

**Redesign of the E15 Pacific Trunk road based on the smart highway technologies' implementation**

**Rediseño de la vía Troncal del Pacífico E15 basado en la implementación de tecnologías de carreteras inteligentes**

**Autores:**

Páez-Sánchez, Víctor Agustín  
Universidad Técnica de Manabí



[vpaez5234@utm.edu.ec](mailto:vpaez5234@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0009-0002-4816-3282>

Pinargote-Delgado, Carlos Augusto  
Universidad Técnica de Manabí



[cpinargote0910@utm.edu.ec](mailto:cpinargote0910@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0009-0009-3531-445X>

Vanga-Arvelo, María Giuseppina  
Universidad Técnica de Manabí



[maria.vanga@utm.edu.ec](mailto:maria.vanga@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0003-0143-838>

Tejeda-Piusseaut, Eduardo  
Universidad Técnica de Manabí



[eduardo.tejeda@utm.edu.ec](mailto:eduardo.tejeda@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0002-0589-9989>

Fechas de recepción: 01-ENE-2024 aceptación: 01-FEB-2024 publicación: 15-MAR-2024



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



## Resumen

En Ecuador, no se ha impulsado la implementación de carreteras inteligentes por lo que es necesario la gestión tecnológica de sus vías, al existir problemas de vialidad, déficit de infraestructura y conectividad vial. Por ello, la presente investigación tiene por objetivo proponer un rediseño de la vía Troncal del Pacífico E15, basado en la utilización de tecnologías de carreteras inteligentes entre las ciudades San Jacinto y Rocafuerte, que sirva de precedente como medio de impulsar el desarrollo de este tipo de obras. La investigación se realizó usando el método lógico-deductivo y descriptivo, recolectando la información con un enfoque bibliográfico-documental y con la técnica de observación. Los resultados indican que la señalización es escasa, que hay puntos de concentración de accidentes y riesgos asociados con factores humanos, ambientales, automotrices e infraestructurales, que hay falta de mantenimiento, que se incumplen las normativas viales, que hay necesidad de controles de alcoholemia, velocidad y uso de teléfonos móviles. La vía tiene diferentes fisuras, con deterioro superficial, deformaciones, grietas longitudinales y de borde, baches, ondulaciones, observándose huellas de desaceleración e intermitentes, lo que requiere una intervención de mejora en la infraestructura. Se propone la implementación a corto y mediano plazo de una vía tipo *Assistedway Road Segments* y pasar a una *Automatedway Road Segments* en una segunda fase a largo plazo.

**Palabras clave:** carreteras inteligentes; movilidad sostenible; rediseño de carreteras; Troncal del Pacífico E15; vía San Jacinto - Rocafuerte

## Abstract

In Ecuador, the implementation of smart roads has not been promoted, so technological management of its roads is necessary, as there are road problems, infrastructure deficit and road connectivity. Therefore, the objective of this research is to propose a redesign of the E15 Pacific Trunk Road, based on the use of smart road technologies between the cities of San Jacinto and Rocafuerte, which serves as a precedent as a means of promoting the development of this type of works. The research was carried out using the logical-deductive and descriptive method, collecting the information with a bibliographic-documentary approach and with the observation technique. The results indicate signage is scarce, there are concentration points for accidents and risks associated with human, environmental, automotive and infrastructure factors, there is a lack of maintenance, road regulations are not complied with, there is a need for blood alcohol controls, speed and use of mobile phones. The road has different cracks, with surface deterioration, deformations, longitudinal and edge cracks, potholes, undulations, with signs of deceleration and intermittent signs observed, which requires an intervention to improve the infrastructure. The implementation of an Assistedway Road Segments type is proposed in the short and medium term and moving to an Automatedway Road Segments in a second long-term phase.

**Keywords:** smart roads; sustainable mobility; road redesign; E15 Pacific Trunk; via San Jacinto - Rocafuerte

## Introducción

Las carreteras inteligentes o también las llamadas smart-roads, son vías que, con el propósito de mejorar la movilidad y seguridad en la circulación vehicular, incorporan toda la tecnología avanzada disponible en su diseño y construcción, influyendo significativamente en la reducción de la contaminación al medio ambiente. Son por tanto smart-roads, vías que incorporan tecnología de avanzada en materia de seguridad, carga de vehículos, vialidad, conectividad y la movilidad sostenible.

En la actualidad, los avances científicos y técnicos brindan la posibilidad de informatizar la comunicación entre los ambientes físicos, para su mejor gestión, ofreciendo en todo momento datos precisos de las características de la carretera, de la señalización y del flujo vehicular, informando a los usuarios en tiempo real sobre las condiciones y deterioros en ciertos tramos, contribuyendo con ello a la reducción de la accidentalidad; para ello, es necesario concebir, un diseño inteligente de carreteras, acercando a los usuarios a un sistema vial cada vez más seguro y eficiente (RentingFinders, 2022).

En Hamburgo, Alemania, se creó una carretera inteligente con Internet de las cosas, iluminación inteligente, sensores estructurales y ambientales, ofreciendo al usuario data acerca del flujo de tráfico o eventualidades que se susciten a lo largo del recorrido. China también notificó sobre la creación de una carretera inteligente en Zhejiang, la cual aspira implementar conducción con sensores, paneles solares y un sistema Internet de las cosas (Vargas *et al.*, 2020).

Por otra parte, las carreteras inteligentes, o carreteras que se han mejorado, con tecnología inteligente, representan una oportunidad para el desarrollo de la energía sostenible. Una carretera inteligente podría almacenar energía solar y convertirla en electricidad para vehículos y la infraestructura circundante; estas son más entretenidas y poseen la capacidad de comunicarse con los vehículos y las personas mediante sensores y recogida de datos. Además, pueden reaccionar a los cambios en el entorno (Wise & Pitt, 2021). En Holanda, en el año 2020, se acreditó la primera carretera fotoluminiscente en el mundo, donde se obtiene energía solar y otorga hasta ocho horas de luz artificial.

La falta de iluminación en carreteras se asocia con un alto número de accidentes mortales, en vías donde es elevado el volumen de vehículos que circulan de noche, lo que se debe a que la propia oscuridad altera las capacidades visuales del conductor, dando lugar a síntomas como la pérdida



de agudeza visual, visión binocular deficiente, visión cromática limitada y menor percepción de los objetos laterales, entre otros. A estas dificultades fisiológicas y psicológicas se les puede sumar la escasa información visual que ofrecen los faros y el desplazamiento del propio vehículo y de otros automovilistas de la carretera (Stanescu, 2019). Por ello, la iluminación vial es un elemento importante que se considera en las carreteras inteligentes

Algunos de los atributos de las carreteras inteligentes es el disponer de pavimentos fotovoltaicos con sistema de cargas, que incluyen una gama de vidrios de tecnologías activas que tienen la propiedad de generar energía eléctrica, utilizados tanto en calles como carreteras de nueva construcción. Para favorecer la seguridad en el movimiento de peatones se han creado pasos de cebra inteligentes, pavimentos led con detectores de peatones, que despliegan líneas blancas cuando captan la proximidad de movimiento de peatones, lo que facilitará el paso de vehículos y descongestionará considerablemente el tráfico dentro de las ciudades (Martinez, 2021).

Asimismo, está el uso del BigData, que es la utilización de la inteligencia artificial para la gestión del tráfico; que todavía no está al cien por ciento implementado en diferentes ciudades del mundo, pero que permitirá una previsión muy valiosa de los flujos en la circulación, aportando información útil para conductores y peatones. También se mencionan los semáforos inteligentes, que, mediante un sensor ubicado en el pavimento, detecta el número de vehículos en espera, cambiando de color en función del tráfico existente en vía, favoreciendo la movilidad (RentingFinders, 2023).

De manera que las carreteras inteligentes integran elementos que les permitan prever, informar y responder a determinadas situaciones, entre las que se encuentran los cambios meteorológicos, la presencia de baches, el aumento del volumen de tráfico o incidentes que disponen de redes automáticas para controlar su iluminación, sensores inalámbricos, paneles solares y otros elementos para crear una red de información en tiempo real (López, 2021).

Hay países que ya han empezado la construcción de estas carreteras, como en el caso de China. El proyecto planificado por el Departamento de Transporte de la provincia de Zhejiang, conecta a Ningbo con Hangzhou, comenzando su construcción en 2018. La autopista inteligente de 161 km de longitud, cuenta con tres carriles en cada sentido y con avances tecnológicos como son los sistemas de recarga móvil para vehículos eléctricos. (WorldHighways, 2018).

Otra obra significativa es la Smart Highway en Holanda, planificada en conjunto entre el artista interactivo Daan Roosegaarde del Estudio Roosegaarde y uno de los gerentes de la firma de



Ingeniería Civil Heijmans, Hans Goris. Esta carretera más sustentable e interactiva, cuenta con pintura que brilla en la oscuridad, absorbe la luz solar y proporciona una luz verde continua de hasta ocho horas de duración, reduciendo e inclusive eliminando la dependencia del alumbrado público. También se implementó una pintura que detecta temperaturas bajo cero grados centígrados y muestra cristales de hielo, advirtiendo a los usuarios de su condición resbaladiza (Consiglio & Sánchez, 2018).

En Latinoamérica, Argentina cuenta con una autopista con asistencia remota. A unos 600 km de Buenos Aires se inauguró la primera carretera inteligente de este país, un tramo de 25 km que une Carlos Paz con Córdoba. Esta obra fue construida por “Caminos de las Sierras”, un representante del estado encargado de las obras viales de la provincia. Mediante sensores de temperatura, humedad, viento y cámaras de video, se detecta si existe algún imprevisto en la carretera para informar a los puestos de control que transmiten la información a los conductores, mediante carteles ubicados cada kilómetro que informan al usuario lo que está ocurriendo, en qué lugar y las medidas que debe tomar para evitar algún accidente. Se puede advertir al conductor sobre granizos o neblinas (Fossati, 2019).

En Ecuador, aún no se han impulsado proyectos para la construcción de verdaderas carreteras inteligentes, sin embargo, se ha hecho un estudio de viabilidad económica que trata sobre implantar controles en la iluminación fotovoltaica en las autopistas del país, que puede ser un paso hacia este propósito. En la investigación se señala, que el país podría verse enormemente beneficiado si se utilizan sistemas de iluminación fotovoltaicos con dispositivos de regulación inteligente que amplíen su vida útil y mejoren su rentabilidad económica, en comparación con los sistemas de iluminación convencionales o sistemas de iluminación led (Vargas, Guevara & Ríos, 2014).

Las carreteras inteligentes lograrán almacenar grandes cantidades de información sobre diversos factores de interés de las vías, tanto para los propios conductores como para las autoridades. Cualquier persona podrá acceder a dichos datos en tiempo real, lo que elevará la seguridad a un nuevo nivel. En este sentido, se integrarán elementos en las carreteras que servirán para prever, informar y responder ante determinadas circunstancias. Cambios meteorológicos, volumen del tráfico en las vías y aparición de desperfectos en ellas que puedan afectar a los conductores (Moncayo *et al.*, 2018).

En Ecuador existen serios problemas en la seguridad vial, pero la mayor problemática está relacionada con el déficit de infraestructura y conectividad vial, en algunos lugares importantes del país. Es común observar vías inseguras en la red vial nacional, además de la falta de información para los usuarios de las vías, mientras que en otros países de América ya se observan sistemas viales inteligentes, como en Argentina, Chile, Brasil y México, así como en otros países más adelantados en el mundo como China, Francia, Alemania y España, cuyas vías están dotadas de sistemas inteligentes que las hacen más seguras, cómodas y útiles para los usuarios.

En la investigación se realiza el análisis de una de las carreteras más importantes de Ecuador, la Troncal del Pacífico, identificada como E15, mediante una propuesta de rediseño de un tramo seleccionado. Se pretende ejemplificar en un tramo en concreto como deben ser construidas con el uso de esta tecnología inteligente, sensibilizando con ello a las instituciones del país y a los proyectistas, divulgando las ventajas que tiene la implantación de estas carreteras y la manera en que pueden favorecer la movilidad y seguridad vial.

El tramo objeto de estudio, fue elegido entre dos ciudades: San Jacinto y Rocafuerte, aportando soluciones a los problemas como la conectividad en tiempo real, infraestructura, seguridad, servicio y algunas otras características importantes. Se proponen algunos diseños de conectividad vial e infraestructura, que permitirán innovar en dicho tramo e incorporar tecnología inteligente. Por consiguiente, el objetivo de esta investigación es proponer el rediseño del tramo entre las ciudades San Jacinto y Rocafuerte, de la vía troncal del pacífico E15, basado en los fundamentos de carreteras inteligentes con mejoras tecnológicas que brinden mayor seguridad, conectividad, eficiencia y sostenibilidad vial entre estas ciudades, además de servir de precedente para fomentar el desarrollo de obras de carreteras inteligentes en el país.

## **Metodología**

El tramo de estudio se encuentra en la vía principal Troncal del Pacífico E15, entre las ciudades de San Jacinto – Rocafuerte, considerado como de mayor interés por los autores. El tramo seleccionado, de dos kilómetros de longitud, pertenece a la ciudad de Portoviejo, capital de la Provincia de Manabí (ver figura 1).

Se utilizó Google Earth, en la georreferenciación del tramo, además de encuestas, formularios de registro y la observación in situ para la recopilación de datos. Se dividió en varias dimensiones, como general, seguridad, infraestructura y aspecto social. Las encuestas se realizaron en Google



Formularios y enviadas por WhatsApp, por lo que la muestra seleccionada es de tipo no probabilístico intencional, escogiendo usuarios mayores de edad, que hubieran transitado por el tramo y que pudieran emitir opiniones que contribuyeran con los resultados de la investigación. Mediante una matriz de observación de registro se ubicaron las mediciones obtenidas de las inspecciones realizadas mediante un recorrido a pie y en auto, durante cinco días, por cuatro horas diarias.

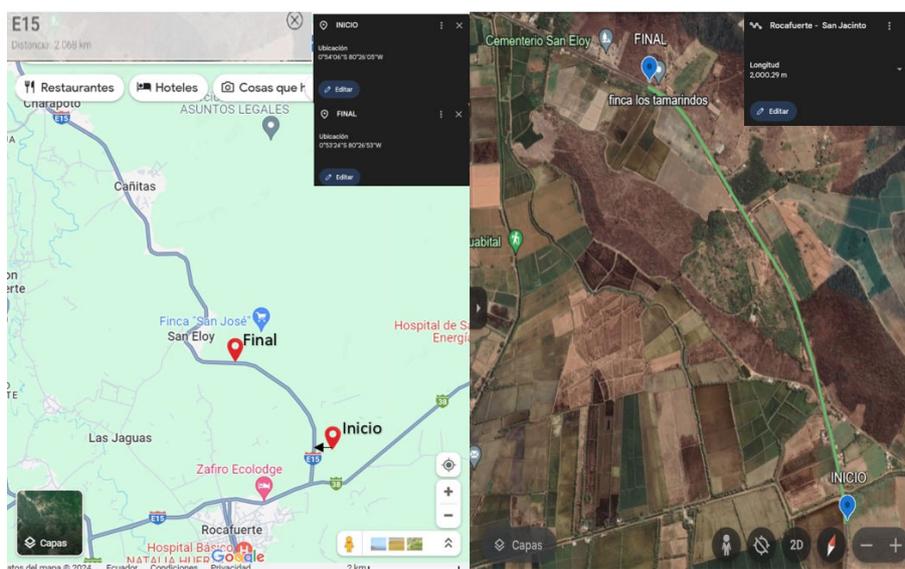


Figura 1. Tramo seleccionado entre San Jacinto – Rocafuerte. Manabí.

Fuente: Google Earth.

Las matrices elaboradas permiten el registro de factores y criterios de diseño, clasificación, visibilidad e infraestructura de la vía; además de resultados de la evaluación del pavimento mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI), capacidad vial, nivel de servicio, señalización y acciones correctoras. Relacionado con el tráfico y entorno se observaron aspectos como velocidad, accidentes, comportamiento, volúmenes, entorno vial y caracterización.

## Resultados

### Encuesta a los usuarios

La opinión de los usuarios sobre el estado de las vías es vital en la gestión de las mismas ya que estos son los testigos directos de las condiciones de la carretera y su retroalimentación ayuda a

identificar áreas críticas. Su experiencia permite mejorar las condiciones, priorizar áreas de intervención, además de fomentar la participación ciudadana.

Los datos demográficos recopilados en la encuesta indican que la distribución por género es casi equitativa entre mujeres y hombres, teniendo que el 37.5% es femenino y el 62.5% masculino. En cuanto al rango de edades, la mayoría se encuentra entre los 18 y 35 años, lo que sugiere que las opiniones reflejadas en la encuesta podrían estar más influenciadas por la perspectiva de personas jóvenes que podrían tener distintas prioridades y expectativas sobre la vía en comparación con grupos de mayor edad. Se encontró una proporción significativa de encuestados que tienen licencia (68.8%) y vehículo propio (53.1%), lo que puede indicar una mayor experiencia en el manejo y, por ende, una evaluación más detallada de la calidad de la vía en función de su uso frecuente.

En cuanto a la dimensión de seguridad, hay varios temas como la señalización, donde el 65.62% considera que hace falta más señalización, lo que indica una preocupación generalizada sobre la necesidad de mejoras en este sentido. Para los puntos de concentración de accidentes, el 59.37% percibe la existencia de puntos o tramos con concentración de accidentes, lo que sugiere áreas específicas que podrían requerir atención inmediata para mejorar la seguridad vial. También hay factores de riesgo humano, donde los encuestados identifican varios, siendo los más significativos el estado de ebriedad o drogadicción (68.8%), desobedecer señales de tránsito (68.8%), exceso de velocidad (65.6%) y distracciones al conducir (56.3%).

Dentro de los factores de riesgo ambiental, los puntos críticos señalados fueron las dificultades en el camino, como superficies irregulares, presencia de líquidos (aceite o agua de lluvia) (71.9%), falta de iluminación nocturna (71.9%) y condiciones climáticas adversas (43.8%). Los factores automotrices en su mayoría se identificaron como llantas en mal estado (75%) (factor significativo), seguido por deterioro de luces del vehículo (50%) y sistemas de dirección sin mantenimiento (37.5%). En cuanto a los factores de riesgo de infraestructura se destacan el mal estado de la carretera (87.5%), la falta de señalética (84.4%) y la falta de iluminación en la vía (75%) como principales preocupaciones.

Por otro lado, en cuanto al congestionamiento de tráfico, un 34.37% lo percibe, indicando una preocupación moderada sobre este aspecto. Para las mejoras en el diseño vial, el 78.12% considera que se debe mejorar el diseño actual de la vía, mostrando una clara demanda por cambios para aumentar la seguridad y eficiencia. Estos resultados resaltan áreas críticas de preocupación de los

usuarios, como la necesidad de mejoras en señalización, abordar puntos críticos de accidentes, y mejorar tanto aspectos humanos y ambientales como de infraestructura y diseño vial.

En cuanto a la dimensión infraestructura, relacionado al estado de la vía, el 74% ha observado deficiencias o irregularidades en la misma, lo que refleja una preocupación generalizada sobre su estado. Esta alta proporción indica que la mayoría de los encuestados perciben problemas en la infraestructura vial. Relacionado a la frecuencia de trabajos de conservación, el 50% percibe que las reparaciones se realizaron hace más de 5 años, lo que sugiere una percepción de falta de mantenimiento regular y actualizaciones en la infraestructura. Además, el 40.62% menciona reparaciones realizadas entre 2 y 5 años, lo que indica una distribución variada de percepciones sobre el calendario de mantenimiento.

Sobre la frecuencia de uso, la distribución de la frecuencia muestra una diversidad en los patrones de viaje, mientras que algunos (9.37%) utilizan la vía diariamente, otros lo hacen con menor frecuencia, como una o dos veces por semana (15.62%), una o dos veces al mes (28.12%) o en vacaciones (28.12%), y un 18.77% menciona usarla casi nunca. Esta variabilidad en la frecuencia de uso puede influir en la percepción del estado de la vía y las necesidades de mantenimiento. Estos datos resaltan la preocupación generalizada sobre el estado de la infraestructura vial, la percepción de un tiempo prolongado desde la última reparación significativa y la diversidad en la frecuencia de uso. Esto puede señalar la necesidad de intervenciones de mantenimiento más frecuentes y efectivas para mejorar la calidad de la vía y satisfacer las necesidades de los usuarios con diferentes patrones de viaje.

Referente a la dimensión social hay varios aspectos como la puntuación del estado de la vía, donde el 50% considera que la vía está en estado regular, mientras que el 25% la califica como mal estado y otro 25% como pésimo estado. Estas calificaciones reflejan una amplia gama de opiniones, aunque hay una proporción significativa que percibe la vía en condiciones deficientes. En cuanto a la implementación de tecnología avanzada, un gran porcentaje (84.4%) está de acuerdo con su realización, lo que muestra una aceptación generalizada de soluciones tecnológicas para mejorar la seguridad y eficiencia vial. En cuanto a la falta de educación vial como causa de accidentes, el 84.4% cree que la falta de esta es una causa significativa de accidentes, lo que indica una conciencia extendida sobre la importancia de la educación para prevenir incidentes viales.

Sobre las normativas no respetadas, la mayoría (81.3%) considera que existen suficientes relacionadas con la seguridad vial, pero que no son respetadas por los conductores, señalando una preocupación por el cumplimiento de las mismas. En lo que respecta a la falta de controles de alcoholemia, velocidad y uso de teléfonos móviles, los porcentajes fueron altos (84.4%, 71.9%, 81.3%, respectivamente), opinando que hay una falta de controles en estos aspectos, indicando la percepción de una necesidad de mayor control para mejorar la seguridad vial.

Las principales consideraciones para mejorar la vía incluyen señalética (28.12%), mejoramiento de la vía (21.87%) y buen mantenimiento (18.75%). Esto refleja la importancia atribuida a la señalización, la calidad del pavimento y el mantenimiento general para mejorar la experiencia de los usuarios. Estos resultados indican una preocupación generalizada por varios aspectos sociales y de seguridad vial, desde la necesidad de educación vial hasta la implementación de controles y tecnología avanzada en la vía, así como mejoras en la infraestructura y mantenimiento para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios.

## **Diseño**

En cuanto al diseño o proyecto, este contempla la creación de una red segura y eficiente que permita la conexión entre ciudades o comunidades, considerando aspectos de ingeniería, seguridad vial y sostenibilidad. Están implicados factores y criterios de diseño, la clasificación de la vía, la visibilidad, el tipo de pavimento y las características geométricas de la infraestructura.

Los factores de diseño que intervienen o influyen en el tramo seleccionado de la vía San Jacinto - Rocafuerte son: topografía, clima, hidrología, geología, aspectos ambientales, turismo, uso de tierra, parámetros económicos y calidad de estructuras existentes. El cantón Rocafuerte conectado con San Jacinto, es regularmente plano con pequeñas elevaciones y, por ende, se tienen extensos terrenos planos que son aprovechados para agricultura y ganadería. Cuenta con un corredor del río Portoviejo que cubre una gran parte del cantón, permitiendo que haya vegetación y un clima tropical con vientos marinos y con temperaturas que varían entre los 23 ° a 28° la mayor parte del año. Sus vías están estructuradas con superficies de adoquín, mezclas asfálticas, hormigón armado y pocas no pavimentadas, con lastre. La vía es transitada regularmente por turistas por conectar con diferentes zonas altamente visitadas de Manabí, lo que aporta económicamente al crecimiento del cantón y sus alrededores.

Los criterios de diseño son elementos y factores que influyen en algunos aspectos como la funcionalidad, seguridad, comodidad y estética. Estos criterios se tienen en cuenta en esta vía para que el conductor pueda entender de una manera fácil y con una suficiente visibilidad una apropiada señalética como indican las normas, por lo que deben ser diseños simples con transiciones adecuadas para adaptarse mejor a la velocidad de operación o manejo. Se observaron diferentes características que afectan la seguridad vial, encontrándose solo tres señaléticas en los dos kilómetros de vía, buena visibilidad, además de daños en la superficie como deformaciones y grietas. La velocidad de operación es adecuada según el tipo de vía, y existe un entorno apropiado con un mínimo impacto ambiental. A nivel estético hay una visibilidad armónica con un clima tropical de 23° a 28°, el entorno y su paisaje con algunas casas y sembríos de diferentes cultivos como maíz, maní y arroz entre otros.

Las carreteras se clasifican dependiendo del tipo de terreno, velocidad de diseño, y volúmenes de tránsito. La vía San Jacinto - Rocafuerte es una vía estatal que por sus características cumple con los parámetros de una carretera.

En cuanto a la visibilidad, en el tramo el conductor puede percibir hacia delante dos curvas, la primera que se ubica desde el desvío a Charapotó a un punto de 1 km y desde ahí un trayecto de curva de aproximadamente 500 m de longitud; la segunda se encuentra desde el desvío a una distancia de 2,7 km con una curva de aproximadamente 220 m de longitud que esta visiblemente a lo largo del trayecto de la carretera. Esto indica que la distancia de manejar se debe garantizar a lo largo de toda la vía y en ambas direcciones, mientras que la distancia de visibilidad de adelantamiento se recomienda garantizarla, por recomendación de la norma teniendo una longitud mínima de adelantamiento de 120 m para cualquier carretera con velocidades de 60 km/h a 90 km/h.

Relacionado al tipo de pavimento, este tipo de carretera es de pavimento flexible, encontrándose diferentes fisuras y grietas; a lo largo del tramo se nota un deterioro superficial y en algunas partes también deformaciones. Este tipo de carretera no tiene bermas, bordillos ni aceras, y no es articulada, por ende, el tipo de fallas o fisuras que presenta es probable que sea por fatiga, grietas transversales, longitudinales, así como deterioro por baches, desgastes, ondulaciones y deformaciones.

Por otro lado, la infraestructura vial es un proceso que incluye varias actividades, desde el desbroce hasta la demarcación lineal de la vía, la nivelación uniforme, luego el relleno de material de mejora o en algunos casos piedra bola, el posterior relleno y compactación de base III para evitar filtraciones y desniveles; se coloca y compacta con base tipo I según su estudio, y posterior riego de material pétreo para luego colocar y compactar el asfaltado, dependiendo de si el carretero es de dos o más pulgadas; a partir de allí, se hace una demarcación lineal y acorde al tipo de carreteo se hace el alcantarillado, aceras y bordillos. Este tipo de vía San Jacinto - Rocafuerte con pavimento flexible, con un ancho de 12 m y con carriles en dos direcciones con un ancho de 7.8 m, se observó una capa de pavimento de 10 cm a 17 cm, y dependiendo de los trabajos que se hayan realizado tiene una duración de 10 a 20 años. Se observa una infraestructura con los elementos mencionados, pero con deterioro al tener grietas longitudinales, grietas de borde, baches, ondulaciones y falta de señalización, lo que requiere una intervención de mejora en la infraestructura. Al hacer la observación se estimó la longitud y las áreas afectadas en relación al total del tramo, dando un servicio vial regular.

### **Evaluación**

El estado actual de la vía comprende el índice de condición del pavimento (PCI), la capacidad de la vía, el nivel de servicio, la señalización y las acciones correctoras, además de las condiciones del pavimento.

Relacionado al PCI, en el tramo de 2 km inspeccionado, se observaron diferentes tipos de condiciones como grietas de borde, desniveles de carril y huecos. Estos constituyeron una parte de la vía debido a tensiones horizontales, condiciones climáticas, sobrecarga, tráfico recurrente (generalmente por paso de todo tipo de vehículos en el tramo), o poca compactación y material de mala calidad.

En cuanto a la capacidad de la vía, el tramo conecta dos ciudades con una capacidad de carril por hora de 2.000 vehículos, lo que se consideraría su capacidad máxima en condiciones ideales y optimas. La observación indicó que por hora la capacidad vehicular transcurrida fue de 300 vehículos, representando un margen de capacidad regular para este tipo de vía.

El nivel de servicio de la vía establecido con parámetros de velocidad y volumen de tránsito, y sabiendo que los niveles de servicios se clasifican desde el A al F, se verificó un promedio de vehículos por hora de 300, siendo así un nivel de servicio A. Esto representa un flujo libre con



facilidad de maniobra, una vía que no ofrece una restricción por el plano de la misma, alcanzando velocidades de 80 km/h a 90 km/h en los dos sentidos, dando facilidad de corrientes vehiculares.

En el tramo de la vía se encontró con tres señaléticas en dos kilómetros, lo que evidencia falta de señales de regulación preventivas, zonas de información, señales varias de tránsito, desvíos, servicio de riesgo y restricciones de velocidad, lo que puede ocasionar riesgo de accidentes.

En el tramo analizado se observaron diferentes riesgos como estructurales y de señalización, además de constatarse el cero mantenimiento de la vía. Se recomienda un mantenimiento preventivo estructural y periódico, y una correcta señalética para dar mayor seguridad vial.

Las condiciones del pavimento pueden verse en la tabla 1.

Tabla 1: Condiciones del pavimento del tramo seleccionado de San Jacinto – Rocafuerte

<b>Daño</b>	<b>Severidad</b>	<b>Cantidades parciales</b>	<b>Total</b>
Grieta de borde	Media	En el borde se encontraron 2 grietas de 30,1 a 52,5 m de longitud	82,6 m
Desnivel de carril	Baja	Existen desniveles a lo largo de la vía de 1 a 2 metros	3 m
Huecos	Media	Hay 5 huecos en el tramo	0,2 m <sup>2</sup>
Grietas longitudinales	Baja	Se observo grietas de 7 a 10 m	17 m

Como puede observarse, se requiere de mejoramiento, ya que la vía actual cuenta con daños en el pavimento de diferentes tipos, en especial los de severidad mediana como las grietas de borde y los huecos ya que estos pueden ver comprometida la seguridad vial especialmente si no son reparados a tiempo; pueden causar pérdida de control del vehículo, dañar neumáticos, suspensión y componentes del automóvil, e incluso causar accidentes. Si no se reparan las grietas, estas pueden expandirse con el tiempo debido al pase constante de vehículos y a las condiciones climáticas, el agua puede por ejemplo infiltrarse y debilitar aún más la estructura y aumentar el tamaño de los huecos. Si no se reparan las fallas, esto podría aumentar los costos de mantenimiento a futuro ya que las reparaciones menores podrían convertirse en mayores. Las carreteras en mal estado pueden afectar el transporte de bienes y de personas, lo que podría repercutir en la economía de la región, las empresas de transporte podrían incurrir en mayores costos operativos debido al mantenimiento de vehículos, tiempos de viaje más largos y daños a la carga transportada. Por otro lado, la erosión

y los problemas de drenaje relacionados con los huecos y grietas pueden afectar negativamente al medio ambiente circundante, como la calidad del agua y la erosión del suelo.

En la figura 2 se muestran algunas de las condiciones encontradas.



Figura 2: Condiciones del tramo seleccionado de la vía San Jacinto – Rocafuerte.

Se identificó en términos generales, destrucción en la carretera y en términos de severidad, los daños encontrados fueron bajo y medio acorde al índice de pavimento. Un nivel bajo conlleva que el vehículo no necesita reducir la velocidad al transitar y los rebotes o hundimientos son ligeros creando poca incomodidad; en el nivel medio, el vehículo y las vibraciones son más significativas creando inconvenientes e implicando una reducción de velocidad, creando así inseguridad al transitar.

### **Tráfico**

Comprende el volumen y características, la velocidad, las características de los vehículos, el comportamiento de los conductores y los accidentes.

Las características del tráfico tales como volúmenes y distribución responden a las medidas geométricas como es el ancho de carriles, pendientes, número de vehículos, pesos, tipo de vehículos y velocidad. El ancho de la vía es 11,98 m y la demarcación lineal por carril es de 3.9, es decir, dos carriles de 7.8 m y un espacio a los costados de 2.1 m de cada lado, lo que hace un total de 12 m de ancho. El volumen de tráfico por medio del TPD que se realizó en el transcurso de una semana, de martes a sábado desde las 9:00 am hasta las 13:00 pm, dio un promedio diario de 842 vehículos en distribución de dos direcciones; los diferentes tipos de vehículos que se mencionan van desde bicicletas hasta volquetas, existiendo mayor cantidad de vehículos livianos, media de autobuses, y una baja afluencia de vehículos de carga o pesados.

Se realizó un conteo volumétrico y manual como muestran los datos de la tabla 2 con la que se pudo analizar el flujo de tráfico y entender las tendencias en el uso de la carretera durante diferentes horas del día.

Tabla 2: Conteo en el tramo seleccionado entre San Jacinto – Rocafuerte

HORAS DE CONTEO											
HORAS	VEHICULOS DE PASAJEROS						VEHICULOS DE CARGA			OTROS VEHICULOS PESADOS	TOTAL
	VEHICULOS LIVIANOS				AUTOBUSES		CAMIÓN	TRAILER ARTICULADO		CONSTRUCCIÓN	
	MOTOS	AUTOS	JEP SUV	PICK-UP	MICROB < 15 P	GRANDE	CAMIÓN 4 TONELADAS	< 4 EJS	> 5 EJS		
9:00-10:00	60	68	12	56	10	10	12	2	2	6	238
10:00 - 11:00	64	72	18	52	8	8	14	2	4	6	248
11:00 - 12:00	70	70	12	32	4	10	14	2	1	4	219
12:00 - 13:00	76	80	10	16	4	19	12	1	2	6	226
TOTAL	270	290	52	156	26	47	52	7	9	22	

La tabla muestra datos de conteo para diferentes categorías de vehículos en intervalos de una hora en el rango de las 9:00 a 13:00 horas. Se observa que a la hora 12:00 - 13:00 tiene el recuento más bajo de vehículos en general (219), mientras que la hora 10:00 - 11:00 tiene el recuento más alto (248). Los vehículos de pasajeros (270) tienen el recuento más alto en total, seguidos por vehículos de carga (290). Los vehículos de carga más pesados, como camiones y tráileres, tienen recuentos significativamente más bajos en comparación con vehículos de pasajeros.

Se observan tendencias generales como las encontradas en el tráfico por hora, observando una variación a lo largo del día, pareciendo haber un pico de tráfico entre las 12:00 y la 13:00 horas. En cuanto a la estacionalidad de vehículos, algunos tipos como las motos y autos, muestran una presencia constante durante las horas registradas, mientras que los buses y microbuses pueden tener



una mayor variabilidad. La distribución de vehículos pesados de construcción es relativamente estable a lo largo del día, lo que puede indicar operaciones de construcción cercanas a la carretera.

Estos resultados nos dan indicios de las necesidades de infraestructura, ya que el pico de tráfico en ciertas horas puede indicar la necesidad de mejoras para manejar eficientemente ese flujo de vehículos. Sobre la seguridad vial, la presencia constante de motos y autos sugiere la importancia de medidas de seguridad para vehículos más pequeños, como la señalización clara, límites de velocidad adecuados y medidas para reducir accidentes. Con base en las fluctuaciones observadas, se podría considerar implementar medidas de regulación del tráfico, como señales de tráfico dinámicas o patrullas policiales en horas de mayor tráfico para mejorar la fluidez y seguridad. Se recomienda hacer estudios de capacidad vial para evaluar la capacidad de la carretera y considerar posibles expansiones o mejoras para acomodar el aumento de tráfico en horas pico; también la programación de mantenimiento o de construcción de manera estratégica para minimizar impactos en las horas de mayor tráfico, si es posible; sin olvidar la educación vial como el hecho de implementar campañas de educación para los conductores, especialmente enfocadas en la interacción segura entre diferentes tipos de vehículos en la carretera.

En otro orden de ideas, la velocidad es uno de los factores importantes en el diseño de la carretera, tomando en cuenta diferentes mediciones y teniendo ya un margen de velocidad impuesto por ser una vía estatal de 70 a 90 km/h. En la tabla 3 se muestra el resultado.

Tabla 3: Velocidad de vehículos livianos y pesados

<b>Vehículos livianos</b>				
Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)	Promedio
60	2,8	21,43	77,14	87,02
60	2,4	25,00	90,00	
60	2,3	26,09	93,91	
<b>Vehículos pesados</b>				
Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)	Promedio
60	3,1	19,35	69,68	71,66
60	2,9	20,69	74,48	
60	3,05	19,67	70,82	

Se observan mediciones de velocidad de 93.91 km por hora en vehículos livianos, lo que indica que algunos conductores están superando los límites de velocidad establecidos por la normativa vial. Esto podría tener varias implicaciones como riesgo de seguridad, ya que al aumentar los límites aumenta significativamente el riesgo de accidentes, a mayor velocidad es menor el tiempo

de reacción y mayor distancia de frenado, lo que puede resultar en colisiones más severas. Otra consecuencia sería que dichos conductores podrían enfrentar multas y sanciones; la velocidad excesiva puede generar molestias en la comunidad local debido al ruido, la inseguridad percibida y el potencial riesgo para peatones y residentes cercanos a la carretera. Todo esto es muestra de la necesidad de aplicación de normativas de velocidad como la instalación de radares, mayor presencia policial o campañas de concienciación sobre los riesgos de la velocidad excesiva.

En cuanto al tipo de conductores, la comunidad de choferes de Manabí a través de encuestas y entrevistas visualizadas en diarios informativos de la zona, indican diferentes tipos como coléricos, negligentes y uno que otro amable; se observó además conductores con celulares, en llamadas y discutiendo, entre otros.

Respecto a los accidentes, en los días de conteo no se registró ninguno, sin embargo, todo accidente, conato de accidente o situación riesgosa ocurrida deja señales físicas como la huella de los neumáticos, encontrándose en diferentes partes huellas de desaceleración en puntos de acceso a viviendas y en curvas; se observaron marcas de deslizamiento de vehículos producida por el contacto del neumático con el pavimento. Las razones pudieron ser frenadas bruscas posiblemente debido a factores como tráfico intenso, cambios repentinos en la carretera o reacciones a situaciones de emergencia; también pudo haberse debido a exceso de velocidad y mala anticipación. Los posibles remedios serían hacer campañas para concienciar sobre la importancia de mantener una distancia segura, respetar los límites de velocidad y anticipar las condiciones de la carretera; tener señalización adecuada que advierta sobre curvas peligrosas, cambios de velocidad o áreas de tráfico intenso pueden ayudar a los conductores a anticipar y reducir la necesidad de frenar repentinamente; también implementando controles de velocidad y medidas de aplicación más estrictas podría disuadir el comportamiento de conducción agresiva y mejorar la seguridad vial.

Se observaron huellas intermitentes en las deformaciones de la vía o baches debido a que los automóviles bloquean su llanta con la suspensión dejando una huella, ocurriendo esto también en camiones de carga en sus llantas traseras, y cuando la carga es alta, son más notables estas huellas. Las razones y causas pudieron ser frenadas y aceleraciones repetidas posiblemente debido a condiciones de tráfico irregulares, congestión intermitente o conductores inconstantes; a cambios de velocidad constantes, lo que puede crear un patrón de huellas intermitentes en la carretera. El



posible remedio podría ser una mejora de la gestión del tráfico usando estrategias para reducir la congestión y suavizar el flujo de tráfico, lo que podría ayudar a minimizar los cambios bruscos de velocidad; educar sobre el manejo eficiente, incentivando a una conducción más constante y suave, evitando aceleraciones y frenadas excesivas; monitoreo y análisis continuo, realizando seguimiento de las condiciones de tráfico y las áreas con huellas intermitentes para identificar patrones y aplicar soluciones específicas.

### **Entorno**

Comprende el entorno vial y su caracterización. San Jacinto - Rocafuerte cuenta con condiciones climáticas tropicales con brisas marinas, temperatura media de 25°, con una topografía parcialmente plana con pequeñas elevaciones, por ende, se observa en la vía extensos terrenos planos con sembríos de maíz arroz y plátano. A lo largo del tramo se observó que esta vía no cuenta con pasos peatonales, solo con dos señaléticas. El diseño en sí, si produce un paisajismo tropical verde que no provoca una distracción al conductor ni cansancio con el fin de evitar accidentes, pero igualmente se recomienda implementar herramientas tecnológicas para una mayor seguridad y mayor eficiencia.

La vía San Jacinto - Rocafuerte ubicada en la parte occidental del territorio ecuatoriano, es un lugar de acceso de balnearios turísticos reconocidos de la provincia. El tramo vial objeto de estudio cuenta con poca señalética y su condición es deteriorada. Tiene un tránsito regular por hora de 315 con vehículos de todo tipo en dos direcciones, observándose que hay información escasa para prevenir como señaléticas, pasos cebras, regulador de velocidad, entre otros. La circulación peatonal en este tramo observada es de poca afluencia de transeúntes, pero hay entradas o accesos a viviendas cercanas. El espacio público como lo son los espacios a los costados de la vía, tiene un margen de movilidad y vialidad y por tanto si cumple con los requisitos impuesto para este tipo de vía.

### **Propuesta de vía inteligente**

En los últimos 14 años en Ecuador, se han invertido alrededor de 15.000 millones de dólares en infraestructuras, sin embargo, la red vial aún no está completamente asfaltada, estimándose la necesidad de una inversión creciente hasta el 2040 (Banco de Desarrollo de América Latina, 2021). Esto es indicativo de las necesidades urgentes de inversión y el poco dinero que se destina a estos



finés; por consiguiente, pensar en pasar de tener carreteras regulares a carreteras inteligentes es un proceso que tendría que ser paulatino y a largo plazo.

Por otro lado, existe una propuesta de clasificación de carreteras inteligentes, teniéndose cinco niveles como el más básico que sería el denominado *Humanway road segments* (HU), que representa segmentos que no son compatibles con la automatización; el *Assistedway road segments* (AS), que presentan un soporte parcial para la automatización, con menos desconexiones que en los segmentos de carretera HU; *Automatedway road segments* (AT), que presentan características físicas similares a los segmentos de carretera AS, pero también cuentan con capacidades de conectividad que podrían ayudar a los vehículos conectados a prevenir y evitar desconexiones; *Full Automatedway road segments* (FA), brindan soporte completo para vehículos que pueden operar de manera autónoma (pero no en todas las circunstancias) y buenas capacidades de conectividad; y *Autonomousway road segments* (AU), tienen capacidades excepcionales de conectividad y brindan soporte completo para vehículos que pueden operar completamente y sin limitación de manera autónoma (García *et al.*, 2021). Ecuador puede aspirar a carreteras tipo AS (a corto plazo con la prueba piloto acá propuesta) y AT al no contar con vehículos autónomos (esto a largo plazo, implementando las tecnologías inteligentes a toda la troncal de manera que pueda darse información temprana de atascos, tráfico en determinados nodos, cierre de vías recomendando desvíos, entre otros).

Se propone una prueba piloto basada en este estudio con el tramo San Jacinto – Rocafuerte, para de esta manera poder verificar su efectividad y aceptación a mediano plazo, por parte de los usuarios, incentivando su implementación por las autoridades, en esta importante vía de Ecuador y en especial para las provincias que la atraviesan, como Esmeraldas, Manabí y Santa Elena.

Transformar una vía convencional en una carretera inteligente implica una serie de pasos detallados como los que se sugieren a continuación;

- Planificación y evaluación inicial: Se realiza un análisis exhaustivo de la vía existente para identificar áreas de mejora y determinar qué tecnologías inteligentes podrían implementarse.
- Diseño y selección de tecnologías: Basado en la evaluación, se eligen tecnologías como sensores para monitoreo de tráfico, sistemas de iluminación inteligente, señalización digital, y se diseñan sistemas de gestión de datos.

- Instalación de infraestructura: Se implementan los dispositivos y sistemas seleccionados, asegurando una integración eficiente y efectiva en la vía existente. Esto puede requerir modificaciones en la infraestructura física.
- Desarrollo de sistemas de gestión y control: Se configuran sistemas para recopilar y analizar datos, permitiendo el control y la toma de decisiones en tiempo real, como la gestión de tráfico o la detección de condiciones peligrosas.
- Pruebas y ajustes: Se llevan a cabo pruebas exhaustivas para garantizar el funcionamiento correcto de todos los componentes y se realizan ajustes según sea necesario.
- Monitoreo y mantenimiento continuo: Una vez implementada, se establece un programa de monitoreo continuo para asegurar que los sistemas estén operativos y se realiza mantenimiento preventivo.

### Presupuesto referencial

Para un tramo de dos kilómetros de la vía San Jacinto – Rocafuerte convertirlo en carretera inteligente, los costos asociados con las tecnologías podrían ser más proporcionales a la longitud del proyecto. Los montos en mención son referenciales, ya que en algunos casos faltan costos de instalación, impuestos de importación, gastos de aduana, entre otros. En la tabla 4 se muestra el presupuesto referencial y en la figura 3 la localización de las innovaciones tecnológicas propuestas para el tramo seleccionado de la vía San Jacinto – Rocafuerte.

Tabla 4: Presupuesto referencial del tramo seleccionado de San Jacinto - Rocafuerte

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Ojos de gatos viales con reflectores de luz Led, alimentado por panel solar (Incluye instalación)	U	500,00	25,50	12.750,00
2	Sensor de inflarros	U	2,00	900,00	1.800,00
3	Sensor de tráfico inducción magnética	U	1,00	200,00	200,00
4	Sensor meteorológico	U	1,00	3.950,00	3.950,00
5	Pintura de vía	ML	4.750,00	6,25	29.687,50
6	Estación de carga	U	1,00	2.850,00	2.850,00
7	Radar preventivo Evolis	U	1,00	2.477,49	2.477,49
8	Pantalla led de remolque para exteriores con tablero de mensajes alimentado por energía solar, VMS	U	1,00	10.000,00	10.000,00

9	Poste para alumbrado público con lámpara LED, alimentados por paneles solares	U	40,00	840,00	33.600,00
10	Poste con WI-FI, alimentado por panel solar	U	1,00	10.000,00	10.000,00
11	Señal de límite de velocidad de radar solar con soporte	U	1,00	2.600,00	2.600,00
<b>TOTAL</b>					<b>109.914,99 \$</b>

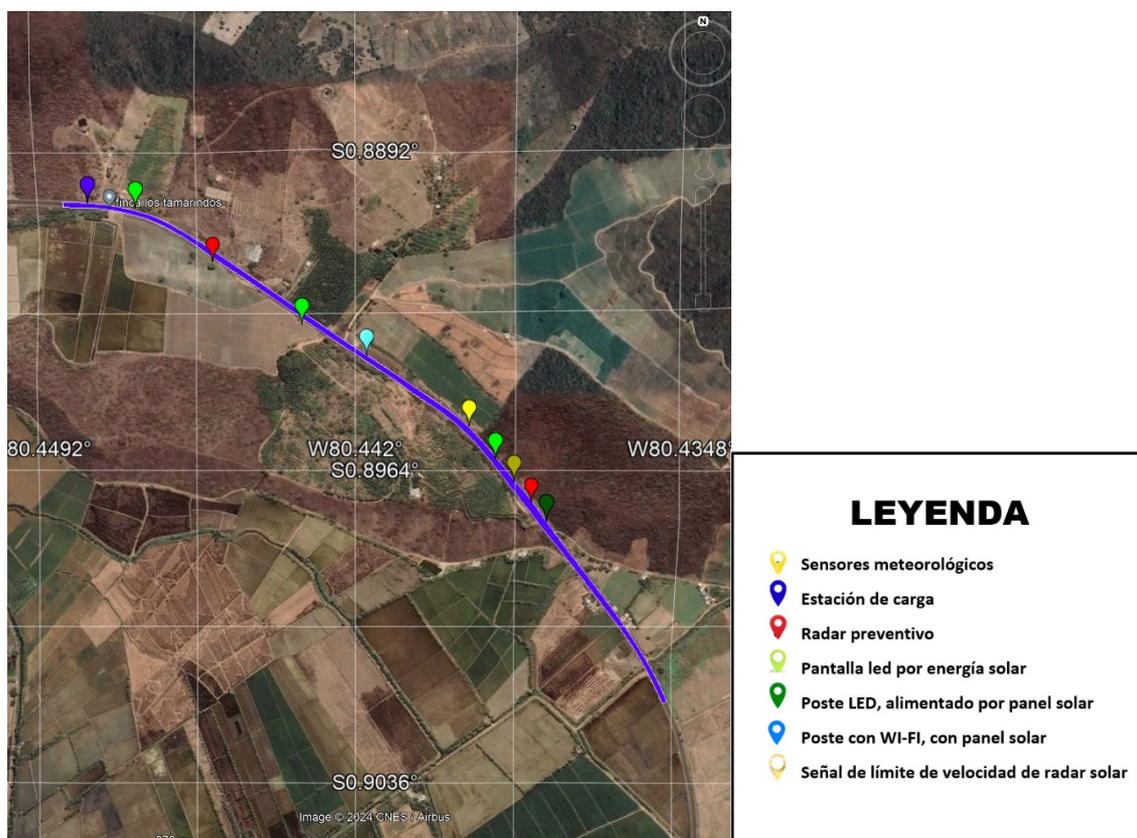


Figura 3: Innovaciones tecnológicas a implementar en el tramo seleccionado de la vía San Jacinto – Rocafuerte.

El presupuesto aproximado para la implementación de la carretera inteligente contempla una variedad de tecnologías y dispositivos destinados a mejorar la eficiencia y la seguridad vial, incluye la adquisición de unidades de ojo de gato instalados cada 12 metros, con reflectores de luz led y tachas 3M blancas (Biilingo, 2024), que sirven de marcadores retro reflectivos que permiten el delineado de manera efectiva de la ruta cuando es de noche o hay baja visibilidad.

También se contempla la incorporación de sensores infrarrojos (FAMA, 2024), colocados en dos puntos de interés avistados en la inspección, que son una vivienda donde se observó cruce de personas en la vía, además de ciertos terrenos. Están diseñados para mejorar la seguridad de los peatones al cruzar carreteras; implica el uso de sensores infrarrojos para detectar la presencia de peatones que desean cruzar y cuando se acercan, el sistema desencadena una serie de acciones para garantizar un cruce seguro pudiendo dar señales de emergencia visuales y auditivas que alertan a los conductores sobre la presencia de peatones y la necesidad de detenerse; pueden ajustar la duración del cruce peatonal en función de la cantidad de personas que cruzan, asegurándose de que haya tiempo suficiente para que todos crucen sin problemas.

Otro elemento importante son los sensores de tráfico por inducción magnética (ROSIM, 2024), estos detectan vehículos de manera inalámbrica; pueden ser usados en intersecciones para controlar las luces de un semáforo, para la gestión del tráfico al recopilar datos, en estacionamientos para determinar los puestos ocupados, y en general para mejorar la seguridad vial. El proveedor seleccionado para este fin vende un paquete que consta de cinco unidades, pero se propone instalar uno solo por cuestiones de conteo de vehículos ya que en el tramo no hay cruces. Estos dispositivos se instalan haciendo orificios en la superficie asfáltica de manera que no tienen conexiones externas y trabajan mediante la detección de metal de los chasis. A futuro, para una implementación completa, podrían colocarse cada tres metros, para así medir colas generadas en semáforos o cruces, embotellamientos, entre otros.

Los sensores meteorológicos multi integrados (Tsingsense, 2024), como el sensor VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles) multigas integrado, junto con sensores para dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de nitrógeno (NO), monóxido de carbono (CO), ozono (O<sub>3</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), partículas PM2.5 y PM10, se utilizan para el monitoreo integral de la calidad del aire y la contaminación atmosférica, midiendo la concentración de varios contaminantes atmosféricos incluyendo gases y partículas, alertas de temperatura, permitiendo hacer investigaciones relacionadas con el ambiente, cumplir normativas y para la optimización de políticas ambientales.

Un componente sencillo pero que ayuda a mejorar la visibilidad de las carreteras es la pintura fluorescente, además de servir para la señalización vial, es una solución económica, ecológica y de fácil implementación; puede emitir luz que es visible en un nivel de oscuridad suficiente que puede

durar toda la noche, además de no necesitar otras fuentes de energía más que la luz del día (ArcoIris, 2024). Se tienen 2.0000 m de un lado y 2.000 m del otro, más las líneas segmentadas que serían  $2.000/3 = 666$  m, pero en varias partes como curvas y en lomas en la cresta no se puede rebasar y es línea continua, por ende, en total un cálculo aproximado es de 4.750 Ml.

Por otro lado, se tiene una estación de carga de vehículos, y en el caso de Ecuador, ya hay vehículos 100% eléctricos, y aunque el costo es mayor a los de vehículos regulares, su venta está en aumento. Una de las ventajas es que no pagan impuesto al valor agregado (IVA), además de que están exentos del cobro del impuesto a los consumos especiales (ICE), y no cancelan aranceles de importación incluso en los cargadores para electrolineras, baterías y cargadores (El Universo, 2023). Este implemento es uno de los más costosos del presupuesto, pero que sin duda valdrá la pena implementar (Newcom, 2024).

Los radares preventivos, son dispositivos diseñados para ayudar a mejorar la seguridad vial y educar a los conductores sobre el cumplimiento de los límites de velocidad en áreas específicas; indican la velocidad, dan alertas visuales, y entre otras cosas sirven para recolectar datos (PortaSignal, 2024), por lo que fueron considerados de implementar.

Se contempló la compra una pantalla LED de remolque para exteriores con tablero de mensajes, alimentada por energía solar, conocidos como Señal Variable de Mensajes (VMS), que sirve para gestionar el tráfico, dar información sobre eventos, para la seguridad vial, para emergencias y alertas, publicidad y promoción, información ambiental, y movilidad al estar montadas sobre remolques, lo que permitiría ser desplazadas a diferentes ubicaciones según las necesidades, lo que las hace especialmente útiles en situaciones temporales (GUANGAN, 2024).

En el tramo seleccionado, se calculó la instalación de 40 postes para alumbrado público con lámpara LED, alimentados por paneles solares ubicados cada 100 metros. Los postes de luz solar son estructuras equipadas con sistemas de iluminación alimentados por energía solar y ofrecen ventajas en comparación con los de luz convencionales alimentados por la red eléctrica. Dentro de sus funciones está la iluminación autónoma, la eficiencia energética, ahorro de costos a largo plazo, flexibilidad en la ubicación, y reducción de la huella de carbono, entre otros. El costo por unidad incluye la instalación, el poste y el panel solar (J. Saltos, comunicación personal, 05 de enero del 2024).

Se consideró la colocación de un poste inteligente (Liang, 2024) que proporciona una plataforma multifuncional para la implementación de diversas tecnologías y servicios; se caracterizan por tener iluminación inteligente (control centralizado para el manejo de las luces), usan paneles solares; tienen sensores ambientales (temperatura, humedad, ruido, velocidad y dirección del viento, presión, etc.), cámaras y sensores para monitorear el tráfico (entre otros también reconocimiento de rostro), la seguridad y la gestión del flujo de personas; cuentan con pantallas digitales que muestran información útil para los ciudadanos, como noticias, eventos, anuncios de servicio público y publicidad; carga de vehículos eléctricos, llamadas de emergencia, conexión Wifi.

Un elemento importante es el radar de límite de velocidad o detector de velocidad (Dean Technology, 2024), miden la velocidad de los vehículos en movimiento, funcionan emitiendo ondas de radio o láser hacia un área específica de la carretera y midiendo el tiempo que tarda en regresar la señal después de golpear un vehículo. Sirve para el cumplimiento de límites de velocidad, contribuyen con la seguridad vial al controlar la velocidad de los vehículos, recopila datos, detecta infracciones, previene carreras ilegales y condiciones peligrosas.

El costo total estimado para el proyecto asciende a \$109.914,99. Estas cifras son aproximadas y pueden variar según proveedores específicos y las condiciones del mercado en Ecuador, además de procesos implicados como aduana, entre otros.

## Conclusiones

En cuanto a la percepción de los usuarios referente al estado del tramo seleccionado San Jacinto – Rocafuerte de la Troncal del Pacífico E15 se concluye, respecto a la seguridad, que la mayoría percibe insuficiente señalización, riesgos asociados con factores humanos, ambientales, automotrices y de infraestructura, por lo cual existen puntos de concentración de accidentes. Referente a la infraestructura, predomina la percepción de deficiencias en el estado de la vía, por falta de mantenimiento y reparaciones. Sobre el aspecto social, se destaca la preocupación por el estado de la vía, el consenso con la implementación de tecnología avanzada, la falta de educación vial como causa de accidentes, el incumplimiento de normativas viales, la necesidad de controles de alcoholemia, velocidad y uso de teléfonos móviles, y las propuestas para mejorar la vía (énfasis en señalética y en el mantenimiento vial).

En relación con el diseño geométrico se deben garantizar las distancias de visibilidad a lo largo de toda la vía y en ambas direcciones. El tipo de pavimento es flexible, encontrándose grietas



longitudinales, deformaciones, rotura de bordes y baches. y ondulaciones, por lo que se requiere de una intervención de mejora en el pavimento.

En la vía hay evidencia de falta de señales de regulación preventivas, zonas de información, señales varias de tránsito, desvíos, servicio de riesgo y restricciones de velocidad, lo que representa peligros de accidentes.

Los volúmenes de tráfico respecto a la capacidad de la vía muestran un nivel de servicio A. Se registró un promedio diario de 842 vehículos en distribución de dos direcciones, siendo las horas de menos tráfico entre las 10:00 y las 11:00, y entre las 12:00 y las 13:00, siendo más transitada por vehículos de pasajeros. Se observaron velocidades medias en vehículos livianos de 93.9 km por hora, lo que indica que son superados los límites de velocidad establecidos; y también conductores usando celulares al conducir. Se encontraron huellas de desaceleración e intermitentes.

Se propone implementar una prueba piloto en el tramo, iniciando con una carretera inteligente del tipo *Assistedway road segments* en una primera fase a mediano y corto plazo. A largo plazo se propone la implementación de una vía del tipo *Automatedway road segments*. La propuesta es comenzar con implementos como: ojos de gato, sensores infrarrojos, sensores de tráfico, sensores meteorológicos, pintura especial, una estación de carga de vehículos, radar preventivo, pantallas led, un poste inteligente y señales de límites de velocidad.

### Referencias bibliográficas

- ArcoIris. (2024). *Pintura fosforescente para carreteras y ciclovías*.  
<https://www.pinturafosforescente.es/camino-externo-fotoluminescente/549-fosforescente-carreteras.html#:~:text=La%20pintura%20fosforescente%20vial%20es,Es%20antideslizante.&text=La%20fosforescencia%20>
- Banco de Desarrollo de América Latina. (25 de noviembre de 2021). Recursos públicos se gastaron mal en la infraestructura vial. *La Hora*, s.p.  
<https://www.lahora.com.ec/pais/inversion-carreteras-despilfarro-gasto-publico/>
- Belda, E. (2021). Las carreteras inteligentes que están por venir... y las que ya han llegado. En M. Rodrigo (coord.). *I Congreso Español de Smart Roads*. España: Redacción Interempresas. <https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/323269-Las-carreteras-inteligentes-que-estan-por-venir-y-las-que-ya-han-llegado.html>
- Biilingo. (2024). *Caja De 100 Unidades Ojos De Gato Viales Tachas 3M Blancas*.  
<https://ve.biilingo.com/caja-de-100-unidades-ojos-de-gato-viales-tachas-3m-blancas>
- Consiglio, L. & Sánchez, I. (2018). *Holanda prueba su primera carretera que brilla en la oscuridad*. <https://ieec.edu.ar/holanda-prueba-su-primera-carretera-que-brilla-en-la-oscuridad/>



- DeanTechnology. (2024). *DEAN-Detector de velocidad para vehículos de carretera, Radar de tráfico LED HD, 12 años de fabricación, precio personalizado, OEM*.  
[https://spanish.alibaba.com/p-detail/DEAN-1600223350028.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.36c01f74akbBIW](https://spanish.alibaba.com/p-detail/DEAN-1600223350028.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.36c01f74akbBIW)
- El Universo. (05 de octubre del 2023). *Estos son los precios de los carros eléctricos en Ecuador*.  
<https://www.eluniverso.com/noticias/economia/estos-son-los-precios-de-los-carros-electricos-en-ecuador-nota/>
- FAMA. (2024). *Traffic Peatonal Crossing Sensor infrarrojo Sistema de alerta de voz inteligente integrado Estacas de voz inteligentes*. [https://spanish.alibaba.com/p-detail/FAMA-1600973019463.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.10643748SdE9W7](https://spanish.alibaba.com/p-detail/FAMA-1600973019463.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.10643748SdE9W7)
- Fossati, G. (2019). *La Argentina ya tiene su primera autopista "inteligente"*.  
<https://www.iproup.com/innovacion/4063-argentina-y-su-primera-autopista-inteligente-como-funciona>
- García, A.; Camacho-Torregrosa, F.; Llopis-Castelló, D. & Monserrat, J. (2021). Smart Roads Classification. *Routes/Roads*, (391), 23-27.  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/189900/GarciaCamacho-TorregrosaLlopis-Castello%20-%20Smart%20Roads%20Classification.pdf?sequence=1>
- GUANGAN. (2024). *Pantalla led de remolque para exteriores, tablero de mensajes alimentado por energía solar, vms*. [https://spanish.alibaba.com/p-detail/vms-1600737069562.html?spm=a2700.shop\\_plgr.41413.58.64463665s1Hs5X](https://spanish.alibaba.com/p-detail/vms-1600737069562.html?spm=a2700.shop_plgr.41413.58.64463665s1Hs5X)
- Liang. (2024). *Poste de luz inteligente galvanizado para exteriores, poste de alumbrado público Led integrado de alta calidad con estación Base en la nube Wifi 5G*.  
[https://spanish.alibaba.com/p-detail/High-60749691715.html?spm=a2700.details.you\\_may\\_like.1.5363683aS528Db](https://spanish.alibaba.com/p-detail/High-60749691715.html?spm=a2700.details.you_may_like.1.5363683aS528Db)
- López, J. (10 de septiembre de 2021). Las carreteras inteligentes o “Smart roads”. *El Economista*, s.p. <https://www.economista.com.mx/opinion/Las-carreteras-inteligentes-o-Smart-roads-20210909-0113.html>
- Martínez, D. (2021). *Carreteras inteligentes - Conduciendo hacia el futuro viario*.  
<https://futuroelectrico.com/carreteras-inteligentes/>
- Moncayo, B.; Danilo, G.; Coro, I. & Jacqueline, G. (2018). *Carretera inteligente con aplicación de servicios digitales en el trayecto Pelileo-Baños en la Provincia de Tungurahua* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27797>
- Newcom. (2024). *Estaciones de carga de coches eléctricos ccs1 ccs2 Adaptador Estación de carga DC EV integrada para carga de automóviles eléctricos*.  
<https://spanish.alibaba.com/p-detail/stations-1600756625365.html?spm=a2700.details.0.0.60f56a6a0WqkMD>
- PortaSignal. (2024). *Radar pedagógico Evolis*. <https://www.portasignal.com/product-page/radar-pedag%C3%B3gico-evolis>

- RentingFinders. (2023). *Carreteras inteligentes: un paso más hacia la movilidad sostenible*.  
<https://rentingfinders.com/blog/movilidad-sostenible/carreteras-inteligentes/>
- ROSIM. (2024). *Sensor de detección de vehículos de tráfico magnético inalámbrico, Detector de bucle de inducción de repuesto*. [https://spanish.alibaba.com/p-detail/Wireless-2004211105.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.37116c4fPBYPi](https://spanish.alibaba.com/p-detail/Wireless-2004211105.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.37116c4fPBYPi)
- Saltos, J. (2024). *Comunicación personal sobre el costo de postes de paneles solares y su instalación*. Formato oral.
- Stanesku, E. (2019). *Sistema de iluminación inteligente en carreteras*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/51612/>
- Tsingense. (2024). *Sensor VOC multigas integrado, SO2, NO2, NO, CO, O3, H2S, PM2.5, PM10 y sensores meteorológicos para el sistema de monitoreo de la contaminación del aire*. [https://spanish.alibaba.com/p-detail/Integrated-1600997547172.html?spm=a2700.galleryofferlist.p\\_offer.d\\_title.491c5683ckUUAq&s=p](https://spanish.alibaba.com/p-detail/Integrated-1600997547172.html?spm=a2700.galleryofferlist.p_offer.d_title.491c5683ckUUAq&s=p)
- Vargas, C.; Guevara, D. & Ríos, A. (2014). Vialidad económica del control de la iluminación fotovoltaica en autopistas del Ecuador. *MASKANA, I+D+ingeniería*, 5, 37-52.  
<https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/573>
- Vargas, C.; Loayza, J.; Coaquira, E.; Ortiz, H. & Medina, C. (2020). *Vías inteligentes*. Perú: Universidad Tecnológica de los Andes. <https://es.scribd.com/document/482244169/vias-carreteras-inteligentes-copia>
- Wise, S. & Pitt, K. (2021). *Moda Circular*. España: Editorial Blume.  
[https://www.google.com.ec/books/edition/Moda\\_circular/1QMUEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=moda+circular+alberes+editorial+blume&pg=PA2&printsec=frontcover](https://www.google.com.ec/books/edition/Moda_circular/1QMUEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=moda+circular+alberes+editorial+blume&pg=PA2&printsec=frontcover)
- WorldHighways.com. (09 de marzo de 2018). *China's smart new highway being developed*.  
<https://www.worldhighways.com/wh10/news/chinas-smart-new-highway-being-developed>

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Agradecimiento:**

N/A

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.

