



República del Ecuador
Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil

Trabajo de Titulación
Para la Obtención del Título de:
Ingeniera en Logística y Transporte

Tema:
Propuesta de uso de carriles inteligentes de velocidad en la vía panamericana E25, tramo que une a las provincias de Guayas y el Oro para una movilidad sostenible e innovadora.

Autora:
Adriana Paola Morán Condoy

Director de Trabajo de Titulación:
Ing. Santiago Felipe Jaramillo. Mgtr.

2023
Guayaquil – Ecuador

AGRADECIMIENTOS

El principal agradecimiento va dirigido hacia mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mi cada día, gracias por haberme permitido volar lejos de nuestro hogar para alcanzar uno de mis sueños, por anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida universitaria.

Gracias a Dios por la vida de mis padres, y por bendecir mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que sé que más me aman, y a las que yo sé que más amo en mi vida.

Gracias a la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil por haberme aceptado ser parte de ella y abrirme las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera soñada, y a cada uno de mis docentes que compartieron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi tutor de tesis, el Mgtr. Santiago Jaramillo Proaño, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres por todo el esfuerzo que han hecho para que me gradúe, admiro su perseverancia y el jamás rendirse a pesar de los momentos difíciles y también por apoyarme en cada paso de mi vida gracias a mi familiares en general por sus apoyos me han motivado siempre a seguir adelante y cumplir una de mis anheladas metas de poder culminar la universidad.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad de este trabajo de investigación, con sus resultados y conclusiones, pertenece exclusivamente al autor.

Adriana Paola Morán Condoy

PROPUESTA DE USO DE CARRILES INTELIGENTES DE VELOCIDAD EN LA VÍA PANAMERICANA E25, TRAMO QUE UNE A LAS PROVINCIAS DE GUAYAS Y EL ORO PARA UNA MOVILIDAD SOSTENIBLE E INNOVADORA.

Adriana Paola Morán Condoy
morancondoyadriana@gmail.com

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad mostrar una propuesta de implementación para el uso de carriles inteligentes de velocidad cuyo enfoque se centra en el tramo que corresponde a la Av. Panamericana Troncal de la Costa (E25) que une a las provincias de Guayas (cantón Yaguachi) y El Oro (cantón El Guabo) para una movilidad sostenible e innovadora. Esto, con la finalidad de mostrar una opción que mejore sustancialmente la situación de congestión que se presenta en el sector y la concentración de emisión de CO₂ de los vehículos que afecta fuertemente a la población local y al comercio. Se enfoca en propuestas innovadoras y sostenibles para el país. Este estudio muestra una propuesta de carriles inteligentes de velocidad, enfocado en el cobro de peajes automatizados, el monitoreo a través de la analítica de video y el uso de pintura fotoluminiscente y termoplástica, innovando el tramo de una vía primaria perteneciente a la Red Vial Estatal del Ecuador. Asimismo, se plantea la cooperación entre las instituciones gubernamentales del transporte terrestre, escuelas de conducción y universidades del país, para consolidar una formación de calidad en el área de movilidad y promover la educación vial.

Palabras clave: congestión vehicular, carriles inteligentes, movilidad, innovación y sostenibilidad vial.

INTRODUCCIÓN

El congestionamiento vehicular representa hoy en día un malestar generalizado en la red vial que causa fatiga y pérdida de tiempo a millones de ciudadanos que intentan movilizarse en distintas zonas y países del mundo, entre ellos Ecuador (Ruiz et al., 2019). Según el estudio de García (2020), la capacidad del sistema viario en la Av. Panamericana, E25 tramo que une las provincias de Guayas y El Oro no es apta para la demanda actual.

Un considerable contratiempo que afecta a la población que debe circular por aquellas vías poco planificadas es el reciente aumento del parque automotor. Las causas de esta problemática responden a: el aumento demográfico, la escasez de obras, la falta de señales de tránsito, los límites bajos de velocidad y la falta de mantenimiento vial. Ante lo indicado, con esta investigación se propone el uso de carriles inteligentes de velocidad en la Av. Panamericana Troncal de la Costa (E25); específicamente en el tramo que une a las provincias de Guayas (cantón Yaguachi) y El Oro (cantón El Guabo) como una opción para mejorar la situación de congestionamiento que se presenta en el sector.

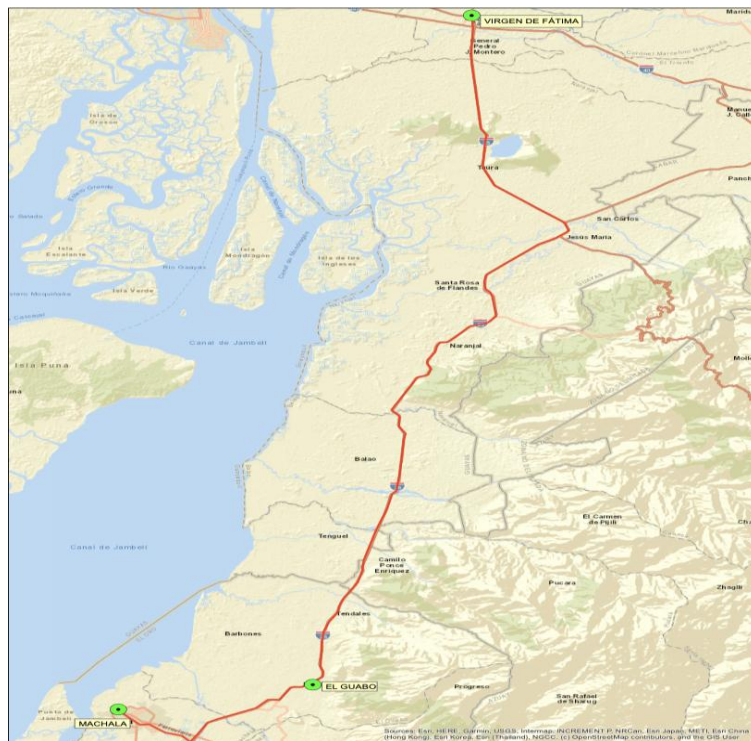
Cabe señalar que algunas de las causas del congestionamiento vial en el área de estudio se producen por la limitación en las velocidades de tránsito de vehículos. Esta variación de velocidades limitadas genera a su vez consecuencias tales como gastos elevados de combustibles complementarios, agotamiento de las obras viales y altos niveles de contaminación ambiental (Ashhad et al., 2020). En ese sentido, la solución a tales consecuencias es la puesta en marcha de los carriles inteligentes de velocidad, con el fin de brindar soluciones apropiadas a todos los que transitan en ella a diario.

El trayecto en estudio representa una de las principales autopistas del país de acuerdo con la Corporación Andina de Fomento (2020). La zona a analizarse se encuentra en la Troncal de la

Costa y comprende el tramo que une las provincias del Guayas y el Oro, entre el cantón Yaguachi y cantón El Guabo. Tal como se mencionó, la ruta atraviesa tres importantes puntos: Puerto Inca, Naranjal y Camilo Ponce Enríquez, esto se observa en la Figura 1.

Figura 1

Trayecto propuesto para el estudio



Nota. Elaboración propia.

En esta zona, la velocidad máxima de circulación para vehículos de transporte comercial de carga, en rango moderado de rectas en carretera es de 70 km/h a 100 km/h y en zonas urbanas es de 40 km/h a 50 km/h. Para los vehículos de transporte público y comercial de pasajeros, el rango moderado de rectas en carretera es de 90 km/h a 115 km/h y en zonas urbanas de 40 km/h a 50 km/h. Para vehículos livianos, motocicletas y similares, el rango moderado de velocidad en las

rectas es de 100 km/h a 135 km/h y en zonas urbanas de 50 km/h a 60 km/h (Reglamento a Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, 2012, Art. 191).

Asimismo, la capacidad vial de esta autopista, específicamente en el tramo de estudio, según los resultados basados en los TPDA es de 25000 veh/dlo. Este dato indica un nivel congestionamiento vial alto, lo que implica un acelerado desgaste de la infraestructura, afectando directamente a todos los usuarios que transitan por esta vía.

De acuerdo a Castro (2017), Sornoza et al. (2018), Ruiz et al. (2019) y Thomson y Bull (2002) indican que los problemas en las vías, implica un análisis detallado donde se pueda proponer, desde un punto de vista funcional, un carril de velocidad exclusivo para todos aquellos usuarios que necesiten llegar de manera rápida y sin contratiempos a su destino.

Pregunta de Investigación

¿Cuáles son los elementos necesarios para implementar un carril de velocidad en la Vía Panamericana E25 que une las provincias de Guayas y El Oro?

Objetivo General

Establecer un listado de elementos necesarios para el diseño de carriles de velocidad en la Vía Panamericana E25 que une las provincias de Guayas y El Oro como opción idónea que apunte hacia una movilidad sostenible e innovadora en el país.

Objetivos Específicos

1. Diagnosticar los problemas de congestión vial en el tramo de la vía Panamericana E25 que une las provincias de Guayas y El Oro.
2. Analizar el estado de la vía a ser intervenida. Establecer un listado de elementos que motiven a la implementación del uso de carriles inteligentes de velocidad que permitan establecer una movilidad sostenible e innovadora en el tramo de interés.

MARCO TEÓRICO

Problemática del Transporte

Los problemas asociados al transporte son una realidad de índole mundial, tanto en los países industrializados como en los que están en proceso de desarrollo. La congestión que provocan, el consumo de tiempo que generan, los accidentes que causan y las consecuencias medioambientales son cada día son más críticos y urge encontrar soluciones (Ortúzar y Willumsen, 2008).

El rápido crecimiento poblacional conlleva una demanda de movilidad que sobrepasa las capacidades de la mayoría de los sistemas de transporte en Ecuador, tal como lo indica el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC, s.f.). En ese sentido, la limitada inversión pública han dado como resultado redes de transporte bastante frágiles que tienden a colapsar el sistema con facilidad ante accidentes menores o variación de la demanda. Los mencionados problemas no parecen desaparecer en un futuro cercano, debido a que los índices poblacionales van en aumento a ritmos cada vez mayores y la planificación vial continúa siendo inadecuada.

Un sistema muy congestionado o mal conectado limita las opciones de movilidad y en consecuencia, el desarrollo económico y social de un país se ve truncado al tener infraestructura que no abastece los requerimientos de la población y la industria (Ortúzar & Willumsen, 2008).

Congestión Vehicular

La congestión vehicular o vial, también conocida popularmente como trancón o embotellamiento, hace referencia al estado de saturación del flujo vehicular tanto urbano como interurbano, derivado de la excesiva demanda en las vías. Este evento generalmente ocurre durante las horas pico y frustra a los conductores ya que conlleva pérdida de tiempo y un consumo excesivo de combustible (Diccionario Sensagent, s.f.).

Esta problemática se presenta cuando la cantidad de tráfico provoca una mayor necesidad de área física que la disponible en las vías. Existen una serie de condiciones específicas que provocan o empeoran la congestión. Como es el caso de la facilidad en acceder y adquirir un vehículo privado (Thomson & Bull, 2002). En ese sentido, el aumento del parque automotor reduce la capacidad de una vía en un momento o período establecido, aumentando la necesidad de contar con más carriles para abastecer el determinado flujo de personas o mercancías (Cerquera, 2007).

La vía objeto de este estudio cuenta con tres zonas altamente pobladas: 1) el recinto Puerto Inca, 2) el cantón Naranjal, y 3) el cantón Camilo Ponce Enríquez. En estos sectores, la congestión vehicular es recurrente dado al pésimo estado de la vía y a la gran demanda del tráfico de la vía Panamericana E25 Troncal de la Costa, tramo que une las provincias de Guayas y El Oro; el resto en su mayoría se deriva de los accidentes de tránsito, obras viales y fenómenos meteorológicos.

Importancia del Transporte en la Sociedad

El transporte es clave cuando se piensa en el crecimiento de la economía y el desarrollo de la sociedad. Además, por diversos motivos, este es considerado como un sector básico estratégico dentro de la economía global. Este sector se encarga de asegurar la movilidad de los ciudadanos y el transporte de mercancías. Por lo tanto, es una de las herramientas que contribuye a incrementar la productividad de casi todos los sectores. (Sanabria, 2018).

Existe un vínculo entre la inversión en infraestructura del transporte y el desarrollo regional, lo que indica que es una actividad importante en el proceso de expansión y modernización, y que en los últimos años ha adquirido una importancia cada vez mayor. (Bv Elearning Blog, 2015).

Sistemas Inteligentes de Transporte

Los Sistemas inteligentes de transporte (SIT) surgen en la década de los 90 como alternativa sostenible al problema generado por la creciente demanda de movilidad, especialmente en el ámbito urbano e interurbano. De acuerdo con Seguí & Martínez (2004), quienes además señalan que las estrategias tradicionales para afrontar esta demanda pudieran conducir a niveles de insostenibilidad económica, espacial y medioambiental, los SIT suponen una apuesta para alcanzar un modelo de movilidad sostenible al basarse en preceptos de eficacia y eficiencia del transporte y seguridad para los usuarios.

El concepto de Sistemas inteligentes de transporte implica un conjunto de soluciones tecnológicas de la información y la comunicación, diseñadas para mejorar la operación y seguridad del transporte terrestre, tanto en vías urbanas, como rurales. Esta serie de soluciones telemáticas también se pueden aplicar en otros modos de transporte (Seguí & Martínez, 2004).

Es innegable que la congestión del tráfico ha aumentado en todo el mundo como resultado del crecimiento de la población, la urbanización y los cambios en la densidad poblacional. Estos eventos, reducen la eficiencia de la infraestructura de transporte y aumenta el tiempo de viaje, el consumo de combustible y la contaminación ambiental. En ese escenario, los sistemas de transporte inteligente pueden ayudar a cambiar esta situación y mejorar la eficiencia de los sistemas de transporte existentes (Foo & Abdulhai, 2006).

Carriles Inteligentes

Este término tiene un corte futurista, sin embargo, la realidad es que su historia inició varios años atrás y hoy en día existen carreteras inteligentes operativas en distintos países del mundo. Las *smart roads* incorporan tecnología avanzada en materia de seguridad, carga y conectividad (Goodyear, 2021).

Los carriles inteligentes de velocidad en carreteras, ofrecen a los conductores una forma nueva, segura y rápida de viajar. Los recursos implementados en estos carriles como sensores de análisis, monitoreo y transmisión de datos 5G, permiten a los usuarios viajar hasta 195 km/h sin que esto represente un peligro (Álvarez, 2017; Fastrak, s.f.). Esto es en definitiva una de las claves para la prosperidad económica de un territorio, pues las carreteras son la columna vertebral del transporte, y poseer infraestructuras inteligentes es estratégico para el desarrollo y crecimiento del país. (López, 2021; Ecuador Today, s.f.).

Movilidad Sostenible

La movilidad urbana sostenible es un concepto que nació para hacer frente a los problemas medioambientales y sociales que conlleva la movilidad en ciudades (Mataix, 2010). Se caracteriza por ser un conjunto de desplazamientos realizados para recorrer distancias desde un lugar de origen hasta el destino dentro de la urbe, reduciendo los impactos negativos en el medio ambiente. El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero provocado por el transporte intranquiliza cada vez más a la humanidad, especialmente en las ciudades donde los índices de contaminación atmosférica empiezan a ser considerados como un riesgo para la salud pública (Garret, 2022).

De acuerdo con Renting Finders (2023), la movilidad en las ciudades inteligentes consiste en la integración articulada y armónica de peatones, ciclistas, transporte público y privado, y la infraestructura de transporte busca mantener carreteras sostenibles y seguras, basadas en el desarrollo tecnológico y la innovación. Esta movilidad aporta a reducir las emisiones nocivas, aminora la contaminación atmosférica y mejora la calidad del aire en las ciudades o carreteras con índice de concentración de congestión muy alto. De esta manera, los desplazamientos cotidianos tendrán el menor impacto ambiental, territorial y reducen significativamente el consumo de petróleo, carbón y gas (Ministerio de Salud Pública del Ecuador [MSP], s.f.).

METODOLOGÍA

El nivel de este artículo es comprensivo, y los tipos de investigación trabajados son los siguientes: 1) descriptivo, porque se analizan datos del flujo vehicular del tramo en estudio de 2022, describiendo el comportamiento del tránsito tras 8 horas de observación, representadas en dos variables principales: el flujo y la velocidad; 2) exploratorio, porque se estudia una propuesta nueva para resolver el problema de flujo vehicular, tras conocer y vivir en experiencia propia los problemas que enfrenta este tramo de estudio, definiendo objetivos para de esta manera presentar una solución a dichos inconvenientes. y 3) proyectivo, porque la presente investigación plantea una propuesta de carriles inteligentes de velocidad al problema de la congestión vehicular en el tramo que une las provincias de Guayas y El Oro. El método utilizado en el presente artículo es el de revisión documental, ya que se analiza una extensa recopilación documental de datos, cifras y sucesos.

La zona de estudio se definió en tres puntos: 1) Puerto Inca; recinto comercial importante en el sistema de carreteras interprovinciales del país debido a que es una zona de paso representativa para los turistas y el transporte interprovincial que conecta a la provincia de Guayas al Este con las provincias interandinas de Cañar y Azuay, y al Sur con El Oro (Castro, 2017). 2)Naranjal, cantón de alta actividad comercial, productiva y ganadera, en donde se produce mayoritariamente cacao, tabaco, caña de azúcar, arroz, café y una gran variedad de frutas y maderas industriales. Además, se registra actividades pecuarias relacionadas a la crianza del ganado vacuno, caballar y aves de corral (Prefectura del Guayas, s.f.). 3)Camilo Ponce Enríquez, sector industrial, donde su actividad económica principal es la minería, misma que es transportada desde ese punto hacia las provincias de El Oro, Azuay y Guayas (GAD Camilo Ponce Enríquez, 2023).

Para la investigación se consideraron un total de 103,30 km divididos en cuatro tramos definidos de la siguiente manera:

- **Tramo 1:** Virgen de Fátima – Puerto Inca
- **Tramo 2:** Puerto Inca – Naranjal
- **Tramo 3:** Naranjal – Ponce Enríquez
- **Tramo 4:** Ponce Enríquez – El Guabo

El conteo de vehículos se realizó utilizando el método manual en las estaciones de peaje “El Garrido” y “Estación Naranjal”, donde cuatro ayudantes llenaron los respectivos registros tras ocho horas de observación, en el horario de 15:00 – 23:00.

A partir de los datos recopilados se pudo determinar el valor promedio diario del tránsito (TPD), el promedio de tránsito diario anual (TPDA), el promedio de tránsito diario mensual (TPDM), y el promedio de tránsito diario semanal (TPDS), para así conocer el volumen real del tráfico, la capacidad vial y nivel de servicio en esa zona (Ashhad et al., 2020).

DESARROLLO

El conjunto de carreteras y caminos de Ecuador se conoce como Red Vial Nacional; misma que está constituida por infraestructura vial de propiedad pública sujeta a la normativa y marco institucional vigente. Por otra parte, las vías primarias, vías secundarias, la Red Vial Provincial (vías terciarias) y a la Red Vial Cantonal (caminos vecinales) conforman la Red Vial Estatal (Cámara Oficial Española de Comercio del Ecuador [CAMACOES], 2021).

Según lo establecido por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador (MTOPE), el tramo de estudio es una vía primaria que pertenece a la Red Vial Estatal. El tramo vial está compuesto por dos calzadas, cada una de ellas con dos carriles de circulación en el mismo sentido

y dos carriles en el sentido contrario; con un separador de concreto en el centro en algunas zonas, y en otras sin este separador (Concesión Pacífico Tres, s.f.).

La Norma Vial (NEVI-12) (MTOPI, 2013) clasifica al sistema vial a través de los siguientes parámetros:

- TPDA.
- Desempeño por uso y velocidad.
- Jerarquía en la red vial (corredores arteriales, colectoras y caminos vecinales).
- Condiciones orográficas de acuerdo con el tipo de relieve terrestre natural.
- Números de: calzadas, separación física y sentidos de circulación.
- Superficie de rodamiento (pavimentos flexibles, pavimentos rígidos, afirmados y de superficie natural o terreno debidamente compactado).
- Nivel de servicio.

La Tabla 1, a continuación, muestra la información de cada uno de los tramos que corresponden a esta investigación, con datos tomados del año 2022.

Tabla 1

Tramos de estudio

TRAMO	KM	CONCESIÓN
Virgen de Fátima – Puerto Inca	31,30 km	No existe ningún peaje
Puerto Inca – Naranjal	15 km	“Estación Naranjal”
Naranjal – Camilo Ponce Enríquez	40 km	“Peaje Jaime Roldós Aguilera” INTERVIAS
Camilo Ponce Enríquez – El Guabo	17 km	“Peaje El Garrido “ ConsurR7H

Nota. Elaboración propia

Se puede observar que el Tramo 1 que comprende los recintos de Virgen de Fátima – Puerto Inca, cuenta con 31,30 km de carretera especificados en la Figura 3. Además, esta se compone de dos calzadas, cada una de ellas con dos carriles de circulación en el mismo sentido y dos en el sentido contrario. El volumen de tráfico promedio diario anual aproximadamente es de más de 35.000 vehículos cuyo desempeño vial es de alta capacidad interurbana, con una velocidad permitida de hasta 120 km/h. Asimismo, posee un tipo de relieve ondulado, donde su máxima inclinación es $5\% < i \leq 15\%$. Según el número de calzadas, el tramo se encuentra separado por un partere, especificada en la Figura 2. De acuerdo con la superficie de rodamiento, este tramo mantiene un pavimento flexible.

Figura 2

Vías de Alta Capacidad Interurbana



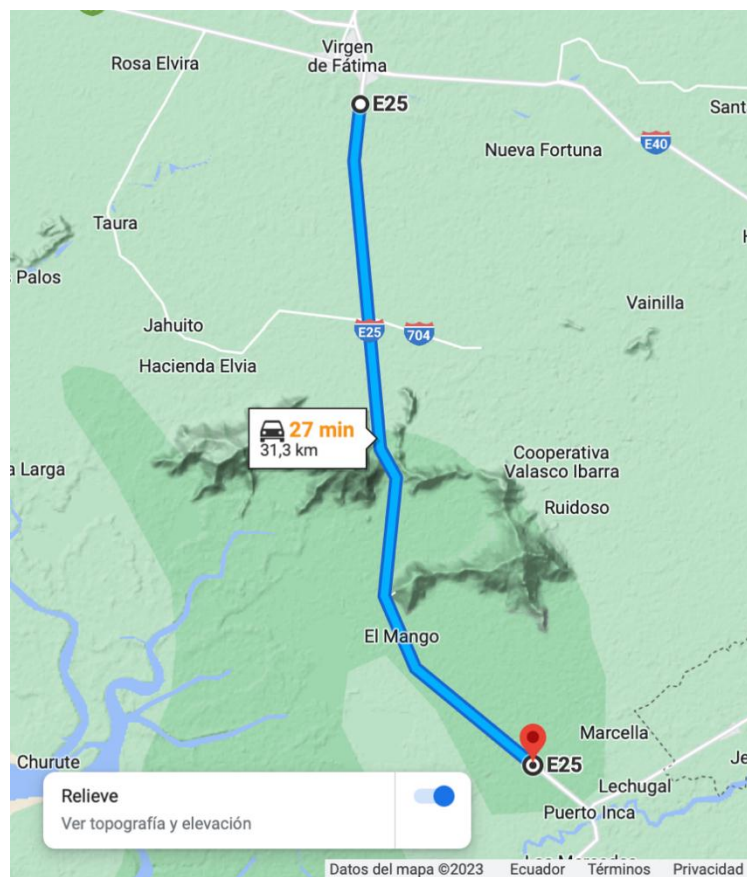
Nota. Adaptado de MTOP (2013)

Todas las medidas son en metros con un total de 26,6 m. La letra B de los extremos, en color rojo, es la acera, parte lateral de una vía; la letra E de los extremos, en color gris, es el arcén o también llamado berma, y es el margen lateral de una carretera contigua a la calzada destinada para el tránsito del peatón o semovientes; luego están los carriles, franjas

longitudinales que forman la calzada de la vía destinadas para el tránsito de los vehículos; la letra E, a los lados del parterre, también es un arcén pero más pequeño dado que no puede ser transitado y solo en circunstancias excepcionales puede servir como un estacionamiento de vehículos de emergencia; finalmente, en el centro se encuentra el parterre, elemento que divide el sentido de circulación en la vía (Ferrovial, s.f.).

Figura 3

Tramo 1: Virgen de Fátima – Puerto Inca



Nota. Elaboración propia.

Con relación a la Tabla 1, en el Tramo 2, que comprende el recinto de Puerto Inca - Cantón Naranjal, es posible evidenciar que este cuenta con 15 km de carretera compuesta por dos calzadas,

cada una de ellas con dos carriles de circulación en el mismo sentido y dos en sentido contrario (Figura 5). Tras recorrer 1,10 km se encuentra el peaje “Estación Naranjal” (de responsabilidad de la concesión “CONSEGUA S.A.), y a 200 metros se vislumbra el camino a la ciudad de Cuenca. El volumen del tráfico promedio diario anual es de 55.621 vehículos, detallados en la Tabla 2. Además, el desempeño vial es de alta capacidad interurbana, con una velocidad permitida de hasta 100 km/h, considerado un corredor arterial dado que son caminos de alta circulación funcional, de tipo de relieve llano por su máxima inclinación que es menor o igual a 5% ($i \leq 5\%$). Según el número de calzadas, el tramo es de calzada única, ya que no tienen una separación física entre ambas como se observa en la Figura 4; de acuerdo con la superficie de rodamiento, este tramo mantiene un pavimento flexible.

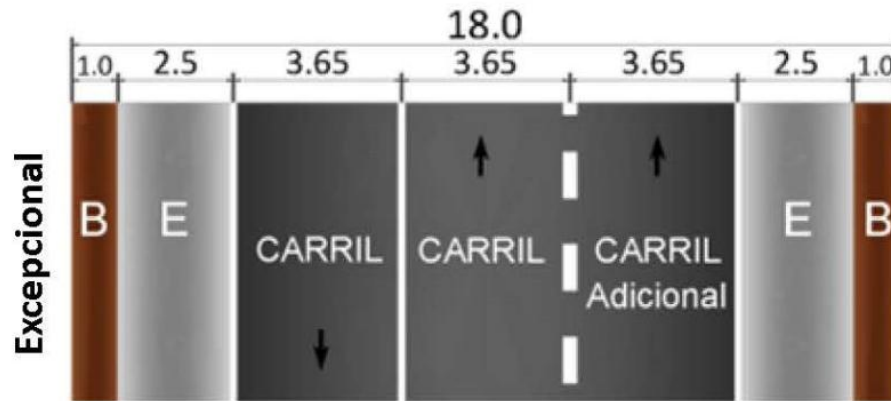
Tabla 2*Tráfico Promedio Diario Anual 2022 (TPDA) Tramo 2*

TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL 2022 (TPDA)											
TIPO VEHÍCULO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL, SEMANA	PROMEDIO DÍA LABORABLE	PROMEDIO DÍA FIN DE SEMANA	TPDA 2022
MOTOS	259	270	225	232	226	262	255	1729	346	864,5	980
LIVIANOS	9123	8943	8564	9230	12008	9342	7000	64210	12842	32105	36386
BUSES Y C2	2817	3270	3571	3576	3439	2785	1804	21262	4252	10631	12048
CAMIÓN C3	435	513	567	600	643	413	228	3399	680	1699,5	1926
CAMIÓN C4	210	260	304	306	281	188	72	1621	324	810,5	919
CAMIÓN C5	321	514	628	675	610	382	172	3302	660	1651	1871
CAMIÓN C6 O MÁS	491	388	427	394	400	430	102	2632	526	1316	1491
TOTAL	13656	14158	14286	15013	17607	13802	9633	98155	19631	49077,5	55621,16667

Nota. Elaboración Propia

Figura 4

Carretera de Mediana Capacidad

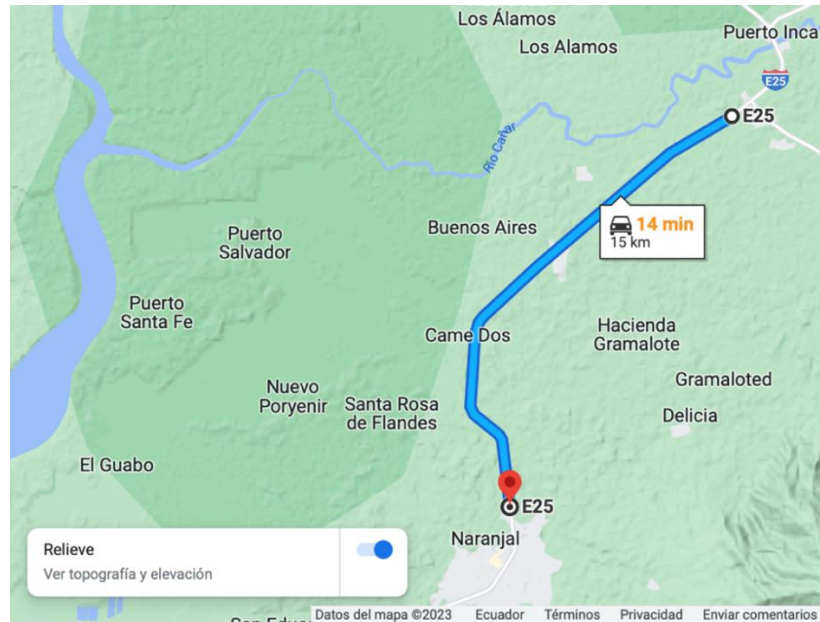


Nota. Adaptado de MTOP (2013)

Todas las medidas son en metros con un total de 18 m. La letra B de los extremos, en color rojo, es la acera, parte lateral de una vía; La letra E de los extremos, en color gris, es el arcén o también llamado berma, margen lateral de una carretera y contigua a la calzada destinada para el tránsito del peatón o semovientes; luego se encuentran los carriles, franjas longitudinales que forman la calzada de la vía, destinada para el tránsito de los vehículos (Ferroviail, s.f.)

Figura 5

Tramo 2: Puerto Inca – Naranjal



Nota. Elaboración Propia

El Tramo 3 comprende el Cantón Naranjal hasta el Cantón Camilo Ponce Enríquez, con 40 km (tabla 1) de carretera especificado en la Figura 7. Esta zona se conforma por dos calzadas, cada una de ellas con dos carriles de circulación en el mismo sentido y dos en el sentido contrario. Al recorrer 12,50 km se encuentra el peaje “Jaime Roldós Aguilera” a cargo de la concesionaria Intervias, donde el volumen del tráfico promedio diario anual, es de más de 53.145 vehículos (ver Tabla 3). El desempeño vial es de alta capacidad interurbana, con una velocidad permitida de hasta 120 km/h, considerado un corredor arterial ya que son caminos de alta circulación funcional. Además, el relieve es llano por su máxima inclinación que es menor o igual a 5% ($i \leq 5\%$). Según el número de calzadas, el tramo es de calzada única, ya que no tienen una separación física entre

ambas como se observa en la Figura 4; de acuerdo con la superficie de rodamiento, este tramo mantiene un pavimento flexible.

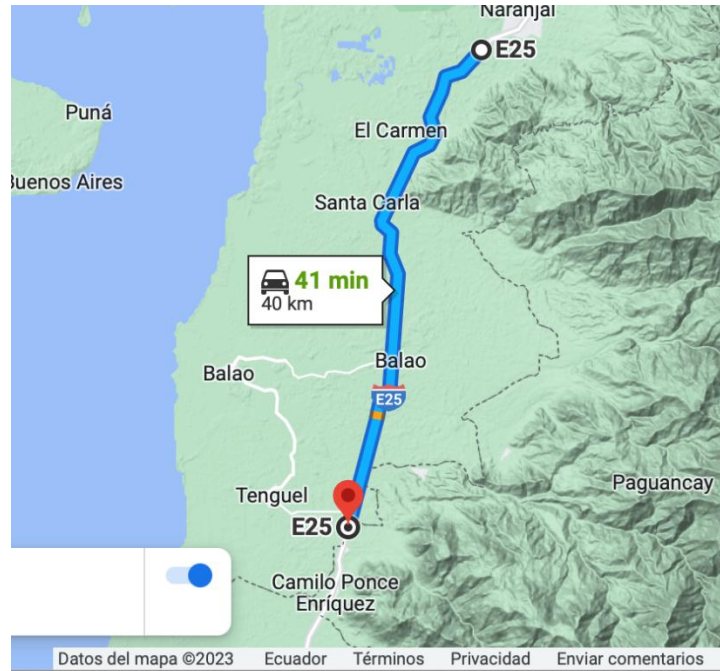
Tabla 3*Tráfico Promedio Diario Anual 2022 (TPDA) Tramo 3*

TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL 2022 (TPDA)											
TIPO VEHÍCULO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL, SEMANA	PROMEDIO DÍA LABORABLE	PROMEDIO DÍA FIN DE SEMANA	TPDA 2022
MOTOS	259	270	225	232	226	262	255	1729	346	864,5	980
LIVIANOS	9123	8943	8564	9230	9654	9342	5321	60177	12035	30088,5	34100
BUSES Y C2	2817	3270	3571	3576	3439	2785	1804	21262	4252	10631	12048
CAMIÓN C3	462	513	567	600	574	413	228	3357	671	1678,5	1902
CAMIÓN C4	210	260	304	306	281	188	72	1621	324	810,5	919
CAMIÓN C5	321	514	628	675	610	382	172	3302	660	1651	1871
CAMIÓN C6 O MÁS	263	388	427	394	399	322	145	2338	468	1169	1325
TOTAL	13455	14158	14286	15013	15183	13694	7997	93786	18757,2	46893	53145,4

Nota. Elaboración Propia

Figura 6

Tramo 3: Naranjal – Camilo Ponce Enríquez



Nota. Elaboración Propia

El Tramo 4 comprende el Cantón Camilo Ponce Enríquez hasta el Cantón El Guabo (figura 1), con 17 km de carretera. Se compone por dos calzadas, cada una de ellas con dos carriles de circulación en el mismo sentido y dos en el sentido contrario. Al recorrer 4 km se encuentra el peaje “El Garrido”, a cargo de la concesionaria Consur R7H, y a 200mts se vislumbra la entrada para ir a los recintos de Tenguel, Bajo Alto y Barbones, pertenecientes al Cantón El Guabo. El volumen del tráfico promedio diario anual, es de 56.107 vehículos (ver Tabla 4). El desempeño vial es de alta capacidad interurbana, con una velocidad permitida de hasta 120 km/h considerado un corredor arterial son caminos de alta circulación funcional, de tipo de relieve llano debido a que su máxima inclinación es menor o igual a 5% ($i \leq 5\%$); según el número de calzadas, el tramo es

de calzada separadas puesto que existe una separación física entre ambas, lo que consta en la Figura

2. De acuerdo con la superficie de rodamiento, este tramo mantiene un pavimento flexible.

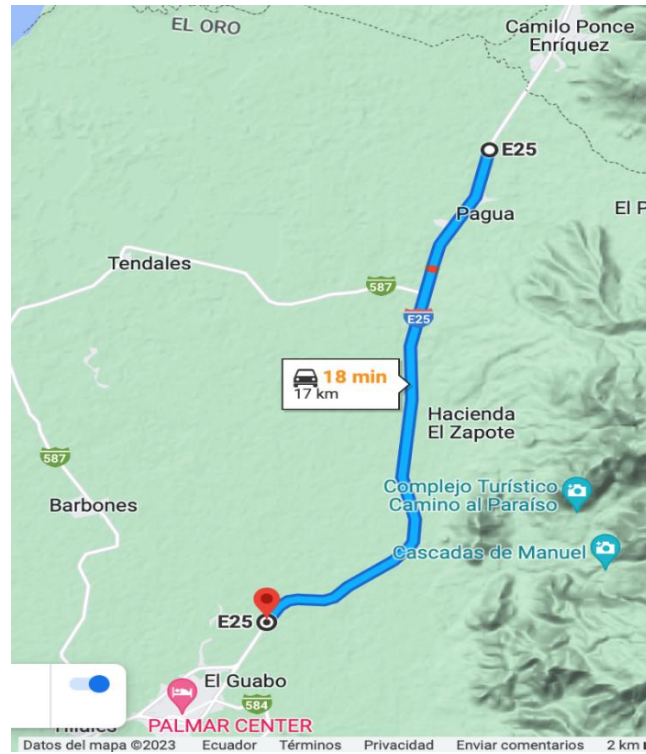
Tabla 4*Tráfico Promedio Diario Anual 2022 (TPDA) Tramo 4*

TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL 2022 (TPDA)											
TIPO VEHÍCULO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL, SEMANA	PROMEDIO DÍA LABORABLE	PROMEDIO DIA FIN DE SEMANA	TPDA 2022
MOTOS	259	270	225	232	226	262	255	1729	346	864,5	980
LIVIANOS	11432	8943	8564	9230	12008	9342	5987	65506	13101	32753	37120
BUSES Y C2	2817	3270	3571	3576	3439	2785	1804	21262	4252	10631	12048
CAMIÓN C3	462	513	567	498	574	413	228	3255	651	1627,5	1845
CAMIÓN C4	210	260	304	306	281	188	72	1621	324	810,5	919
CAMIÓN C5	321	514	628	675	610	382	172	3302	660	1651	1871
CAMIÓN C6 O MAS	263	388	427	394	399	322	145	2338	468	1169	1325
TOTAL	15764	14158	14286	14911	17537	13694	8663	99013	19802,6	49506,5	56107,36667

Nota. Elaboración Propia

Figura 7

Tramo 4: Camilo Ponce Enríquez – El Guabo



Nota. Elaboración Propia

Cabe señalar que la información presentada previamente ha sido recabada con base en fuentes como la Norma Ecuatoriana Vial [NEVI-12] (MTO, 2013, p. 67 – 70) y Concesión Pacífico Tres (s.f.).

RESULTADOS

Los registros totales del año 2022 indican que el tráfico promedio diario anual era de 55.000 vehículos que circulan por estas vías. El estudio de afluencia vehicular del año 2022 por cada tramo indica que: el 33% del tráfico proviene del Tramo 2, el 32% proviene del Tramo 3, y el 34% restante corresponde a los vehículos del Tramo 4, es precisamente allí donde se observa un mayor número de afluencia de tráfico vehicular.

Los días con mayor flujo vehicular del año 2022 en todos los tramos estudiados son los viernes, cuando circulan entre 15.000 y 17.000 diferentes tipos de vehículos. La Tabla 5 presenta el total del conteo realizado de los Tramos 2, 3 y 4.

Tabla 5*Total de Conteo por Tramo 2022*

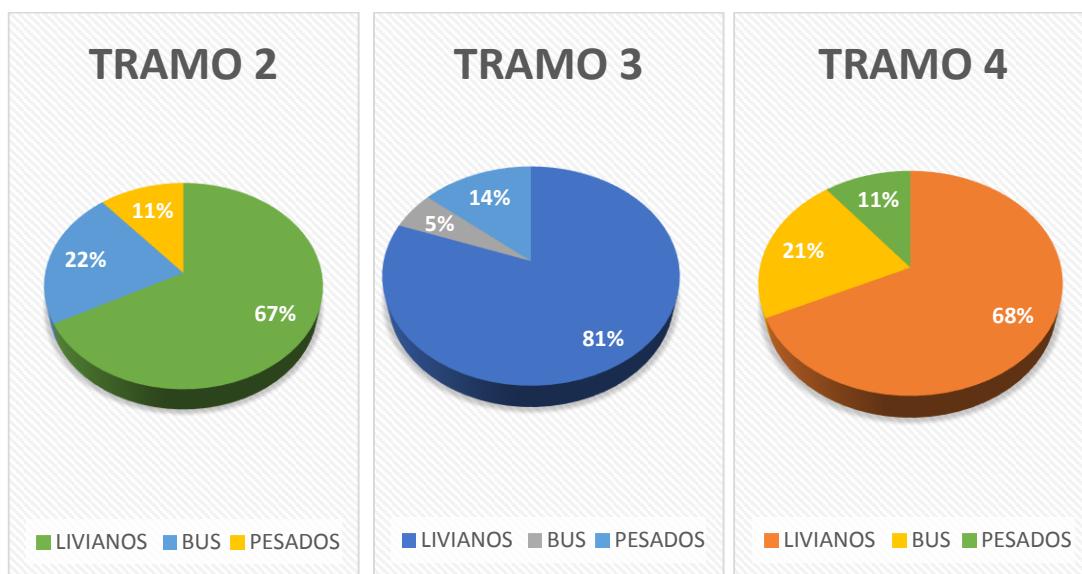
TOTAL DE CONTEO POR TRAMO 2022											
TRAMOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL, SEMANA	PROMEDIO DÍA LABORABLE	PROMEDIO DÍA FIN DE SEMANA	TPDA 2022
TRAMO 2	13653	14158	14286	15013	17607	13802	9633	98155	19631	49077,5	55621
TRAMO 3	13455	14158	14286	15013	15183	13694	7997	93786	18757,2	46893	53145,4
TRAMO 4	15764	14158	14286	14911	17537	13694	8663	99013	19802,6	49506,5	56107,3

Nota. Elaboración propia

Se puede encontrar diversas alternativas en el estudio, según la NEVI-12 (MTO, 2013, p. 75), indica que para la medición realizada se puede catalogar a motos y automóviles como “vehículos livianos”, a buses como “bus” y a camiones de cualquier dimensión como “vehículos pesados”. A continuación, la Figura 10 demuestra que la categoría de mayor porcentaje que circula en los respectivos tramos es la de vehículos livianos.

Figura 8

Tipología de los Tramos



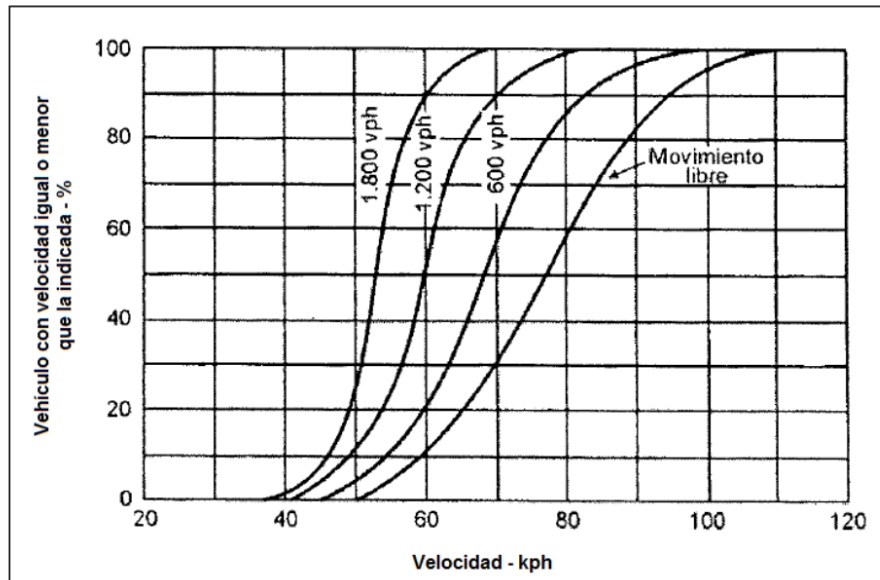
Nota. Elaboración propia

La topografía de la vía de estudio muestra pendientes longitudinales menores al 3% (MTO, 2013, p. 49).

La velocidad de la vía, está determinada por la secuencia de curvas de reparto de velocidades, en la que se observan los intervalos de velocidades que se deben considerar para determinar la velocidad de diseño para un tramo de vial. Mismas que corresponden a los diversos tipos de tránsito (MTO, 2013, p. 55 y 56) y (AASHTO, 1965).

Figura 9

Distribución de velocidades observadas



Nota. Adaptado de MTOP (2013)

Así también, en la Tabla 6, adaptada a partir del manual NEVI-12, indica la relación de la velocidad de operación con la de diseño para las carreteras de dos carriles. Aquí se determina que para la propuesta del carril inteligente de velocidad se permite tener velocidades de diseño en los diferentes tramos del proyecto y así evitar riesgos a la seguridad del tránsito vehicular (MTOP, 2013, p. 57).

Tabla 6

Relación de la velocidad de operación con la velocidad de diseño para carreteras de 2 carriles

VELOCIDAD DE DISEÑO – KM/H	VELOCIDAD DE OPERACIÓN PROMEDIO – KM/H VOLUMEN DE TRÁNSITO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
40	38	35	33
50	47	42	40
60	56	52	45
70	63	60	55
80	72	65	60
100	88	75	-
120	105	85	-

Nota. Adaptado de MTOP (2013)

Para determinar el nivel de servicio de los tramos de la propuesta del carril inteligente de velocidad, es necesario considerar la guía que indica la Tabla 7, donde constan las cifras de los niveles de servicio para carreteras de dos carriles (MTOP, 2013, p. 60).

Tabla 7

Niveles de servicio para carreteras de dos carriles

NIVEL DE SERVICIO	CONDICIÓN DE FLUJO	VELOCIDAD MÁXIMA DE CIRCULACIÓN	VOLUMEN DE SERVICIO
A	Flujo libre	100 km/h	500 vph
B	Flujo estable	80 km/h	1200 vph
C	Flujo estable	65 km/h	2000 vph
D	Flujo casi inestable	55 km/h	2400 vph
E	Flujo inestable	45 km/h	2800 vph
F	Flujo forzado	40 km/h	variable (0 a máx.)

Nota. Adaptado de MTOP (2013)

Finalmente, el nivel de servicio de los tramos de estudio cuya capacidad vial es de 15.000 veh/h es aludido al Tramo 4 que conecta al cantón Camilo Ponce Enríquez y al cantón El Guabo, Sin embargo, el volumen vehicular registrado en este tramo es de 19.800 veh. En ese sentido, la relación del volumen máximo y la capacidad vial, dio como resultado un coeficiente de 1,32. A partir de estos resultados, según lo establecido en el nivel de servicio para vías de dos carriles en el Tramo 4, el nivel de servicio es de Tipo D. En este caso, no existe libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular al ocurrir interferencias frecuentes con otros vehículos (Riveira, 2013, p.22; MTOP, 2013, p. 60).

PROPUESTA DE SOLUCIÓN

En el desarrollo del presente trabajo se han podido determinar tres causas principales de congestión en los Tramos 2, 3 y 4. En términos generales, 1) Se debe a que el volumen de vehículos excede la capacidad vial; 2) Al cobro demorado en los peajes y 3) Vehículos que utilizan carriles izquierdos destinados para “rebasar” con velocidades que están por debajo del límite permitido para carriles de velocidad. Asimismo, el conteo vehicular realizado en el año 2022 se presenta una congestión recurrente por la demanda de tránsito superior a la capacidad de la carretera, disminuyendo rápidamente la calidad del servicio y desmoronando el flujo del tránsito (Asociación Mundial de Carreteras [PIARC], s.f.).

Las mediciones de longitud de filas en el tramo 2 y 3 señalan que estas crecen hasta 1.0 km, por el demorado cobro en las estaciones de peaje “Estación Naranjal” y “Peaje Jaime Roldós

Aguilera” respectivamente, muestran un tráfico caótico por lo que el comercio entre ambas provincias se ve gravemente afectado con retrasos en las entregas.

Otra de las causas que limitan el transporte eficiente en esta vía es el uso del carril izquierdo o también conocido como carril de velocidad. Según el Art. 272.- del Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial indica que; “circularán siempre por su derecha salvo los casos de excepción señalados en el presente Reglamento o cuando los agentes de tránsito así lo indiquen”. No cumplir esta norma básica en el país no acarrea una contravención En ese sentido, es considerable que las autoridades pertinentes generen multas severas por la invasión premeditada del carril de velocidad.

Los operativos de seguridad según el Art. 30-1.- Sección I, de los Agentes Civiles de Tránsito el cuerpo de vigilantes de tránsito y agentes civiles de tránsito, el cuerpo de vigilantes de tránsito y los agentes civiles de tránsito serán servidores públicos especializados para realizar el control de tránsito en su jurisdicción, mientras que el Art. 30-1A. – de la misma sección indica que la Dirección Nacional de Control de Tránsito y Seguridad Vial de la Policía Nacional ejercerá el control de tránsito sobre la red vial estatal y sus corredores arteriales y vías colectoras, siempre que no se atreviesen por zonas urbanas dentro de la jurisdicción de los GAD. Se prevé coordinar con las autoridades pertinentes para que se realicen en los tramos 1, 2, 3 y 4 pertinentes al estudio, con una periodicidad de 1 vez a la semana rotando los tramos (ver Figura 10) para de esta manera no causar congestionamiento vial con una posible planificación de cronograma a ser utilizada ver Tabla 8.

Tabla 8

Posible cronograma de operativos

	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
TRAMO 1	X			
TRAMO 2		X		
TRAMO 3			X	
TRAMO 4				X

Nota. Elaboración propia

Figura 10

Operativos en el tramo de estudio



Nota. Elaboración propia

La educación vial en el Ecuador según el Art 4.- de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, dice que “es obligación del Estado garantizar el derecho de las personas a ser educadas y capacitadas en materia de tránsito y seguridad vial, normas de respeto a los grupos de atención prioritaria, ciclistas y a los usuarios de vehículos de tracción humana y fomento del uso de la bicicleta como medio cotidiano de transporte, en su propia lengua y ámbito cultural”. Por lo que con el convenio pertinente entre las instituciones gubernamentales del transporte tales como el MTOP, CNTTTSV, CTE y ANT, y las universidades del país iniciando con UTEG como pionera

en dar vinculación con la sociedad en temas de seguridad vial y los sindicatos de choferes profesionales de las provincias de Guayas y El Oro, se puede coordinar programas de vinculación, para que los estudiantes universitarios puedan dar clases instructivas con ayuda de profesionales del transporte, brindar talleres prácticos en comunidades de los tramos de estudio, para que ellos tengan el conocimiento básico de la seguridad vial.

Los niveles de servicio que presentan los cuatro tramos de estudio corresponden a un flujo casi inestable y, según se conoce en el Ecuador, el mercado y parque automotriz se incrementa cada cinco años en un 57% (INEC, 2016). En consecuencia, con estos resultados se evaluaron alternativas para disminuir el congestionamiento vial, por lo que se presenta una propuesta de solución:

1. Implementación de un carril inteligente de velocidad: ubicado en las dos calzadas de la vía, uno en el mismo sentido y el otro en sentido contrario en los cuatro tramos de estudio con un total de 103,5 km detallados en la Figura 11 y 12, cuya velocidad permitida según la normativa nacional será de 70 km/h a 120 km/h (Agencia Nacional de Tránsito [ANT], s.f.).

Figura 11

Prototipo de carriles inteligentes de velocidad



Nota. Elaboración propia

Figura 12

Tramos de carriles inteligentes de velocidad



Nota. Elaboración propia

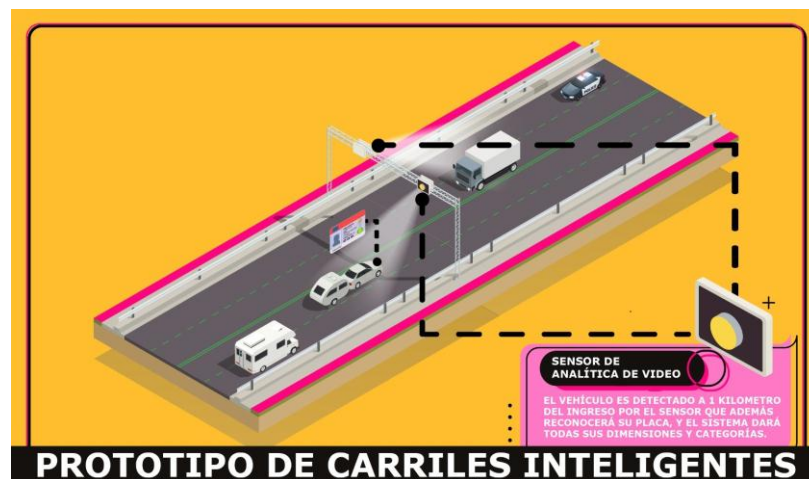
2. Sensores con analítica de video: colocación a 1 km de las estaciones de peaje en los tramos 2, 3 y 4, como se observa en la Figura 14. Esto es posible porque el tramo de estudio pertenece a la Región Costa, una de las más cálidas del país, y el número de horas de sol hace

referencia al tiempo en que el sol es muy visible, lo que significa ninguna obstrucción de la visibilidad por nubes, niebla o montañas (Datos Mundial s.f.).

La distancia de los sensores con analítica de video se establece para que los vehículos puedan circular entre los 70 km/120 km sin la necesidad de desacelerar hasta llegar a los peajes. De ese modo, escanean la placa y obtienen todos los datos en el software, de tal modo que el cobro mediante el teletag sea según las características que arroje los datos ya obtenidos previamente por la analítica de video. La analítica de video consiste en un software que genera automáticamente descripciones de lo que ocurre en los metadatos, que suministran información sobre los datos producidos lo que permitirá escanear las matrículas de los vehículos, siendo este un sistema capaz de detectar y reproducir digitalmente los caracteres de la placa o matrícula de cualquier vehículo por medio de captura de video, el cual vendrá con un software para de esa manera enlazar la información almacenada en la base de datos con los registros de captura y el aplicativo de video (Rojas, s.f.), tal como se explica en la Figura 13.

Figura 13

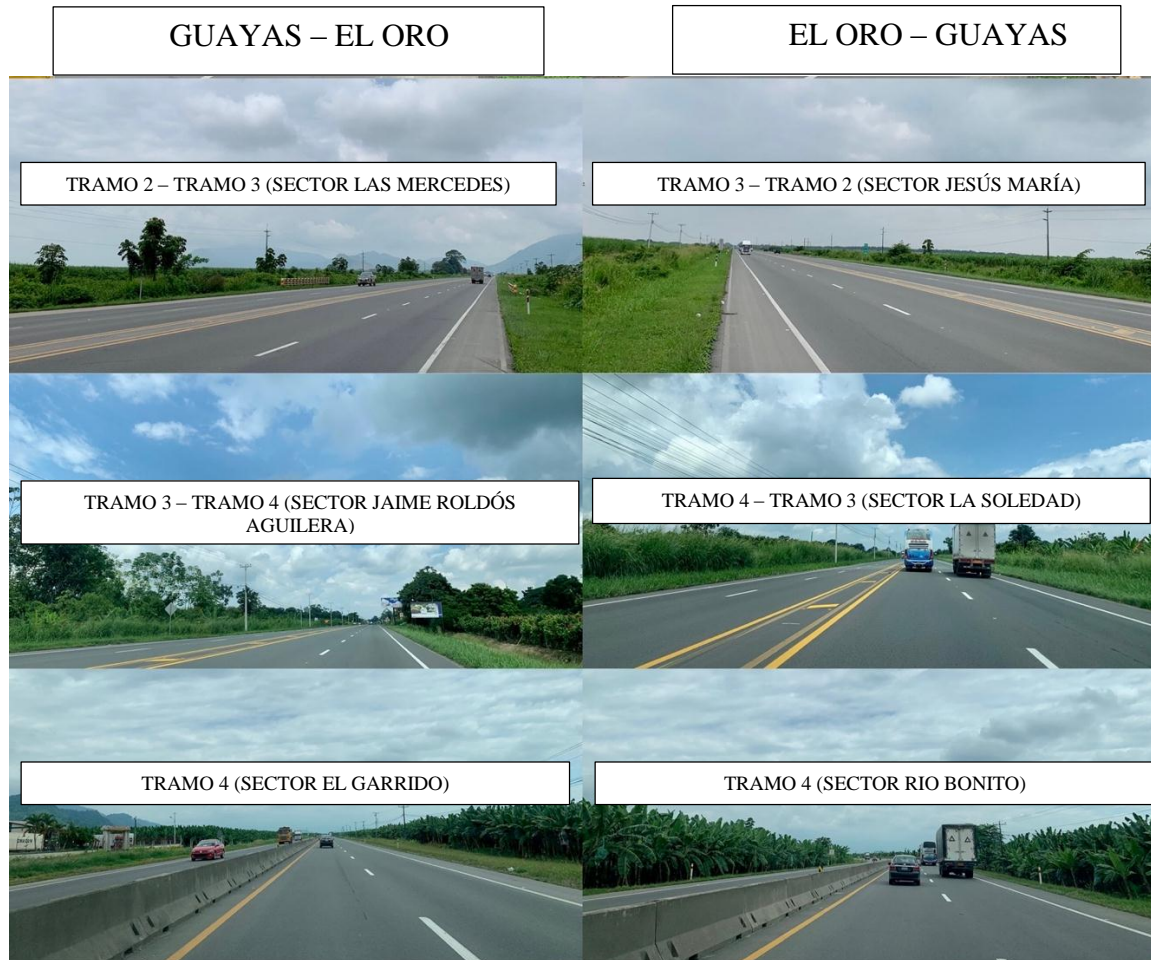
Sensores analítica de video para detención cobro de peaje



Nota. Elaboración propia

Figura 14

Puntos de sensores de analítica de video en los tramos de estudio a 1 km de peajes



Nota. Elaboración propia

3. Poner en funcionamiento el cobro automatizado de peajes en los Tramos 2, 3 y 4: ya existe en los peajes correspondientes del estudio (Figura 16); sin embargo, no se les da un uso exclusivo, por lo que se activarán campañas para que esto ocurra. Según este análisis el cobro manual del peaje afecta al flujo del tráfico diario. El cobro automatizado se lo realizará mediante

un “TELETAG”, como se explica en la Figura 15. El dispositivo será adquirido en los peajes correspondientes a cada tramo y será adherido al parabrisas del vehículo quedando registrado únicamente con la placa del vehículo, se mantendrá una página web y una aplicación para que puedas controlar tus pasadas y saldo disponible, y desde allí mismo recargar tu saldo. No es obligatorio la compra del mismo, si no solo para aquellos que deseen usar exclusivamente este carril inteligente de velocidad para llegar más rápido a sus destinos.

Figura 15

Sistema teletag



Nota. Tomado de Cviaico (2022).

Figura 16

Sistema teletag en los peajes 2,3 y 4



Nota. Elaboración propia

4. dispositivo de TELETAG enlazado al software de analítica de video: tal como se observa en la Figura 17, el dispositivo permitirá cobrar de acuerdo con la categoría correspondiente al momento de cruzar por las cabinas automáticas en las estaciones. Se mantendrán sensores inteligentes por todos los 4 tramos para evitar el uso de los carriles inteligentes de velocidad a

quienes no hayan adquirido el TELETAG. De esta manera y con ayuda de la analítica de video todos los vehículos estarán registrados en la base de datos y se cobrará multas a los vehículos que hayan utilizado el carril inteligente de velocidad al momento de pasar por los peajes correspondientes a cada tramo.

Figura 17

Software

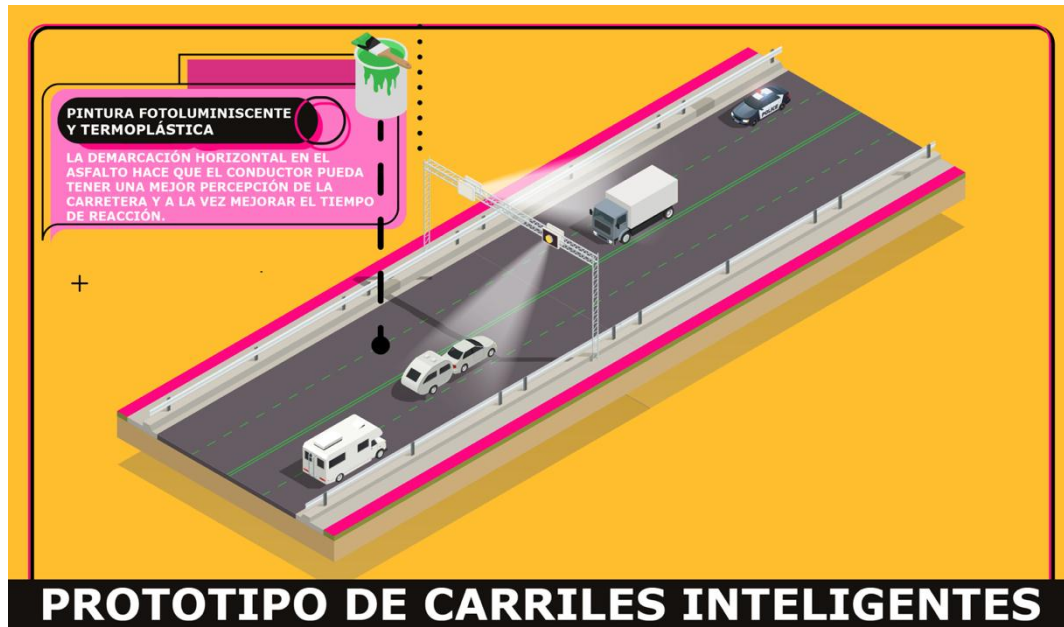


Nota. Tomado de Rojas (s.f.).

5. Aplicación de pintura fotoluminiscente y termoplástica: como se observa en la Figura 18, es una mezcla de ciertas sustancias que tienen la capacidad de absorber y almacenar energía para luego liberarla en forma de radiación. Las rayas en el asfalto hacen que el conductor vea los detalles de la carretera y con esto mejora significativamente la posibilidad de reaccionar en mejor tiempo. Este recurso se deberá implementar en 103.5 km que serán de carril inteligente de velocidad (ver Figura 19), para convertirlo en un carril inteligente y de esta manera preservar la seguridad vial (Hernández, 2022).

Figura 18

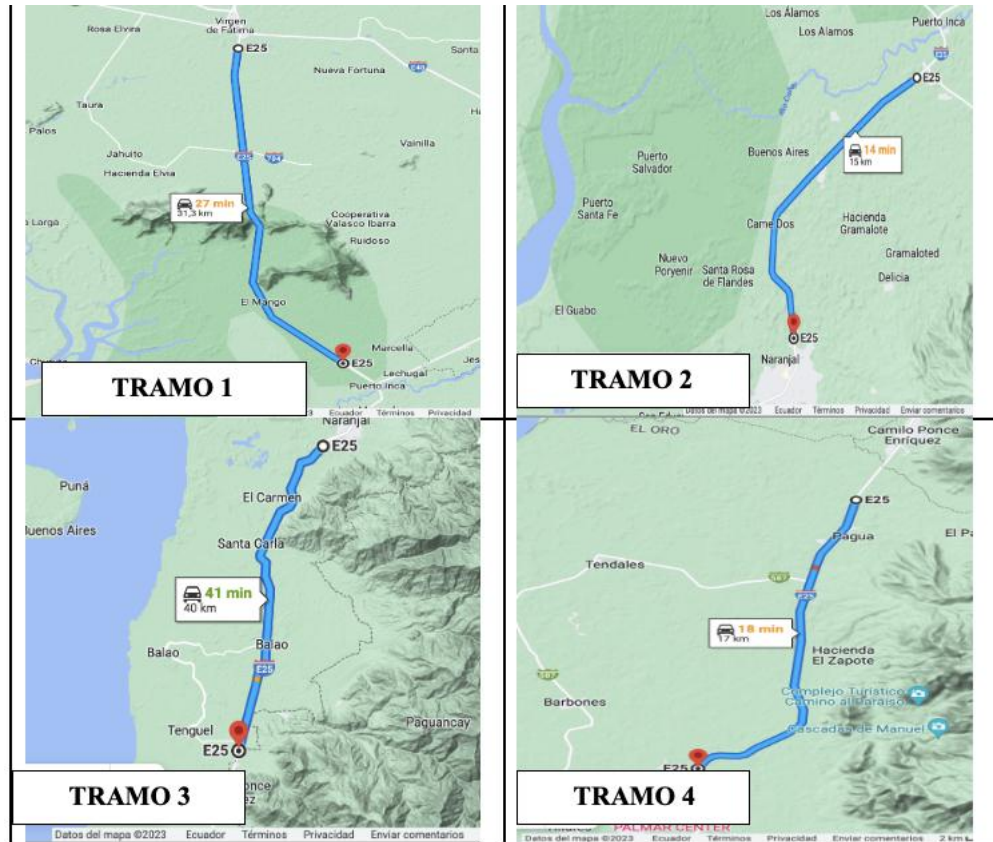
Colocación de la pintura fotoluminiscente y termoplástica



Nota. Elaboración propia

Figura 19

Tramos de carriles inteligentes de velocidad



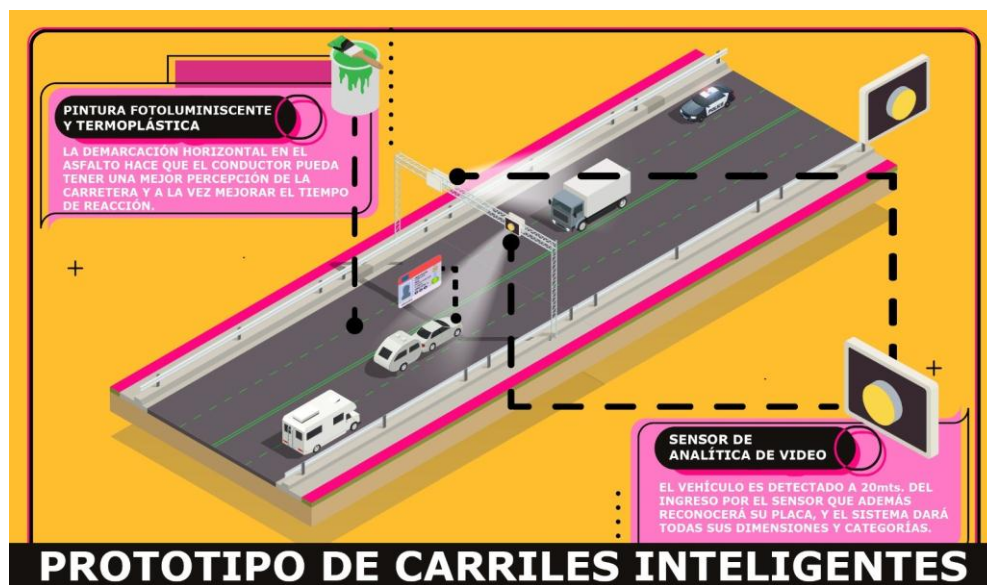
Nota. Elaboración propia

6. Mantenimiento vial: según el art. 29 del Capítulo V, sobre la conservación de la infraestructura del transporte terrestre, de la Ley Sistema Nacional de Infraestructura Vial Transporte Terrestre (2017), el gobierno central y los gobiernos autónomos descentralizados en su jurisdicción, tendrán la obligación de mantener la infraestructura del transporte terrestre, la señalización y los dispositivos de control y de seguridad vial, que estuvieren a su cargo. Las tareas y obras de mantenimiento podrán ser ejecutadas por otro nivel de gobierno distinto al titular, previo convenio suscrito con la autoridad competente. Para de esa manera asegurar la vida útil de la

carretera correspondiente por los años de contrato con las concesiones correspondiente de cada tramo mencionadas en la metodología y el desarrollo de esta investigación, para de esta manera mantener la calidad del carril inteligente de velocidad. Como resultado, el prototipo de los carriles inteligentes a ser implementados en los tramos de estudio se podrían caracterizar con relación a lo que expuesto en la Figura 20.

Figura 20

Prototipo final de carriles inteligentes



Nota. Elaboración propia

CONCLUSIONES

Corregir el sistema de movilidad no solo se trata de crear más carriles, sino también es más factible sistematizar los ya existentes para que evolucionen a la par con la tecnología. Hoy en día existen múltiples opciones que permitirían mejorar la movilidad y generar un impacto positivo en la calidad de vida de las personas. Por ejemplo, la Panamericana E25, principalmente el tramo que une a las provincias de Guayas y El Oro, cumple con todas las características de un camino ineficiente que podría ser mejorado con aspectos como los planteados en el presente estudio.

De manera evidente, la implementación de los carriles inteligentes, según la experiencia internacional, brinda seguridad a quienes transitan a diario en caminos con tendencia a la congestión. Los principales beneficios son: evitar accidentes en las vías, y fomentar una óptima gestión del tránsito, lo que se refleja en un ahorro de tiempo de movilización, en este caso particular en el trayecto interprovincial, fundamental para el comercio entre Guayas y El Oro. Este tipo de propuestas son sostenibles, innovadoras, acorde a las nuevas tendencias de estilo de vida.

Por lo expuesto, es sustancial la cooperación entre las instituciones gubernamentales del y Seguridad Vial y sus órganos desconcentrados. Escuelas de conducción, como los sindicatos de choferes profesionales provinciales de Guayas y El Oro y universidades del país con las que UTEG tenga convenio para consolidar una formación de calidad en el área de movilidad y promover la educación vial a los ciudadanos a través de diversas actividades; así también es muy importante reconocer el impacto que puede tener una inversión económica en infraestructura vial, sin que esto conlleve necesariamente anular el sistema existente, sino apuntar a mejorar lo que ya está construido con los recursos que la modernidad provee a través de la tecnología.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Nacional de Tránsito [ANT]. (s.f.). *Manual de seguridad vial urbana de Ecuador. Catálogo práctico*. <https://www.ant.gob.ec/manual-de-seguridad-vial-urbana-de-ecuador-2/manual-de-seguridad-vial-urbana-de-ecuador-catalogo-practico/>
- Álvarez, R. (29 de junio de 2017). *Un carril de alta velocidad exclusivo para coches autónomos como solución para aliviar el tráfico de las ciudades*. Xataka. <https://www.xataka.com/vehiculos/un-carril-de-alta-velocidad-exclusivo-para-coches-autonomos-como-solucion-para-aliviar-el-trafico-de-las-ciudades>
- Ashhad, T., Cabrera, F., & Roa, O. (2020). Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. *Gaceta Técnica*, 21(2), 4-23. <https://www.redalyc.org/journal/5703/570363740001/html/>
- Asociación Mundial de Carreteras [PIARC]. (s.f.). *Gestión de la Congestión*. PIARC. <https://rno-its.piarc.org/es/conceptos-basicos-rno-operaciones-integradas/gestion-de-la-congestion>
- Aveelectronics. (2021). *Sensor de voltaje zmpt101b* [Catálogo]. Aveelectronics. <https://aveelectronics.cc/producto/sensor-de-voltaje-zmpt101b/>
- Bayliss C. & Hardy B. (2007). *Transmission and Distribution Electrical Engineering*. (3ra ed.). Newnes.
- Brico Geek. (2021). *Sensores de Corriente: sensor de corriente no invasivo* [Catálogo]. Brico Geek. <https://tienda.bricogeek.com/sensores-corriente/988-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-100a.html>

Bv Elearning Blog. (2015). *El Transporte, sector estratégico para el desarrollo global de la economía*. Bv Elearning Blog.

<https://blogbvelearning.wordpress.com/2015/03/10/el-transporte-sector-estrategico-para-el-desarrollo-global-de-la-economia/>

Cámara Oficial Española de Comercio del Ecuador [CAMACOES]. (2021). *Transporte de Ecuador*. CAMACOES. <https://www.camaraofespanola.org/transporte-de-ecuador/>

Carglass. (17 de agosto de 2020). *Las carreteras Inteligentes: cómo son y qué tecnologías utilizan*. <https://www.carglass.es/blog/omglass/carreteras-inteligentes/>

Castro, M. (11 de noviembre de 2017). El transporte y el turismo mueven la economía local, Puerto Inca conecta al Guayas con 3 provincias. *El Telégrafo*. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayas/1/puerto-inca-conecta-al-guayas-con-3-provincias>

Cerquera, F. (2007). *Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial* Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/1222/RED-1.pdf;jsessionid=732F227https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/1222/RED-1.pdf;jsessionid=732F2274DEAB0E1DD23DEB8666AB90BC?sequence=14DEAB0E1DD23DEB8666AB90BC?sequence=1>

Cevialco. (2022). *Teletag*. Cevialco. <https://www.cviaico.com.ec/web/teletag>

Ciudad Más. (s.f.). *Congestión Vehicular: ¿Qué la genera y cómo se puede solucionar?* Ciudad Más. <https://ciudadmas.com/urbanismo/congestion-vehicular/>

Concesión Pacífico Tres. (s.f.). *Doble Calzada*. Pacífico Tres. <https://pacificotres.com/es/doble-calzada/>

Corporación Andina de Fomento [CAF]. (2020). *Análisis de inversiones en el sector transporte terrestre interurbano latinoamericano a 2040*. CAF. <https://bit.ly/3Lomxoe>

Datos Mundial. (s.f.). *Clima en Costa Ecuador*. <https://www.datosmundial.com/america/ecuador/clima-costa.php>

Di Renzo, P. (30 de marzo de 2019). Así será el sistema de «peajes sin barrera» que funcionará en Caba. *Auto Test*. <https://autotest.com.ar/noticias/peajes-free-flow-sin-barrera-ciudad-de-buenos-aires-caba-paseo-del-bajo-telepase/>

Diccionario Sensagent. (s.f.). *Definición Congestión Vehicular*. Diccionario Sensagent. <http://diccionario.sensagent.com/Congesti%C3%B3n%20vehicular/es-es/>

Ecuador Today. (s.f.). *Carreteras inteligentes, la tecnología es clave para una movilidad sostenible*. *Ecuador Today*. <https://ecuadortoday.media/2020/12/16/carreteras-inteligentes-la-tecnologia-es-clave-para-una-movilidad-sostenible/>

El Universo. (21 de mayo de 2007). *Conductores irrespetan norma de carril izquierdo*. <https://www.eluniverso.com/2007/05/21/0001/18/BBA51F85BD7C4849B4594E215260997D.html/>

Espressif. (2021). *ESP32 Series of Modules*. Espressif.

<https://www.espressif.com/en/products/modules/esp32>

Fastrak. (s.f.). *¿Qué son los carriles expresos? ¿Cuáles son sus beneficios?* Fastrak.

<https://www.bayareafastrak.org/es/support/express-lanes-faq1.shtml>

Ferrovial. (s.f.). *Partes de una carretera*. [https://www.ferrovial.com/es/recursos/partes-de-una-](https://www.ferrovial.com/es/recursos/partes-de-una-carretera/#:~:text=Plataforma%3A%20es%20el%20%C3%A1rea%20que,forma%20parte%20de%20la%20calzada)

[carretera/#:~:text=Plataforma%3A%20es%20el%20%C3%A1rea%20que,forma%20parte%20de%20la%20calzada](https://www.ferrovial.com/es/recursos/partes-de-una-carretera/#:~:text=Plataforma%3A%20es%20el%20%C3%A1rea%20que,forma%20parte%20de%20la%20calzada).

Foo, S. & Abdulhai, B. (2006). *Evaluating the impacts of changeable message signs on traffic diversión*. Intelligent Transportation Systems Conference, Canadá 891-896.

<https://web.archive.org/web/20170905144020/http://sior.ub.edu/jspui/cris/socialimpact/socialimpact00438>

GAD Camilo Ponce Enríquez. (2023). *Reseña Histórica de su cantón*.

<http://www.camiloponce.gob.ec/camiloponce2020/index.php/el-canton/historia>

García, A. (19 de noviembre de 2020). La conexión vial entre las provincias de El Oro y Guayas es vital pero tortuosa. *El Comercio*.

<https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/conexion-oro-guayas-via-ampliacion.html>

Garrett, C. (14 de noviembre de 2022). *Movilidad sostenible: ¿qué medio de transporte elegir?*

Climate Consulting by Selectra. <https://climate.selectra.com/es/consejos/movilidad-sostenible>

Goodyear. (30 de noviembre de 2021). *¿Qué son las carreteras inteligentes o 47mart roads?*

Goodyear. <https://kilometrosquecuentan.goodyear.eu/carreteras-inteligentes/>

Hernández, L. (31 de mayo de 2022). Pintura fluorescente, solución para elevar la seguridad en las

carreteras. *Autocosmos*. <https://noticias.autocosmos.com.co/2022/05/31/pintura-fluorescente-solucion-para-elevar-la-seguridad-en-las-carreteras>

Hikvision. (21 de enero de 2021). *Cómo mejorar la seguridad vial y evitar la congestión con video*

inteligente. Hikvision. <https://www.hikvision.com/es-la/newsroom/blog/como-mejorar-la-seguridad-vial-y-evitar-la-congestion-con-video-inteligente/>

Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos [INEC]. (s.f.). *El transporte terrestre de pasajeros*

en Ecuador y Quito: Perspectiva Histórica y Situación Actual. INEC. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Estudios/Estudios_Economicos/Transporte_Quito.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (9 de diciembre de 2016). *El parque*

automotor de Ecuador creció 57% en cinco años. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/el-parque-automotor-de-ecuador-crecio-57-en-cinco-anos/>

Ley Sistema Nacional de Infraestructura Vial Transporte Terrestre. Por la que se establece el régimen jurídico para el diseño, planificación, ejecución, construcción, mantenimiento, regulación y control de la infraestructura del transporte terrestre y sus servicios complementarios. 5 de mayo de 2017. R.O. 998

Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial. 7 de agosto de 2008. Por la que se realiza la organización, planificación, fomento, regulación, modernización y control del

- transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, Actualizada el 13 de diciembre de 2014. R.O. 398.
- López, J. (10 de septiembre de 2021). Las carreteras inteligentes o “Smart roads”. *El Economista*.
<https://www.economista.com.mx/opinion/Las-carreteras-inteligentes-o-Smart-roads-20210909-0113.html>
- Mataix, C. (2010). *Movilidad urbana sostenible: un reto energético y ambiental*. Obra Social Caja Madrid. <https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0536159.pdf>
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador [MSP]. (s.f.). *Movilidad Sostenible*.
<https://www.salud.gob.ec/movilidad-sostenible/>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador [MTOPE]. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial [NEVI-12]* (Volumen 2 – Libro A, Norma para estudios y diseños viales).
https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- MIT App Inventor. (2021). *About us*. MIT App Inventor. <https://appinventor.mit.edu/about-us>
- Movento. (22 de diciembre de 2015). *La era de las carreteras inteligentes*. Movento.
<https://www.movento.es/es/actualidad/la-era-de-las-carreteras-inteligentes>
- Ortúzar, J. & Willumsen, L. (2008). *Modelos de transporte*. Universidad de Cantabria.
- Prefectura del Guayas. (s.f.). *Naranjal*. <https://guayas.gob.ec/cantones-2/naranjal/>
- Reglamento a Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial. Art. 191. 25 de junio de 2012. R.O. 731.

Renting Finders. (2023). *Carreteras inteligentes: un paso más hacia la movilidad sostenible*.

<https://rentingfinders.com/blog/movilidad-sostenible/carreteras-inteligentes/>

Riveira, L. (2013). *Herramienta computacional para el cálculo de niveles de servicio en carretera de dos carriles según metodología del HCM2010* [Tesis de grado, Universidad de los Andes].

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/25179/u627922.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Roa, R. (2020). *Manual para saber todo sobre tecnología*. (1ra Ed.). Española.

Rojas, J. (s.f.). *Qué es LPR, cómo funciona y sus aplicaciones*. TecnoSeguro.

<https://www.tecnoseguro.com/faqs/que-es-lpr-como-funciona-y-sus-aplicaciones>

Ruiz, M., Mayorga, C., Aldas, D., & Reyes, J. (2019). El costo y la percepción en la sociedad por congestión vehicular causada por el transporte público urbano en la ciudad de Ambato, Ecuador. *Revista Espacios*, 40(43), 22.

<https://www.revistaespacios.com/a19v40n43/a19v40n43p22.pdf>

Sanabria, S. (2008). El papel del transporte en el crecimiento económico colombiano en la segunda mitad del siglo XX. *Apuntes del CENES*, 27(46), 141-182.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=479559065011>

Seguí, J. & Martínez, M. (2004). Los sistemas inteligentes de transporte y sus efectos en la movilidad urbana e interurbana. *Scripta Nova*, 6(170).<https://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-170-60.htm>

Sornoza, J., Crespo, C., Reyes, G., & Cortez, J. (2018). Parámetros que influyen en el congestionamiento vehicular. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 24(4), 1440-1455.<https://bit.ly/3pMWA9m>

Thompson, I. y Bull, A. (2001). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. CEPAL.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6381/1/S01060513_es.pdf








Thomson, I. y Bull, A. (2002). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. *Revista de la CEPAL*, 76, 109-121.
<https://core.ac.uk/download/pdf/45624228.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Abreviaturas utilizadas

ANT:	Agencia Nacional de Tránsito
CAF:	Corporación Andina de Fomento
CNTTTSV:	Comisión Nacional de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial
CTE:	Comisión de Tránsito del Ecuador
GAD:	Gobiernos Autónomos Descentralizados
INEC:	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
MTOP:	Ministerios de Transporte y Obras Públicas
SIT:	Sistemas Inteligentes de Transporte
TPD:	Tránsito Promedio Diario
TPDA:	Tránsito Promedio Diario Anual
TPDM:	Tránsito Promedio Diario Mensual
TPDS:	Tránsito Promedio Diario Semanal
UTEG:	Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil

Anexo 2. Tabla de conteo manual de tráfico motorizado

CONTEO MANUAL DEL TRÁFICO MOTORIZADO 2022																		
ESTADO DEL TIEMPO:	MAÑANA:			TARDE:			OBSERVACIONES:											
HORAS	LIVIANOS			BUSES			CAMION C2		CAMION C3		CAMION C4		CAMION C5 O MAS		DOS RUEDAS		TOTAL	
																		
	↑	↷	↶	↑	↷	↶	↑	↷	↑	↷	↑	↷	↑	↷	↑	↷		↑
15h00-15h30																		0
15h30-16h00																		0
16h00-16h30																		0
16h30-17h00																		0
17h00-17h30																		0
17h30-18h00																		0
18h00-18h30																		0
18h30-19h00																		0
19h00-19h30																		0
19h30-20h00																		0
20h00-20h30																		0
20h30-21h00																		0
21h00-21h30																		0
21h30-22h00																		0
22h00-22h30																		0
22h30-23h00																		0