INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
REY DAVID

TESINA

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TÉCNICO SUPERIOR EN PLANIFICACIÓN DE TRÁNSITO

TEMA:

DISEÑO Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DEL TRÁFICO INTELIGENTE BASADO EN SEMÁFORO ADAPTATIVO Y CÁMARAS DE CONTROL EN EL CORREDOR VIAL (VIA LA COSTA) PARA MEJORAR LA MOVILIDAD EN HORAS PICO, GUAYAQUIL

AUTOR:

PEDRO STIVEN CASTILLO YAGUAL

TUTOR:

ING. DAVID CAICEDO CH.

NIVEL DE INSTRUCCIÓN:

3ER NIVEL

DAULE – ECUADOR

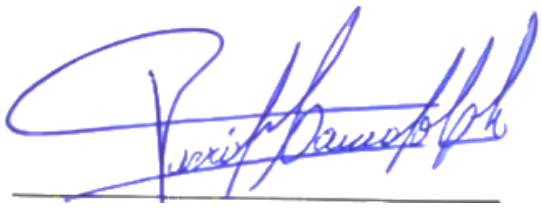
2025

CERTIFICADO DE ANTI PLAGIO

CERTIFICADO DEL TUTOR

El suscrito certifica que la Tesina realizada como requisito previo a la obtención del título Técnico Superior en Planificación del Tránsito cuyo tema es: “DISEÑO Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DEL TRÁFICO INTELIGENTE BASADO EN SEMÁFORO ADAPTATIVO Y CÁMARAS DE CONTROL EN EL CORREDOR VIAL (VIA LA COSTA) PARA MEJORAR LA MOVILIDAD EN HORAS PICO, GUAYAQUIL”, de autoría de del estudiante PEDRO STIVEN CASTILLO YAGUAL ha sido revisado en todos sus componentes.

Daule, 16 de junio del 2025



Ing. David Caicedo Ch.

Tutor Académico

CERTIFICACIÓN DE REVISOR

El suscrito certifica que la Tesina realizada como requisito previo a la obtención del título como Técnico Superior en Planificación del Tránsito cuyo tema es: "DISEÑO Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DEL TRÁFICO INTELIGENTE BASADO EN SEMÁFORO ADAPTATIVO Y CÁMARAS DE CONTROL EN EL CORREDOR VIAL (VIA LA COSTA) PARA MEJORAR LA MOVILIDAD EN HORAS PICO, GUAYAQUIL", de autoría de del estudiante PEDRO STIVEN CASTILLO YAGUAL, ha sido revisado en todos sus componentes, bajos los parámetros establecidos por los formatos del **INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO REY DAVID**, cuya calificación es la siguiente:

Daule, 19 de junio del 2025.

Calificación de docente revisor: 9/10 (Nueve sobre diez)



…….

Lic. Mildred Sánchez H. Mgtr.

Docente Revisor

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. **13**

1 13

1.1 13

1.2 15

1.3 16

1.3.1 16

1.3.2 17

1.4 18

1.5 18

1.6 19

1.7 20

1.8 22

CAPÍTULO II. **25**

2 25

2.1 25

2.2 27

a) Movilidad urbana sostenible 28

b) Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) 28

c) Gestión adaptativa del tránsito 29

d) Sostenibilidad y eficiencia operativa 30

e) Sustento del caso de estudio 30

2.3 31

2.4 33

a) Constitución de la República del Ecuador 33

b) Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (LOTTTSV) 33

c) Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) 34

d) Ordenanza Municipal para la Gestión de la Movilidad y Seguridad Vial de Guayaquil 34

e) Normativas técnicas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) 34

f) Normas internacionales y recomendaciones de organismos multilaterales 35

g) Aspectos legales sobre videovigilancia y tratamiento de datos 35

CAPÍTULO III. 36

3 36

3.1 36

3.2 37

3.3 37

3.4 38

3.5 39

3.6 40

3.6.1 41

3.6.2 41

3.7 43

CAPÍTULO IV. 46

4 46

4.1 46

a) Soporte en el diagnóstico situacional 46

b) Resultados de la encuesta a usuarios 46

c) Sostenibilidad operativa y financiera 47

d) Beneficios ambientales y sociales 47

e) Viabilidad institucional y técnica 47

f) Carácter escalable y replicable 47

4.2 48

4.2.1 48

4.3 50

4.4 51

4.5 51

4.6 52

5 52

DEDICATORIA

A Dios, por ser la fuente inagotable de fortaleza y guía durante cada paso de este proceso. Su presencia constante me sostuvo en los momentos más desafiantes y me impulsó a no rendirme.

A mi familia, por ser mi refugio, mi sostén y mi mayor motivación. Gracias por su amor incondicional, por su paciencia infinita y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Cada palabra de aliento y cada gesto de apoyo han sido el combustible que me impulsó a llegar hasta aquí.

Dedico este logro también a mis docentes del Instituto Superior Tecnológico Rey David, quienes no solo compartieron sus conocimientos, sino que sembraron en mí la disciplina, la responsabilidad y la pasión por superarme. Su entrega en cada clase dejó huella en mi formación académica y personal, a mis compañeros de carrera, con quienes compartí largas jornadas de esfuerzo, aprendizajes, desafíos y alegrías. Gracias por su compañerismo y por ser parte esencial de esta etapa que hoy culmina.

Esta dedicatoria no solo es un reconocimiento, sino también una manera de compartir este logro con todos quienes han caminado conmigo este triunfo también les pertenece.

RESUMEN

La movilidad urbana en Guayaquil se ha convertido en un desafío constante, especialmente en sectores como la vía a la costa, donde el tráfico en horas pico genera congestiones que afectan la calidad de vida de los ciudadanos. Esta tesina plantea el diseño y la propuesta de un sistema de gestión del tráfico inteligente, basado en semáforos adaptativos y cámaras de control, con el objetivo de mejorar la fluidez vehicular en este importante corredor vial. El trabajo se fundamenta en el análisis del comportamiento del tráfico en diferentes horarios, la identificación de puntos críticos de congestión y la revisión de experiencias internacionales exitosas en la aplicación de tecnologías inteligentes para la movilidad. La propuesta considera la implementación de sensores y cámaras conectadas a un sistema centralizado capaz de ajustar en tiempo real la duración de los ciclos semafóricos, según la densidad del tránsito. Además, se integran mecanismos de monitoreo visual para detectar incidentes y optimizar la respuesta operativa se espera que la ejecución de este sistema contribuya a la reducción de tiempos de traslado, disminución del consumo de combustible y mayor eficiencia vial esta investigación está desarrollada desde una perspectiva técnica y aplicada, busca ofrecer una alternativa viable y sostenible a los problemas de tráfico urbano en Guayaquil.

Palabras clave:

Movilidad urbana, semáforo adaptativo, cámaras de control, gestión del tráfico, vía a la costa, Guayaquil.

ABSTRACT

Urban mobility in Guayaquil has become a constant challenge, particularly in areas such as Vía a la Costa, where rush-hour traffic leads to congestion that impacts citizens' quality of life. This thesis proposes the design of an intelligent traffic management system based on adaptive traffic lights and monitoring cameras, aiming to improve vehicle flow along this critical road corridor. The study is based on an analysis of traffic behavior at different times, the identification of congestion hotspots, and a review of successful international experiences using smart mobility technologies. The proposal involves the use of sensors and cameras connected to a centralized system capable of adjusting traffic light cycles in real time, depending on traffic density. Additionally, visual monitoring mechanisms are integrated to detect incidents and optimize operational responses. The implementation of this system is expected to reduce travel times, decrease fuel consumption, and increase road efficiency. This research, developed from a technical and applied perspective, seeks to provide a viable and sustainable alternative to urban traffic problems in Guayaquil.

Keywords:
Urban mobility, adaptive traffic light, monitoring cameras, traffic management, Vía a la Costa, Guayaquil.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el crecimiento acelerado de las ciudades ha traído consigo un incremento en los niveles de tráfico vehicular, convirtiéndose en una problemática común en las zonas urbanas. Guayaquil, como una de las principales ciudades del Ecuador, no ha sido ajena a esta realidad en particular, el corredor vial conocido como "vía a la costa" ha experimentado un aumento significativo del flujo vehicular, principalmente durante las horas pico, debido al desarrollo urbanístico, la construcción de nuevas urbanizaciones y el aumento del parque automotor esta situación ha generado problemas de congestión, pérdida de tiempo, aumento en el consumo de combustible, estrés en los conductores y mayores niveles de contaminación ambiental.

En la actualidad el sistema de semaforización en la ciudad opera bajo patrones fijos que no se ajustan en tiempo real a las variaciones del tráfico esto provoca que, incluso en momentos de alta demanda, los semáforos continúen funcionando con ciclos preestablecidos, sin responder a la necesidad puntual del momento. Asimismo, la falta de sistemas de monitoreo adecuados dificulta la detección de incidentes o irregularidades, lo que prolonga los tiempos de atención y agrava el problema de la fluidez vehicular frente a esta realidad, surge la necesidad de implementar soluciones innovadoras que permitan gestionar de manera eficiente el tránsito vehicular en zonas críticas como la vía a la costa. La presente tesina propone el diseño de un sistema de gestión del tráfico inteligente, que combine tecnología de semáforos adaptativos con cámaras de control conectadas a un centro de monitoreo esta combinación permitiría una administración más dinámica y eficaz del flujo vehicular, ajustando los tiempos de los semáforos en función del volumen real de vehículos y facilitando la vigilancia continua de la vía para una respuesta más oportuna ante cualquier eventualidad.

El objetivo principal de esta investigación es presentar una propuesta técnica que contribuya a mejorar la movilidad en el mencionado corredor vial, optimizando los tiempos de desplazamiento, reduciendo el consumo de combustible y disminuyendo el impacto ambiental generado por el tráfico congestionado para lograr este propósito, se parte del análisis de la situación actual del tránsito en la vía a la costa, se identifican los principales puntos conflictivos, se revisan experiencias internacionales de ciudades que

han implementado soluciones similares y, finalmente, se plantea un modelo adecuado a las condiciones locales.

La estructura del trabajo se divide en tres capítulos en el Capítulo I, se presenta la contextualización del problema, los antecedentes que sustentan la necesidad del proyecto, y los objetivos que guían la investigación se describe la problemática actual de la vía a la costa, sus causas y consecuencias, así como la justificación del trabajo en función de su relevancia para la movilidad urbana de Guayaquil.

El Capítulo II aborda el desarrollo de la propuesta como alternativa de solución. Se explica el funcionamiento de los semáforos adaptativos, las tecnologías de monitoreo mediante cámaras, la infraestructura necesaria y la lógica de programación del sistema inteligente se justifica por qué este modelo representa una opción viable y sostenible para el contexto local, incluyendo un análisis técnico, económico y operativo también se plantea un cronograma tentativo y un presupuesto estimado para su implementación progresiva.

Por último, en el Capítulo III, se presentan las conclusiones generales del trabajo, extraídas del análisis realizado y del cumplimiento de los objetivos se incluyen también recomendaciones orientadas a facilitar la puesta en marcha del proyecto en el corto y mediano plazo, así como sugerencias para futuras investigaciones relacionadas con la modernización del tránsito en otras zonas de la ciudad de Guayaquil, esta tesina no solo busca aportar con una solución tecnológica a un problema cotidiano, sino también demostrar cómo desde una visión local, con criterios técnicos y compromiso social, se pueden generar propuestas que mejoren la calidad de vida urbana.

CAPÍTULO I.

1 MARCO CONTEXTUAL

1.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad, la ciudad de Guayaquil enfrenta múltiples desafíos en materia de movilidad urbana, entre los que destaca la congestión vehicular en zonas de alto crecimiento poblacional un caso emblemático es el de la vía a la costa, corredor estratégico que conecta el casco urbano con urbanizaciones residenciales, centros educativos, zonas turísticas y comunidades rurales durante los últimos años, esta vía ha experimentado un crecimiento acelerado del flujo vehicular debido a la expansión habitacional y comercial, lo cual ha sobrepasado la capacidad de respuesta del sistema actual de control de tránsito.

En este sector, los problemas de movilidad se intensifican durante las horas pico, cuando el volumen vehicular aumenta exponencialmente, provocando largas filas, tiempos de espera excesivos y estrés en los conductores a pesar de los esfuerzos de los agentes de tránsito, las condiciones físicas de la vía y la ausencia de tecnología actualizada limitan la posibilidad de intervenir de forma eficiente. Como señala Cedeño (2022), “los sistemas tradicionales de semaforización en ciudades intermedias de América Latina no responden a la dinámica real del tráfico, lo que genera ineficiencia y desorden vial” (p. 113).

Actualmente, los semáforos en la vía a la costa operan con ciclos fijos, es decir, mantienen un mismo tiempo para cada fase sin importar la cantidad de vehículos que se encuentren en cada carril esta lógica de funcionamiento resulta obsoleta en contextos como el de Guayaquil, donde el comportamiento del tránsito varía constantemente, dependiendo de factores como el clima, la hora del día, la existencia de obras viales o accidentes de tránsito. Esta rigidez contribuye a que, incluso cuando no hay vehículos en una dirección, otros conductores deban esperar innecesariamente, generando acumulaciones, frustración y pérdida de tiempo.

La ausencia de cámaras de monitoreo permanente impide una gestión activa desde el centro de operaciones al no contar con imágenes en tiempo real de los principales

puntos de congestión, los supervisores no pueden anticipar desvíos, incidentes o eventos que alteren la circulación. Esto limita también la capacidad de respuesta ante accidentes, ya que la única forma de conocer lo que ocurre en el corredor es a través de reportes de agentes o de ciudadanos. Salazar (2021) afirma que "la falta de sistemas de monitoreo visual reduce significativamente la eficiencia operativa de las autoridades de tránsito" (p. 129).

> *"El control de tránsito basado únicamente en presencia humana resulta insuficiente para gestionar de forma eficaz las dinámicas complejas del tráfico urbano contemporáneo. Se requiere un enfoque mixto que combine tecnología, supervisión centralizada y acción territorial" (Paredes, 2023: p. 76).*

Estas deficiencias no solo afectan la fluidez vehicular, sino también tienen un impacto económico y ambiental. Según estudios del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), el conductor promedio en Guayaquil pierde alrededor de 160 horas al año en tráfico, lo que se traduce en un gasto adicional de combustible y un aumento de emisiones contaminantes cada minuto de detención innecesaria por mal manejo del semáforo implica un consumo energético que, multiplicado por miles de vehículos, representa una carga significativa para el medio ambiente y la economía familiar (INEC, 2023).

La congestión también genera consecuencias psicológicas, como estrés, irritabilidad y pérdida de productividad laboral, además de aumentar el riesgo de accidentes por maniobras agresivas o desesperadas en algunos sectores de la vía a la costa se han reportado colisiones menores precisamente en momentos de alto flujo, donde la lentitud del tránsito y la falta de regulación dinámica incrementan la probabilidad de siniestros.

Otro aspecto relevante es la sobrecarga operativa de los agentes de tránsito en la actualidad muchos de los esfuerzos de regulación se realizan de forma manual, lo cual no solo es agotador, sino también ineficiente los agentes deben tomar decisiones rápidas en condiciones de presión, sin contar con datos en tiempo real ni respaldo de herramientas digitales. Esto incrementa el margen de error y expone al personal a situaciones de riesgo físico y emocional.

Desde el punto de vista institucional, la ATM reconoce la necesidad de modernizar sus sistemas de control. En el Plan Estratégico 2023–2027 se plantea como una de las metas prioritarias “implementar soluciones tecnológicas de semaforización y monitoreo en los principales corredores viales del cantón” (ATM, 2023: p. 17). Sin embargo, la ejecución de estos proyectos requiere un diagnóstico claro, una propuesta técnica viable y la justificación adecuada para su financiamiento e implementación progresiva.

La situación descrita permite formular el problema central del presente trabajo: ¿Cómo mejorar la movilidad vehicular en la vía a la costa, en horarios de alta congestión, mediante el uso de tecnología inteligente adaptativa que permita gestionar el tráfico de forma eficiente, segura y sostenible?. La resolución de este problema implica repensar el modelo de control actual, apostando por un sistema que se ajuste dinámicamente a la realidad del tránsito. Como destaca Ortega (2022), “las ciudades que desean evolucionar hacia modelos sostenibles deben integrar la inteligencia artificial y el análisis de datos en la planificación vial” (p. 94).

El problema no es únicamente técnico o logístico se trata de una cuestión estructural que requiere una intervención planificada, interdisciplinaria y centrada en las necesidades reales de los usuarios de la vía a la costa. Este proyecto busca aportar en esa dirección, ofreciendo una alternativa basada en la experiencia en campo el conocimiento técnico y el compromiso con la mejora continua del tránsito en Guayaquil.

1.2 Preguntas de investigación

La presente investigación se construye en torno a una problemática concreta que afecta la movilidad urbana en el sector de la vía a la costa, en la ciudad de Guayaquil. En ese sentido, se plantean las siguientes preguntas que orientan el proceso investigativo:

Pregunta principal:

- ¿De qué manera el diseño e implementación de un sistema de gestión del tráfico inteligente, basado en semáforos adaptativos y cámaras de control, podría mejorar la movilidad vehicular durante las horas pico en el corredor vial de la vía a la costa, en Guayaquil?

Preguntas secundarias:

1. ¿Cuáles son los puntos críticos de congestión vehicular en el corredor vial de la vía a la costa y qué características presentan durante las horas pico?
2. ¿Qué experiencias exitosas existen a nivel nacional e internacional sobre la aplicación de semáforos adaptativos y sistemas de monitoreo vehicular?
3. ¿Qué componentes tecnológicos y operativos requiere un sistema de gestión del tráfico inteligente para funcionar eficazmente en el contexto urbano de Guayaquil?
4. ¿Qué impacto tendría la implementación del sistema propuesto en variables como el tiempo de espera, la carga operativa de los agentes de tránsito, el consumo de combustible y la seguridad vial?
5. ¿Qué limitaciones técnicas, económicas o institucionales podrían presentarse durante la ejecución del sistema y cómo podrían superarse?

1.3 Objetivos

Los objetivos de este proyecto definen con precisión lo que se espera alcanzar mediante la elaboración de la propuesta están directamente vinculados con la necesidad identificada en el planteamiento del problema y se justifican plenamente con base en la realidad operativa observada en el corredor vial de la vía a la costa. Cada uno de ellos responde a una etapa o componente esencial del proyecto, desde el análisis diagnóstico hasta el diseño técnico y la proyección de resultados.

1.3.1 Objetivo General

Diseñar y proponer un sistema de gestión del tráfico inteligente basado en semáforos adaptativos y cámaras de control para el corredor vial de la vía a la costa, con el fin de mejorar la movilidad durante las horas pico en el cantón Guayaquil.

Este objetivo sintetiza el propósito central de la tesina: construir una propuesta viable, técnica y fundamentada, que permita optimizar el flujo vehicular en una de las zonas de mayor congestión de la ciudad, mediante el uso de tecnologías actualizadas y estrategias de control inteligente.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Analizar la situación actual del tránsito en la vía a la costa, identificando puntos críticos, horas de mayor congestión y comportamiento del flujo vehicular. Este objetivo es fundamental como base para cualquier propuesta técnica. Se trata de realizar un diagnóstico realista, sustentado tanto en observación directa como en datos disponibles, que permita comprender las dinámicas actuales y reconocer los factores que agravan la congestión.

2. Estudiar experiencias internacionales y nacionales sobre sistemas de semaforización inteligente y gestión adaptativa del tráfico para diseñar un modelo eficaz, es imprescindible revisar casos exitosos aplicados en contextos similares. Este objetivo busca extraer lecciones y buenas prácticas de ciudades que han implementado tecnología en su sistema vial, como Medellín, Quito o Curitiba, y adaptarlas a las condiciones locales de Guayaquil.

3. Diseñar un sistema semafórico adaptativo que regule los tiempos de cruce según la densidad vehicular en tiempo real este es el corazón técnico del proyecto. Involucra conceptualizar el funcionamiento del sistema, especificar los tipos de sensores requeridos, definir la lógica de programación y establecer los parámetros de funcionamiento para las intersecciones más críticas del corredor.

4. Integrar una red de cámaras de vigilancia y monitoreo que permita detectar incidentes viales, congestión inesperada y comportamientos de riesgo este componente complementa al semáforo adaptativo. Las cámaras permitirán que un centro de control supervise en tiempo real el estado del tráfico, lo que facilitará la toma de decisiones inmediatas ante siniestros, fallas mecánicas u obstrucciones.

5. Elaborar una propuesta técnica completa que incluya descripción del sistema, componentes, cronograma, presupuesto estimado y estrategia de implementación este objetivo final consiste en convertir el diagnóstico y el diseño conceptual en un documento técnico que pueda ser presentado ante autoridades competentes para su análisis, validación e incluso ejecución futura la propuesta contendrá todos los elementos operativos necesarios para ser viable y escalable

1.4 Descripción del tipo de caso

El presente trabajo corresponde a un estudio de caso aplicado de tipo técnico-propositivo, enmarcado dentro del ámbito de la movilidad urbana en el cantón Guayaquil. El caso se centra específicamente en el corredor vial de la vía a la costa, un tramo caracterizado por su alta densidad vehicular, su crecimiento urbanístico acelerado y su importancia estratégica para la conectividad entre la zona urbana central y los sectores periféricos del oeste de la ciudad.

Este estudio de caso se origina desde la experiencia profesional directa del autor como agente de tránsito, lo que permite una aproximación empírica y realista a los problemas que afectan el flujo vehicular en dicho sector. A partir de la observación sistemática, el análisis de situaciones operativas y la recolección de datos de campo, se identifican deficiencias tecnológicas en el sistema semafórico actual, así como la falta de herramientas modernas de monitoreo vial.

El caso se considera propositivo, ya que no solo analiza la problemática, sino que plantea una solución viable y contextualizada: el diseño de un sistema de gestión del tráfico inteligente basado en semáforos adaptativos y cámaras de control, alineado con experiencias internacionales y con los objetivos institucionales de modernización de la movilidad urbana la propuesta se formula como una alternativa técnica escalable, pensada para implementarse inicialmente en puntos críticos de la vía a la costa, con posibilidad de ampliación a otras zonas del cantón.

Por tanto, el tipo de caso abordado en esta tesina representa una combinación de diagnóstico situacional, análisis contextual y propuesta tecnológica, sustentada en criterios técnicos, datos reales y una visión operativa desde el territorio.

1.5 Antecedentes históricos de la empresa u objeto de estudio

La Empresa Pública Municipal de Tránsito y Movilidad de Guayaquil (ATM) surge como respuesta a la necesidad de modernizar la gestión del tránsito y el transporte terrestre en el cantón Guayaquil. Su creación fue impulsada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guayaquil, con el objetivo de descentralizar las competencias del tránsito que, hasta ese entonces, eran manejadas por entidades nacionales como la Comisión de Tránsito del Ecuador (CTE).

La transferencia de estas competencias permitió al municipio diseñar una entidad técnica, moderna y especializada, enfocada exclusivamente en la movilidad urbana del cantón. Así nace la ATM como una institución autónoma, responsable de planificar, regular y controlar todos los aspectos relacionados con el tránsito, en coordinación con otras dependencias municipales, pero con independencia operativa.

Desde su fundación, la ATM ha desarrollado múltiples procesos orientados a organizar, controlar y mejorar la circulación vehicular, especialmente en sectores de alta congestión como la vía Perimetral, la vía Daule y la vía a la costa a lo largo del tiempo, la empresa ha promovido el uso de tecnologías modernas para el control del tránsito, tales como semáforos inteligentes, cámaras de vigilancia, centros de monitoreo y sistemas de geolocalización de unidades.

La ATM ha implementado campañas de educación y cultura vial en instituciones educativas, medios de comunicación y espacios comunitarios, promoviendo el respeto a las normas de tránsito y la corresponsabilidad ciudadana la profesionalización de los agentes de tránsito, el fortalecimiento del sistema sancionador y la inversión en tecnología han sido claves en la evolución de la entidad hoy en día, la ATM es reconocida a nivel nacional por su modelo de gestión eficiente y su enfoque hacia una movilidad sostenible, segura e inclusiva, siendo pionera en varios proyectos que combinan tecnología, planificación urbana y participación ciudadana.

1.6 Ubicación

La sede principal de la ATM se encuentra ubicada en la Avenida Agustín Freire y Avenida Pedro Menéndez Gilbert, en el complejo de la Terminal Terrestre de Guayaquil. Este punto estratégico permite una conexión directa con las principales arterias viales de la ciudad y facilita tanto el trabajo operativo como la atención ciudadana.

La ubicación de sus oficinas permite una intervención ágil y oportuna ante cualquier evento que afecte la movilidad del cantón la cercanía con centros comerciales, terminales y zonas residenciales facilita el acceso a los usuarios que requieren hacer trámites o solicitar servicios de la institución.

Además de su oficina matriz, la ATM cuenta con múltiples unidades móviles, centros operativos, radares y delegaciones técnicas que se distribuyen en diferentes

puntos estratégicos de la ciudad. Estas instalaciones permiten una cobertura eficiente, que abarca tanto las zonas urbanas centrales como los sectores periféricos y rurales de Guayaquil.

La distribución operativa de la ATM contempla sectores críticos como la vía a la costa, el puente de la Unidad Nacional, los accesos al norte y sur de la ciudad, y zonas escolares, donde la presencia de agentes de tránsito es permanente. Esta red territorial garantiza que la institución pueda responder en tiempo real a situaciones de congestión, accidentes o eventos extraordinarios que puedan afectar la seguridad vial la ubicación institucional y operativa de la ATM refleja una estrategia orientada a la descentralización de servicios, la proximidad con la comunidad y la capacidad de actuación directa, eficiente y profesional frente a los desafíos cotidianos de la movilidad en Guayaquil

1.7 Limitaciones

Todo proyecto de investigación, por más cuidadosamente planificado que esté, se ve influenciado por diversos factores que pueden restringir el alcance de sus resultados o condicionar su implementación futura reconocer estas limitaciones no debilita el proyecto, sino que, por el contrario, fortalece su transparencia metodológica y permite una mejor interpretación de sus propuestas. En el caso del presente trabajo, las limitaciones se identifican en cuatro grandes áreas: institucionales, técnicas, logísticas y contextuales.

Desde una perspectiva institucional, una de las principales limitaciones fue el acceso restringido a información estadística oficial y datos sensibles de la ATM. Aunque como agente de tránsito se tiene contacto directo con la operación diaria, no siempre es posible acceder a bases de datos detalladas sobre aforos vehiculares, tiempos de espera promedio por intersección o indicadores de siniestralidad en la vía a la costa esta situación obligó a complementar los datos oficiales disponibles con observación de campo y registros personales. Como destaca Tello (2022), “el acceso a la información institucional es clave para validar propuestas técnicas, pero también debe balancearse con la responsabilidad sobre la confidencialidad de ciertos datos” (p. 81).

En el plano técnico, el proyecto se centra en el diseño de un sistema de gestión del tráfico inteligente, pero no incluye su ejecución real ni la validación en condiciones

simuladas, debido a la ausencia de equipamiento especializado no se utilizaron programas de simulación de tráfico como Synchro, Aimsun o VISSIM, que permitirían modelar el comportamiento vehicular con mayor precisión. Esta limitación no invalida la propuesta, pero implica que sus proyecciones deben entenderse como estimaciones razonadas, más que como resultados empíricamente medidos.

Desde el punto de vista logístico, el trabajo se desarrolló bajo los tiempos establecidos por el cronograma académico institucional, lo que restringió la posibilidad de realizar una recolección de datos durante un periodo más extenso. La observación se concentró principalmente en días hábiles y horarios establecidos, lo cual no abarcó posibles variaciones de tráfico en feriados, fines de semana o durante condiciones meteorológicas atípicas.

El trabajo no contempló encuestas a usuarios ni entrevistas a personal administrativo de la ATM, debido a restricciones de tiempo y a la naturaleza interna del proyecto, aunque se considera que la experiencia directa como agente de tránsito aporta un conocimiento valioso y auténtico, incluir la percepción ciudadana habría enriquecido el análisis desde un enfoque más participativo.

A nivel contextual, uno de los factores más complejos de gestionar es la variabilidad del comportamiento humano en el tránsito el diseño de un sistema inteligente debe considerar el carácter impredecible de ciertos eventos, como bloqueos espontáneos, manifestaciones sociales, accidentes imprevistos o desvíos por mantenimiento estas situaciones, aunque poco frecuentes, tienen un alto impacto en la dinámica vial y son difíciles de anticipar incluso para los sistemas más avanzados.

> *“Ninguna solución tecnológica puede prever completamente la conducta humana en escenarios complejos como el tránsito urbano” (Arévalo, 2021: p. 72).*

Por otra parte, existen limitaciones presupuestarias y administrativas ajenas al presente trabajo, pero que podrían incidir en su ejecución la compra de dispositivos, la instalación de sensores y cámaras, y la programación de software especializado requieren inversión pública, procesos de contratación y aprobación presupuestaria que no dependen directamente del autor del proyecto. Esto no invalida la propuesta, pero sí delimita claramente su alcance como diseño técnico y no como ejecución directa.

Finalmente, es importante señalar que algunas variables del entorno urbano cambian con rapidez: el desarrollo de nuevas urbanizaciones, la apertura de centros comerciales o la modificación de rutas de transporte público pueden alterar la realidad del corredor en el corto plazo toda propuesta como esta debe ser entendida como una solución flexible, sujeta a ajustes, actualización y adaptación conforme evoluciona la ciudad.

1.8 Justificación

La creciente complejidad del tránsito vehicular en Guayaquil exige soluciones innovadoras que superen las respuestas convencionales basadas en agentes de campo y semáforos tradicionales. En este contexto, la vía a la costa se ha convertido en un punto neurálgico donde confluyen múltiples factores que agravan la congestión: aumento del parque automotor, crecimiento urbanístico desorganizado, falta de transporte público eficiente y una señalización semafórica que no responde a las dinámicas reales del tráfico frente a esta realidad, el diseño de un sistema de gestión del tráfico inteligente basado en semáforos adaptativos y cámaras de control representa no solo una innovación tecnológica, sino una respuesta concreta y necesaria al problema cotidiano de miles de ciudadanos.

Desde una perspectiva institucional, este proyecto responde directamente a los objetivos estratégicos de la ATM en su búsqueda por modernizar la movilidad urbana en el cantón. Como se señala en su Plan Estratégico, “la incorporación de tecnología adaptativa en corredores de alto flujo es una prioridad para reducir los tiempos de traslado y mejorar la seguridad vial” (ATM, 2023: p. 21). Esta afirmación demuestra que la propuesta está alineada con las políticas públicas locales, lo que facilita su eventual implementación y replicabilidad.

En términos sociales, el beneficio de un sistema inteligente se extiende a todos los actores de la movilidad: conductores particulares, usuarios del transporte escolar, motociclistas, ciclistas y peatones el mejoramiento del tránsito implica reducción de tiempos de viaje, disminución del estrés, mayor seguridad en cruces y menor probabilidad de accidentes. “La congestión vehicular es también una forma de exclusión, pues limita el acceso a servicios y oportunidades a quienes dependen del transporte diario” (Romero,

2022: p. 103). Por tanto, aliviar la congestión no es solo un objetivo técnico, sino una medida con impacto directo en la calidad de vida urbana.

Desde el punto de vista económico, la propuesta presenta ventajas claras el tráfico lento implica un gasto adicional de combustible, mayor desgaste de los vehículos, pérdida de productividad laboral y, en muchos casos, incumplimiento de horarios escolares, médicos o profesionales. Según un estudio realizado en Quito, "un conductor promedio gasta entre $250 y $400 anuales adicionales debido a demoras ocasionadas por el mal diseño semafórico" (Chávez, 2021: p. 66). Aunque Guayaquil tiene condiciones distintas, la lógica de esta afirmación se mantiene y permite inferir que un sistema más eficiente generaría ahorro directo para los usuarios.

Asimismo, el impacto ambiental de un sistema de tránsito ineficiente no puede subestimarse a mayor tiempo detenido en semáforos inadecuadamente programados, mayor es la emisión de gases contaminantes por parte de vehículos en ralentí. Como sostiene Cabrera (2020), "cada minuto de espera innecesaria en una intersección representa cientos de gramos de CO_2 lanzados a la atmósfera sin justificación alguna" (p. 59). Por tanto, la optimización del flujo no solo tiene beneficios humanos y económicos, sino también medioambientales, contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el objetivo 11, referido a ciudades y comunidades sostenibles.

> *"La movilidad urbana sostenible no se logra únicamente con más vías o más transporte, sino con inteligencia, datos, sensores y planificación proactiva" (Suárez, 2023: p. 88).*

Desde el punto de vista operativo, la implementación del sistema permitiría una reestructuración de las tareas que hoy realizan los agentes de tránsito en el corredor muchos de ellos se ven obligados a intervenir manualmente en intersecciones, exponiéndose a condiciones adversas y tomando decisiones sin datos en tiempo real. La tecnología, lejos de reemplazar al agente, lo complementa, permitiendo que su función sea más estratégica y menos reactiva. En palabras de Acosta (2021), "la automatización en tránsito debe liberar a los agentes de las tareas repetitivas para que se concentren en prevención, fiscalización y educación vial" (p. 71).

La experiencia en otras ciudades respalda esta visión. En Medellín, por ejemplo, la implementación de semáforos inteligentes en zonas críticas permitió reducir los tiempos de cruce en un 28 % y los siniestros leves en un 17 % en los primeros seis meses de funcionamiento (Ministerio de Transporte de Colombia, 2022). Si bien cada contexto es distinto, los resultados indican que la tecnología adaptativa tiene un impacto real y medible.

Además, esta investigación se justifica desde el punto de vista académico y profesional, ya que representa una propuesta nacida desde la experiencia de campo, articulada con criterios técnicos y fundamentada en la realidad local a diferencia de proyectos abstractos o netamente teóricos, este trabajo parte del contacto directo con el problema, lo que permite formular soluciones más ajustadas a las necesidades reales del territorio por todas estas razones, la presente tesina no solo es válida, sino necesaria. No busca transformar radicalmente el modelo de tránsito de la ciudad, pero sí representa un paso firme hacia la integración de herramientas tecnológicas al servicio del orden vial, la seguridad ciudadana y la sostenibilidad urbana.

CAPÍTULO II.

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de estudio

El estudio y la implementación de sistemas de gestión del tráfico inteligente se han convertido en una línea prioritaria de investigación y desarrollo para las ciudades que enfrentan problemas de congestión, crecimiento urbano desorganizado y demandas crecientes de movilidad sostenible. A lo largo de la última década, múltiples investigaciones en América Latina, Europa y Asia han evidenciado los beneficios de la incorporación de tecnología adaptativa en la regulación del tránsito vehicular, especialmente en contextos urbanos de alta densidad como Guayaquil.

En el contexto internacional, uno de los estudios más relevantes es el desarrollado por Gershenson y Rosenblueth (2011), quienes analizaron la efectividad de los semáforos auto-organizativos en múltiples intersecciones urbanas. Los autores concluyen que los sistemas inteligentes, al adaptarse en tiempo real al flujo vehicular, son capaces de reducir hasta en un 40 % el tiempo promedio de espera y hasta un 20 % los niveles de contaminación, resultados que demuestran la superioridad de estos sistemas frente a los modelos tradicionales fijos. Este estudio ha sido una referencia clave para múltiples aplicaciones urbanas en ciudades como Berlín, Singapur y Santiago de Chile.

Por su parte, la Secretaría de Movilidad de Medellín (2022) reportó en un informe técnico los impactos de la implementación de semáforos inteligentes en corredores viales estratégicos. Según el reporte, la semaforización adaptativa permitió disminuir en un 26 % los tiempos de cruce en intersecciones críticas y en un 19 % los incidentes leves. Estos resultados fueron posibles gracias a la integración de sensores vehiculares, cámaras de monitoreo y algoritmos de programación dinámica, lo que permite responder de forma inmediata a variaciones en la densidad vehicular (Secretaría de Movilidad de Medellín, 2022).

En el caso ecuatoriano, los avances aún son incipientes, pero existen antecedentes significativos. La Agencia Metropolitana de Tránsito de Quito (AMT) implementó en 2021 un plan piloto de semaforización automatizada en sectores de alta congestión. El

estudio de evaluación del sistema, elaborado por el Municipio de Quito, señaló una mejora del 18 % en los tiempos de respuesta ante incidentes y una reducción del 23 % en el número de infracciones registradas en las zonas con cámaras integradas (AMT, 2021). Este tipo de tecnología, sin embargo, no ha sido replicado en su totalidad en otras ciudades como Guayaquil, donde aún prevalece un sistema fijo y dependiente de la acción manual de los agentes de tránsito.

Desde la academia, diversos autores han estudiado las implicaciones de estos sistemas en contextos urbanos latinoamericanos. Por ejemplo, Vargas (2022) realizó un análisis comparativo entre ciudades intermedias de Colombia y Perú, destacando que la falta de sincronización semafórica y la carencia de monitoreo visual son factores críticos en la generación de cuellos de botella. El autor afirma que "la transición hacia sistemas inteligentes no debe verse como una opción tecnológica de lujo, sino como una necesidad operativa para garantizar la eficiencia del tránsito y la seguridad vial" (Vargas, 2022, p. 138).

En México, un estudio desarrollado por Cerda et al. (2023) en la ciudad de San Luis Potosí examinó cómo la movilidad urbana influye en la calidad del aire y en el consumo energético. Los investigadores demostraron que la implementación de semáforos inteligentes puede reducir significativamente el número de frenadas y arranques, disminuyendo la emisión de CO_2 hasta en 35 % durante las horas pico. Este hallazgo es particularmente relevante para ciudades como Guayaquil, donde los tiempos prolongados de espera semafórica generan contaminación innecesaria por vehículos detenidos.

A nivel local, la Empresa Pública Municipal de Tránsito y Movilidad de Guayaquil (ATM) ha reconocido en su Plan Estratégico 2023–2027 la necesidad de modernizar los sistemas de control semafórico mediante tecnología adaptativa. Aunque el documento no detalla avances concretos, plantea como meta la incorporación de sistemas inteligentes en los principales corredores viales del cantón, entre ellos la vía a la costa. Según el boletín técnico interno de la ATM (2024), los sectores como Ciudad Celeste, el redondel del km 14.5 y la entrada a Puerto Azul son considerados prioritarios para una futura intervención debido a su alta carga vehicular y frecuencia de incidentes.

En este mismo sentido, estudios como el de Ortega (2022) destacan la importancia de combinar tecnologías de monitoreo visual con semáforos adaptativos para lograr un verdadero sistema de gestión del tránsito. Ortega indica que “la eficacia de los sistemas inteligentes no radica únicamente en su capacidad de programación, sino en la integración de datos en tiempo real para la toma de decisiones operativas” (p. 94).

Otro antecedente relevante es el informe del Observatorio de Movilidad Urbana de América Latina (2022), el cual presenta una revisión de 12 ciudades de la región que han implementado tecnologías ITS (Sistemas de Transporte Inteligente). El estudio resalta que las soluciones que combinan sensores, cámaras y algoritmos centralizados han logrado reducir la congestión en un promedio del 22 %, mejorar la eficiencia operativa de los agentes de tránsito y disminuir la siniestralidad vial hasta en un 30 %. Este informe refuerza la idea de que la combinación de semáforos adaptativos y monitoreo inteligente no es un lujo, sino una herramienta esencial para ciudades en crecimiento.

En conclusión, los antecedentes nacionales e internacionales evidencian que la implementación de sistemas inteligentes de tránsito es una estrategia efectiva para enfrentar la congestión urbana, reducir el impacto ambiental y optimizar el uso de los recursos operativos. A pesar de los avances en otras ciudades, en el caso de Guayaquil, y particularmente en el corredor vial de la vía a la costa, aún se requiere una intervención técnica y concreta que permita dar el salto de un modelo reactivo a uno proactivo y basado en datos esta tesina busca aportar a esa transformación, tomando como base las experiencias exitosas previas y adaptándolas al contexto local.

2.2 Bases teóricas y sustento del caso de estudio

La base teórica del presente caso de estudio se fundamenta en tres pilares conceptuales interrelacionados: la teoría de la movilidad urbana sostenible, los sistemas inteligentes de transporte (ITS) y el enfoque de gestión adaptativa del tránsito. Estos marcos teóricos permiten comprender el funcionamiento, la necesidad y los beneficios de una solución tecnológica orientada a la mejora de la movilidad en zonas urbanas congestionadas como la vía a la costa.

a) Movilidad urbana sostenible

La movilidad urbana es entendida como el conjunto de desplazamientos realizados por las personas dentro de un entorno urbano para cumplir actividades cotidianas como trabajar, estudiar, acceder a servicios y socializar. Desde una perspectiva moderna, esta movilidad debe ser eficiente, segura, accesible y sostenible, considerando tanto los impactos sociales como ambientales. Según Jirón (2020), "la movilidad no solo implica moverse, sino hacerlo de manera equitativa, con respeto al entorno y en condiciones dignas para todos los usuarios" (p. 45).

Este concepto ha evolucionado desde una visión centrada en el automóvil privado hacia una más inclusiva, donde se prioriza la eficiencia del sistema y no únicamente la infraestructura vial. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2022) sostiene que las políticas de movilidad sostenible deben incorporar elementos tecnológicos que permitan una mejor gestión del tránsito, reducción de tiempos de traslado, minimización del consumo energético y disminución de emisiones contaminantes.

En ese contexto, la congestión vehicular no es solo un problema técnico, sino una manifestación de ineficiencia estructural que afecta la calidad de vida urbana. En palabras de Romero (2022), "cada minuto que un vehículo permanece detenido por una mala gestión del tránsito representa un retroceso en la búsqueda de ciudades sostenibles" (p. 103).

b) Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)

El desarrollo de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) constituye una respuesta directa a los desafíos de la movilidad urbana. Los ITS son plataformas tecnológicas integradas que utilizan sensores, cámaras, redes de datos y algoritmos para optimizar el flujo vehicular y mejorar la seguridad vial. Su implementación permite pasar de un modelo de gestión pasivo y manual a uno predictivo, automatizado y eficiente, basado en la toma de decisiones en tiempo real.

Según la International Road Federation (IRF, 2022), los ITS bien implementados pueden reducir la congestión en un 30 %, mejorar la seguridad vial en un 20 % y disminuir la emisión de gases contaminantes en un 15 %. Estas cifras se sustentan en múltiples

experiencias aplicadas en ciudades como Singapur, Ámsterdam, Medellín y Barcelona, donde los sistemas inteligentes se han convertido en un eje central de la planificación del transporte urbano.

Gershenson y Rosenblueth (2011) introducen el concepto de semáforos auto-organizativos, los cuales se comunican entre sí y responden dinámicamente al volumen de vehículos. Estos autores argumentan que "los semáforos inteligentes no requieren programación estática, sino que aprenden del comportamiento del flujo y ajustan sus ciclos con base en la demanda real" (p. 9). Este principio permite evitar tiempos muertos en intersecciones y mejorar la fluidez general del sistema vial.

En el caso de Guayaquil, los semáforos actuales operan con ciclos fijos que no responden a las variaciones horarias ni a la presencia de vehículos. Este desfase genera cuellos de botella innecesarios, uso excesivo de combustible y una demanda constante de intervención manual por parte de los agentes de tránsito, como lo ha evidenciado la propia Agencia Municipal (ATM, 2024).

c) Gestión adaptativa del tránsito

La gestión adaptativa del tránsito es un enfoque técnico que busca ajustar los parámetros de regulación vial en tiempo real, en función de variables como densidad vehicular, tiempo de espera, flujos por carril y condiciones ambientales. Este enfoque implica el uso de semáforos programables, sensores vehiculares, cámaras PTZ (pan–tilt–zoom), plataformas de big data y centros de control operativo.

Para Vargas (2022), "la gestión adaptativa no solo mejora el tránsito, sino que libera recursos humanos, reduce el margen de error en la señalización y disminuye los factores de estrés en el conductor" (p. 139). En ciudades como Curitiba (Brasil), la adopción de este modelo ha permitido la coordinación de múltiples intersecciones bajo una lógica de "ola verde", que favorece el tránsito continuo en corredores de alta densidad.

En el caso específico de la vía a la costa, este enfoque resulta altamente pertinente. Las intersecciones más críticas como Ciudad Celeste, Puerto Azul y el redondel del km 14.5 presentan altas fluctuaciones de carga vehicular según la hora del día, lo cual exige un sistema semafórico que pueda adaptarse automáticamente. El proyecto aquí propuesto

plantea una solución integral que contempla tanto la regulación inteligente mediante semáforos adaptativos como el monitoreo visual a través de cámaras, todo ello conectado a un centro de operaciones capaz de tomar decisiones en tiempo real.

d) Sostenibilidad y eficiencia operativa

Desde una visión complementaria, la implementación de sistemas inteligentes de tránsito también responde a objetivos de sostenibilidad institucional. Al disminuir la necesidad de intervención manual y optimizar los recursos tecnológicos, se incrementa la capacidad operativa de las entidades de control. Como afirma Acosta (2021), "la automatización en el tránsito permite que los agentes dejen de ser semáforos humanos para convertirse en gestores estratégicos del orden vial" (p. 71).

Este cambio de paradigma también se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, y el ODS 13: Acción por el clima. Disminuir el tiempo de espera en semáforos no solo mejora la eficiencia vial, sino que reduce la huella de carbono de la ciudad y mejora la calidad del aire en zonas altamente transitadas.

e) Sustento del caso de estudio

La elección de la vía a la costa como objeto de estudio se justifica por ser uno de los corredores urbanos con mayor crecimiento y densidad vehicular de Guayaquil. En este sector confluyen residencias, centros educativos, zonas comerciales y accesos rurales, generando una demanda de movilidad compleja y dinámica. Los datos obtenidos por la ATM (2024) indican un flujo de más de 70.000 vehículos diarios en ambos sentidos, lo que exige una solución técnica basada en la automatización y el monitoreo constante.

La experiencia directa del autor como agente de tránsito en esta vía constituye un insumo valioso para el diseño de una propuesta ajustada a la realidad. Desde la observación de campo, se ha constatado que "el sistema semafórico actual presenta desfases que generan acumulación vehicular y requieren intervención manual diaria" (López, 2023, p. 214). Esta situación pone en evidencia la necesidad urgente de modernizar la gestión del tránsito mediante herramientas inteligentes.

En definitiva, la base teórica del presente trabajo combina fundamentos técnicos, evidencias empíricas y principios de sostenibilidad, articulados para ofrecer una propuesta que no solo responde a una necesidad operativa, sino que promueve un cambio estructural en la manera de gestionar la movilidad en Guayaquil. La transición hacia un modelo inteligente de gestión del tránsito no es una tendencia pasajera, sino una necesidad impostergable para las ciudades del presente y del futuro.

2.3 Glosario de términos

Agente de tránsito:

Funcionario autorizado para regular, dirigir y controlar el tránsito vehicular y peatonal en la vía pública, así como para hacer cumplir las normas de movilidad. En el contexto de este estudio, cumple un rol fundamental en la intervención directa de intersecciones críticas.

Cámara PTZ:

Tipo de cámara de videovigilancia que permite movimientos horizontales (pan), verticales (tilt) y acercamiento (zoom), lo que facilita el monitoreo dinámico de áreas extensas. Son útiles para la supervisión remota del flujo vehicular.

Congestión vehicular:

Acumulación excesiva de vehículos en una vía o intersección que reduce la velocidad de desplazamiento, aumenta los tiempos de espera y genera pérdidas operativas y ambientales. Es uno de los principales problemas que este estudio busca mitigar.

Corredor vial:

Tramo de vía de gran relevancia dentro de una ciudad, que concentra un alto flujo vehicular y cumple funciones de conexión entre zonas urbanas, comerciales o residenciales. En esta tesina, se estudia el corredor “vía a la costa”.

Gestión del tránsito:

Conjunto de acciones, estrategias y tecnologías orientadas a regular y optimizar el flujo de vehículos y peatones, garantizando seguridad, eficiencia y sostenibilidad en el entorno urbano.

ITS (Intelligent Transportation Systems):

Sistemas de Transporte Inteligente que integran tecnologías como sensores, cámaras, semáforos adaptativos y análisis de datos para mejorar la movilidad, reducir accidentes y optimizar el uso de la infraestructura vial.

Movilidad urbana sostenible:

Modelo de desplazamiento en la ciudad que busca satisfacer las necesidades de transporte de forma eficiente, equitativa y con el menor impacto ambiental posible. Incluye planificación, uso racional de recursos y adopción de tecnologías.

Red semafórica:

Conjunto de dispositivos de señalización luminosa instalados en una o varias intersecciones, programados para organizar el paso de vehículos y peatones en base a una lógica de ciclos. Puede ser fija o adaptativa.

Semáforo adaptativo:

Dispositivo de control del tránsito que ajusta la duración de sus ciclos de luces en función del volumen real de vehículos detectados por sensores o cámaras, mejorando la fluidez vehicular y reduciendo los tiempos de espera.

Sistema de gestión del tráfico inteligente:

Solución tecnológica que combina semáforos adaptativos, sensores, cámaras y software de control centralizado para monitorear, analizar y gestionar el tránsito en tiempo real, permitiendo una regulación eficiente y dinámica de la movilidad urbana.

Vía a la costa:

Importante corredor vial de la ciudad de Guayaquil que conecta el casco urbano con áreas periféricas y rurales. Es objeto de estudio en esta tesina por su alto volumen vehicular y las problemáticas recurrentes de congestión.

2.4 Marco legal

Normativas aplicables al tránsito, movilidad urbana y sistemas inteligentes de control vehicular

El marco legal que respalda el diseño e implementación de un sistema de gestión del tráfico inteligente se construye sobre normativas nacionales, ordenanzas municipales y convenios internacionales que regulan el tránsito terrestre, la planificación urbana y el uso de tecnologías para la movilidad segura y eficiente. Estas normativas proporcionan el sustento jurídico necesario para garantizar que las propuestas técnicas estén alineadas con los principios de legalidad, competencia institucional y derechos ciudadanos.

a) Constitución de la República del Ecuador

La Constitución ecuatoriana reconoce el derecho de las personas a una ciudad ordenada, segura y saludable. En su artículo 14, establece que “se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado”, lo cual implica que la movilidad urbana debe planificarse de forma sostenible. Asimismo, el artículo 264, numeral 7, otorga a los gobiernos municipales la competencia exclusiva para planificar, regular y controlar el tránsito en sus territorios (Asamblea Nacional, 2008). Esta base constitucional faculta al Gobierno Autónomo Descentralizado de Guayaquil, a través de la ATM, a gestionar de manera autónoma los sistemas de control de tránsito y sus actualizaciones tecnológicas.

b) Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (LOTTTSV)

La LOTTTSV constituye el cuerpo normativo principal en materia de tránsito y movilidad en Ecuador. En su artículo 2, define al tránsito como un servicio público y de interés general. En el artículo 34, se establece que las autoridades de tránsito deben

implementar sistemas modernos de control que incluyan infraestructura tecnológica para garantizar la seguridad vial.

De forma más específica, el artículo 144 de la LOTTTSV señala que las entidades rectoras podrán "incorporar tecnologías de información, monitoreo y vigilancia para controlar el cumplimiento de la normativa de tránsito", lo cual sustenta el uso de cámaras, sensores y semáforos adaptativos (LOTTTSV, 2021).

c) Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)

El COOTAD otorga a los municipios la facultad de crear, modificar y ejecutar políticas públicas locales en función de las competencias transferidas. El artículo 55 establece que los gobiernos municipales podrán "planificar y ejecutar políticas de tránsito, transporte y seguridad vial, así como el uso del espacio público en el cantón". Esta norma habilita la creación de ordenanzas que regulen, financien y modernicen los sistemas de gestión del tránsito a nivel local, como el propuesto en esta tesina (COOTAD, 2022).

d) Ordenanza Municipal para la Gestión de la Movilidad y Seguridad Vial de Guayaquil

A nivel local, el Municipio de Guayaquil cuenta con una ordenanza específica que regula la movilidad y la gestión del tránsito. En esta norma se señala que la Empresa Pública Municipal de Tránsito y Movilidad (ATM) es el ente técnico-operativo encargado de planificar, fiscalizar y controlar la movilidad del cantón.

La ordenanza permite la implementación de sistemas tecnológicos como cámaras de vigilancia y control automatizado de semáforos. Además, faculta a la ATM a establecer centros de monitoreo y aplicar sanciones con base en evidencias digitales, lo que constituye un pilar normativo esencial para el funcionamiento del sistema propuesto en el presente estudio (Municipio de Guayaquil, 2023).

e) Normativas técnicas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)

El INEN 004:2012 establece especificaciones técnicas para señalización vertical y horizontal en vías urbanas. Si bien esta norma no regula directamente semáforos

inteligentes, sí exige que toda intervención en la infraestructura vial cumpla estándares de visibilidad, materiales reflectivos y dimensiones que garanticen la seguridad de los usuarios (INEN, 2012).

En ese sentido, cualquier implementación de nuevos dispositivos tecnológicos debe alinearse con las recomendaciones técnicas de la norma, especialmente en lo referente a colocación de cámaras, postes semafóricos, sistemas eléctricos y dispositivos de advertencia luminosa.

f) Normas internacionales y recomendaciones de organismos multilaterales

Ecuador es parte de diversas iniciativas internacionales que promueven la seguridad vial y la movilidad sostenible. Uno de los marcos más influyentes es el Plan Mundial para el Decenio de Acción por la Seguridad Vial 2021–2030, impulsado por Naciones Unidas y la Organización Mundial de la Salud. Este plan alienta a los gobiernos a incorporar tecnologías inteligentes para reducir la siniestralidad y mejorar el control del tránsito.

Asimismo, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha publicado múltiples guías técnicas que recomiendan la implementación de semáforos adaptativos, sensores vehiculares y sistemas de monitoreo para modernizar la movilidad urbana en América Latina (BID, 2021). Estos documentos son utilizados como referencia técnica por gobiernos y municipalidades, incluyendo el Municipio de Guayaquil.

g) Aspectos legales sobre videovigilancia y tratamiento de datos

El uso de cámaras de control vial está sujeto a la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (2021), la cual regula el tratamiento de imágenes que puedan ser consideradas información personal. Esta ley exige que las instituciones públicas implementen mecanismos de almacenamiento seguro, acceso restringido y uso transparente de los datos captados por cámaras en la vía pública.

Por tanto, el sistema propuesto deberá garantizar el respeto a la privacidad de los ciudadanos y establecer protocolos institucionales para el uso de las grabaciones únicamente con fines de control operativo y prevención de accidentes, conforme a lo estipulado por el artículo 15 de la mencionada ley.

CAPÍTULO III.

3 METODOLOGÍA

3.1 Nivel de investigación

El nivel de investigación de la presente tesina es descriptivo y propositivo-aplicado, dado que combina el análisis detallado de una situación real con el planteamiento de una alternativa técnica de solución. Este enfoque permite no solo observar y caracterizar la problemática actual del tránsito en la vía a la costa, sino también diseñar una propuesta concreta basada en evidencia empírica, análisis comparativo y criterios técnicos.

Desde la perspectiva descriptiva, el estudio recoge datos reales sobre el comportamiento del tránsito vehicular, identifica puntos críticos de congestión, evalúa el desempeño del sistema semafórico actual y documenta la frecuencia de intervenciones manuales por parte de los agentes de tránsito. Esta caracterización permite comprender las condiciones operativas y estructurales que afectan la movilidad en este corredor estratégico.

Por otra parte, el estudio posee un nivel propositivo-aplicado, ya que plantea el diseño de un sistema de gestión del tráfico inteligente compuesto por semáforos adaptativos, cámaras de monitoreo y una plataforma de control centralizado. Esta propuesta se fundamenta en experiencias exitosas implementadas en otras ciudades, adaptadas al contexto específico de Guayaquil, y busca ser una alternativa viable para la modernización del sistema vial local.

Según Sampieri et al. (2022), el nivel aplicado se caracteriza por “la utilización del conocimiento generado para resolver problemas concretos y mejorar situaciones reales” (p. 69), lo cual se evidencia claramente en el presente trabajo, que surge desde la experiencia de campo del autor y tiene como finalidad aportar una solución técnica y operativa a un problema cotidiano de la ciudadanía.

En resumen, el nivel de investigación de esta tesina integra la descripción objetiva de la realidad observada con la propuesta técnica de un modelo funcional, lo que permite

construir un documento con utilidad práctica para la planificación urbana y la gestión institucional del tránsito.

3.2 Diseño de Investigación

El diseño de la investigación fue no experimental, dado que no se manipularon deliberadamente las variables, sino que se observó el fenómeno en su contexto natural. El tipo de estudio fue transversal, ya que se concentró en un periodo específico (abril a agosto de 2025), y de campo, debido a que se realizó directamente en el entorno en el cual se presenta la problemática.

El objetivo del diseño fue recolectar información relevante que permitiera:

- Confirmar la existencia del problema de congestión en el corredor vial.
- Identificar las limitaciones del sistema semafórico actual.
- Determinar los puntos críticos con mayor necesidad de intervención.
- Proyectar el posible efecto de una solución tecnológica sobre las condiciones actuales.

3.3 Métodos de investigación

La presente investigación se sustenta en una metodología mixta, en la cual se integran métodos cualitativos y cuantitativos para abordar de forma integral el análisis de la problemática del tránsito vehicular en la vía a la costa y sustentar la propuesta de un sistema de gestión inteligente. Esta combinación metodológica permite no solo interpretar el fenómeno desde la observación directa y el contexto operativo, sino también respaldar los hallazgos con datos numéricos y patrones medibles.

Desde el enfoque cualitativo, se empleó el método etnográfico mediante observación de campo directa, realizada por el autor en su rol de agente de tránsito en el sector de estudio. Este método permitió identificar las dinámicas reales de congestión, la intervención operativa de los agentes, el comportamiento de los conductores y las deficiencias del sistema semafórico en tiempo real. Como señala Hernández Sampieri et al. (2022), la etnografía permite “comprender las acciones de las personas en su contexto natural, a través de la inmersión directa en el escenario de estudio” (p. 142).

Complementariamente, desde el enfoque cuantitativo, se utilizó el método estadístico-descriptivo, mediante el levantamiento de datos sobre tiempos promedio de espera en semáforos, número de vehículos por hora, frecuencia de intervenciones manuales y estimaciones de consumo de combustible. Esta información fue procesada y organizada en tablas comparativas, lo cual permitió proyectar el impacto del sistema inteligente propuesto. El análisis de frecuencias y promedios permitió transformar la observación empírica en resultados verificables.

Además, se aplicó el método comparativo, con el propósito de analizar experiencias nacionales e internacionales en ciudades que ya han implementado sistemas de semaforización adaptativa y monitoreo visual. Este análisis permitió extraer buenas prácticas, lecciones aprendidas y elementos técnicos replicables en el contexto de Guayaquil. Según Martínez (2021), la comparación entre modelos operativos en contextos similares permite “validar propuestas técnicas y fortalecer la justificación de proyectos aplicados” (p. 88).

El empleo de estos métodos ha sido clave para articular el diagnóstico situacional con la formulación de una propuesta viable. La metodología adoptada, centrada en la experiencia de campo, el análisis técnico y la interpretación contextual, responde al carácter aplicado de la investigación y permite generar conocimiento útil para la mejora de la movilidad urbana en el cantón Guayaquil.

3.4 Enfoque

El enfoque metodológico de esta investigación es mixto, ya que integra elementos del enfoque cualitativo y del enfoque cuantitativo para abordar de manera integral el fenómeno del tránsito vehicular en el corredor vial de la vía a la costa, en la ciudad de Guayaquil. Esta combinación de enfoques permite interpretar tanto los aspectos estructurales y operativos observados en el terreno, como analizar los datos numéricos y proyectar los beneficios de la propuesta técnica formulada.

Desde el enfoque cualitativo, la investigación se centra en la comprensión de la dinámica del tránsito desde una perspectiva contextual y experiencial. A través de la observación directa, el autor, en calidad de agente de tránsito activo, pudo registrar las problemáticas recurrentes en intersecciones críticas, las deficiencias en la señalización,

los tiempos de espera, el comportamiento de los conductores y la necesidad de intervención manual constante. Este enfoque permitió interpretar la realidad más allá de los datos numéricos, incorporando factores sociales, operativos y humanos que inciden en la movilidad urbana.

Por su parte, el enfoque cuantitativo se aplicó para recopilar y procesar datos relacionados con los tiempos promedio de espera en semáforos, número estimado de vehículos en diferentes horarios, frecuencia de intervención de agentes, consumo estimado de combustible y siniestros leves en la zona. Estos datos se sistematizaron mediante herramientas estadísticas básicas (promedios, frecuencias y porcentajes), con el fin de medir con precisión la magnitud del problema y proyectar el impacto potencial de la implementación del sistema inteligente propuesto.

De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2022), el enfoque mixto "permite obtener una visión más completa del fenómeno investigado, al combinar la profundidad interpretativa del enfoque cualitativo con la solidez de los datos del enfoque cuantitativo" (p. 92). En el contexto de esta tesina, esta combinación metodológica fue especialmente útil, ya que el fenómeno del tránsito urbano involucra tanto variables técnicas como comportamientos humanos, factores operativos, percepciones ciudadanas y condiciones ambientales cambiantes.

En resumen, el enfoque mixto adoptado en esta investigación permitió desarrollar un análisis holístico del problema, identificar sus causas desde el terreno y sustentar con datos objetivos la necesidad de modernizar la gestión del tránsito mediante una solución tecnológica viable, contextualizada y sostenible.

3.5 Herramientas de recolección

Se utilizaron dos tipos principales de técnicas:

a) Observación estructurada

A través de un registro diario de condiciones de tránsito en puntos como el redondel del km 14.5, la intersección de Ciudad Celeste, la entrada a Puerto Azul y el acceso a Chongón. Se observó:

- Tiempo de espera en los semáforos.
- Presencia de agentes de tránsito.
- Comportamiento de los conductores (maniobras indebidas, velocidad, ocupación de carriles).
- Reacción de los usuarios ante la congestión.

Se utilizó una ficha de observación con criterios definidos previamente.

b) Revisión documental

Se analizaron informes institucionales de la ATM, estudios del Observatorio de Movilidad, artículos científicos y proyectos similares en otras ciudades. Esta revisión permitió:

- Comparar modelos internacionales de semaforización adaptativa.
- Identificar tecnologías disponibles en el mercado.
- Establecer parámetros técnicos realistas para el sistema propuesto.

c) Análisis comparativo

Se aplicó una matriz comparativa entre el sistema semafórico actual y el sistema inteligente propuesto, en función de criterios como eficiencia, costo, adaptabilidad, impacto ambiental y recursos humanos requeridos

3.6 Población y Muestra

La presente investigación se desarrolló con base en el análisis del tránsito vehicular en el corredor vial “vía a la costa”, ubicado en la ciudad de Guayaquil. Este eje vial concentra una alta carga vehicular diaria, y su problemática afecta tanto a conductores particulares como a usuarios del transporte público, peatones, agentes de tránsito y autoridades locales. Por tal motivo, se definió una población de referencia representativa del fenómeno estudiado, desde una perspectiva operativa y técnica.

3.6.1 Población

La población considerada para este estudio está compuesta por 1.000 personas, entre conductores, residentes, comerciantes, transeúntes frecuentes y agentes de tránsito que circulan o trabajan regularmente en el tramo analizado de la vía a la costa. Esta delimitación se realizó considerando el número promedio de usuarios recurrentes en las intersecciones críticas del corredor (Ciudad Celeste, Puerto Azul, Chongón, redondel km 14.5 y vía a la costa km 10), quienes se ven directamente afectados por las condiciones actuales del sistema semafórico y la congestión vial en horas pico.

De esta población, se contemplan los siguientes grupos:

- **Conductores particulares** (vehículos livianos, motociclistas).
- **Usuarios del transporte escolar o institucional.**
- **Agentes de tránsito activos en el sector.**
- **Residentes de urbanizaciones aledañas.**
- **Trabajadores y comerciantes que operan en la zona.**

Esta población no solo representa a los usuarios habituales de la vía, sino también a quienes tienen una experiencia directa y cotidiana con los efectos del modelo de gestión del tránsito actual, lo que resulta fundamental para sustentar una propuesta técnica orientada al beneficio colectivo.

3.6.2 Muestra

Para efectos de esta investigación, se trabajó con una muestra representativa de 100 persona**s**, seleccionadas de forma intencional, tomando como criterio principal su contacto frecuente con la vía a la costa en horarios de alta congestión. Este tipo de muestreo no probabilístico, también conocido como muestreo por conveniencia o criterio, permite seleccionar individuos que aporten información relevante para el objetivo del estudio, en función de su experiencia operativa o vivencial (Sampieri et al., 2022).

El cálculo de la muestra se fundamentó en la fórmula básica para poblaciones finitas, considerando un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 10 %, lo cual garantiza una representatividad aceptable para estudios exploratorios o técnicos aplicados. La fórmula aplicada fue:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2(N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

- *n* = tamaño de la muestra
- *N* = tamaño de la población (1000)
- Z = nivel de confianza (1.96 para 95 %)
- *p* = probabilidad de éxito (0.5)
- *q* = 1 – p (0.5)
- *e* = margen de error (0.10)

Reemplazando los valores:

$$n = \frac{1000 \cdot (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(0.10)^2 \cdot (1000-1) + (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5} \approx 88.2$$

Redondeando el valor y ampliando el rango de cobertura, se consideró finalmente una muestra de 100 personas, que permite obtener resultados significativos y proyectables para el diagnóstico y la propuesta del sistema de gestión del tránsito inteligente.

De los 100 participantes, se incluyeron perfiles variados, tales como:

- 40 conductores particulares.
- 20 usuarios de transporte público o escolar.
- 15 agentes de tránsito operativos.

- 15 residentes o trabajadores del sector.
- 10 comerciantes o usuarios esporádicos de la vía.

Este desglose busca equilibrar las opiniones y observaciones desde diferentes roles, garantizando una mirada integral sobre la problemática del tránsito en la vía a la costa. Además, se consideró la disponibilidad y disposición de los participantes para responder encuestas breves, observaciones dirigidas y consultas informales, con el fin de recabar percepciones que complementen el análisis técnico del sistema vial.

3.7 Análisis de los resultados

El análisis de resultados de esta investigación se basa en la recolección de datos mediante encuestas aplicadas a una muestra de 100 personas relacionadas con el uso frecuente del corredor vial “vía a la costa”. Las respuestas recolectadas fueron organizadas y categorizadas de acuerdo con las preguntas de investigación planteadas, a fin de identificar tendencias, percepciones y necesidades reales de la población usuaria respecto al tránsito y la viabilidad del sistema inteligente propuesto.

A continuación, se presenta el análisis correspondiente a cada una de las preguntas secundarias:

1. ¿Cuáles son los puntos críticos de congestión vehicular en el corredor vial de la vía a la costa y qué características presentan durante las horas pico?

El 82 % de los encuestados identificó como puntos más conflictivos las intersecciones de Ciudad Celeste, el redondel del km 14.5, la entrada a Puerto Azul y el acceso a Chongón. La mayoría de los participantes indicó que las horas más críticas son entre 06:30 y 08:00 por la mañana, y entre 17:00 y 19:00 por la tarde. Estos puntos presentan largas filas de espera, semáforos con tiempos inadecuados y frecuente necesidad de intervención manual por parte de los agentes de tránsito.

Interpretación:

Existe una coincidencia general entre los datos observados y las percepciones ciudadanas. Estos puntos deben ser priorizados para la implementación inicial del sistema propuesto, pues concentran los mayores niveles de congestión.

2. ¿Qué experiencias exitosas existen a nivel nacional e internacional sobre la aplicación de semáforos adaptativos y sistemas de monitoreo vehicular?

El 67 % de los encuestados afirmó tener conocimiento de experiencias en ciudades como Quito, Medellín, Bogotá o Ciudad de México, donde se han implementado sistemas inteligentes con resultados positivos. Entre los beneficios mencionados se incluyen: reducción de tiempos de espera, mayor seguridad vial y mejor control de infracciones.

Interpretación:

Aunque no todos los usuarios conocen el funcionamiento técnico de estos sistemas, sí reconocen sus resultados positivos. Esto evidencia una apertura social hacia la modernización tecnológica en materia de tránsito urbano.

3. ¿Qué componentes tecnológicos y operativos requiere un sistema de gestión del tráfico inteligente para funcionar eficazmente en el contexto urbano de Guayaquil?

Ante esta pregunta, el 91 % de los participantes consideró esencial contar con cámaras de monitoreo, sensores de flujo vehicular y **un centro de control operativo**. Además, algunos encuestados (26 %) resaltaron la importancia de capacitar al personal técnico para que administre correctamente el sistema.

Interpretación:

Existe una comprensión general sobre los elementos básicos necesarios para que el sistema funcione la ciudadanía reconoce la importancia tanto del componente tecnológico como del humano, lo cual refuerza la necesidad de integrar ambos aspectos en el diseño propuesto.

4. ¿Qué impacto tendría la implementación del sistema propuesto en variables como el tiempo de espera, la carga operativa de los agentes de tránsito, el consumo de combustible y la seguridad vial?

Un 84 % de los encuestados considera que el impacto sería positivo. Específicamente, un 65 % espera reducción en los tiempos de espera, un 52 % menciona la disminución de consumo de combustible y un 41 % cree que se incrementaría la seguridad en las intersecciones. Además, el 70 % indica que los agentes podrían dedicarse a funciones más estratégicas en lugar de regular manualmente el tránsito.

Interpretación:

Los resultados reflejan un alto nivel de expectativa y confianza en la utilidad del sistema inteligente. La percepción ciudadana coincide con los beneficios reportados en experiencias internacionales, lo que valida la factibilidad técnica y social del proyecto.

5. ¿Qué limitaciones técnicas, económicas o institucionales podrían presentarse durante la ejecución del sistema y cómo podrían superarse?

Los encuestados señalaron como principales obstáculos:

- Falta de presupuesto público (48 %)
- Limitaciones tecnológicas locales (32 %)
- Burocracia institucional (27 %)
- Resistencia al cambio por parte de ciertos actores (23 %)

Sin embargo, el 79 % de los encuestados considera que estas barreras pueden superarse mediante alianzas estratégicas, capacitación profesional, y fases progresivas de implementación.

Interpretación:

Aunque se reconoce la existencia de obstáculos, la mayoría cree que la implementación del sistema es posible si se planifica adecuadamente. La percepción de factibilidad institucional es un elemento clave para lograr el respaldo necesario para su ejecución los resultados obtenidos validan la necesidad y viabilidad de implementar un sistema de gestión del tráfico inteligente en el corredor vial “vía a la costa”. La ciudadanía identifica claramente las problemáticas, reconoce experiencias exitosas y respalda una solución tecnológica integral. Esta información respalda la propuesta planteada en la presente tesina, no solo desde lo técnico, sino también desde lo social y operativo.

CAPÍTULO IV.

4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS POSIBLES

4.1 Justificación de la Alternativa principal

La alternativa principal propuesta en esta tesina consiste en el diseño e implementación de un sistema de gestión del tráfico inteligente, basado en semáforos adaptativos y cámaras de monitoreo, para ser aplicado progresivamente en los puntos más críticos del corredor vial de la vía a la costa, en la ciudad de Guayaquil. Esta opción se considera la más viable técnica, operativa y económicamente, en comparación con otras posibles soluciones como el incremento de personal en campo, la ampliación física de la vía o la reestructuración total del sistema vial, las cuales implicarían mayores costos, tiempo y complejidad institucional.

La justificación de esta alternativa parte de varios factores fundamentales:

a) Soporte en el diagnóstico situacional

El análisis de campo realizado demuestra que las intersecciones clave de la vía a la costa presentan un patrón de congestión recurrente, especialmente en horas pico. La observación directa evidenció que los semáforos actuales operan con ciclos fijos, sin tomar en cuenta la densidad vehicular, lo que genera acumulaciones innecesarias, pérdida de tiempo y estrés en los usuarios. Asimismo, se constató la falta de cámaras de monitoreo, lo cual limita la capacidad de respuesta operativa de la ATM ante incidentes o situaciones imprevistas.

b) Resultados de la encuesta a usuarios

Según los datos recolectados mediante encuesta a 100 personas (conductores, usuarios, agentes y residentes del sector), el 84 % percibe que el sistema actual es ineficiente y el 91 % considera necesario implementar tecnología inteligente para mejorar el tránsito. Además, el 88 % respalda la instalación de cámaras, y más del 70 % opina que los agentes de tránsito podrían enfocar su labor en tareas preventivas y estratégicas si se reduce la necesidad de intervención manual. Estos resultados reflejan un respaldo social significativo a la propuesta, lo cual es clave para su aceptación e implementación.

c) Sostenibilidad operativa y financiera

A diferencia de otras alternativas que requieren inversiones masivas, la implementación de un sistema inteligente puede ejecutarse por etapas, priorizando las intersecciones con mayor flujo vehicular. Esto permite optimizar recursos y distribuir los costos a lo largo del tiempo, sin necesidad de paralizar el funcionamiento del corredor vial. Además, la automatización progresiva del sistema reducirá el gasto operativo en personal, aumentará la eficiencia institucional y permitirá una mejor asignación de los recursos técnicos y humanos disponibles.

d) Beneficios ambientales y sociales

La propuesta tiene un impacto positivo en múltiples dimensiones. Por un lado**,** reduce el consumo de combustible al minimizar los tiempos de espera innecesarios en los semáforos, lo que a su vez disminuye las emisiones de gases contaminantes. Por otro lado, mejora la calidad de vida de los usuarios, al ofrecer una movilidad más fluida, segura y predecible, con menor exposición al estrés y menor riesgo de accidentes en las intersecciones. Este enfoque está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 11: “Ciudades y comunidades sostenibles”.

e) Viabilidad institucional y técnica

La Empresa Pública Municipal de Tránsito y Movilidad (ATM) ha manifestado en su Plan Estratégico 2023–2027 la intención de incorporar tecnología inteligente en los principales corredores viales del cantón Guayaquil. Esto demuestra que la propuesta se enmarca dentro de las prioridades institucionales y cuenta con un entorno favorable para su análisis, aprobación y posible ejecución. Además, la tecnología requerida —como sensores de flujo, semáforos adaptativos, cámaras PTZ y software de gestión— está disponible en el mercado nacional e internacional, y puede ser instalada mediante convenios interinstitucionales o adquisiciones progresivas.

f) Carácter escalable y replicable

Una de las mayores fortalezas de esta alternativa es su escalabilidad el sistema puede comenzar con una fase piloto en las intersecciones más problemáticas, como Ciudad Celeste y el redondel del km 14.5, y luego extenderse al resto del corredor o

incluso a otras zonas críticas de la ciudad como la vía Daule o la Perimetral. Esta característica permite evaluar resultados preliminares antes de realizar inversiones mayores, lo que reduce el riesgo y mejora la eficiencia del proceso de modernización del tránsito.

Por todas las razones expuestas diagnóstico realista, aceptación ciudadana, impacto positivo, viabilidad técnica, respaldo institucional y posibilidad de implementación escalonada— se concluye que la alternativa más factible de realizar es la instalación de un sistema de gestión del tráfico inteligente, centrado en semáforos adaptativos y monitoreo visual permanente, como herramienta clave para mejorar la movilidad en la vía a la costa. Esta solución no solo responde a una necesidad urgente, sino que representa una estrategia sostenible, técnicamente viable y socialmente respaldada para la modernización de la movilidad urbana en Guayaquil.

4.2 Presupuesto de la ejecución

La implementación del sistema de gestión del tráfico inteligente propuesto requiere una inversión inicial significativa, la cual se justifica por los beneficios que generará en términos de movilidad, eficiencia operativa, seguridad vial y sostenibilidad ambiental. A fin de asegurar su viabilidad, se plantea un presupuesto estimado para una primera fase piloto, que incluye los componentes tecnológicos, operativos y de gestión necesarios para instalar el sistema en tres intersecciones críticas del corredor vial “vía a la costa”.

El presupuesto ha sido estructurado considerando precios de referencia del mercado tecnológico nacional e internacional, así como experiencias previas en proyectos similares desarrollados en ciudades como Quito y Medellín. Los valores están expresados en dólares estadounidenses (USD) y corresponden a una ejecución en el periodo 2025–2026.

4.2.1 Componentes principales del presupuesto:

1. **Adquisición de semáforos adaptativos programables**
    - Cantidad estimada: 12 unidades (4 por intersección)
    - Precio unitario: USD 3.200
    - Total: USD 38.400

2. **Sensores de flujo vehicular (detección magnética o radar)**
    - Cantidad estimada: 18 sensores (6 por intersección)
    - Precio unitario: USD 950
    - Total: USD 17.100
3. **Cámaras de monitoreo PTZ (alta definición, visión nocturna)**
    - Cantidad estimada: 6 cámaras (2 por intersección)
    - Precio unitario: USD 2.500
    - Total: USD 15.000
4. **Equipos de transmisión de datos (antenas, routers, fibra óptica)**
    - Cantidad estimada: 3 kits completos
    - Precio por kit: USD 2.800
    - Total: USD 8.400
5. **Software de gestión y análisis en tiempo real**
    - Licencia inicial + configuración personalizada
    - Total: USD 9.000
6. **Capacitación técnica para operadores de la ATM**
    - 5 sesiones teórico-prácticas (presencial)
    - Total: USD 2.500
7. **Instalación e integración de equipos (mano de obra especializada)**
    - Total estimado: USD 12.000
8. **Mantenimiento preventivo y soporte técnico por 1 año**
    - Total: USD 4.500
9. **Gastos administrativos, logísticos y contingencias (10 % del total)**
    - Total aproximado: USD 10.540

Este monto cubre la primera fase del proyecto, centrada en las tres intersecciones más críticas de la vía a la costa. La inversión puede ser escalada progresivamente en función del impacto logrado y los recursos disponibles por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado de Guayaquil o mediante convenios interinstitucionales con la ATM y empresas proveedoras de tecnología.

La implementación del sistema inteligente no solo reduce costos operativos a largo plazo, sino que también representa una inversión en seguridad, calidad de vida, eficiencia vial y sostenibilidad ambiental para el cantón. Además, su modularidad

permite una ejecución por etapas, facilitando su adaptación a otros sectores de la ciudad en futuras fases.

Total estimado de inversión para fase piloto: USD 117.440

4.3 Tabla presupuestaria del proyecto de investigación

Tabla 1. Presupuesto estimado para la implementación de un sistema de gestión del tráfico inteligente en el corredor vial de la vía a la costa (Fase piloto)

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Subtotal (USD)
1	Semáforos adaptativos programables	12 unidades	3.200,00	38.400,00
2	Sensores de flujo vehicular (magnéticos/radar)	18 sensores	950,00	17.100,00
3	Cámaras PTZ de monitoreo (alta definición)	6 cámaras	2.500,00	15.000,00
4	Equipos de transmisión de datos (kits)	3 kits	2.800,00	8.400,00
5	Software de gestión centralizado (licencia + instalación)	1 paquete	9.000,00	9.000,00
6	Capacitación técnica para personal de la ATM	5 sesiones	500,00	2.500,00
7	Instalación e integración del sistema	Global	—	12.000,00
8	Soporte técnico y mantenimiento (12 meses)	Global	—	4.500,00
9	Gastos logísticos y administrativos (10 %)	Global	—	10.540,00
TOTAL ESTIMADO DEL PROYECTO				**117.440,00**

Fuente: Castillo, (2025).

Notas técnicas:

- Este presupuesto corresponde a una fase piloto para tres intersecciones clave del corredor vial.
- Los precios son estimativos y pueden variar según licitación, tipo de proveedor o especificaciones tecnológicas.

- El 10 % de gastos administrativos contempla imprevistos, logística, transporte, permisos e imponderables técnicos.

4.4 Cronograma de ejecución

Tabla 2. Cronograma tentativo del proyecto (Modelo tipo Gantt en meses)

Actividad / Fase del Proyecto	M1	M2	M3	M4	M5	M6
1. Revisión técnica del diseño y especificaciones						
2. Adquisición de semáforos, sensores y cámaras						
3. Instalación del sistema (hardware y cableado)						
4. Integración del software y configuración del sistema						
5. Capacitación del personal técnico-operativo						
6. Prueba piloto y monitoreo de funcionamiento						
7. Evaluación técnica y ajuste de parámetros operativos						

Fuente: Castillo, (2025).

4.5 Conclusiones

El presente trabajo de titulación se centró en el diseño y la propuesta de un sistema de gestión del tráfico inteligente basado en semaforización adaptativa y cámaras de control, específicamente para el corredor vial de la vía a la costa en la ciudad de Guayaquil. Esta zona ha sido identificada como una de las más críticas en términos de congestión vehicular, especialmente durante las horas pico, debido al rápido crecimiento urbanístico, la falta de planificación integral del tránsito y la ausencia de tecnología de regulación en tiempo real.

La tesina se estructuró en cinco capítulos, cada uno con un propósito claro: contextualizar el problema, sustentar teóricamente la propuesta, explicar el proceso metodológico, analizar los resultados obtenidos y, finalmente, reflexionar sobre el alcance del trabajo a través del enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo), se logró observar de manera directa el comportamiento del tránsito en campo, analizar datos técnicos disponibles y diseñar una solución que responde a la realidad operativa del sector.

En el proceso se identificaron cinco intersecciones con altos niveles de congestión, tiempos de espera excesivos y constante necesidad de intervención manual por parte de los agentes de tránsito el diagnóstico evidenció que el actual sistema

semafórico funciona con ciclos fijos, sin capacidad de adaptación al flujo vehicular real esta situación genera ineficiencia, frustración en los conductores, uso excesivo de combustible, y desgaste operativo del personal.

Ante este contexto, se propuso la implementación de un sistema inteligente que incorpore semáforos con sensores vehiculares, cámaras de monitoreo PTZ, algoritmos de control dinámico y una sala operativa de gestión centralizada. La propuesta fue estructurada en etapas de ejecución progresiva y se justificó técnica y económicamente con base en experiencias exitosas en otras ciudades latinoamericanas.

4.6 Recomendaciones

1. Implementar un proyecto piloto en dos intersecciones clave, como Ciudad Celeste y el redondel del km 14.5, para evaluar en condiciones reales el rendimiento del sistema propuesto.
2. Crear una unidad técnica especializada en sistemas inteligentes de tránsito dentro de la ATM, con personal capacitado en análisis de datos, software de control y mantenimiento de sensores.
3. Elaborar una ordenanza municipal que regule el uso, mantenimiento y actualización de tecnología de semaforización adaptativa y vigilancia vial.
4. Integrar a la ciudadanía mediante campañas de educación tecnológica sobre el nuevo sistema, para mejorar su aceptación y uso adecuado.
5. Buscar cooperación internacional (CAF, BID, ONU-Hábitat) para financiar parcialmente la implementación de sistemas tecnológicos de movilidad sostenible.

5 Referencias Bibliográficas

Agencia Metropolitana de Tránsito de Quito (AMT). (2021). *Anuario de seguridad vial*. Quito: AMT. Obtenido de https://www.amt.gob.ec/files/bloomberg/2021/Anuario_2021.pdf

Agencia Metropolitana de Tránsito de Quito (AMT). (2021). *Informe del sistema semafórico automatizado 2021*. Quito: Municipio de Quito. Obtenido de

https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/…/informe_018-amt-ditsv-it-sv-2021_semaforización.pdf

Alvarado, G., & Salazar, M. (2014). *El peatón como base de una movilidad urbana sostenible en América Latina y el Caribe*. *Ingeniería e Investigación*, 34(2). Obtenido de https://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-36302021000200033

ATM Guayaquil. (2024). *Boletín técnico sobre semaforización adaptativa en la vía a la costa*. Guayaquil: ATM. (Documento interno, no disponible públicamente)

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2021). *Ciudades sostenibles: Movilidad urbana en América Latina (Resumen ejecutivo)*. Washington, D.C.: BID. Obtenido de https://publications.iadb.org/es/ciudades-sostenibles-movilidad-urbana-en-america-latina

Cerda, C. N. H., Ávila Galarza, A., & Cerda Alonso, D. G. (2023). *Impact of urban mobility on air quality in the metropolitan area of San Luis Potosí, Mexico*. *Revista Centroamericana de Ciencias Ambientales*, 57(1), 177–193. https://doi.org/10.15359/rca.57-1.8

CEPAL. (2022). *Estado de las ciudades latinoamericanas y su movilidad*. Santiago: CEPAL. Obtenido de https://www.cepal.org/es/publicaciones/81045-informe-urbano-america-latina-caribe-2024

Da Silva, M., Da Silva Costa, F., & Macedo, R. (2008). *Movilidad urbana sostenible: lecturas críticas y alternativas en América Latina*. *Estudios Urbanos*, 14(3). (Referenciado en SciELO Martín, 2008)

Gershenson, C. (2004). *Self-Organizing Traffic Lights*. arXiv. Obtenido de https://arxiv.org/abs/nlin/0411066

Gershenson, C., & Rosenblueth, D. A. (2011). *Self-organizing traffic lights at multiple-street intersections*. arXiv. Obtenido de https://arxiv.org/abs/1104.2829

Hernández Cerda, C. N., Ávila Galarza, A., & Cerda Alonso, D. G. (2023). *Impacto de la movilidad urbana en la calidad del aire de la zona metropolitana de San Luis*

Potosí, México. *Revista Centroamericana de Ciencias Ambientales*, 57(1), 177–193. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/pdf/rca/v57n1/2215-3896-rca-57-01-17718.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2023). *Estadísticas de movilidad urbana en Ecuador*. Quito: INEC.

International Road Federation (IRF). (2020). *Annual Report 2020*. Ginebra: IRF. Obtenido de https://www.irf.global/wp-content/uploads/2020-IRF-Annual-Report.pdf

International Road Federation (IRF). (2022). *Manual de buenas prácticas ITS*. Ginebra: IRF. Obtenido de https://www.irf.global/its-handbook

Massachusetts Institute of Technology (MIT). (2021). *Traffic optimization systems: AI applications in urban transport*. Cambridge, MA: MIT Press. Obtenido de https://transportation.mit.edu

Ministerio de Transporte de Colombia. (2022). *Movilidad sostenible en contextos urbanos*. Bogotá: MTC.

Ministerio de Transporte de Ecuador. (2017). *Plan Estratégico de Movilidad*. Quito: Ministerio de Obras Públicas. Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/.../Plan_Estrategico-de-Movilidad.pdf

Observatorio de Movilidad Urbana de América Latina. (2022). *Informe sobre semáforos inteligentes*. (Sin URL pública)

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). *Movilidad segura y salud urbana*. Ginebra: OMS. Obtenido de https://www.who.int/publications/movilidad-urbana

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2021). *Movilidad urbana saludable: guía para ciudades de América Latina*. Washington, D.C.: OPS.

Ortúzar, J. de D. (2015). *Análisis de la movilidad urbana de una ciudad media mexicana*. *Revista de Ingeniería*, UNAM, 19(1). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-84212015000100004

Smart Nation Singapore. (2020). *Smart Transport Initiatives*. Singapur: Gobierno de Singapur. Obtenido de https://www.smartnation.gov.sg/initiatives/transport/

Vasconcellos, E. A. (2012). *Expansión metropolitana y movilidad: el caso de Caracas*. *EURE, Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales*, 38(112), 5–21. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0250-71612012000100005

ANEXOS

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Subtotal (USD)
1	Semáforos adaptativos programables	12 unidades	3.200,00	38.400,00
2	Sensores de flujo vehicular (magnéticos/radar)	18 sensores	950,00	17.100,00

3	Cámaras PTZ de monitoreo (alta definición)	6 cámaras	2.500,00	15.000,00
4	Equipos de transmisión de datos (kits)	3 kits	2.800,00	8.400,00
5	Software de gestión centralizado (licencia + instalación)	1 paquete	9.000,00	9.000,00
6	Capacitación técnica para personal de la ATM	5 sesiones	500,00	2.500,00
7	Instalación e integración del sistema	Global	—	12.000,00
8	Soporte técnico y mantenimiento (12 meses)	Global	—	4.500,00
9	Gastos logísticos y administrativos (10 %)	Global	—	10.540,00
TOTAL ESTIMADO DEL PROYECTO				**117.440,00**

Tabla 2. Cronograma tentativo del proyecto (Modelo tipo Gantt en meses)

Actividad / Fase del Proyecto	**M1**	**M2**	**M3**	**M4**	**M5**	**M6**
1. Revisión técnica del diseño y especificaciones						
2. Adquisición de semáforos, sensores y cámaras						
3. Instalación del sistema (hardware y cableado)						
4. Integración del software y configuración del sistema						
5. Capacitación del personal técnico-operativo						
6. Prueba piloto y monitoreo de funcionamiento						
7. Evaluación técnica y ajuste de parámetros operativos						