriores. Aunque no se dispone de cotizaciones directas, la consulta con expertos y una cuidadosa estimación de costos permitieron obtener una aproximación razonable de los precios de los componentes necesarios. Al presentar el análisis costo-beneficio, es crucial ser transparente sobre la naturaleza de estas estimaciones y los métodos empleados para obtenerlas. Estas cifras son aproximadas y se basan en la experiencia previa.

Además, es importante destacar que antes de la implementación final del proyecto, es necesario llevar a cabo un proceso de compras públicas. Este proceso permitirá obtener cotizaciones oficiales y detalladas, proporcionando una imagen más precisa del costo total del proyecto. Este paso es esencial y debe ser llevado a cabo por el ente competente para garantizar la transparencia y la eficacia del gasto público.

Para el presente proyecto la Evaluación Económica y Financiera se la efectuó utilizando la metodología Costo-Beneficio, con el objeto de medir la rentabilidad económica del proyecto.

Se determina los siguientes supuestos para el cálculo de los indicadores de los costos:

- Los costos, a lo largo de la evaluación del proyecto, son proyectados a precios reales tomando como referencia el año cero, considerando la inflación de acuerdo con lo que indica la metodología de cálculo para los indicadores económicos o financieros.
- El horizonte de evaluación del proyecto de 10 años está en correspondencia con la vida útil de los equipos a utilizarse, de acuerdo a la norma de depreciación de activos fijos establecida en el país.
- Por tratarse de un proyecto netamente social, y por estar dirigido directamente a la población del sector urbano del cantón Loja e indirectamente a quienes visitan la ciudad, no se establece tarifa alguna por la implementación de los dispositivos de control.
- Los costos de inversión se calculan en base al presupuesto para la adquisición de materiales y equipos de acuerdo con el diseño de intervención por intersección; así como por gastos generales para la operatividad del proyecto.

La tabla 6 presentada detalla la inversión total necesaria para llevar a cabo el proyecto de implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja. A continuación, se detalla cada componente y su costo individual para una comprensión más detallada del alcance financiero del proyecto.

**Tabla 6. Inversión Total del Proyecto**

Descripción	Unidad	Cantidad	P.U	P.TOTAL	CON I.V.A.
<b>1. Adquisición de controladores de tráfico.</b>					
1.1. Controlador de Trafico 8 Grupos Gama Media	u	50	2.400,00	120.000,00	134.400,00
1.2. Controlador de Trafico 6 Grupos Gama Baja	u	29	1.200,00	34.800,00	38.976,00
<b>Subtotal</b>				<b>154.800,00</b>	<b>173.376,00</b>
<b>2. Compra de equipos de comunicación.</b>					
2.1. Radio de RF 900Mhz TX/RX	u	79	985,00	77.815,00	87.152,80
2.2. Troncal RF	u	4	2.835,00	11.340,00	12.700,80
<b>Subtotal</b>				<b>89.155,00</b>	<b>99.853,60</b>
<b>3. Adquisición de software para control de semaforización.</b>					
5.1. Software para Control de Semaforización	u	1	35.000,00	35.000,00	39.200,00
<b>Subtotal</b>				<b>35.000,00</b>	<b>39.200,00</b>
<b>4. Sistema informático necesario para funcionamiento del sistema centralizado.</b>					
6.1. Centro de gestión, de control de tráfico, Ingeniería y Software de Control y gestión Administrativa	u	1	262.000,00	262.000,00	293.440,00
<b>Subtotal</b>				<b>262.000,00</b>	<b>293.440,00</b>

Descripción	Unidad	Cantidad	P.U	P.TOTAL	CON I.V.A.
<b>5. Infraestructura para centro de operaciones.</b>					
7.1. Servidores (Que permitan formar un clúster de alta disponibilidad)	u	3	4.087,00	12.261,00	13.732,32
7.2. Equipo para almacenamiento compartido (Storage)	u	1	14.510,00	14.510,00	16.251,20
7.3. Servidor IBM Controlador de dominio	u	1	2.937,00	2.937,00	3.289,44
7.4. Servidor para Gateway	u	1	6.528,00	6.528,00	7.311,36
7.5. Rack	u	1	6.957,00	6.957,00	7.791,84
7.6. Software para firewall	u	1	64.297,00	64.297,00	72.012,64
7.7. Software para virtualización	u	1	11.647,00	11.647,00	13.044,64
7.8. Equipamiento de sala de monitoreo	u	1	24.431,27	24.431,27	27.363,02
7.9. Software para servidores	u	1	9.211,00	9.211,00	10.316,32
7.10. Sistema de Climatización de Precisión	u	1	49.981,05	49.981,05	55.978,78
7.11. Sistema de Gestión y Monitoreo	u	1	3.638,89	3.638,89	4.075,56
7.12. Pintura Antiestática	u	1	2.036,02	2.036,02	2.280,34
7.13. Sistema de Energía Ininterrumpida-Ups	u	1	69.651,63	69.651,63	78.009,83
<b>Subtotal</b>			<b>269.912,86</b>	<b>278.086,86</b>	<b>311.457,28</b>
<b>Total</b>				<b>819.041,86</b>	<b>917.326,88</b>

*Nota: Información obtenida de la Dirección de Movilidad Tránsito y Transporte Terrestre de Loja, Gobierno Autónomo Municipal de Loja.*

La tabla 6 muestra la inversión total del proyecto de implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja. Se puede interpretar de la siguiente manera:

- El proyecto requiere de cinco rubros para su ejecución: adquisición de controladores de tráfico, compra de equipos de comunicación, adquisición de software para control de semaforización, sistema informático necesario para funcionamiento del sistema centralizado e infraestructura para centro de operaciones.
- Cada rubro tiene varios ítems que especifican la descripción, la unidad, la cantidad, el precio unitario y el precio total sin IVA y con IVA de cada componente necesario para el proyecto.
- El precio total sin IVA se obtiene multiplicando la cantidad por el precio unitario de cada ítem y sumando los resultados de cada rubro.
- El precio total con IVA se obtiene aplicando un porcentaje del 12% al precio total sin IVA de cada ítem y sumando los resultados de cada rubro.
- El precio total del proyecto sin IVA es de \$819.041,86 y el precio total del proyecto con IVA es de \$917.326,88.

Tras analizar detalladamente la inversión total del proyecto de implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja, es esencial considerar los costos de operación y mantenimiento que surgirán durante su ejecución para garantizar su funcionamiento óptimo y sostenible. Aunque el enfoque principal hasta ahora ha sido la adquisición de los equipos y la infraestructura necesaria, es crucial tener en cuenta que una vez implementado, el proyecto requerirá un presupuesto específico para cubrir los gastos operativos y de mantenimiento mensuales. Estos costos incluyen el personal necesario para el control y operación del sistema, así como los suministros e instalaciones para mantenerlo en condiciones óptimas. Así, la combinación de una inversión sólida y una gestión efectiva de los costos de operación y mantenimiento permitirá asegurar el éxito y la eficiencia a largo plazo de este proyecto innovador y beneficioso para el Cantón Loja.

**Tabla 7.** *Presupuesto de Operación y Mantenimiento*

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total Mensual	Costo Total
<b>Costos de Operación</b>					
1	Ingeniero Electrónica y Telecomunicaciones	1	1.086,00	1.086,00	8.688,00
2	Encargado de Personal Operativo	1	860,00	860,00	6.880,00
3	Personal Operativo	3	620,00	1.860,00	14.880,00
<b>Costos de Mantenimiento</b>					
4	Suministros e Instalaciones Varias	20	750,00	15.000,00	120.000,00
<b>Total</b>					<b>\$ 150.448,00</b>

*Nota. Información obtenida de la Dirección de Movilidad Tránsito y Transporte Terrestre de Loja.*

En la tabla 7 muestra el presupuesto de operación y mantenimiento de un proyecto que involucra semáforos inteligentes. Se puede interpretar de la siguiente manera:

- El proyecto requiere de cuatro ítems para su funcionamiento: un ingeniero de electrónica y telecomunicaciones, un encargado de personal operativo, tres personas de personal operativo y suministros e instalaciones varias.
- Cada ítem tiene una cantidad, un costo unitario y un costo total mensual. El costo total mensual se obtiene multiplicando la cantidad por el costo unitario.
- El costo total del proyecto se obtiene sumando los costos totales mensuales de cada ítem y multiplicando por ocho, que es el número de meses que dura el proyecto.
- El costo total del proyecto es de \$ 150.448,00.

Cabe mencionar que, en este proyecto de implementación de semáforos inteligentes, no se trata de la instalación de semáforos nuevos, sino de la mejora tecnológica de los semáforos ya existentes en el Cantón Loja. Además, no será necesario adquirir licencias o permisos adicionales, ya que el Gobierno Autónomo Municipal de Loja ejerce la regulación del tráfico en el cantón. La programación y capacitación del personal forman parte integral de la adquisición de los equipos, y la instalación será realizada por especialistas de la Dirección de Movilidad Tránsito y Transporte Terrestre de Loja.

El presupuesto de operación y mantenimiento detallado anteriormente, que asciende a un total de \$150.448,00, será administrado y ejecutado por especialistas de la Dirección de Movilidad Tránsito y Transporte Terrestre de Loja. Estos expertos se encargarán de supervisar y coordinar los aspectos operativos y de mantenimiento del sistema de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja. La asignación de fondos y la gestión eficiente de los recursos se realizarán bajo la supervisión de la entidad competente, garantizando así el funcionamiento óptimo y sostenible del proyecto a lo largo del tiempo. Este enfoque permite asegurar la continuidad y eficiencia del sistema, manteniendo los estándares de seguridad y calidad de vida para los habitantes de la ciudad, así como para aquellos que visitan el Cantón Loja.

## **6.2. Objetivo Especifico 2**

*Determinar los beneficios de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja.*

La implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja es una propuesta que busca mejorar la movilidad, la seguridad y la calidad de vida de los habitantes de esta ciudad. Sin embargo, para justificar la viabilidad y conveniencia de esta propuesta, es necesario determinar los beneficios que se obtendrían con su ejecución. Por ello, se emplearán técnicas estadísticas y financieras para obtener resultados precisos y confiables en la evaluación de los beneficios.

Para determinar los beneficios sociales derivados de la ejecución del proyecto, se consideró como beneficiarios directos a los propietarios de los 75.431 vehículos matriculados según la proyección al año 2023 en la provincia de Loja, que, al contar con semáforos en intersecciones de mayor congestión vehicular, ahorran anualmente \$ 578.164,88 por

concepto de: combustible debido a la reducción de tiempo de recorrido en los sectores de intervención y ahorro por accidentes de tránsito.

A continuación, se examinarán los datos mes a mes de los accidentes de tránsito en el sector urbano del cantón Loja.

**Tabla 8.** *Número de Accidentes del Sector Urbano del Cantón Loja*

<b>Mes</b>	<b># de Accidentes</b>
Enero	32
Febrero	33
Marzo	47
Abril	44
Mayo	42
Junio	46
Julio	51
Agosto	44
Septiembre	39
Octubre	53
Noviembre	40
Diciembre	46
<b>Total</b>	<b>517</b>

*Nota. Información obtenida de la Unidad de Control Operativo de Tránsito del año 2022*

La tabla 8 muestra el número de accidentes registrados en cada mes durante el año 2022. Cada mes tiene una cifra asociada que representa la cantidad de accidentes ocurridos en ese periodo. En total, a lo largo del año se registraron 517 accidentes.

La tabla 9 destaca la relevancia de la implementación de los semáforos inteligentes como una medida efectiva para mejorar la seguridad vial en el sector urbano del Cantón Loja, lo que se traduce en significativos ahorros económicos debido a una reducción en la cantidad de accidentes.

**Tabla 9.** *Ahorro por accidentes de tránsito*

<b>Año</b>	<b>Parque Automotor</b>	<b>N° de Accidentes en Sector Urbano del Cantón Loja</b>	<b>N° de Accidentes en Intersecciones a Intervenir</b>	<b>Gastos Promedio Anual por Accidente</b>	<b>Gasto Anual</b>	<b>Ahorro Anual</b>
<b>2023</b>	75431	517	310	\$ 3.000,00	\$ 930.600,00	\$ 186.120,00
<b>2024</b>	81398	527	316	\$ 3.120,00	\$ 987.180,48	\$ 197.436,10
<b>2025</b>	87836	538	323	\$ 3.244,80	\$ 1.047.201,05	\$ 209.440,21
<b>2026</b>	94784	549	329	\$ 3.374,59	\$ 1.110.870,88	\$ 222.174,18
<b>2027</b>	102281	560	336	\$ 3.509,58	\$ 1.178.411,83	\$ 235.682,37
<b>2028</b>	110372	571	342	\$ 3.649,96	\$ 1.250.059,27	\$ 250.011,85

<b>2029</b>	119102	582	349	\$ 3.795,96	\$ 1.326.062,87	\$ 265.212,57
<b>2030</b>	128523	594	356	\$ 3.947,80	\$ 1.406.687,49	\$ 281.337,50
<b>2031</b>	138689	606	363	\$ 4.105,71	\$ 1.492.214,09	\$ 298.442,82
<b>2032</b>	149660	618	371	\$ 4.269,94	\$ 1.582.940,71	\$ 316.588,14
<b>2033</b>	161498	630	378	\$ 4.440,73	\$ 1.679.183,50	\$ 335.836,70

*Nota. Información obtenida de las tablas 5 y 8*

En el año 2023, el parque automotor en la provincia de Loja es de 75.431 vehículos. Durante este año, se registraron 517 accidentes de tránsito en el sector urbano del cantón Loja (se consideran los accidentes del año 2022 ya que aún no hay información de este año), de los cuales el 60% (310 accidentes) ocurrieron en las intersecciones a intervenir. El costo promedio por accidente de tránsito fue de \$3.000, lo que incluye daños materiales, atención médica, seguros y otros gastos asociados. Por lo tanto, el gasto total anual debido a los accidentes de tránsito en el sector urbano del cantón Loja durante el año 2023 fue de \$930.600,00. Sin embargo, se estima que se ahorrarán \$186.120,00 durante el año 2023 gracias a la intervención con semaforización inteligente, lo que representa una reducción en los gastos totales debido a los accidentes.

La tabla 10 proporciona una evaluación detallada de los ahorros en combustible que se obtendrían como resultado de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja.



**Tabla 10. Beneficio por Ahorro en Combustible**

<b>Año</b>	<b>Parque Automotor</b>	<b>Costo de Combustible por Litro</b>	<b>Recorrido de Kilómetros por Litro con Mayor Tráfico</b>	<b>Recorrido de Kilómetros por Litro con Menor Tráfico</b>	<b>Valor de Combustible por Kilómetro Recorrido con Mayor Tráfico</b>	<b>Valor de Combustible por Kilómetro Recorrido con Menor Tráfico</b>	<b>Kilómetros Recorridos</b>	<b>Costo por Kilómetros de Recorrido con Mayor Tráfico</b>	<b>Costo por Kilómetros de Recorrido con Menor Tráfico</b>	<b>Ahorro por Recorrido Diario</b>	<b>Ahorro por Recorrido Anual por Vehículo</b>	<b>Ahorro Total por Recorrido Anual</b>
<b>2023</b>	75431	\$ 0,63	11,50	11,60	\$ 0,06	\$ 0,055	33	\$ 1,82	\$ 1,81	\$ 0,02	\$ 4,90	\$ 369.642,31
<b>2024</b>	81398	\$ 0,63	11,50	11,60	\$ 0,06	\$ 0,055	33	\$ 1,82	\$ 1,81	\$ 0,02	\$ 4,90	\$ 398.881,02
<b>2025</b>	87836	\$ 0,63	11,50	11,60	\$ 0,06	\$ 0,055	33	\$ 1,82	\$ 1,81	\$ 0,02	\$ 4,90	\$ 430.432,51
<b>2026</b>	94784	\$ 0,63	11,50	11,60	\$ 0,06	\$ 0,055	33	\$ 1,82	\$ 1,81	\$ 0,02	\$ 4,90	\$ 464.479,72
<b>2027</b>	102281	\$ 0,63	11,50	11,60	\$ 0,06	\$ 0,055	33	\$ 1,82	\$ 1,81	\$ 0,02	\$ 4,90	\$ 501.220,06
<b>2028</b>	110372	\$ 0,63	11,50	11,60	\$ 0,06	\$ 0,055	33	\$ 1,82	\$ 1,81	\$ 0,02	\$ 4,90	\$ 540.866,57
<b>2029</b>	119102	\$ 0,63	11,50	11,60	\$ 0,06	\$ 0,055	33	\$ 1,82	\$ 1,81	\$ 0,02	\$ 4,90	\$ 583.649,12
<b>2030</b>	128523	\$ 0,63	11,50	11,60	\$ 0,06	\$ 0,055	33	\$ 1,82	\$ 1,81	\$ 0,02	\$ 4,90	\$ 629.815,76
<b>2031</b>	138689	\$ 0,63	11,50	11,60	\$ 0,06	\$ 0,055	33	\$ 1,82	\$ 1,81	\$ 0,02	\$ 4,90	\$ 679.634,19
<b>2032</b>	149660	\$ 0,63	11,50	11,60	\$ 0,06	\$ 0,055	33	\$ 1,82	\$ 1,81	\$ 0,02	\$ 4,90	\$ 733.393,25
<b>2033</b>	161498	\$ 0,63	11,50	11,60	\$ 0,06	\$ 0,055	33	\$ 1,82	\$ 1,81	\$ 0,02	\$ 4,90	\$ 791.404,66

*Nota. Información obtenida de la tabla 5 y de la Dirección de Movilidad Tránsito y Transporte Terrestre de Loja*

La tabla 10 muestra información relacionada con el beneficio por ahorro en combustible en el sector urbano del cantón Loja. Se refiere al número de vehículos registrados en la provincia de Loja para el año 2023, que es de 75.431. El costo de combustible por litro indica el precio del combustible por litro, que es de \$0,63 (regla de 3 del precio de un galón para calcular el valor del litro). El recorrido de kilómetros por litro con mayor tráfico, es la cantidad de kilómetros que se pueden recorrer con un litro de combustible en condiciones de mayor tráfico, que es de 11,50 km. Recorrido de kilómetros por litro con menor tráfico, es la cantidad de kilómetros que se pueden recorrer con un litro de combustible en condiciones de menor tráfico, que es de 11,60 km. Valor de combustible por kilómetro recorrido con mayor tráfico, indica el costo de combustible por kilómetro recorrido en condiciones de mayor tráfico, que es de \$0,06 (se calcula dividiendo el costo del combustible por litro para el recorrido de kilómetros por litro con mayor tráfico). El valor de combustible por kilómetro recorrido con menor tráfico indica el costo de combustible por kilómetro recorrido en condiciones de menor tráfico, que es de \$0,055 (se calcula dividiendo el costo del combustible por litro para el recorrido de kilómetros por litro con menor tráfico). En promedio un vehículo recorre al día aproximadamente 33 km información obtenida de la Dirección de Movilidad Tránsito y Transporte Terrestre de Loja sobre flujos vehiculares. Asimismo, el costo por kilómetros de recorrido con mayor tráfico que es de \$1,82 (es el resultado de dividir el valor de combustible por kilómetro recorrido con mayor tráfico para los kilómetros recorridos). De igual manera se realiza el mismo para el costo por kilómetros de recorrido con menor tráfico: que es de \$1,81. El ahorro por recorrido diario indica el ahorro estimado por cada recorrido diario, que es de \$0,02 (es la resta del costo por kilómetros de recorrido con mayor tráfico menos costo por kilómetros de recorrido con menor tráfico). El ahorro por recorrido anual por vehículo representa el ahorro estimado por cada vehículo en un año, que es de \$4,90 (se obtiene del producto del ahorro por recorrido diario por 26 días del mes considerados de mayor movilidad. Y finalmente el ahorro total por recorrido anual que es el ahorro total estimado por el recorrido anual de todos los vehículos, que asciende a \$369.642,31 (es el producto entre el ahorro total por recorrido anual y el parque automotor).

**Tabla 11. Beneficios Totales**

<b>AÑO</b>	<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>ACCIDENTES</b>	<b>AHORRO TOTAL</b>
<b>2023</b>	\$ 369.642,31	\$ 186.120,00	\$ 555.762,31
<b>2024</b>	\$ 398.881,02	\$ 197.436,10	\$ 596.317,11
<b>2025</b>	\$ 430.432,51	\$ 209.440,21	\$ 639.872,72
<b>2026</b>	\$ 464.479,72	\$ 222.174,18	\$ 686.653,89
<b>2027</b>	\$ 501.220,06	\$ 235.682,37	\$ 736.902,43
<b>2028</b>	\$ 540.866,57	\$ 250.011,85	\$ 790.878,42
<b>2029</b>	\$ 583.649,12	\$ 265.212,57	\$ 848.861,69
<b>2030</b>	\$ 629.815,76	\$ 281.337,50	\$ 911.153,26
<b>2031</b>	\$ 679.634,19	\$ 298.442,82	\$ 978.077,01
<b>2032</b>	\$ 733.393,25	\$ 316.588,14	\$ 1.049.981,40
<b>2033</b>	\$ 791.404,66	\$ 335.836,70	\$ 1.127.241,36

*Nota. Información obtenida de las tablas 9 y 10*

La tabla 11 muestra los beneficios sociales obtenidos en dos categorías: combustible y accidentes. Los beneficios relacionados con el combustible durante el año 2023 representan \$369.642,31. Este valor representa el ahorro total en costos de combustible debido a medidas o mejoras implementadas en los semáforos en el sector urbano del cantón Loja. Y los beneficios relacionados con la reducción de accidentes durante el año 2023 suman \$186.120,00. Este valor indica el ahorro en términos de costos asociados a los accidentes de tránsito, como daños materiales, atención médica, seguros, entre otros. El total de los beneficios obtenidos durante el año 2023, considerando tanto el ahorro en combustible como el ahorro por reducción de accidentes, ascendió a \$555.762,31.

Estos beneficios representan una mejora económica y una reducción de los costos asociados al combustible y los accidentes en el sector urbano del cantón Loja durante ese año y sus respectivas proyecciones.

**Vida útil:**

La vida útil del proyecto es de 10 años.

*Flujo Financiero Fiscal*

**Tabla 12. Flujo de Caja**

<b>Rubros</b>	<b>Años</b>										
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Ingresos</b>											
Beneficio Social	0	596317,11	639872,72	686653,89	736902,43	790878,42	848861,69	911153,26	978077,01	1049981,40	1127241,36
Valor Residual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ingresos Totales</b>	<b>0</b>	<b>596317,11</b>	<b>639872,72</b>	<b>686653,89</b>	<b>736902,43</b>	<b>790878,42</b>	<b>848861,69</b>	<b>911153,26</b>	<b>978077,01</b>	<b>1049981,40</b>	<b>1127241,36</b>
<b>Egresos o Costos</b>											
<b>Inversión</b>	<b>917326,88</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos de Operación y Mantenimiento (sin depreciación)		150448,00	165492,80	182042,08	200246,29	220270,92	242298,01	266527,81	293180,59	322498,65	354748,51
<b>Egresos Totales</b>	<b>917326,88</b>	<b>150448,00</b>	<b>165492,80</b>	<b>182042,08</b>	<b>200246,29</b>	<b>220270,92</b>	<b>242298,01</b>	<b>266527,81</b>	<b>293180,59</b>	<b>322498,65</b>	<b>354748,51</b>
<b>FNC (I - C)</b>	<b>- 917326,88</b>	<b>445869,11</b>	<b>474379,92</b>	<b>504611,81</b>	<b>536656,14</b>	<b>570607,51</b>	<b>606563,68</b>	<b>644625,45</b>	<b>684896,42</b>	<b>727482,75</b>	<b>772492,85</b>

*Nota. Información obtenida de las tablas 7 y 11*

La tabla 12 muestra el flujo de caja proyectado para el proyecto de implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja, para un periodo de 10 años. La tabla presenta los siguientes rubros:

- Ingresos: son los beneficios económicos que se obtienen por el proyecto, tanto por el beneficio social como por el valor residual. El beneficio social es el ahorro generado por la reducción del tiempo de viaje y el consumo de combustible. El valor residual es el valor de mercado de los semáforos al final del periodo de análisis. En este caso, se asume que el valor residual es cero.
- Egresos o costos: son los desembolsos que se realizan para ejecutar el proyecto, tanto por la inversión inicial como por los costos de operación y mantenimiento. La inversión inicial es el costo de adquisición e instalación de los semáforos inteligentes. Los costos de operación y mantenimiento incluyen los gastos por energía eléctrica, personal, repuestos, etc.
- Flujo neto de caja (FNC): es la diferencia entre los ingresos y los egresos en cada año. Representa el beneficio neto que se obtiene por el proyecto en cada periodo. Un FNC positivo indica que el proyecto genera ganancias, mientras que un FNC negativo indica que el proyecto genera pérdidas.

La tabla 12 muestra que el proyecto tiene un FNC negativo en el año 0, debido a la inversión inicial, pero tiene FNC positivos en los años siguientes, debido a los beneficios sociales que superan a los costos de operación y mantenimiento. La tabla también muestra que el FNC va aumentando cada año, lo que indica que el proyecto es rentable y sostenible en el tiempo.

### **Indicadores Financieros (VAN, TIR, Relación B/C)**

#### ***Valor Actual Neto***

Para el presente análisis se utilizará la tasa de interés del 12% debido que es conveniente dentro del mercado financiero.

$$FA = \frac{1}{(1 + r)^n}$$
$$FA = \frac{1}{(1 + 0,12)^1}$$
$$FA = 0,8929$$

En donde:

Fa: Factor de actualización

r: Tasa de oportunidad del capital

n: Periodo de tiempo

VAN: Flujo Neto – Inversión

El presente VAN es positivo, según se puede observar en la tabla 12, lo que indica que es conveniente la ejecución de este sin riesgo en la inversión, el valor es de \$ 2.453.143,96.

**Tabla 13.** VAN

Años	Inversión Inicial	Flujo Neto de Caja	Factor Actualización 12%	Flujo Neto Actual
0	<b>917.326,88</b>			
1		\$ 445.869,11	0,8929	\$ 398.097,42
2		\$ 474.379,92	0,7972	\$ 378.172,77
3		\$ 504.611,81	0,7118	\$ 359.172,72
4		\$ 536.656,14	0,6355	\$ 341.054,68
5		\$ 570.607,51	0,5674	\$ 323.778,02
6		\$ 606.563,68	0,5066	\$ 307.304,04
7		\$ 644.625,45	0,4523	\$ 291.595,82
8		\$ 684.896,42	0,4039	\$ 276.618,18
9		\$ 727.482,75	0,3606	\$ 262.337,57
10		\$ 772.492,85	0,3220	\$ 248.722,02
<b>Total</b>		<b>\$ 5.968.185,64</b>		<b>\$ 3.186.853,24</b>

*Nota. Elaboración propia del autor*

$$VAN = \text{SumatoriaFlujodeCaja} - \text{Inversión}$$

$$VAN = 3.186.853,24 - 917.326,88$$

$$VAN = 2.669.526,36$$

Al ejecutar el análisis tenemos como resultado que el VAN es mayor que cero (2.669.526,36) lo que indica que el proyecto se lo puede ejecutar, representa que se ha realizado una gestión positiva en los 10 años de vida útil.

**Tasa interna de retorno**

**Tabla 14. TIR**

Años	Flujo Neto	Factor	VAN tasa Menor	Factor	VAN tasa Mayor
		Actualización 53%		Actualización 54%	
Inv.	<b>\$ 917.326,88</b>				
1	\$ 445.869,11	0,6536	\$ 291.417,72	0,6494	\$ 289.525,40
2	\$ 474.379,92	0,4272	\$ 202.648,52	0,4217	\$ 200.025,26
3	\$ 504.611,81	0,2792	\$ 140.890,96	0,2738	\$ 138.164,11
4	\$ 536.656,14	0,1825	\$ 97.933,30	0,1778	\$ 95.414,25
5	\$ 570.607,51	0,1193	\$ 68.058,18	0,1155	\$ 65.877,01
6	\$ 606.563,68	0,0780	\$ 47.285,48	0,0750	\$ 45.472,84
7	\$ 644.625,45	0,0510	\$ 32.844,86	0,0487	\$ 31.380,68
8	\$ 684.896,42	0,0333	\$ 22.808,33	0,0316	\$ 21.650,06
9	\$ 727.482,75	0,0218	\$ 15.834,33	0,0205	\$ 14.932,63
10	\$ 772.492,85	0,0142	\$ 10.989,56	0,0133	\$ 10.296,44
			<b>\$ 13.384,36</b>		<b>-\$ 4.588,20</b>

*Nota. Elaboración propia del autor*

$$TIR = TasaMenor + DiferenciaTasas \left( \frac{VANnemor}{VANtasamenor - VANtasamayor} \right)$$

$$TIR = 53\% + 1\% \left( \frac{13.384,36}{13.384,36 - (-4.588,20)} \right)$$

$$TIR = 53\% + 1\% \left( \frac{13.384,36}{17.972,55} \right)$$

$$TIR = 53,74\%$$

Se puede determinar que el costo de oportunidad que es 12% y el valor de la TIR es mayor al mismo siendo de 53,74%, lo cual queda demostrado la rentabilidad que el proyecto presenta.

**Relación Beneficio Costo**

**Tabla 15. B/C**

Años	Ingresos Originales	Costos Originales	Factor Actualización 12%	Ingresos Actualizados	Egresos Actualizados
1	\$596.317,11	\$150.448,00	0,8929	\$532.426,00	\$134.328,57
2	\$639.872,72	\$165.492,80	0,7972	\$510.102,61	\$131.929,85
3	\$686.653,89	\$182.042,08	0,7118	\$488.746,68	\$129.573,96

Años	Ingresos Originales	Costos Originales	Factor Actualización 12%	Ingresos Actualizados	Egresos Actualizados
4	\$736.902,43	\$200.246,29	0,6355	\$468.314,82	\$127.260,14
5	\$790.878,42	\$220.270,92	0,5674	\$448.765,66	\$124.987,63
6	\$848.861,69	\$242.298,01	0,5066	\$430.059,75	\$122.755,71
7	\$911.153,26	\$266.527,81	0,4523	\$412.159,46	\$120.563,65
8	\$978.077,01	\$293.180,59	0,4039	\$395.028,90	\$118.410,72
9	\$1.049.981,40	\$322.498,65	0,3606	\$378.633,82	\$116.296,25
10	\$1.127.241,36	\$354.748,51	0,3220	\$362.941,55	\$114.219,53
<b>Total</b>				<b>\$4.427.179,24</b>	<b>\$1.240.326,00</b>

*Nota. Elaboración propia del autor*

$$RelaciónBeneficioCosto = \frac{\sum deIngresos}{\sum deEgresos}$$

$$RelaciónBeneficioCosto = \frac{4.427.179,24}{1.240.326,00}$$

$$RelaciónBeneficioCosto = 3,57$$

El cálculo realizado se obtiene una relación beneficio costo a 3,57 lo que nos indica que por cada dólar invertido recuperaremos 2,57 centavos de dólar.

En el análisis de este objetivo, se han considerado varios aspectos cruciales relacionados con los beneficios de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja. Los semáforos inteligentes, al adaptarse a las condiciones en tiempo real, mejorarán la fluidez del tráfico. Esto se traduce en una reducción de los tiempos de espera en las intersecciones y una mejora general de la movilidad. Esta optimización del tráfico también tiene un impacto positivo en el transporte público, permitiendo que los autobuses y otros vehículos de transporte público se desplacen de manera más eficiente.

Al mejorar la gestión del tráfico, estos semáforos pueden disminuir la congestión y los embotellamientos, facilitando una circulación más eficiente de los vehículos. Además, la implementación de semáforos inteligentes puede contribuir a la reducción de accidentes. Al controlar de manera más efectiva el flujo del tráfico, especialmente en intersecciones congestionadas, se mejora la seguridad vial. La reducción de la congestión y la mejora de la fluidez del tráfico también tienen un impacto medioambiental. Los semáforos inteligentes pueden ayudar a disminuir las emisiones de gases contaminantes al reducir el tiempo que los vehículos pasan en ralentí o en condiciones de tráfico lento.



Finalmente, los semáforos inteligentes pueden ser monitoreados y gestionados en tiempo real. Esto permitirá a las autoridades tomar medidas instantáneas en caso de congestión inesperada o eventos especiales. Estos aspectos se considerarían una vez aplicado el proyecto, mejorando así la capacidad de respuesta del sistema de tráfico.

### **6.3.Objetivo Especifico 3**

*Proponer una estrategia de implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja, a fin de mejorar la movilidad urbana.*

La implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja requiere de una estrategia que permita planificar, ejecutar, evaluar y difundir esta propuesta de manera eficiente y efectiva. Por ello, el tercer objetivo específico de esta investigación es proponer una estrategia de implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja, a fin de mejorar la movilidad urbana y reducir los tiempos de desplazamiento en la zona.

La siniestralidad vial representa el más preocupante desafío social que enfrenta el Ecuador. Cada año, se registran más de 21.352 accidentes viales que resultan en un trágico saldo de 3.279 vidas perdidas. Estos incidentes son la principal causa de muerte por factores externos y, de manera alarmante, la principal causa de mortalidad entre los hombres.

En la provincia de Loja, de acuerdo con datos proporcionados por la Unidad de Control Operativo de Tránsito de Loja, en el 2022, se han generado 517 accidentes de tránsito. El parque automotor de la provincia entre vehículos livianos y pesados es de aproximadamente 75.431, lo que ha provocado profundas alteraciones en lo referente al tráfico en la localidad, así como también un alto índice de contaminación del sector céntrico de la ciudad.

Más aun a esto se suman la falta de dispositivos de control de tráfico (semáforos inteligentes), y señalización horizontal y vertical en los diferentes puntos de la ciudad considerados como críticos, por otro lado, la falta de cultura de la ciudadanía en materia de tránsito y especialmente el desconocimiento de la función que cumple las señales conllevan a la provocación de muchos accidentes de tránsito.

Los semáforos son dispositivos de señalización mediante los cuales se regula la circulación de vehículos, bicicletas y peatones en vías, asignando el derecho de paso o

prelación de vehículos y peatones secuencialmente, por las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad electrónica de control.

La red vial cuenta con señalización y semaforización, que ha sido manejada con diferentes criterios a lo largo del tiempo y por lo tanto se hace necesario tomar conocimiento de lo existente a fin de evaluar la situación actual y determinar las acciones que se tomarán para normalizar el equipamiento en toda la ciudad.

Si es importante anotar que la semaforización se compone de intersecciones aisladas con controladores de poca tecnología que no permiten o limitan un mejor manejo del tránsito urbano.

### **Matriz de Marco Lógico**

#### ***Objetivo general y objetivos específicos***

##### ***Objetivo general o propósito:***

- Mejora del sistema de semáforos y gestión del tráfico en el Cantón Loja.

##### ***Objetivos específicos o componentes:***

- Adquisición e instalación de semáforos inteligentes que permitan una mejor regulación del tráfico y se adapten al flujo vehicular.
- Realización de obras de ampliación y adecuación de las vías principales, identificando puntos críticos de congestión vehicular.
- Realización de un estudio detallado de costos y beneficios para evaluar la viabilidad económica de la implementación de semáforos inteligentes.

##### ***Indicadores de resultado***

- En 8 meses de iniciado el proyecto, se ha intervenido 150 intersecciones renovando los semáforos a inteligentes, con sus respectivos reguladores de tráfico pasando de mecánicos a controladores electrónicos automáticos y sincronizados a través de GPS.
- En 8 meses de puesta en marcha y funcionamiento del equipamiento integral para conformar un Centro de Control de Tránsito controlado por computadora (CCT) para la regulación de las 150 intersecciones semaforizadas.
- Al finalizar el proyecto, los 253.761 habitantes del sector urbano del cantón Loja que circulan por el lugar ya sea a pie o en medios de transporte, serán beneficiados con el proyecto

Los indicadores de resultados se determinaron con el objetivo de medir el impacto y el éxito del proyecto de análisis costo-beneficio de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja. Estos indicadores son medidas específicas y cuantificables que ayudan a evaluar si los objetivos del proyecto se están cumpliendo de manera efectiva. En el contexto de este proyecto, los indicadores de resultados se han establecido para medir los logros y cambios concretos que se esperan obtener al implementar los semáforos inteligentes.

Es imperativo señalar que estos indicadores de resultados son claros, específicos, medibles, alcanzables y relevantes. Además, es fundamental llevar a cabo un monitoreo constante y evaluaciones periódicas para realizar ajustes en el proyecto si es necesario. Esta evaluación objetiva proporcionará información valiosa para tomar decisiones informadas sobre la continuidad y expansión del proyecto de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja, asegurando así un impacto positivo y duradero en la movilidad urbana y la seguridad vial de la comunidad.

### ***Marco Lógico***

La tabla 16 proporciona una visión detallada y estructurada del proyecto, incluyendo los objetivos generales, los componentes específicos y las actividades detalladas para cada componente. También establece los indicadores que se utilizarán para evaluar el éxito del proyecto y los medios de verificación para asegurar que se estén cumpliendo los objetivos establecidos. Los supuestos se mencionan para tener en cuenta las condiciones y circunstancias que podrían afectar la implementación del proyecto.

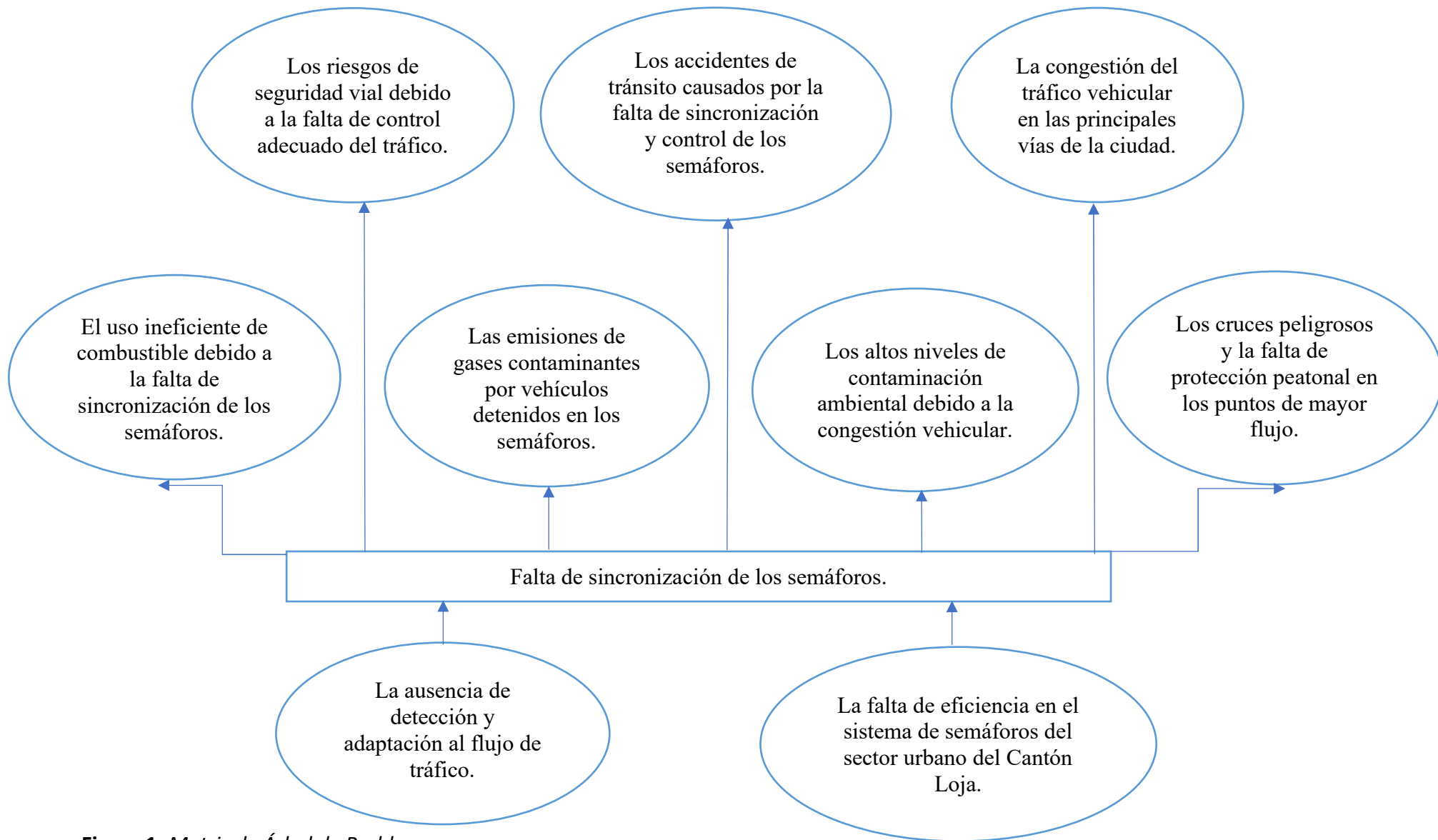
**Tabla 16. Matriz de Marco Lógico**

Resumen Narrativo	Indicadores Verificables Objetivamente	Medios de Verificación	Supuestos
<p><b>FIN:</b></p> <p>Mejorar la movilidad y reducir el congestionamiento de tráfico en las intersecciones de avenidas que presentan una mayor afluencia vehicular.</p>	<p>Luego de ocho meses de colocados los semáforos inteligentes, disminuirá el índice de accidentes de tránsito y mejorar las condiciones de movilidad de los habitantes del sector urbano del cantón Loja</p>	<p>* Estadísticas de índices de accidentes de tránsito * Conteos vehiculares en las zonas de intervención</p>	<p>* Que el sistema esté correctamente diseñado y calibrado para las condiciones específicas del tráfico en el área, que los conductores y peatones cumplan con las normas de tráfico y respeten las señales de los semáforos, y que no haya interrupciones imprevistas en el flujo de tráfico, como accidentes o eventos especiales.</p>
<p><b>PROPÓSITO:</b></p> <p>Mejora del sistema de semáforos y gestión del tráfico en el Cantón Loja.</p>	<p>Al término de ocho meses de iniciado el proyecto, los habitantes del sector urbano del cantón Loja cuentan con semaforización inteligente, lo que permitirá mejorar la circulación y reducirá los índices de accidentes en diferentes zonas de intervención.</p>	<p>* Estadísticas de índices de accidentes de tránsito * Informes de estado de dispositivos * Fotografías</p>	<p>* Interés de las autoridades municipales para ejecutar el proyecto.</p>
<p><b>COMPONENTES:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. adquisición de controladores de tráfico.</li> <li>2. Compra de equipos de comunicación.</li> <li>3. Adquisición de software para control de semaforización.</li> <li>4. Sistema informático necesario para funcionamiento del sistema centralizado.</li> </ol>	<p>El 100% de las intersecciones a intervenir se encuentra entregadas a la población luego de ocho meses de iniciados los trabajos.</p>	<p>*Proceso de contratación Publica * Informes de supervisión sobre avances de trabajos.</p>	<p>* Garantiza la administración y operación del proyecto.</p>

Resumen Narrativo		Indicadores Verificables Objetivamente		Medios de Verificación		Supuestos
5. Infraestructura para centro de operaciones.						
<b>Actividades:</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	P. Total	Con I.V.A.	
<b>Componente 1: Adquisición de controladores de tráfico</b>						
1.1. Controlador de Tráfico 8 Grupos Gama Media	u	50	2.400,00	120.000,00	134.400,00	* Solicitar proformas de equipos y tecnología a requerir. * Proceso de contratación pública * Facturas.
1.2. Controlador de Tráfico 6 Grupos Gama Baja	u	29	1.200,00	34.800,00	38.976,00	
<b>Subtotal</b>			<b>3.600,00</b>	<b>154.800,00</b>	<b>173.376,00</b>	
<b>Componente 2: Compra de equipos de comunicación.</b>						
2.1. Radio de RF 900Mhz TX/RX	u	79	985,00	77.815,00	87.152,80	* Proceso de contratación pública * Informes de avances de obra
2.2. Troncal RF	u	4	2.835,00	11.340,00	12.700,80	
<b>Subtotal</b>			<b>3.820,00</b>	<b>89.155,00</b>	<b>99.853,60</b>	
<b>Componente 3: Adquisición de software para control de semaforización</b>						
3.1. Software para Control de Semaforización	u	1	35.000,00	35.000,00	39.200,00	* Proceso de Contratación pública. * Implementación del software
<b>Subtotal</b>			<b>35.000,00</b>	<b>35.000,00</b>	<b>39.200,00</b>	
<b>Componente 4: Sistema informático necesario para funcionamiento del sistema centralizado</b>						
4.1. Centro de gestión, de control de tráfico, Ingeniería y Software de Control y gestión Administrativa	u	1	262.000,00	262.000,00	293.440,00	* Proceso de Contratación pública. * Informes de
						* La población beneficiada apoya la ejecución del proyecto

Resumen Narrativo			Indicadores Verificables Objetivamente		Medios de Verificación	Supuestos
<b>Subtotal</b>			<b>262.000,00</b>	<b>262.000,00</b>	<b>293.440,00</b>	avances de obra. * Fotografías.
<b>Componente 5: Infraestructura para centro de operaciones</b>						
5.1. Servidores (Que permitan formar un clúster de alta disponibilidad)	u	3	4.087,00	12.261,00	13.732,32	
5.2. Equipo para almacenamiento compartido (Storage)	u	1	14.510,00	14.510,00	16.251,20	
5.3. Servidor IBM Controlador de dominio	u	1	2.937,00	2.937,00	3.289,44	
5.4. Servidor para Gateway	u	1	6.528,00	6.528,00	7.311,36	
5.5. Rack	u	1	6.957,00	6.957,00	7.791,84	* Proceso de Contratación pública.
5.6. Software para firewall	u	1	64.297,00	64.297,00	72.012,64	* Informes de avances de obra.
5.7. Software para virtualización	u	1	11.647,00	11.647,00	13.044,64	* Fotografías.
5.8. Equipamiento de sala de monitoreo	u	1	24.431,27	24.431,27	27.363,02	
5.9. Software para servidores	u	1	9.211,00	9.211,00	10.316,32	
5.10. Sistema de Climatización de Precisión	u	1	49.981,05	49.981,05	55.978,78	
5.11. Sistema de Gestión y Monitoreo	u	1	3.638,89	3.638,89	4.075,56	
5.12. Pintura Antiestática	u	1	2.036,02	2.036,02	2.280,34	
5.13. Sistema de Energía Ininterrumpida-Ups	u	1	69.651,63	69.651,63	78.009,83	
<b>Subtotal</b>			<b>269.912,86</b>	<b>278.086,86</b>	<b>311.457,28</b>	
<b>TOTAL</b>			<b>574.332,86</b>	<b>819.041,86</b>	<b>917.326,88</b>	* La población beneficiada apoya la ejecución del proyecto

Nota. Elaboración propia del autor



**Figura 1.** Matriz de Árbol de Problemas

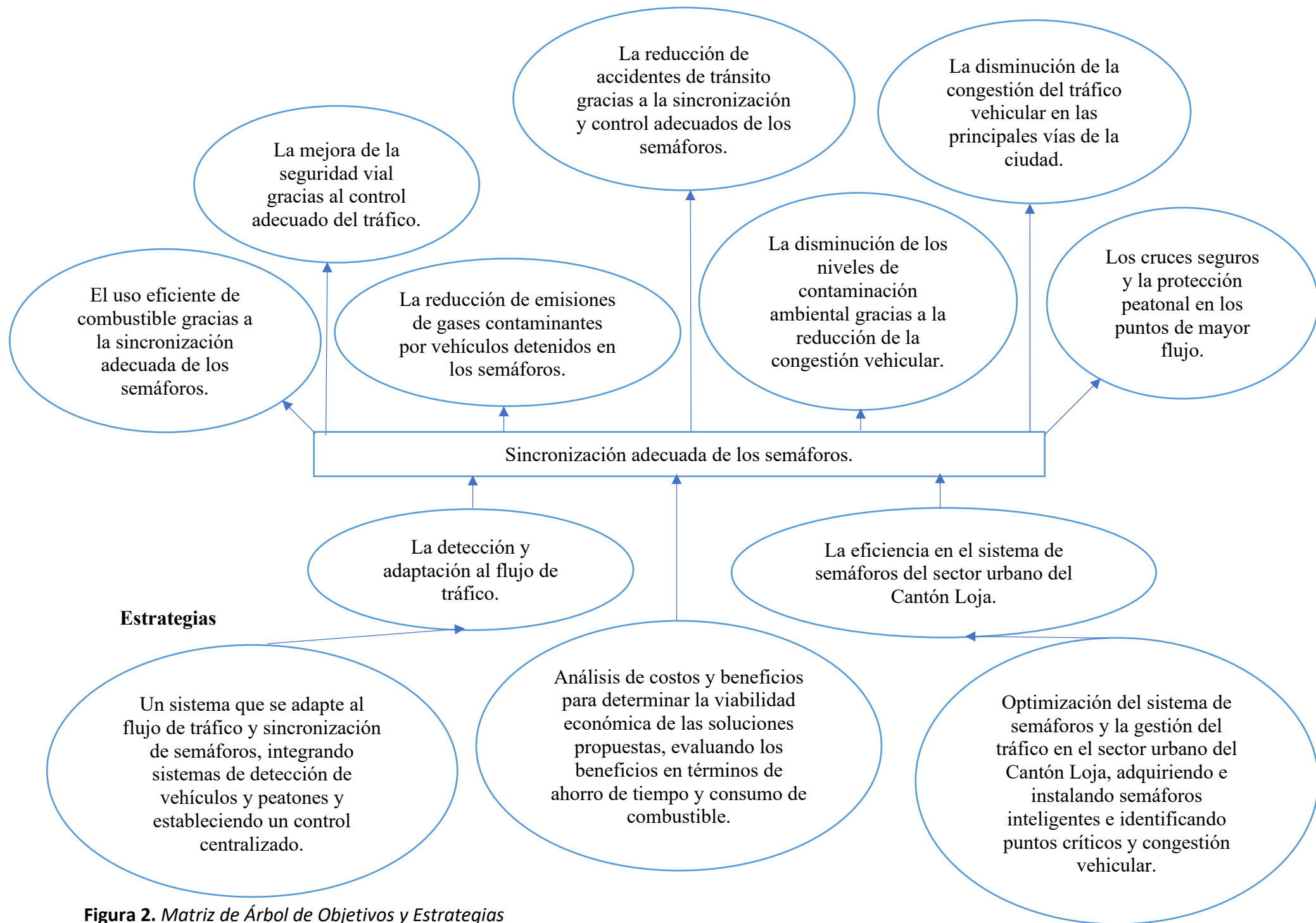


Figura 2. Matriz de Árbol de Objetivos y Estrategias



En la figura 1 se observan una serie de problemas y en la figura 2 la implementación de la tecnología adaptativa de Semaforización ofrece una serie de ventajas significativas, que contribuirán de manera notable a mejorar la movilidad y seguridad vial en el sector urbano del Cantón Loja. Entre sus beneficios destacan:

- Organización del tránsito: El sistema asigna el derecho de paso de forma eficiente en las intersecciones, garantizando un tráfico seguro y fluido en todo momento.
- Aumento de la capacidad vial: Se optimiza la capacidad de las intersecciones y corredores principales, permitiendo un mayor flujo vehicular y reduciendo congestiones.
- Coordinación progresiva en corredores: Se logra una coordinación óptima entre los semáforos en corredores y vías principales, teniendo en cuenta las velocidades reales de circulación.
- Flujo adaptable según la demanda: El sistema permite adaptar el flujo de entrada y salida en función del volumen de tráfico en calles y avenidas principales, así como en las vías colectoras.
- Gestión precisa del tráfico: Se realiza una cuantificación detallada del tránsito por carril, vía e intersección para determinar prioridades, lo que ayuda a reducir tiempos de espera innecesarios.
- Fomento del transporte público: Se prioriza el transporte público mediante la generación de fases semafóricas adecuadas para mejorar la eficiencia de este medio de transporte.
- Centralización y adaptabilidad: La centralización del sistema brinda una visión global de la ciudad y permite adaptar soluciones en función de las condiciones de tráfico en tiempo real, además de detectar y solucionar fallas de manera rápida.

La implementación de medidas de seguridad y la provisión de información adecuada para peatones y automovilistas en cruces y sectores urbanos puede tener múltiples beneficios. Estas medidas pueden reducir los tiempos de recorrido, disminuir el consumo de combustible y los índices de contaminación, y mejorar el aprovechamiento de la red vial y la capacidad instalada. Además, pueden contribuir a reducir la cantidad de accidentes y pérdidas de tiempo en las vías.

La sostenibilidad social es un aspecto importante para considerar en cualquier proyecto de inversión pública. De acuerdo con la Constitución Política del Estado, la planificación nacional y la inversión pública deben tener en cuenta las diferencias de edad, étnico-culturales y se debe incorporar el enfoque de género. En este sentido, la ejecución del proyecto de implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja contribuye a la sostenibilidad social al promover la participación ciudadana y la cohesión social de los miembros de la comunidad beneficiada.

En esta sección, se presenta una tabla detallada de los componentes y rubros necesarios para llevar a cabo la implementación de los semáforos inteligentes, así como las fuentes de financiamiento, incluido el aporte del Gobierno Autónomo Municipal de Loja.

**Tabla 17. Financiamiento y Presupuesto**

<b>Componentes / Rubros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Fuentes de Financiamiento (dólares Includo I.V.A.) GAD Municipal de Loja</b>
<b>Componente 1: Adquisición de Controladores de Tráfico</b>				
1.1. Controlador de Trafico 8 Grupos Gama Media	u	50	2.400,00	134.400,00
1.2. Controlador de Trafico 6 Grupos Gama Baja	u	29	1.200,00	38.976,00
<b>Componente 2: Compra de Equipos de Comunicación</b>				
2.1. Radio de RF 900Mhz TX/RX	u	79	985.000,00	87.152,80
2.2. Troncal RF	u	4	2835.000,00	12.700,80
<b>Componente 3: Adquisición de Software para Control de Semaforización</b>				
3.1. Software para Control de Semaforización	u	1	35.000,00	39.200,00
<b>Componente 4: Sistema Informático Necesario para Funcionamiento del Sistema Centralizado</b>				
4.1. Centro de Gestión, de control de tráfico, Ingeniería y Software de Control y Gestión Administrativa	u	1	262.000,00	293.440,00
<b>Componente 5: Infraestructura para Centro de Operaciones</b>				
5.1. Servidores (Que permitan formar un clúster de alta disponibilidad)	u	3	4.087,00	13.732,32
5.2. Equipo para almacenamiento compartido (Storage)	u	1	14.510,00	16.251,20
5.3. Servidor IBM Controlador de dominio	u	1	2.937,00	3.289,44
5.4. Servidor para Gateway	u	1	6.528,00	7.311,36
5.5. Rack	u	1	6.957,00	7.791,84
5.6. Software para firewall	u	1	64.297,00	72.012,64
5.7. Software para virtualización	u	1	11.647,00	13.044,64
5.8. Equipamiento de sala de monitoreo	u	1	24.431,27	27.363,02
5.9. Software para servidores	u	1	9.211,00	10.316,32

<b>Componentes / Rubros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Fuentes de Financiamiento (dólares Incluido I.V.A.) GAD Municipal de Loja</b>
5.10. Sistema de Climatización de Precisión	u	1	49.981,05	55.978,78
5.11. Sistema de Gestión y Monitoreo	u	1	3.638,89	4.075,56
5.12. Pintura Antiestática	u	1	2.036,02	2.280,34
5.13. Sistema de Energía Ininterrumpida- Ups	u	1	69.651,63	78.009,83
<b>Total</b>			<b>574.332,86</b>	<b>917.326,88</b>

*Nota. Elaboración propia del autor*

La tabla 17 muestra una estimación detallada del costo total para la implementación del sistema de semaforización avanzado, incluyendo los controladores de tráfico, equipos de comunicación, software y la infraestructura necesaria para el centro de operaciones. El total estimado de financiamiento requerido es de \$917.326,88 en dólares, con el Gobierno Autónomo Municipal de Loja como la fuente de financiamiento para todos los componentes, ya que es el ente regulador del tránsito en el Cantón.

## Cronograma

**Tabla 18.** Cronograma valorado por componentes

COMPONENTES / RUBROS	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	TOTAL
<b>Componente 1: Adquisición de controladores de tráfico</b>									
1.1. Controlador de Trafico 8 Grupos Gama Media	16.800,00	16.800,00	16.800,00	16.800,00	16.800,00	16.800,00	16.800,00	16.800,00	134.400,00
1.2. Controlador de Trafico 6 Grupos Gama Baja	4.872,00	4.872,00	4.872,00	4.872,00	4.872,00	4.872,00	4.872,00	4.872,00	3.8976,00
<b>Componente 2: Compra de equipos de comunicación</b>									
2.1. Radio de RF 900Mhz TX/RX	10.894,10	10.894,10	10.894,10	10.894,10	10.894,10	10.894,10	10.894,10	10.894,10	87.152,80
2.2. Troncal RF	1.587,60	1.587,60	1.587,60	1.587,60	1.587,60	1.587,60	1.587,60	1.587,60	12.700,80
<b>Componente 3: Adquisición de software para control de semaforización</b>									
3.1. Software para Control de Semaforización	4.900,00	4.900,00	4.900,00	4.900,00	4.900,00	4.900,00	4.900,00	4.900,00	39.200,00
<b>Componente 4: Sistema informático necesario para funcionamiento del sistema centralizado</b>									
4.1. Centro de Gestión, de control de tráfico, Ingeniería y Software de Control y Gestión Administrativa	36.680,00	36.680,00	36.680,00	36.680,00	36.680,00	36.680,00	36.680,00	36.680,00	293.440,00
<b>Componente 5: Infraestructura para centro de operaciones</b>									
5.1. Servidores (Que permitan formar un clúster de alta disponibilidad)	1.716,54	1.716,54	1.716,54	1.716,54	1.716,54	1.716,54	1.716,54	1.716,54	13.732,32
5.2. Equipo para almacenamiento compartido (Storage)	2.031,40	2.031,40	2.031,40	2.031,40	2.031,40	2.031,40	2.031,40	2.031,40	16.251,20
5.3. Servidor IBM Controlador de dominio	411,18	411,18	411,18	411,18	411,18	411,18	411,18	411,18	3.289,44
5.4. Servidor para Gateway	913,92	913,92	913,92	913,92	913,92	913,92	913,92	913,92	7.311,36
5.5. Rack	973,98	973,98	973,98	973,98	973,98	973,98	973,98	973,98	7.791,84
5.6. Software para firewall	9.001,58	9.001,58	9.001,58	9.001,58	9.001,58	9.001,58	9.001,58	9.001,58	72.012,64
5.7. Software para virtualización	1.630,58	1.630,58	1.630,58	1.630,58	1.630,58	1.630,58	1.630,58	1.630,58	13.044,64
5.8. Equipamiento de sala de monitoreo	3.420,38	3.420,38	3.420,38	3.420,38	3.420,38	3.420,38	3.420,38	3.420,38	27.363,02

<b>COMPONENTES / RUBROS</b>	<b>feb-24</b>	<b>mar-24</b>	<b>abr-24</b>	<b>may-24</b>	<b>jun-24</b>	<b>jul-24</b>	<b>ago-24</b>	<b>sep-24</b>	<b>TOTAL</b>
5.9. Software para servidores	1.289,54	1.289,54	1.289,54	1.289,54	1.289,54	1.289,54	1.289,54	1.289,54	10.316,32
5.10. Sistema de Climatización de Precisión	6.997,35	6.997,35	6.997,35	6.997,35	6.997,35	6.997,35	6.997,35	6.997,35	55.978,78
5.11. Sistema de Gestión y Monitoreo	509,44	509,44	509,44	509,44	509,44	509,44	509,44	509,44	4.075,56
5.12. Pintura Antiestática	285,04	285,04	285,04	285,04	285,04	285,04	285,04	285,04	2.280,34
5.13. Sistema de Energía Ininterrumpida-Ups	9.751,23	9.751,23	9.751,23	9.751,23	9.751,23	9.751,23	9.751,23	9.751,23	78.009,83
<b>TOTAL</b>									<b>917.326,88</b>

*Nota: Elaboración propia del autor*

La implementación del proyecto de semaforización inteligente en el sector urbano del Cantón Loja requerirá de una cuidadosa planificación y coordinación para asegurar su correcta ejecución. Para ello, se han definido las siguientes estrategias:

- **Planificación Integral:** Se realizará una planificación detallada y exhaustiva que abarque todas las etapas del proyecto, desde la adquisición de los controladores de tráfico y equipos de comunicación hasta la instalación de la infraestructura para el centro de operaciones. Esto incluye un cronograma de actividades, asignación de recursos y la definición de responsabilidades para cada componente del proyecto.
- **Gestión Eficiente de Recursos:** Se buscará una gestión eficiente de los recursos financieros y humanos asignados al proyecto. El Gobierno Autónomo Municipal de Loja garantizará una adecuada asignación de fondos y supervisará el uso adecuado de los recursos para evitar desperdicios y maximizar el impacto del proyecto.
- **Contratación de Personal Capacitado:** Se procederá a la contratación de personal técnico y especializado en el área de movilidad, tránsito y transporte para llevar a cabo la instalación, configuración y puesta en marcha de los dispositivos de semaforización inteligente. Asimismo, se proporcionará capacitación continua para garantizar la correcta operación y mantenimiento de los equipos.
- **Coordinación Interinstitucional:** El Gobierno Autónomo Municipal de Loja establecerá una estrecha coordinación con otras entidades involucradas, como la Agencia Nacional de Regulación y Control del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, para asegurar el cumplimiento de las normativas y regulaciones nacionales en la implementación de los semáforos inteligentes.
- **Comunicación y Participación Ciudadana:** Se fomentará la comunicación con la comunidad para informar sobre el desarrollo del proyecto y su impacto en la movilidad urbana. La participación ciudadana será valorada para recoger opiniones, sugerencias y retroalimentación sobre la implementación de los semáforos inteligentes.
- **Evaluación y Monitoreo Continuo:** Se llevará a cabo una evaluación y monitoreo continuo del proyecto para medir su eficacia y realizar ajustes si es necesario. Se establecerán indicadores de desempeño para medir el impacto en la mejora del tráfico, la reducción de tiempos de espera y la reducción de emisiones contaminantes.
- **Enfoque en la Sostenibilidad:** El Gobierno Autónomo Municipal de Loja velará por la sostenibilidad del proyecto a largo plazo, asegurando el mantenimiento adecuado de los

equipos y su actualización tecnológica conforme avancen las innovaciones en el área de semaforización inteligente.

La estructura operativa para la ejecución del proyecto estará a cargo del Gobierno Autónomo Municipal de Loja, específicamente a través de su Dirección de Movilidad Tránsito y Transporte Terrestre de Loja. Esta unidad será responsable de liderar y coordinar todas las actividades relacionadas con el proyecto, desde la planificación inicial hasta la operación y mantenimiento posterior de los semáforos inteligentes. Con una estrategia integral y una adecuada coordinación, se busca garantizar el éxito y la efectividad de esta importante iniciativa en beneficio de la movilidad y la calidad de vida de los habitantes del Cantón Loja.

## 7. Discusión

La investigación sobre el análisis costo-beneficio de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja arroja resultados significativos. Estos pueden ser discutidos en relación con la teoría existente y los estándares de calidad metodológica. Los hallazgos se alinean con estudios previos sobre semáforos inteligentes y gestión del tráfico urbano. La eficacia de los semáforos inteligentes para mejorar la eficiencia del tráfico y reducir los tiempos de espera ha sido respaldada por investigaciones en diversas ciudades internacionales.

La implementación exitosa en otros lugares, incluyendo países como China y Estados Unidos, ha demostrado los beneficios de esta tecnología. Los ahorros económicos proyectados y la mejora en la seguridad vial son consistentes con los resultados de estudios similares en otras ubicaciones.

El método utilizado en esta investigación se basa en un enfoque analítico cuantitativo. Este enfoque involucra técnicas económicas y estadísticas para calcular costos y beneficios. La metodología se sustenta en principios de análisis costo-beneficio, utilizando herramientas financieras como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

La aplicación de un diseño no experimental de tipo transversal y el análisis comparativo entre semáforos inteligentes y tradicionales proporciona una estructura sólida para la evaluación. Sin embargo, sería beneficioso incluir también un análisis cualitativo para comprender las percepciones y experiencias de los usuarios y partes interesadas locales. Esto proporcionaría una visión más completa de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja.

Aunque el proyecto no especifica una hipótesis de investigación, se han alcanzado con éxito los objetivos establecidos. La investigación demuestra que la implementación de semáforos inteligentes en el Cantón Loja es económicamente viable y tiene un impacto positivo en la movilidad urbana y la seguridad vial. Los resultados respaldan la idea de que la tecnología de semáforos inteligentes puede abordar problemas de congestión y mejorar la calidad de vida en áreas urbanas.

Las preguntas de investigación implícitas en el estudio se relacionan con la viabilidad económica y social de la implementación de semáforos inteligentes en el Cantón Loja. Los resultados proporcionan respuestas positivas a estas preguntas, destacando los ahorros económicos, la mejora en la seguridad vial y la rentabilidad a largo plazo del proyecto.



A pesar de los resultados positivos, el estudio presenta ciertas limitaciones. La investigación se basa en datos y estimaciones locales, lo que podría limitar la generalización de los resultados a otras ubicaciones. Además, no se abordan completamente los posibles desafíos y obstáculos en la implementación práctica del proyecto, como la resistencia local o problemas técnicos inesperados.

Sería útil explorar en futuras investigaciones el impacto social y psicológico de los semáforos inteligentes en la percepción de la seguridad y el comportamiento de los usuarios. En esta discusión, se ha evitado repetir los resultados y, en cambio, se han analizado críticamente en relación con la teoría existente y los estándares de calidad metodológica.

La investigación sobre la implementación de semáforos inteligentes en el Cantón Loja ha proporcionado resultados consistentes y relevantes en el contexto de la teoría existente. Aunque se han alcanzado conclusiones positivas, es fundamental abordar las limitaciones del estudio y considerar proyecciones futuras para garantizar la aplicabilidad y relevancia a largo plazo de los hallazgos.

El estudio se basa en un enfoque analítico cuantitativo, que implica la recopilación de datos, análisis estadístico y económico, y la evaluación de costos y beneficios. Se emplearon técnicas económicas y estadísticas para calcular los ahorros económicos, la rentabilidad del proyecto y la relación beneficio-costos. El objetivo era establecer la relación causa-efecto entre la implementación de semáforos inteligentes y las mejoras en la movilidad urbana.

A pesar de la solidez de la metodología, existen algunas limitaciones. El estudio se basa en datos locales proporcionados por la Dirección de Movilidad Tránsito y Transporte Terrestre del Gobierno Autónomo Municipal de Loja. Estos datos pueden estar sujetos a variaciones y limitaciones en términos de precisión y alcance. Además, las estimaciones y cotizaciones obtenidas para el costo total del proyecto son aproximadas y podrían variar durante el proceso de compras públicas.

El estudio proporciona una respuesta detallada a la pregunta sobre el costo de la implementación de semáforos inteligentes en el Cantón Loja. Se estiman los costos de adquisición, instalación y operación. Los beneficios de la implementación de semáforos inteligentes se relacionan principalmente con ahorros económicos. El estudio cuantifica estos beneficios a través de cálculos detallados de ahorros en combustible y costos asociados a accidentes de tránsito.

Aunque el estudio no proporciona una discusión detallada sobre las estrategias específicas para la implementación, se mencionan algunos aspectos clave. Estos incluyen la

necesidad de una gestión centralizada, sistemas de detección de vehículos y peatones, y la integración de tecnología avanzada para la sincronización y adaptación al flujo de tráfico.

El estudio ofrece una base sólida para futuras investigaciones y proyectos relacionados con la movilidad urbana en el Cantón Loja. Las proyecciones del estudio podrían incluir la implementación piloto de semáforos inteligentes en un número limitado de intersecciones para evaluar su efectividad en condiciones reales. Además, sería valioso realizar un seguimiento a largo plazo para analizar el impacto continuo de los semáforos inteligentes en la movilidad urbana, la seguridad vial y la calidad de vida de los habitantes.

En resumen, el estudio presenta resultados sólidos respaldados por una metodología adecuada. A pesar de las limitaciones, las respuestas proporcionadas a las preguntas de investigación son coherentes y proporcionan una comprensión clara del costo-beneficio y los beneficios asociados con este proyecto. Las proyecciones podrían fortalecerse con investigaciones adicionales y la implementación gradual del proyecto para validar los hallazgos del estudio.

## **8. Conclusiones**

En este estudio, se llevó a cabo un análisis exhaustivo para calcular el costo total de la implementación de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja. Se consideraron múltiples variables, desde la tecnología de los semáforos hasta los requisitos de infraestructura informática. La investigación proporciona una estimación precisa del costo del proyecto, permitiendo una planificación financiera adecuada y transparente para las autoridades involucradas.

Al analizar detenidamente los beneficios sociales derivados de la implementación de semáforos inteligentes en el Cantón Loja, se llegó a la conclusión de que este proyecto generaría ahorros económicos significativos y mejoraría la seguridad vial en la zona. Los cálculos detallados mostraron que los ahorros en combustible y la reducción de accidentes de tránsito contribuirían no solo a la eficiencia del tráfico, sino también al bienestar económico y social de la comunidad. Además, la rentabilidad del proyecto a lo largo del tiempo, evidenciada por el Valor Actual Neto positivo y la Tasa Interna de Retorno alta, respalda su viabilidad a largo plazo.

La implementación de semáforos inteligentes en el Cantón Loja es una medida necesaria y efectiva para abordar los desafíos actuales en términos de movilidad y seguridad vial. Al adoptar esta tecnología avanzada y desarrollar una estrategia integral, se pueden crear condiciones de tráfico más seguras, eficientes y sostenibles para todos los habitantes de la comunidad. Es esencial que las autoridades locales, junto con la participación activa de la ciudadanía, trabajen juntas para hacer de esta propuesta una realidad y transformar positivamente el entorno urbano del Cantón Loja.

## **9. Recomendaciones**

Se recomienda al Gobierno Autónomo Municipal de Loja llevar a cabo la implementación del proyecto de semáforos inteligentes en el sector urbano del Cantón Loja. Dada la evidencia empírica y los análisis costo-beneficio detallados, el proyecto demuestra ser económicamente viable y socialmente beneficioso. Es esencial garantizar que los fondos asignados se utilicen eficientemente para la adquisición de equipos y tecnología de calidad, y se establezca un sistema de monitoreo y control centralizado de efectivo.

Se recomienda establecer un sistema de supervisión y evaluación continua para medir el desempeño de los semáforos inteligentes después de su implementación. Esto implica monitorear el flujo de tráfico, los tiempos de espera, la seguridad vial y los ahorros económicos para garantizar que el proyecto esté cumpliendo sus objetivos a lo largo del tiempo. Los datos recopilados durante la operación pueden ser fundamentales para futuras mejoras y expansiones del sistema.

Es importante llevar a cabo campañas educativas y de concientización para informar a los ciudadanos sobre el funcionamiento de los semáforos inteligentes y la importancia de respetar las señales de tránsito. Se deben destacar los beneficios del proyecto en términos de reducción de tiempos de espera, mejora en la seguridad vial y disminución del impacto ambiental. La cooperación activa de la comunidad es crucial para el éxito continuo del proyecto.

Además de la implementación de semáforos inteligentes, se recomienda realizar inversiones en infraestructura vial para abordar otras causas de congestión y mejorar la fluidez del tráfico. Esto puede incluir la expansión de carreteras, la reparación de calles dañadas y la creación de carriles exclusivos para el transporte público. Un enfoque integral que aborde múltiples aspectos de la movilidad urbana puede tener un impacto significativo en la reducción de la congestión vehicular.

Se recomienda fomentar la investigación continua en el campo de la gestión del tráfico y la movilidad urbana en el Cantón Loja. Esto puede incluir estudios sobre patrones de tráfico, comportamiento del conductor y nuevas tecnologías que puedan mejorar aún más la eficiencia del sistema de transporte. La investigación constante puede proporcionar ideas innovadoras para abordar desafíos futuros en el ámbito de la movilidad urbana.

Se sugiere fomentar la colaboración interinstitucional entre el Gobierno Autónomo Municipal de Loja, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador y otras entidades relevantes. La coordinación entre estas instituciones puede facilitar la implementación de proyectos a gran escala y garantizar una planificación urbana integrada que beneficie a la comunidad en su conjunto.

Dado el énfasis en la reducción de emisiones contaminantes, se recomienda establecer un sistema de monitoreo ambiental para evaluar el impacto del proyecto en la calidad del aire y el medio ambiente en general. Esto proporcionaría datos objetivos sobre la efectividad del proyecto en la reducción de la contaminación, lo que puede ser fundamental para futuras iniciativas ecológicas en el Cantón Loja.

Para reducir la carga sobre las vías urbanas, se debe fomentar el uso del transporte público. Esto puede lograrse mediante mejoras en el sistema de transporte público, como la expansión de rutas, la frecuencia de los servicios y la comodidad para los pasajeros. Incentivar el uso del transporte público puede contribuir significativamente a la disminución del tráfico vehicular en las calles de Loja.

A medida que avanza la tecnología, se recomienda que las autoridades consideren la posibilidad de implementar tecnologías emergentes, como sistemas de gestión del tráfico basados en inteligencia artificial o vehículos autónomos. Estas innovaciones podrían tener un impacto transformador en la movilidad urbana y podrían ser exploradas en el futuro para seguir mejorando el sistema de transporte en el Cantón Loja.

Estas recomendaciones se basan en los hallazgos y conclusiones obtenidas a través del análisis costo-beneficio y la evaluación detallada de los beneficios sociales y económicos derivados de la implementación de semáforos inteligentes en el Cantón Loja. Implementar estas sugerencias puede contribuir significativamente a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y optimizar la movilidad urbana en la región.

## 10. Bibliografía

- Abdulhai, B., Shalaby, A., El-Basyouny, K., y Husse. (2016). Sistemas de control de señales de tráfico.
- Aktas, E., Topcu, I., y Yuksel, M. (2016). Evaluación del rendimiento de sistemas de control de tráfico adaptativo con aplicaciones de técnicas de procesamiento de imágenes.
- Alcaldía de Medellín. (2018). Sistema inteligente de semáforos.
- ANT. (2020). Informe estadístico de accidentes de tránsito. Obtenido de <https://www.ant.gob.ec/wp-content/uploads/2021/02/Informe-estad%C3%ADstico-Accidentes-de-Tr%C3%A1nsito-2020.pdf>
- APA. (2020). Señales inteligentes: una introducción a la tecnología innovadora de señales de tráfico.
- Ayuntamiento de Barcelona. (2021). Semáforos Inteligentes.
- Ayuntamiento de Santander. (2018). Proyecto piloto de semáforos inteligentes en la ciudad de Santander.
- Bai, Y., Yu, X., Wang, X., y Sun, H. (2019). Sistema de control de semáforos urbanos basado en algoritmo inteligente mejorado.
- Bartholdi, J., y Eisenstein, D. (2017). Diseñar tiempos de semáforos rentables.
- Bator, F. (1957). The anatomy of market failure. *The Quarterly Journal of Economics*.
- Cárdenas, I., Ceballos, L., y Martínez, J. (2019). Sistema inteligente de semaforización para mejorar la movilidad urbana.
- Chamba Vera, J., Muñoz Guerrero, R., y Pazmiño, G. (2019). Evaluación de la movilidad urbana mediante sistemas inteligentes de transporte.
- Departamento de Transporte de Pensilvania. (2019). Programa de Señales de Tráfico Inteligentes.
- Díaz, E. (2021). Análisis del tráfico vehicular y peatonal en el cantón Loja. Tesis de pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.
- Domingo, C., Onieva, L., Jiménez, V., y Godoy, J. (2015). Semáforos inteligentes para ciudades inteligentes.
- Domingo, E., Jiménez, P., y Robusté, F. (2015). Semáforos inteligentes: Una solución eficiente para la movilidad urbana.
- Dror, Y., y Binyamin, G. (2016). Análisis de costo-beneficio para la gestión de riesgos: recomendaciones para el modelado de catástrofes.
- Ehteshami, A., y Manzouri, M. (2015). Optimización de los sistemas de transporte público mediante el proceso de jerarquía analítica difusa y el algoritmo genético.
- Flores, G., y López, C. (2021). Evaluación de la calidad de vida en relación a la movilidad urbana en la ciudad de Loja.
- González, J., Olvera, D., y Villaseñor, L. (2019). Estudio y análisis de los semáforos inteligentes.
- Han, B., y Liu, Y. (2019). Análisis de costo-beneficio del sistema de transporte inteligente para una ciudad metropolitana: un estudio de caso en Beijing.
- Hicks, J. (1939). Value and capital: An inquiry into some fundamental principles of economic theory.
- INEC. (2021). Instituto Nacional de Estadística (INEC). (2019). Censo Nacional de Población y Vivienda. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-de-poblacion-y-vivienda/>
- Kosmatopoulos, E. (2017). Control adaptativo de semáforos.
- Land Transport Authority. (2017). Señales de Tráfico Inteligentes.
- Larrea, V., Célleri, R., y Torres, J. (2019). Análisis de la implementación de semáforos inteligentes para la reducción de tiempos de viaje y emisiones de gases contaminantes

- en Quito, Ecuador.
- Larsson, T. (2018). Sistemas Inteligentes de Control de Tráfico: Una Revisión. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.
- Little, I. (1970). A critique of welfare economics.
- Mena, J., Galilea, P., y Sáez, D. (2019). Análisis costo-beneficio de semáforos inteligentes en intersecciones urbanas.
- Mishan, E., y Quah, E. (2007). Análisis coste-beneficio. Routledge.
- Municipio de Guayaquil. (2017). Guayaquil, la primera ciudad en Ecuador con semáforos inteligentes.
- Municipio de León. (2019). Semáforos inteligentes que reducen el tiempo de espera en un 40% y mejoran la movilidad en el Poliforum.
- Municipio de Loja. (2020). Plan de movilidad urbana sostenible del cantón Loja. Obtenido de <https://www.loja.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/11/Plan-de-Movilidad-Urbana-Sostenible-Canton-Loja.pdf>
- Municipio de Quito. (2014). Estudio de Movilidad y Transporte Urbano de la Ciudad de Quito.
- Notebaert, B., Vanhee, F., De Meyer, K., y Logghe. (2018). Impacto de los semáforos inteligentes en el flujo de tráfico en las redes urbanas.
- NYCDOT. (2019). Señales Inteligentes.
- OCDE. (2020). Movilidad Urbana en el Siglo XXI.
- OMS. (2018). Informe sobre el estado mundial de la seguridad vial.
- Pigou, A. (1920). The economics of welfare. Macmillan and Co.
- Pimentel, W., Silva, J., y Abreu, M. (2018). Evaluación de la eficacia de un sistema de semaforización inteligente en el control de la congestión vehicular.
- Rueda, S. (2017). Transporte masivo en América Latina: Una revisión de los sistemas de buses articulados y tranvías en Bogotá y Curitiba.
- Rus, G. (2022). Análisis Coste-Beneficio: Evaluación de Políticas Públicas y Proyectos de Inversión.
- Samuelson, P. (1954). The pure theory of public expenditure. The Review of Economics and Statistics.
- Sanchez Arpi, P. P. (2018). Análisis de Congestionamiento Vehicular en Semaforos.
- Thomson, I., y Bull, A. (2021). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales.
- TIC. (2022). ¿Qué son las Señales de Tráfico Inteligentes?
- Universidad de California. (2014). Transportation and Health: Global Burdens of Disease from Motorized Road Transport.
- Wang, L., Ma, W., Zhao, H., Guo, Y., y Chen, Y. (2019). Control de señales de tráfico en tiempo real basado en aprendizaje de refuerzo profundo en sistemas de transporte inteligentes.
- Zeng, W., Wang, Y., Yang, C., y Li, J. (2019). Un novedoso algoritmo inteligente de control de semáforos basado en vehículos conectados.
- Zhang, W., Yang, L., y Liu, L. (2019). Sistema Inteligente de Control de Señales de Tráfico basado en el Internet de las Cosas.

## 11. Anexos

### Anexo 1. Certificación de traducción del resumen

Loja, 13 de noviembre de 2023

Yo, Mgs. Claudia Viviana Suárez Carrión, portadora de la cédula de identidad Nro. 1104344617, Docente de Inglés en el Colegio de Bachillerato "Dr. Eduardo Mora Moreno", con Título de Licenciada en Ciencias de la Educación, mención Idioma Inglés, número de registro de SENESCYT 1008-2016-1684116.

#### **CERTIFICO:**

Que la traducción al idioma inglés del resumen del Trabajo de Titulación, denominado **"ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SEMÁFOROS INTELIGENTES EN EL SECTOR URBANO DEL CANTÓN LOJA"** previo a la obtención del título de Magister en Economía y Dirección de Empresas de la Universidad Nacional de Loja, Facultad Jurídica, Social y Administrativa, perteneciente al Ing. José Luis Carrión Guerra, corresponde al texto original en español.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente.

  
Mgs. Claudia Viviana Suárez Carrión  
Docente de Inglés