

Determinar la accesibilidad en tiempo y costo generalizado del viaje de la vía Los Curos -
Málaga

Juan Pablo Cárdenas González

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Miller Humberto Salas Rondón

PhD, MSc en Gestión del Territorio e Infraestructura de Transporte

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físico - Mecánicas
Escuela de Ingeniería Civil
Bucaramanga

2021

Dedicatoria

A Dios por darme la vida y ser mi fuente de fortaleza, por permitirme llegar a este momento de mi vida con sabiduría y confianza para lograr mis objetivos.

A mis padres Luis Alberto y Norbelly que con su amor incondicional y paciencia me han apoyado en todas las decisiones y momentos en mi vida, por todo el trabajo y sacrificio que han hecho para permitirme ser lo que soy, porque con sus oraciones y palabras de aliento cada día hacen de mí una mejor persona y me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mis hermanos Yeffer, Marlyn y Lizbeth los cuales con su experiencia me han guiado a lo largo de mi vida, por ser ese apoyo incondicional en todos los momentos, por ser consejeros y amigos, los quiero mucho.

Finalmente, a mi sobrina Marian, que ha sido mi motivación y mi felicidad en estos años, con su llegada me brindó la oportunidad de ver el mundo con otros ojos, más compasivos y amorosos. A Juanito que, aunque no esté aún con nosotros es fuente de felicidad, amor y esperanza.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos	15
1.1 Objetivo General	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. Marco Teórico.....	16
2.1 Accesibilidad en la red de infraestructura vial.....	16
2.2 Costos de operación vehicular	16
2.2.1 Insumos para transportarse por carretera	17
2.2.2 Variables que afectan el consumo de insumos	17
3. Metodología	18
3.1 Identificación de la zona de estudio.....	18
3.1.1 Estado actual de la vía.....	23
3.1.2 Puntos críticos de la vía	23
3.2 Determinación del tiempo de viaje	25
3.2.1 Resultados y análisis de la encuesta.....	28
3.2.2 Indicadores de accesibilidad	41
3.3 Identificación de proyectos viales futuros	43
3.4 Costo de operación vehicular (V.O.C).....	46
3.4.1 Costos Variables	47
3.5 Costo generalizado el viaje	49
4. Conclusiones	50
5. Recomendaciones	51

Referencias Bibliográficas	52
Apéndices.....	55

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Variables que afectan el consumo de insumos</i>	17
Tabla 2. <i>Estado actual de la vía Los Cueros - Málaga</i>	23
Tabla 3. <i>Sitios Críticos por la Ola Invernal en 2011</i>	24
Tabla 4. <i>Sitios Críticos 2021</i>	25
Tabla 5. <i>Resultados del género y rango de edad de los encuestados</i>	30
Tabla 6. <i>Resultados de cambio de transporte</i>	37
Tabla 7. <i>Motivo del último viaje realizado vs número de veces que viaja al año</i>	38
Tabla 8. <i>Coordenadas y tiempos de los nodos en la vía</i>	41
Tabla 9. <i>Velocidades de recorrido en los diferentes tramos de la vía.....</i>	43
Tabla 10. <i>Plan de inversión para el mejoramiento del corredor 55ST02</i>	43
Tabla 11. <i>Intervención total del proyecto</i>	44
Tabla 12. <i>Parámetros proyectados para la vía.....</i>	44
Tabla 13. <i>Coordenadas y tiempos de los nodos en la vía futura</i>	45
Tabla 14. <i>Parámetros para el cálculo del V.O.C.....</i>	48
Tabla 15. <i>Costo de operación vehicular para la situación actual y futura de la vía</i>	49

Lista de Figuras

Figura 1. Carretera Los Curos - Málaga.....	18
Figura 2. Categorización de la vía Los Curos - Málaga	19
Figura 3. Leyenda de Susceptibilidad	20
Figura 4. Mapa de susceptibilidad del tramo 1	21
Figura 5. Mapa de susceptibilidad del tramo 6 – Santa Barbara.....	22
Figura 6. Mapa de susceptibilidad del tramo 7 – Piedecuesta	22
Figura 7. Encabezado de la encuesta y datos del encuestado	26
Figura 8. Datos sobre el último viaje realizado.....	27
Figura 9. Experimento de preferencias declaradas	28
Figura 10. Municipio en el que reside actualmente	30
Figura 11. Resultados pregunta número 1 ¿Lugar de origen y destino del viaje?.....	31
Figura 12. Resultados pregunta número 2 ¿Motivo del último viaje?.....	32
Figura 13. Resultados de la pregunta número 4 ¿Hora en la que viaja?.....	32
Figura 14. Resultados de la pregunta número 5 ¿Tiempo aproximado del viaje?.....	33
Figura 15. Resultados de la pregunta número 6 ¿Número de veces que viaja al año?..	33
Figura 16. Resultados de la pregunta número 7 ¿Costo aproximado del viaje?.....	34
Figura 17. Resultados de la pregunta 1 y 2 de preferencias declaradas.....	35
Figura 18. Resultados de la pregunta número 3 de preferencias declaradas	35
Figura 19. Cambiaría el medio que utiliza para transportarse	37
Figura 20. Cambio del medio de transporte según el usuario.....	40
Figura 21. Cambio de transporte de público a privado y viceversa	40

Figura 22. *Isócronas de la situación actual*..... 42

Figura 23. *Isócronas de la situación futura*..... 46

Lista de Apéndices

Apéndice A. Sitos Críticos por la Ola Invernal 2011.....	55
Apéndice B. Encuesta de viaje en la vía Los Curos – Málaga.....	57

Resumen

Título: Determinar la accesibilidad en tiempo y costo generalizado del viaje de la vía Los Curos - Málaga *

Autor: Juan Pablo Cárdenas González **

Palabras Clave: Accesibilidad, Tiempos de Viaje, Costo de Operación Vehicular, Software Surfer21, HDM-4.

La vía Los Curos – Málaga presenta actualmente una situación crítica de movilidad generada por diferentes factores, ya sean por las condiciones del terreno, ambientales, económicas o sociales, por ende, se hace necesario una inversión en el mejoramiento a la infraestructura vial que beneficia a los habitantes de la provincia de García Rovira. Con esta investigación se pretende informar sobre el tiempo y costo en que se incurre al realizar un viaje por la vía y los beneficios que trae consigo la inversión en el mejoramiento de la infraestructura vial.

En este documento se analiza la situación actual de la vía determinando la accesibilidad en tiempo y costos, obteniendo las curvas isócronas mediante la aplicación del software Surfer 21. Se realizó el mismo proceso considerando los proyectos futuros por parte del Instituto Nacional de Vías, que tienen como objetivo la pavimentación total de la vía para el año 2027 y mantenimiento hasta el año 2029, para finalmente realizar una comparación cuantitativa y cualitativa entre los dos escenarios estudiados. Como resultado final se obtuvo que el costo generalizado del viaje en automóvil en la vía para la situación actual es de \$ 114.507 COP y el costo generalizado del viaje en el escenario futuro es de \$ 69.371 COP, lo que indica una reducción del 40% del costo respecto a la situación actual.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Miller Humberto Salas Rondón, PhD, MSc en Gestión del Territorio e Infraestructura del Transporte.

Abstract

Title: Determine the accessibility in time and general cost of the trip in Los Curos – Málaga road.*

Author: Juan Pablo Cárdenas González**

Key Words: Accessibility, Travel Time, Vehicle Operating Costs, Software Surfer 21, HDM-4.

Los Curos-Malaga Road currently presents a critical mobility situation generated by different factors, whether due to the terrain, environmental, economic, or social conditions, therefore, an investment in the improvement of the road infrastructure that benefits the inhabitants of the province of García Rovira is necessary. This research aims to inform about the time and cost incurred when traveling on the road and the benefits that investment in improving road infrastructure brings.

This document analyzes the current situation of the road, determining accessibility in time and costs, obtaining isochrones time curves using the software Surfer 21. The same process was carried out considering future projects by the National Institute of Roads, which aim at the total paving of the road by 2027 and maintenance until 2029, to finally make a quantitative and qualitative comparison between the two scenarios studied. As a result, it was obtained that the generalized cost of the trip on car on the road for the current situation is \$ 114.507 COP and the generalized cost of the trip in the future scenario is \$ 69.371 COP, which indicates a reduction of 40% of the cost with respect to the current situation.

* Degree Work

** Faculty of Physical-mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Miller Humberto Salas Rondón, PhD, MSc in Territory Management and Transport Infrastructure.

Introducción

La red de infraestructura vial de un país desempeña un papel muy importante en su crecimiento y desarrollo económico, ya que permite la conexión entre diferentes regiones, ya sea a escala nacional, departamental o municipal, lo que genera mayor participación de los departamentos y municipios en el producto interno bruto del país. Así como lo muestra García (García, 2007) la inversión en infraestructura vial tiene una relación directa con el crecimiento económico. Sin embargo, solo con tener una red de infraestructura vial que permita la conexión entre regiones no significa que se genere una buena conectividad y accesibilidad, por eso es importante que esta infraestructura se encuentre en buen estado permitiendo que la movilidad y transporte de bienes y servicios sea de manera eficaz y rápida, reduciendo costos en temas de transporte, disminución de precios en bienes y servicios en lugares que no son de fácil acceso. La disponibilidad de vialidades mejora la conectividad de la población con los servicios públicos de salud y educación, que se traducen en mejores condiciones de salubridad e higiene y de oportunidades de educación (Pérez et al., 2009), lo que en largo plazo influye en los niveles de pobreza de un país.

Por lo tanto, invertir en infraestructura vial en un país genera una buena accesibilidad y por consiguiente un mejor desarrollo económico, es por eso que es importante que los departamentos y municipios tengan una buena accesibilidad, ya que estos contribuyen al crecimiento del país.

El departamento de Santander cuenta actualmente con varios proyectos ejecutados por parte del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) los cuales tienen como objetivo el desarrollo de las regiones y el bienestar de sus habitantes, algunos ejemplos de estas obras son la Variante de San Gil, la Transversal del Carare, la vía que conecta al turístico municipio de San Gil con Onzaga

y por supuesto la vía Los Curos – Málaga (Invías, 2021). Este último proyecto constituye el objeto de este trabajo de grado y resalta su importancia en el departamento ya que por esta transitan los más de 100.000 habitantes de la provincia de García Rovira con destino a la ciudad de Bucaramanga, donde cerca de 1091 vehículos circulan diariamente por el tramo vial, de los cuales el 38% corresponde a vehículos pesados (Invías, 2020). En estos municipios también se desarrollan actividades agrícolas como el cultivo de frutales, maíz, tabaco, frijol, café, entre otros (Ministerio de Agricultura, 2020), las cuales se han visto afectadas por las restricciones de movilidad que se presentan actualmente en la vía, por lo que estos municipios presentan un importante potencial de progreso económico y social.

A pesar de ser una carretera de segundo orden, la vía Los Curos – Málaga se comporta como una carretera de clasificación terciaria, esto se debe a que la mayor parte de su recorrido está sin pavimentar. El registro histórico de esta carretera data de hace 22 años cuando el INVÍAS adjudicó el primer contrato para su mejoramiento y desde entonces se han realizado obras que suman más de \$336.810 millones de pesos (Invías, 2021).

La primera intervención que recibió esta vía por parte del INVÍAS fue en el año 1999, donde se ejecutaron un total de 12 contratos por la suma de \$2.371 millones de pesos con los que se atendieron obras de emergencia y se construyeron puentes, muros y alcantarillas para mejorar la movilidad del corredor (Invías, 2021).

En 2006 se realizaron 33 obras por un valor de \$17.771 millones de pesos, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los habitantes y dinamizar la economía de las regiones, de igual forma, en 2010 se desarrollaron 41 obras de señalización y actualización de los estudios en la vía, entre otras, estas obras se realizaron por un valor de \$40.270 millones de pesos (Invías, 2021).

Por otra parte, como respuesta a los daños sufridos en este corredor durante la Ola Invernal 2010-2011, mediante un esfuerzo interinstitucional se logró la pavimentación de 40 km y la ejecución de soluciones definitivas en varios sitios críticos identificados, de los cuales 29 sitios críticos y 8 puentes (incluido el puente atirantado de la Hisgaura con una luz central de 330 m) han sido atendidos a través del Fondo de Adaptación, mediante inversiones por parte del gobierno nacional del orden de 225 mil millones (Conpes, 2015).

Para el año 2013 se destinaron \$61.443 millones de pesos para ejecutar 36 contratos de administración vial, mantenimiento rutinario y pavimentación. En el 2015 se realizó una inversión de \$14.909 millones de pesos para llevar a cabo 94 contratos, cuyo objetivo fue el mejoramiento y mantenimiento de los 124 km de este importante corredor. Asimismo, en el 2018 se realizaron obras por un valor de \$37.977 millones de pesos, mientras que en 2019 la inversión en la carretera llegó a \$50.949 millones de pesos (Invías, 2021).

Actualmente este corredor carece de un estudio el cual nos permita conocer el tiempo de viaje de los vehículos y la estimación del costo operacional que con lleva transitar por dicha carretera. Esta estimación de los costos de operación vehicular es de suma importancia en la planeación, diseño y aspectos operativos del sistema de transporte, así como para la optimización de recursos y asegurar un beneficio para la comunidad.

En el pasado se han realizado estudios a cargo del Ministerio de Transporte sobre los costos de operación vehicular de transporte de carga por sus carreteras nacionales, y estudios de accesibilidad de la red vial del área metropolitana, pero ninguno de estos estudios referidos , pero ninguno de estos estudios referidos específicamente a la vía Los Curos – Málaga del departamento de Santander, por lo tanto este trabajo será una etapa más de ese esfuerzo global anterior el cual buscará determinar la accesibilidad de la vía en tiempo y costo de operación vehicular.

Para esto se emplearán diversas herramientas como el diseño y aplicación de una encuesta que nos permita conocer los intereses de las personas, el tiempo en el que demoran al viajar por la vía y el costo que con lleva viajar por esta vía. También se realizará un análisis de las futuras mejoras que se tienen previstas para esta vía y los beneficios que estas traen frente a la situación actual de la vía.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Determinar la accesibilidad en tiempo y costo generalizado que se incurre al transitar por la vía Los Curos – Málaga.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar los costos fijos y variables en los que se incurre al realizar una operación de transporte y determinar las variables que lo afectan.
- Diseñar y aplicar una encuesta con el objetivo de determinar los componentes del costo generalizado el viaje para la carretera Los Curos – Málaga.
- Analizar el costo generalizado del viaje de la infraestructura vial existente y la infraestructura vial futura.
- Determinar los beneficios en tiempo y costo que se obtendrán al mantener esta vía pavimentada.

2. Marco Teórico

2.1 Accesibilidad en la red de infraestructura vial

La accesibilidad se entiende como una cualidad de las infraestructuras de transporte, que además está influenciada por las características del sistema de asentamientos que se conectan entre sí (Pendás, 2016). El estudio de la accesibilidad hace parte el determinar el nivel de incidencia entre las intervenciones que mejoran las condiciones técnicas de una red carretera, y los cambios en la calidad de vida de la población residente en las localidades interconectadas por esa misma red (García et al., 2019).

La accesibilidad como variable de análisis territorial une espacio (localización) y movimiento, además de vincularse de forma directa con la cohesión interna de las regiones (Gutiérrez et al., 2006). Actualmente podemos distinguir entre dos conceptualizaciones diferenciadas sobre la accesibilidad y, por tanto, dos grupos de estudios diferenciados. La raíz de esa diferencia radica en el sujeto al que se aplica la cualidad de accesible. El primero se centra en la accesibilidad individual o personal, entendida como la capacidad de movilidad individual y el acceso a servicios, y el segundo a la accesibilidad de los lugares, relacionada más con el espacio concreto que el espacio social (Martínez, 2012).

2.2 Costos de operación vehicular

El costo de operación de un vehículo automotor determinado es aquél en el que se incurre por mantenerlo funcionando por unidad de longitud recorrida. Consiste en el costo de recorrido

más los costos fijos. Estos costos se derivan del consumo de insumos, en este capítulo se darán a conocer dichos insumos y las variables que lo afectan (Páez, 2012).

2.2.1 Insumos para transportarse por carretera

Los elementos por considerar para la movilización de un vehículo son los siguientes:

- **Combustible:** Es esencial para que el motor del vehículo funcione, por lo que un buen combustible proporciona un mejor rendimiento.
- **Neumáticos:** Los neumáticos permiten que el vehículo ruede sobre la superficie. Es importante realizar el cambio de neumáticos cuando se necesite para evitar percances en el trayecto.
- **Lubricantes:** Los lubricantes reducen la fricción entre las partes móviles del motor. Adicionalmente limpia, evita la corrosión y reduce la temperatura del motor.
- **Filtros:** Existen 3 tipos de filtros los cuales son necesarios para que todo funcione correctamente, el filtro de aire, el filtro de aceite y el filtro de combustible, su función principal es retener las impurezas que puedan tener estos fluidos.

2.2.2 Variables que afectan el consumo de insumos

Los insumos nombrados anteriormente están afectados en cuanto a su consumo por los siguientes factores:

Tabla 1.

Variables que afectan el consumo de insumos

INSUMO	VARIABLES QUE AFECTAN EL CONSUMO
Combustible	Altimetría de la ruta, tipo de vehículo, estilo de conducción, presión de los neumáticos, exceso de peso, mantenimiento de las unidades.
Neumáticos	Kilómetros recorridos.
Lubricantes	Kilómetros recorridos.
Filtros	Caída de presión, condiciones del ambiente de operación, arranques con aceite frío y alta viscosidad, alto contenido de hollín.

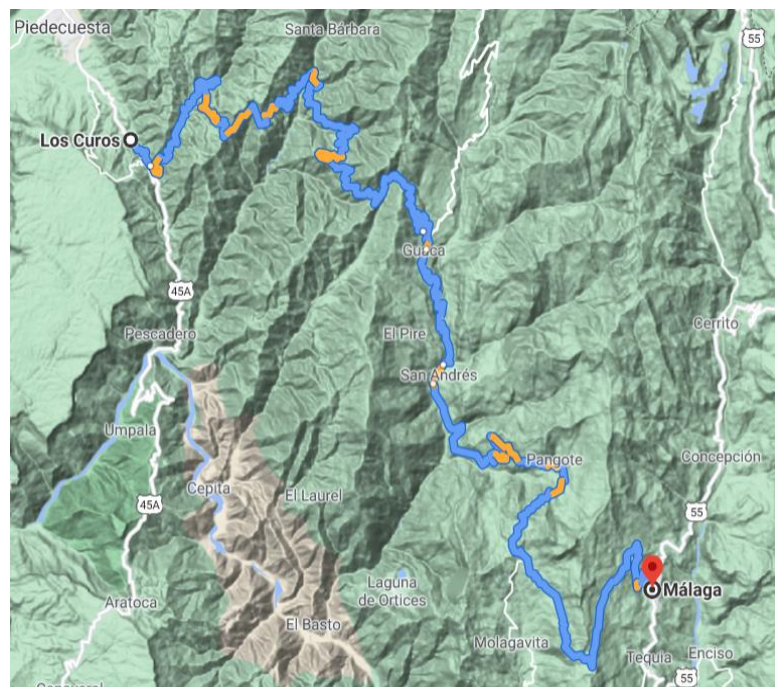
3. Metodología

3.1 Identificación de la zona de estudio

En la figura 1 se muestra la ruta Los Curos – Málaga la cual sirve de conexión entre la Troncal Central y Troncal Central del Norte, presenta un tipo de terreno ondulado y quebrado que hace parte de la región de la Cordillera Oriental en su mayoría la zona del Macizo de Santander lo que ha dificultado la pavimentación de la totalidad de la vía, ya que se presentan movimientos en masa como reptación, desprendimientos y erosión (Invías, 2020).

Figura 1.

Carretera Los Curos - Málaga

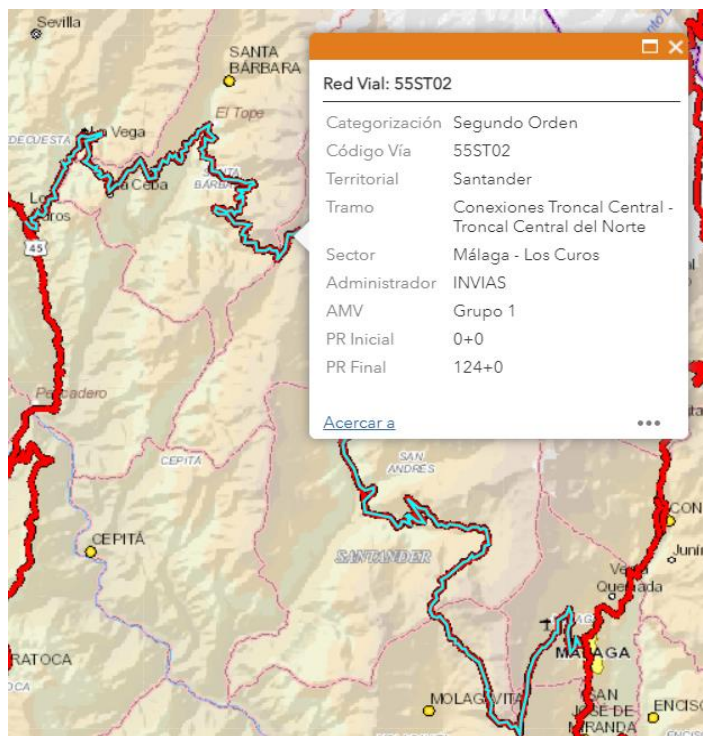


Nota. La imagen representa el mapa en relieve de la carretera Los Curos – Málaga. Tomado de Google Maps.

En la figura 2 se muestra la categorización y el código de la vía realizado por el Instituto Nacional de Vías, esta es una carretera de segundo orden y su código de vía es 55ST02.

Figura 2.

Categorización de la vía Los Curos - Málaga



Nota. En la imagen se presenta la categorización de la carretera Los Curos – Málaga realizada por el INVIAS. Tomado de *Invías 2021*.

Como se mencionó anteriormente en la vía se presentan movimientos en masa que suponen un riesgo para los usuarios de la vía y los habitantes de la región, por lo tanto, se realizó un análisis de riesgo para conocer el estado de la vía frente a estos movimientos en masa. A continuación, se presenta el análisis de susceptibilidad en la vía, las cuales tienen como objetivo la reducción del riesgo por movimientos en masa. Este análisis de riesgo tiene en cuenta componentes como la amenaza, vulnerabilidad y elementos en riesgo. Definiendo la amenaza como la probabilidad de que ocurra un deslizamiento particular en un determinado tiempo.

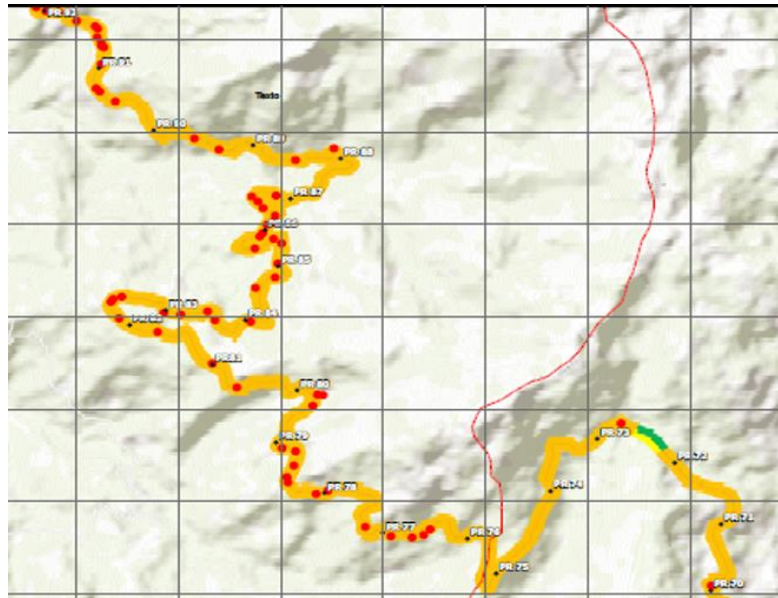
Figura 3.*Leyenda de Susceptibilidad*

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS INTRÍNECAS CONDICIONANTES DEL CORREDOR GEOTÉCNICO 55ST02 "MÁLAGA-LOS CUROS"
MUY ALTA	Zona de susceptibilidad muy alta en donde se generan procesos de remoción en masa predominando los movimientos tipo deslizamiento rotacional, traslacional y complejo con presencia de movimientos de caída en algunos sectores del corredor. El tramo se caracteriza por pendientes transversales al eje de la vía, mayores a 40°, clasificándose como terrenos montañosos o escarpados. El área de esta categoría de susceptibilidad es de 0.2725 Km² equivalente al 1.74 % del área del corredor geotécnico 55ST02. Los procesos están relacionados con las actividades propias de la construcción de la vía, y por la condiciones naturales de las laderas. En cuanto a la profundidad de los deslizamientos al ser superficiales presentan espesores variables entre 1 a 3 m produciendo afectaciones totales de la vía.
ALTA	Zona de susceptibilidad alta en donde se pueden generar procesos de remoción en masa de tipo deslizamiento rotacional. El tramo se caracteriza por pendientes transversales al eje de la vía, mayores a 40°, clasificándose como terrenos montañosos o escarpados. El área de esta categoría de susceptibilidad es de 11.8338 Km² equivalente al 75.71 % del área del corredor geotécnico 55ST02. Los procesos están relacionados con las actividades propias de la construcción de la vía, y por la condiciones naturales de las laderas. En cuanto a la profundidad de los deslizamientos al ser superficiales presentan espesores variables entre 1 a 3m produciendo afectaciones totales de la vía. PR 10 + 000 al PR 37 + 000 Los taludes de corte de la vía tienen pendientes muy pronunciadas (50° a 70°) y alturas mayores de 10m. Se aprecian procesos de erosión diferencial como consecuencia de niveles blandos tipo suelo en relación con niveles duros tipo roca.
MEDIA	Zona de susceptibilidad media. Se caracteriza por tener pendientes, transversales al eje de la vía, entre 30° a 40° que se clasifican como terrenos montañosos o escarpados. El área de esta categoría de susceptibilidad es de 3.3361 Km² equivalente al 21,34 % del área del corredor geotécnico 55ST02; corresponde a zonas relativamente estables ante la ocurrencia de movimientos en masa, los procesos están relacionados con la construcción de la vía con cortes en la ladera.
BAJA	Zona de susceptibilidad baja. Se caracteriza por tener pendientes, transversales al eje de la vía, menores 30° que se clasifican como terrenos planos u ondulados. El área de esta categoría de susceptibilidad es de 0.1869 Km² equivalente al 1.20 % del área del corredor geotécnico 55ST02; corresponde a zonas estables ante la ocurrencia de movimientos en masa.

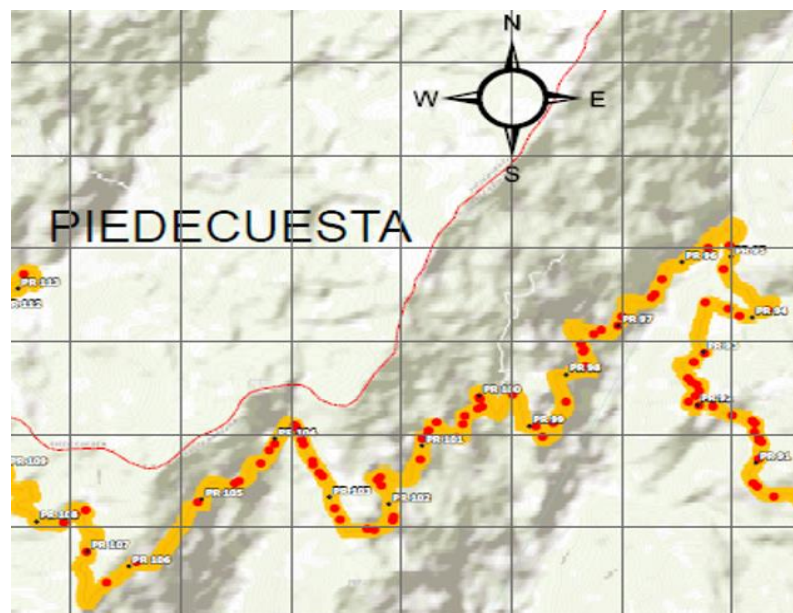
Nota. La imagen representa la leyenda del análisis de riesgo a movimientos en masa realizado al corredor 552T02. Tomado de *Invías 2020*.

El corredor está dividido en 8 tramos de mapas de susceptibilidad, los primeros 5 tramos presentan características similares y se encuentran en las categorías alta y media, con predominancia de la categoría alta, estos tramos van desde el PR0+000 (municipio de Málaga) hasta el PR70+000.

Mapa de susceptibilidad del tramo 6 – Santa Barbara



Mapa de susceptibilidad del tramo 7 – Piedecuesta



Nota. La figura hace referencia al mapa de susceptibilidad del PR92+000 a PR124+000. Tomado de *Invías 2020*.

3.1.1 Estado actual de la vía

El corredor tiene una longitud de 124 km de los cuales 65 km no cuentan con pavimento, los demás kilómetros del corredor presentan pavimento en diferente estado y algunos en intervención.

Tabla 2.

Estado actual de la vía Los Curos - Málaga

ESTADO	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	TOTAL
Pavimentado [km]	14,18	17,82	7,64	1,91	6,64	48,19
No Pavimentado [km]	0,00	0,00	0,00	43,30	22,55	65,85
En Intervención [km]						8,74
Longitud Total Calificada (km)						122, 78

La vía se encuentra pavimentada desde el municipio de Málaga, (PR0+000) hasta el PR27+770, desde el municipio de San Andrés (PR49+000) hasta el municipio de Guaca (PR63+000) y desde el PR111+00 hasta el PR124+000 (Invías, 2020).

3.1.2 Puntos críticos de la vía

Desde los eventos ocurridos por la Ola Invernal 2010 y 2011, se han identificados puntos críticos en la vía los cuales requieren atención para mejorar las condiciones de la vía. En la siguiente tabla se presentan algunos de estos puntos y la solución planteadas a estos problemas. Los demás puntos se pueden consultar en el Apéndice A.

Tabla 3.*Sitios Críticos por la Ola Invernal en 2011*

SECTOR (PR)	DESCRIPCIÓN	SOLUCIÓN
14+524 14+594	Pérdida de la banca a causa del deslizamiento en masa del talud inferior.	Construcción de muro en concreto reforzado L= 70m, H= 3.35 m.
29+800 29+854	Hundimiento en la vía y represamiento de agua de escorrentía por falta de obras de drenaje y subdrenaje.	Construcción de alcantarilla y muro en concreto reforzado L= 4m, H= 2m, filtro cuneta de L=30m.
45+630 Sector Hisgaura 47+110	Sitio con alto grado de inestabilidad. Reducción de la banca causando por la erosión del talud inferior.	Construcción de puente atirantado con una longitud de 680 m y una altura de 148 m.

Estos puntos críticos identificados anteriormente han sido intervenidos por parte del INVÍAS en busca del mejoramiento y mantenimiento de la vía, sin embargo durante estos años se han identificado nuevos puntos que requieren atención para garantizar la seguridad, movilidad y comodidad de los usuarios y habitantes de la zona.

Actualmente se ha identificado 70 puntos en la vía como críticos por parte de los municipios y la comunidad registrados en una sentencia de consejo de estado, para esto el INVÍAS realizó una visita de verificación a estos puntos y los clasificó de la siguiente manera.

- **Reparación:** Se trata de infraestructura que requiere reparación de manera que reduzca las posibilidades de daño por futuros impactos mediante el tratamiento adecuado de las causas que dieron origen a la reparación.
- **Construcción y Mantenimiento:** Actividades propias de la construcción de infraestructura de transporte incluyendo obras complementarias, estabilidad de taludes y obras de drenaje.

- **Fallado:** Obras de infraestructura ejecutadas previamente, patrimonio vial que presentó fallos y se encuentra a la espera o en proceso de reposición.
- **Sitio Crítico:** Tramo vulnerable por exposición a amenazas naturales y/o antrópicas que lo hace susceptible a las pérdidas o daños del patrimonio vial y con ello interrupciones en la prestación del servicio.
- **No aplica (N/A):** Obras de infraestructura ejecutadas previamente, patrimonio vial en buenas condiciones físicas de operación y de mantenimiento.

En ese sentido, de acuerdo con la clasificación antes descrita se evidenció que, de los 70 puntos determinados, 8 corresponden a reparación, 21 a construcción y mantenimiento, 3 fallados, 30 no aplica connotación de punto crítico, y 8 son sitios críticos (Invías, 2020).

Tabla 4.

Sitios Críticos 2021

No.	ABSCISA (PR) INICIAL	ABSCISA (PR) FINAL
1	29+720	30+090
2	30+493	30+995
3	32+758	33+097
4	71+688	71+740
5	79+630	79+757,7
6	88+521	88+531
7	93+510	93+520
8	106+950	107+740

Nota. La tabla 3 hace referencia a los puntos críticos seleccionados por parte del Invías en respuesta a los puntos propuestos por la comunidad. Tomado de *Invías 2020*.

3.2 Determinación del tiempo de viaje

Para la determinación de tiempos de viaje se diseñó y aplicó una encuesta la cual está dividida en secciones que nos proporcionan diferente tipo de información acerca de los usuarios y su movilidad en el corredor (Apéndice B).

Como primera parte de la encuesta se presentó el encabezado en donde se informó acerca del objetivo y la confiabilidad de la encuesta, además de los datos del encuestado sobre el municipio en el cual reside actualmente, la edad y el género, como se evidencia en la figura 7.

Figura 7.

Encabezado de la encuesta y datos del encuestado

 	ENCUESTA DE VIAJES EN LA VÍA LOS CUROS - MÁLAGA Abril de 2021
CONFIDENCIAL: Los datos que se recopilan en esta encuesta son estrictamente confidenciales y de uso académico, por lo tanto agradezco que responda con libertad y sinceridad. OBJETIVO: Determinar la accesibilidad en tiempo y costo del viaje en la vía los curos-málaga.	
A. DATOS DEL ENCUESTADO	
1. Municipio en el que reside actualmente :	
2. Género : ☐ Masculino ☐ Femenino ☐ Otro	
3. Rango de edad en el que se encuentra: ☐ Menor a 18 años ☐ 18 a 40 años ☐ Mayor de 40 años	

En la segunda parte de la encuesta se indagó sobre el último viaje realizado por el encuestado, esto se realizó mediante la recopilación de información sobre el lugar de origen y destino del viaje, el motivo por el cual viajó, el medio de transporte que utilizó y demás información que permitió tener una idea sobre el tiempo y costo que incurren las personas al viajar.

Figura 8.*Datos sobre el último viaje realizado*

B. DATOS ULTIMO VIAJE		
1. Lugar de origen y destino del viaje: Origen: Destino:		
2. Motivo del último viaje: ☐ Trabajo ☐ Estudios ☐ Sanidad (Médico) ☐ Ocio ☐ Otro: _____		
3. Medio de transporte que utilizó para el viaje: ☐ Moto ☐ Automóvil ☐ Bus ☐ Camión ☐ Otro: _____		
4. Hora en la que viaja ☐ 6 am a 12 pm ☐ 12 pm a 6 pm ☐ 6 pm a 12 am ☐ 12 am a 6 am	5. Tiempo aproximado del viaje ☐ Menos de 5 horas ☐ 5 horas a 8 horas ☐ Más de 8 horas	6. Cuántas veces viaja al año ☐ 1 a 5 veces ☐ Más de 5 veces
7. Costo en pesos aproximado que gasta en el viaje (incluye pasaje): \$		

Como último elemento de la encuesta se hizo el experimento de preferencias declaradas, estas hacen referencia a un conjunto de técnicas que se basan en declaraciones de individuos acerca de cuáles son sus preferencias cuando se les presentan opciones que describen una serie de situaciones o escenarios hipotéticos contruidos por el investigador experimental (González et al., 2012). Las técnicas de preferencias declaradas se basan en juicios (datos) declarados por el individuo acerca de cómo actuaría frente a diferentes situaciones hipotéticas que le son presentadas y que deben ser lo más aproximadas a la realidad (Ortúzar, 2000).

Figura 9.*Experimento de preferencias declaradas*

C. PREFERENCIAS DECLARADAS	
Este es un experimento en el que partiendo de los datos del ultimo viaje realizado y a partir de una hipotesis , se le pedirá responder de manera sincera y lo más precisa posible. Hipotesis: Si la carretera Los Cueros - Málaga estuviese totalmente pavimentada y el tiempo de viaje fuese de 3 a 4 horas . Responda lo siguiente:	
1. ¿ Viajaría de manera más seguida ?	☐ Sí ☐ No
2. ¿ Estaría Ud. dispuest@ a pagar más de lo que gasta actualmente en el viaje porque la hipótesis se cumpliera?	☐ Sí ☐ No
3. ¿ Cuánto estaría dispuest@ a pagar por ahorrar una hora de tiempo en el viaje?	☐ Menos de 5 mil pesos ☐ Más de 5 mil pesos
4. ¿ Cambiaría el medio que utiliza para transportarse?	☐ Sí ☐ No
En caso de responder sí , cambiaría su medio de transporte de:	
☐ Público a privado	☐ Privado a público

3.2.1 Resultados y análisis de la encuesta

Tamaño de la muestra: Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente ecuación de estadística de muestreo (Aguilar, 2005).

$$n = \frac{Z^2 S^2}{d^2} \quad (1)$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

Z = Nivel de confianza

S = Coeficiente de variación.

d = Nivel de precisión absoluta.

Para un nivel de confianza de 85% se obtiene un valor de $Z = 1.44$ y un valor de precisión absoluta (d) de 0.15, lo que indica que el error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que se obtiene preguntando a una muestra de la población y el que se obtendría si se preguntara al total de ella, en conclusión, los resultados estarán en un margen de $\pm 15\%$ del resultado real. Para las características del proyecto se asume que el coeficiente de variación es $S=1$, lo que significa que el valor de la media es igual a la desviación estándar, una vez definidos estos valores se calcula el tamaño de la muestra, ver Ecuación 2.

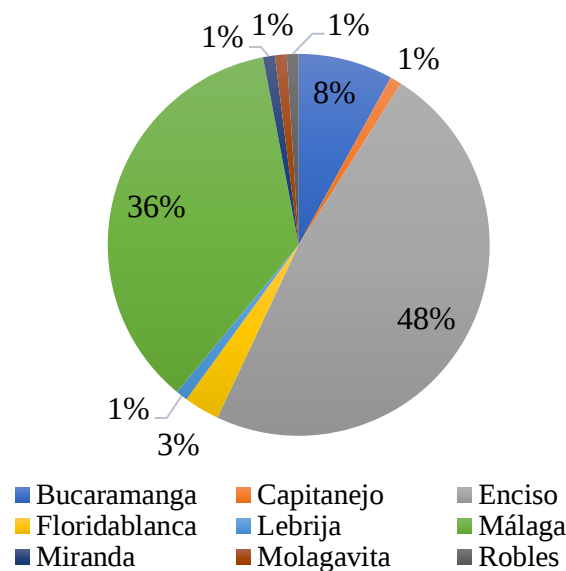
$$n = \frac{1.44^2 * 1^2}{0.15^2} = 92.16 \quad (2)$$

Entonces a partir del resultado de la ecuación 2 se obtiene que para un nivel de confianza de 85% el tamaño de la muestra es de 92.16 usuarios. Como resultado general de la aplicación de la encuesta se obtuvo un total de 100 encuestados. Mediante el programa de Excel se realizó un análisis de cada una de las preguntas de la encuesta y su el porcentaje que representa respecto al tamaño total de la muestra, posteriormente se representó cada uno de los resultados mediante gráficas y se realizó el análisis de estos.

Los resultados obtenidos para la primera parte de la encuesta **A. Datos del encuestado** se muestran a continuación. Resultados pregunta número 1 ¿Municipio en el que reside actualmente?

Figura 10.

Municipio en el que reside actualmente



Se evidenció que la mayoría de los encuestados residen en los municipios de Enciso (48 encuestados) y Málaga (36 encuestados), siendo Málaga la capital de la provincia y el punto de partida de la ruta Los Curos – Málaga.

Tabla 5.

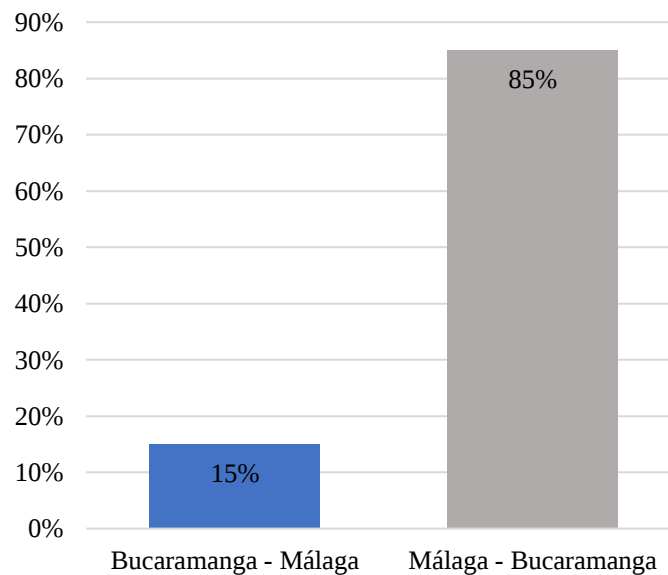
Resultados del género y rango de edad de los encuestados

Género	Fi	Fr
Femenino	56	56%
Masculino	41	41%
Otro	3	3%
TOTAL	100	100%
Rango de edad	Fi	Fr
Menor a 18 años	8	8%
18 a 40 años	70	70%
Mayor de 40 años	22	22%
TOTAL	100	100%

Para la segunda parte de la encuesta **B. Datos del último viaje**, se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 11.

Resultados pregunta número 1 ¿Lugar de origen y destino del viaje?

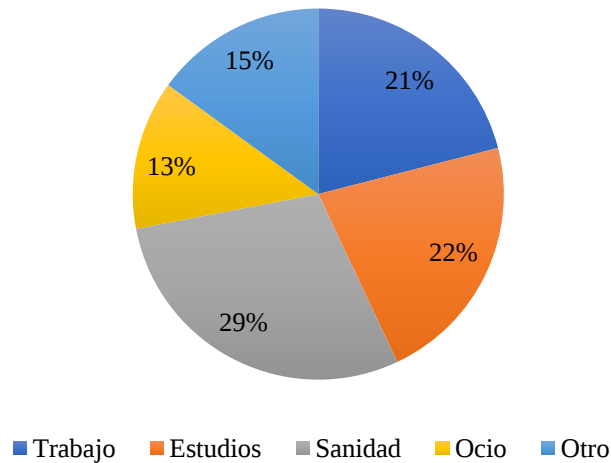


Se obtuvo como resultado que la mayoría de los usuarios encuestados se movilizan hacia la capital del departamento, esto nos indica la reciente necesidad de los usuarios encuestados en los servicios que se prestan en la capital.

En la figura 12 se muestran los resultados obtenidos para la pregunta número 2 de la encuesta ¿Motivo del último viaje? Y se realiza un breve análisis de estos resultados. De igual manera se realiza este proceso con los resultados a las demás preguntas planteadas en la encuesta.

Figura 12.

Resultados pregunta número 2 ¿Motivo del último viaje?



La sanidad, el estudio y el trabajo son los motivos que predominan por los que los usuarios encuestados realizan el viaje, esto indica el intercambio social y económico entre la capital del departamento y la provincia de García Rovira. También se obtuvo que la hora de preferencia del viaje es de 6 am a 12 pm.

Figura 13.

Resultados de la pregunta número 4 ¿Hora en la que viaja?

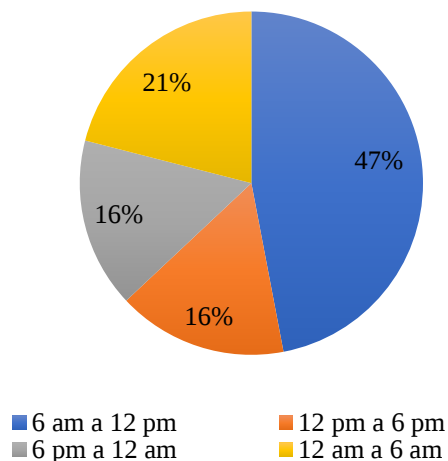
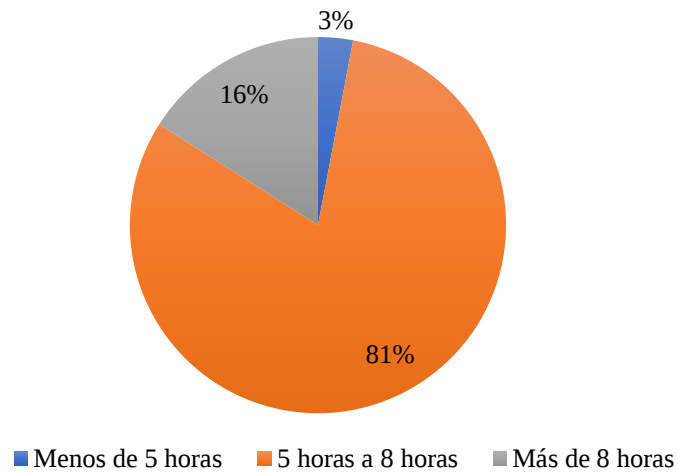


Figura 14.

Resultados de la pregunta número 5 ¿Tiempo aproximado del viaje?



Se encontró que la mayoría de los viajes realizados por los usuarios encuestados por la vía Los Curos – Málaga se encuentra entre las 5 y las 8 horas, como se puede evidenciar en la figura 14, y que realizan este viaje de 1 a 5 veces al año (figura 15).

Figura 15.

Resultados de la pregunta número 6 ¿Número de veces que viaja al año?

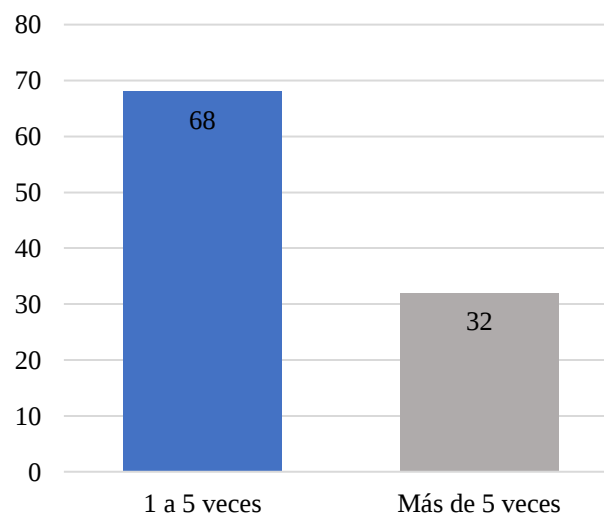
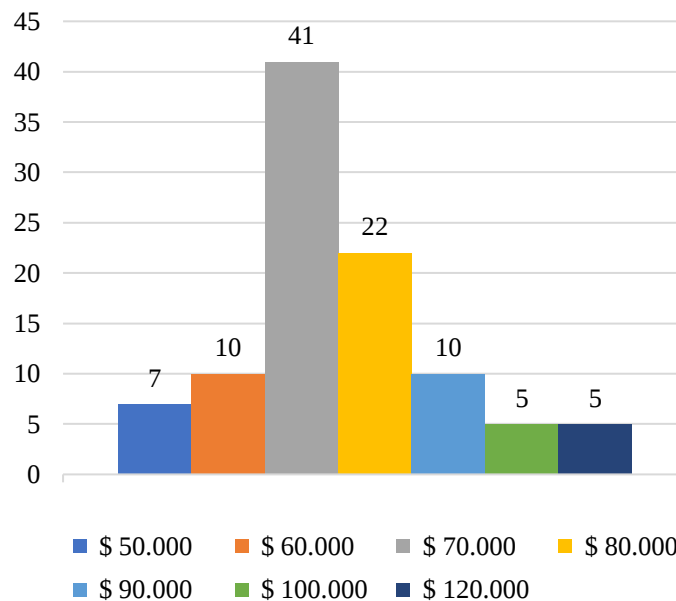


Figura 16.

Resultados de la pregunta número 7 ¿Costo aproximado del viaje?



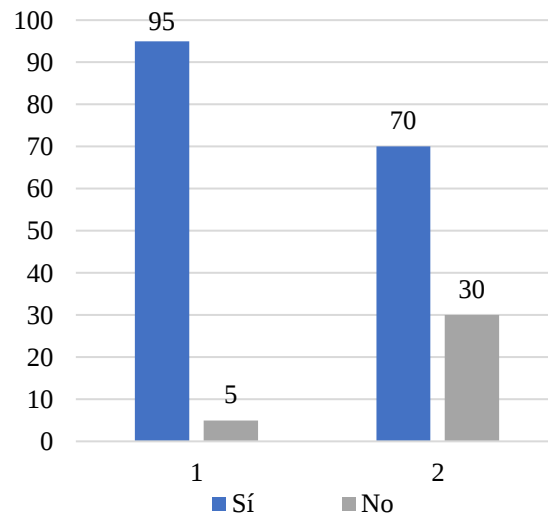
Podemos ver que el valor predominante en pesos que los usuarios gastan al realizar el viaje es de \$70.000, este valor comprende el costo del pasaje, el cual para el medio de transporte de Bus es de \$50.000 actualmente.

Los resultados de la última parte de la encuesta **C. Preferencias declaradas** aplicada bajo la hipótesis: “Si la carretera Los Curos - Málaga estuviese totalmente pavimentada y el tiempo de viaje fuese de 3 a 4 horas”, se tabularon y se graficaron como se muestra a continuación.

Resultados de la pregunta número 1 ¿Viajaría de manera más seguida?, y pregunta número 2 ¿Estaría Ud. dispuesto a pagar más de lo que gasta actualmente en el viaje porque la hipótesis se cumpliera?

Figura 17.

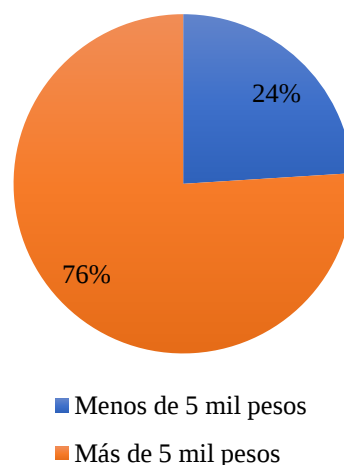
Resultados de la pregunta 1 y 2 de preferencias declaradas



El 95% de los usuarios encuestados estarían dispuestos a viajar de manera más seguida si la hipótesis se cumpliera, y el 70% estarían dispuestos a pagar más de lo que gastan actualmente porque esto se cumpliera. Esto indica el interés que tiene la comunidad en que la vía se encuentre en buen estado y ofrezca un buen servicio.

Figura 18.

Resultados de la pregunta número 3 de preferencias declaradas



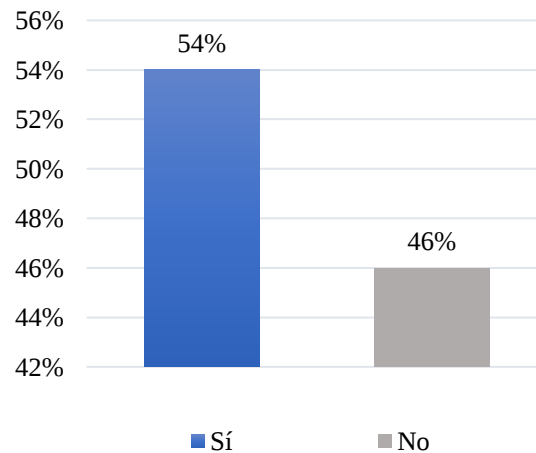
Haciendo una relación con el salario mínimo mensual legal vigente de este año 2021 (\$ 908.526 COP), para una persona que trabaja 8 horas diarias 5 días a la semana, esto es 160 horas/mes, se encuentra que el valor de la hora para esta persona es de \$ 5.678 COP/hora (Ver ecuación 3).

$$Valor\ hora = \frac{SMMLV}{Horas/mes} = \frac{\$908.526/mes}{160\ hr/mes} = \$ 5.678 \frac{COP}{hr} \quad (3)$$

Lo que nos indica que el 76% de los usuarios encuestados estarían dispuestos a pagar más de 1 hora de trabajo ganando el salario mínimo mensual legal vigente.

Resultados pregunta número 4 ¿Cambiaría el medio que utiliza para transportarse? (Figura 19). Se obtuvo que 54% de los encuestados cambiarían su medio de transporte, además de los 54 encuestados que cambiarían su medio de transporte se encontró que 42 lo haría de Público a privado y 12 de Privado a público, como se puede evidenciar en la tabla 5.

Estos resultados pueden estar relacionados al estado actual de la vía, ya que dificulta la movilidad por las malas condiciones que se presentan en la vía, las cuales no son nada amigables para los vehiculos automotores, por lo tanto las usuarios de la vía preferien realizar el viaje por otros medios de transporte diferentes a los suyos, mientras que si la vía estuviese pavimentada motivaría a los usuarios a utilizar más sus propios medios de transporte u otros a los que usan actualmente.

Figura 19.*Cambiaría el medio que utiliza para transportarse***Tabla 6.***Resultados de cambio de transporte*

Cambio de transporte	Fi	Fr
Público a privado	42	78%
Privado a público	12	22%
TOTAL	54	100%

Análisis de resultados: A continuación, se muestra el análisis realizado de los resultados previamente mostrados.

- A partir de los resultados de la encuesta se encontró que la mayor parte de los usuarios viajan a la capital con motivo de Sanidad (26 usuarios), seguido de Estudio (20) y trabajo (19). Esto es de esperarse debido a las necesidades de los habitantes de la provincia en busca de mejores servicios médicos, oportunidades de trabajo y estudio.

- Cabe resaltar que muchos de los usuarios que se movilizan por trabajo lo hacen para transportar bienes de la provincia a la capital y viceversa, lo que indica el gran potencial ecónomo que tiene esta región.
- La hora de preferencia de viaje por los usuarios es de 6 am a 12 pm (47 usuarios) con un tiempo de viaje de 5 a 8 horas (38 usuarios), también se identificó que es la hora donde se presentan los tiempos de viaje más largos, esto es más de 8 horas, por otro lado, la hora de 12 am a 6 am (21 usuarios) es la que presenta menor cantidad de tiempos de viaje mayores a 8 horas. Esto puede ser debido a las obras que se están realizando en la vía para el mejoramiento de esta, por lo que al viajar en horario laboral es posible que se retrase más el viaje por paradas debido a las obras.
- El promedio del costo aproximado del viaje es \$ 75.800 pesos. El horario de 6 pm a 12 am fue el que tuvo el menor promedio de costo de viaje con \$ 68.750 mientras que el horario de 12 pm a 6 pm tiene el mayor promedio de costo con \$ 81.250.
- La mayoría de los usuarios que se movilizan por Sanidad lo hacen de 1 a 5 veces en el año, mientras que la mayoría de los que se movilizan por trabajo lo hacen más de 5 veces al año, así como se puede ver en la tabla 6.

Tabla 7.

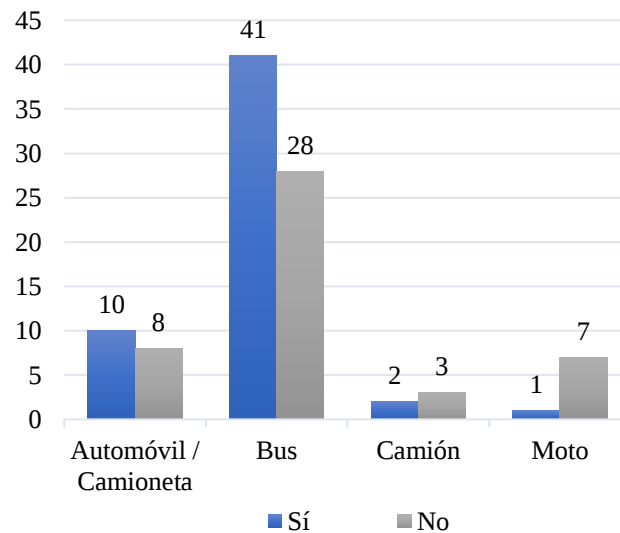
Motivo del último viaje realizado vs número de veces que viaja al año

Motivo	1 a 5 veces	Más de 5 veces
Trabajo	9	12
Estudios	13	9
Sanidad	21	8
Ocio	11	2
Otro	14	1

- Según los resultados del experimento de preferencias declaradas, se obtuvo que el 95% de los usuarios encuestados viajaría de manera más seguida y el 70% estaría dispuesto a pagar más del costo que gasta para que la hipótesis se cumpliera.
- A demás, el 76% de los usuarios encuestados estaría dispuesto a pagar más de 5 mil pesos para ahorrar 1 hora de tiempo en el viaje. Esto nos indica la importancia para los usuarios de movilizarse de manera más optima a la que viven actualmente. Por lo tanto, para este proyecto el valor de tiempo en la vía es de \$ 5.678 COP/hr.
- De los 100 usuarios encuestados 54 de estos cambiarían el medio de transporte que utilizan actualmente, 42 de estos usuarios lo harían de medio de transporte Público a Privado y tan solo 12 de Privado a Público.
- La mayoría de los usuarios de Bus cambiarían su medio de transporte mientras que la mayoría de los usuarios de Moto no lo harían como se puede ver en la figura 20, lo que indica que, al estar la vía totalmente pavimentada, los usuarios estarían dispuestos a cambiar su medio de transporte público a uno privado como se evidencia en la figura 21, algo que actualmente no les es posible por la situación actual de la vía, la cual es precaria y no amigable para los vehículos automotores.

Figura 20.

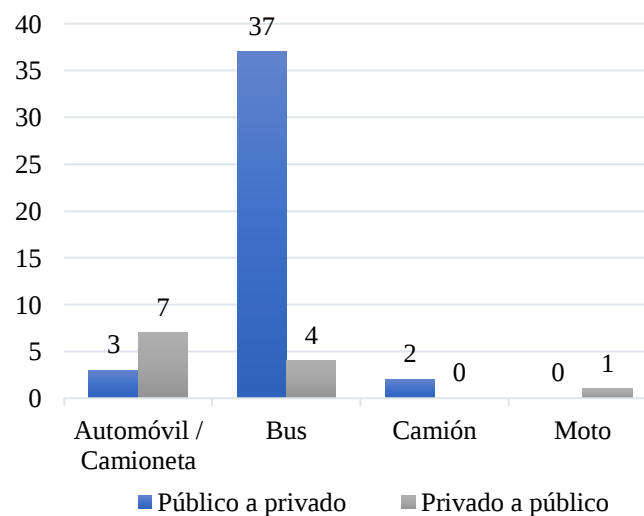
Cambio del medio de transporte según el usuario



Nota. La imagen hace referencia a los usuarios que según su medio de transporte lo cambiaría o no si la hipótesis se cumpliera

Figura 21.

Cambio de transporte de público a privado y viceversa



Nota. La imagen hace referencia a los usuarios que cambiarían el medio de transporte de público a privado y viceversa

3.2.2 Indicadores de accesibilidad

A partir de los datos recopilados mediante el viaje realizado en automóvil por la vía, se elaboró las curvas de igual tiempo (isócronas) para medir la accesibilidad. Estas curvas miden la interacción potencial entre puntos a partir de las características de la red (Salas, s.f.).

Mediante el programa Google Earth se obtuvo las coordenadas de la vía y se seleccionaron algunos puntos como referencia (nodos) para obtener los tiempos en esos trayectos, teniendo como nodo principal el municipio de Málaga. En la tabla 7 se muestran los valores de tiempo y las coordenadas de los nodos que se utilizaron para el cálculo de las isócronas.

Tabla 8.

Coordenadas y tiempos de los nodos en la vía

Nodo	Población	Coordenadas		Tiempo (hr)
		X (E -W)	Y (N -S)	
1	Málaga	750461	741602	1
2	San Andrés	737833	753582	2
3	Guaca	736972	760677	2.5
4	El Tope	730213	770797	4.5
5	Los Curos	720324	765392	5.5

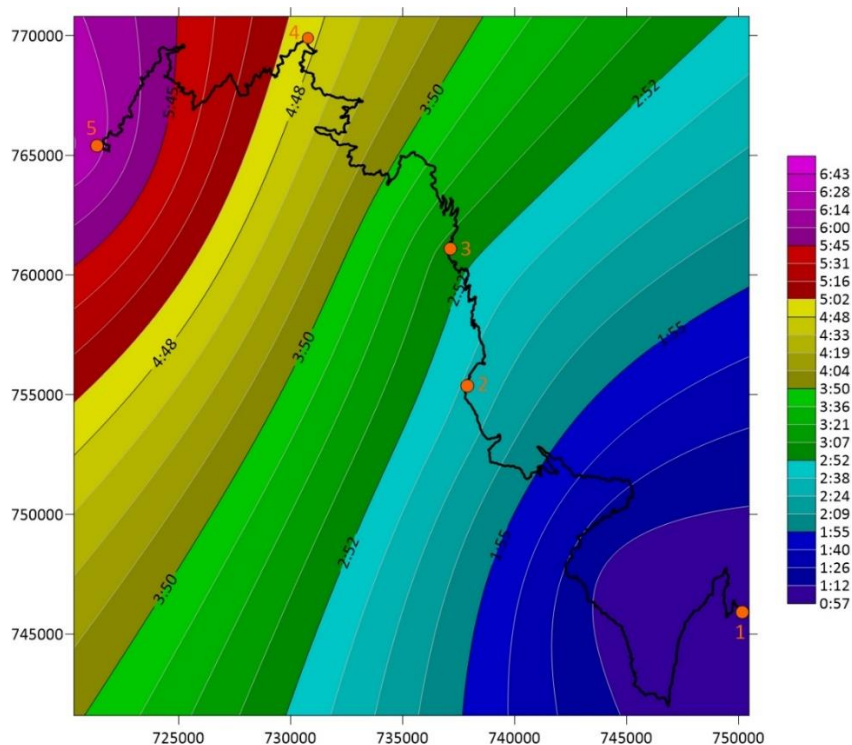
Nota. La tabla 7 hace referencia a la relación entre coordenadas y tiempos de los nodos en la vía Los Curos – Málaga para el cálculo de las isócronas

Basados en la tabla 7 y utilizando el software Surfer 21, se determinaron las isócronas de la vía Los Curos – Málaga, obteniendo una representación de la red y los tiempos que se demora un vehículo tipo automóvil en llegar a los nodos desde el municipio de Málaga (nodo principal).

En la figura 22 se puede observar las curvas isócronas para la red actual. Para este escenario se observa que el tiempo desde el municipio de Málaga al municipio de San Andrés es de 2.5 horas, esto se diferencia del tiempo registrado en la tabla 7 ya que se agregó media hora más de tiempo al recorrido por los arreglos que se presentan actualmente en la vía, y así presentar una situación más real a la que se vive actualmente, por lo tanto, se obtuvo una velocidad de recorrido de 20 km/h, la cual se diferencia a la velocidad de diseño de la vía que es de 30 km/h (Ministerio de Transporte, 2016).

Figura 22.

Isócronas de la situación actual



Los nodos que presentan una mayor accesibilidad (menor tiempo de acceso) son los nodos 1 y 3, esto es de esperarse ya que en estos nodos se encuentra la mayor cantidad de kilómetros pavimentados. También se observa que el tiempo total del viaje es de 6 horas 30 minutos.

Así para determinar una velocidad promedio se determinó la velocidad en los diferentes tramos de la vía y se promedió el resultado. Ver tabla 8.

Tabla 9.

Velocidades de recorrido en los diferentes tramos de la vía

Tramo	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
Málaga - San Andrés	50	20
San Andrés - Guaca	12	25
Guaca - El Tope	33	16.5
El Tope - Los Curos	29	19.3
Promedio Velocidad		20.2

3.3 Identificación de proyectos viales futuros

Por medio del Consejo de Política Económica y Social (Conpes) se aprobó el presupuesto de \$320.000 millones para culminar la pavimentación de 69,23 km de la ruta. Estos trabajos de mejoramiento y mantenimientos serán llevados a cabo por el INVIAS, el Conpes plantea una pavimentación lineal hasta el 2027 y un mantenimiento hasta el 2029 (Conpes, 2020). Ver tabla 9

Tabla 10.

Plan de inversión para el mejoramiento del corredor 55ST02

Año	Valor Vigencia	Recursos
2021	\$ 25.000.000.000	Nación
2022	\$ 35.000.000.000	Nación
2023	\$ 45.000.000.000	Nación
2024	\$ 40.000.000.000	Nación
2025	\$ 50.000.000.000	Nación
2026	\$ 65.000.000.000	Nación
2027	\$ 60.000.000.000	Nación

Tomado de *Invías 2020*.

El alcance del proyecto para la vía es el “Mejoramiento y Mantenimiento, Gestión Social, Predial y Ambiental de la Carretera Málaga-Los Curos en el departamento de Santander”, y corresponderá a la obras y actividades para la pavimentación y el mantenimiento de la vía (Invías, 2020) como se muestra en la tabla 10, para las cuales se proyectan los parámetros descritos en la tabla 11.

Tabla 11.

Intervención total del proyecto

PR	PR	Km	Tipo de Intervención
0+00	15+700	15,77	Mantenimiento
27+770	49+000	21,23	Pavimentación
63+000	111+000	48,00	Pavimentación
111+000	124+000	13,00	Mantenimiento
Total		98,00	

Tomado de Invías 2020.

Tabla 12.

Parámetros proyectados para la vía

Sección Transversal Típica	
Ancho de Calzada	6.0 metros
Ancho de Carril	3.0 metros
Ancho de Berma	1.0 metros
Ancho de Cuenta	0.75 metros
Parámetros de Diseño	
Velocidad de Diseño	40 km/h
Radio Mínimo de Curvatura	21 m
Pendiente Longitud Máxima	12.0%
Pendiente Longitud Mínima	0.30%
Peralte Máximo	6.0%
Pendiente Transversal	2.0%

Estos proyectos traen muchos beneficios a la comunidad facilitando la conexión entre la salida por Piedecuesta y el municipio de Málaga, generando integración entre al menos trece

municipios del oriente santandereano con su capital. Algunos de estos beneficios se listan a continuación (Invías, 2020):

- Dotar de infraestructura vial a la provincia de García Rovira en el departamento de Santander.
- Solucionar el problema de inaccesibilidad de los 13 municipios que conforman la provincia.
- Reducción de los tiempos de viaje.
- Oportunidades de empleo en la ejecución y puesta en operación de la vía.
- Aumento de oferta de transporte desde y hacia los 13 municipios de la provincia de García Rovira.
- Incremento del turismo en la región.

Para el escenario final se lleva a cabo el mismo procedimiento que se hizo para el escenario inicial, realizando la matriz de tiempos teniendo en cuenta las modificaciones propuestas según los proyectos futuros, dando como resultado una velocidad de recorrido de 40 km/h (Tabla 12) y determinando mediante el software Surfer 21 la isócronas del tiempo futuro (Figura 23).

Tabla 13.

Coordenadas y tiempos de los nodos en la vía futura

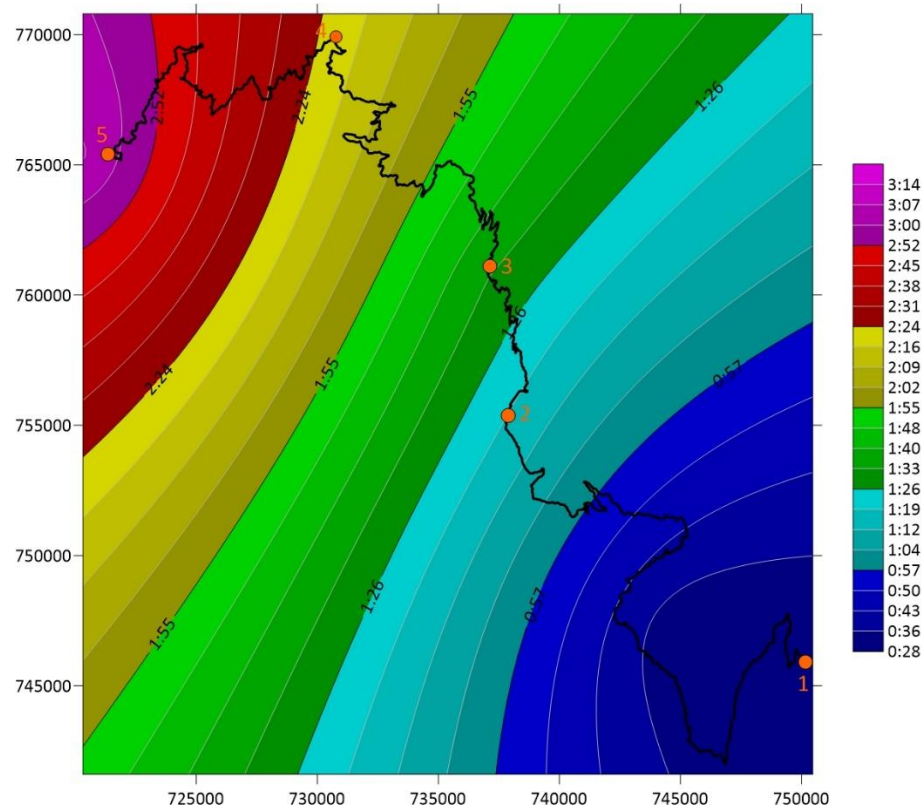
Nodo	Población	Coordenadas		Tiempo (hr)
		X (E -W)	Y (N -S)	
1	Málaga	750461	741602	0.5
2	San Andrés	737833	753582	1.25
3	Guaca	736972	760677	1.57
4	El Tope	730213	770797	2.4
5	Los Curos	720324	765392	3.13

Nota. La tabla 12 hace referencia a la relación entre coordenadas y tiempos de los nodos en la vía Los Curos – Málaga para el cálculo de las isócronas de la situación futura

En la figura 23 se observa el cambio notable que se presenta con respecto a la situación actual, donde se presentan isócronas de menor tiempo, para un total de tiempo de viaje de 3 horas y 8 minutos, por lo que se aprecia una reducción de considerable del tiempo de viaje del 52% respecto al tiempo de viaje actual.

Figura 23.

Isócronas de la situación futura



3.4 Costo de operación vehicular (V.O.C)

Los costos de operación vehicular son todos aquellos en los que se incurre para mantener operando un vehículo, estos pueden ser costos fijos y costos variables, incluyen el consumo de

combustibles, lubricantes, llantas, mantenimiento y reparaciones, el estado de la vía, el tipo de terreno, etc. Así, en este proyecto se tuvo en cuenta los elementos para los costos variables para posteriormente determinar el costo de operación en cada uno de los vehículos motorizados por kilómetro.

3.4.1 Costos Variables

Los elementos considerados para establecer un costo variable de consumo de operación vehicular son: combustible, consumo de llantas y consumo de lubricantes, de esta manera se procede a encontrar un valor en pesos por kilómetro de cada uno de los elementos, después se procede a la suma de estos con el fin de obtener el costo total de operación (Manrique et al., 2019).

A continuación, se presenta el proceso realizado para el tipo de vehículo automóvil, de igual manera se realizó el proceso para cada uno de los vehículos mencionados anteriormente.

Costo de Combustible (CC): El vehículo de referencia fue un automóvil liviano a gasolina con las siguientes características: motor 1,6 Litros, transmisión manual 5 velocidades y llantas 185/65 R15, tiene un rendimiento en carretera de 67 kilómetros por galón de gasolina (Elcarrocolombiano, 2015), el valor del galón de gasolina en Bucaramanga es de \$8.608 COP (Ministerio de Minas y Energía, 2021).

Costo del Consumo de Llantas (CLL): La resistencia promedio de una llanta es de 80.000 kilómetros (Goodyear, 2021) y su valor en el mercado colombiano es de aproximadamente \$ 303.900 COP (Alkosto, 2021).

Costo de Consumo de Lubricantes (CL): El cambio de aceite se realiza aproximadamente cada 5.000 kilómetros y su costo por cambio de aceite en Bucaramanga es de \$180.000 COP.

Los parámetros de la vía utilizados para determinar el costo de operación vehicular son el índice de rugosidad (IRI), el tipo de terreno, la velocidad de diseño, las subidas + bajadas (m*km) y la curvatura horizontal (grados*km). Ver tabla 13.

Tabla 14.

Parámetros para el cálculo del V.O.C

INDICE DE RUGOSIDA INTERNACIONAL - IRI		
Estado	Pavimentado	Afirmado
Bueno	3,5	6
Regular	5	9
Malo	6,5	12
GEOMETRÍA SEGÚN TIPO DE TERRENO		
Tipo de terreno	Subidas + Bajadas (m*km)	Curvatura Horizontal (grados*km)
Montañoso	25	150

Tomado de *Invías 2017*.

Para este proyecto se utilizó un IRI de 10 ya que la mayor parte de la vía se encuentra en afirmado en estado regular - malo, una vez obtenidos los parámetros, se utilizó el modelo “*Highway Development & Management*” (HDM-4) basado en Excel diseñado para calcular el costo de operación vehicular en pesos por kilómetro de vía, para diferentes tipos de vehículos y condiciones de la carretera (The World Bank, 2021).

Los resultados del costo de operación vehicular determinados para los diferentes tipos de vehículos se muestran a continuación, tanto para la situación actual como para la situación futura de la vía.

Tabla 15.

Costo de operación vehicular para la situación actual y futura de la vía

COSTO DE OPERACIÓN VEHICULAR (\$/km)		
Tipo de Vehículo	Situación Actual (2021)	Situación Futura (2027)
Automóvil	625,81	416,12
Bus	2034,78	1172
Camión	1393,42	1042,2
Moto	141,25	125,98

3.5 Costo generalizado el viaje

Una vez obtenido el precio del valor de la hora en la vía y el costo de operación vehicular en pesos por kilómetro, se procede a determinar el costo generalizado del viaje por la vía Los Curos – Málaga, como se muestra en la ecuación (4).

Para la situación actual de la vía tenemos un valor del tiempo de \$ 5.678 COP/hr y un tiempo de viaje de 6,5 horas, en el caso del automóvil se tiene un V.O.C. de 625,81 (\$/km) y la distancia de recorrido de la vía es de 124 km, se reemplazan estos valores en la ecuación 5 y se determina el costo generalizado del viaje en automóvil. Ver ecuación (5).

$$Cg = 5.678 \left(\frac{\$}{hr} \right) * 6,5 (hr) + 625,81 \left(\frac{\$}{km} \right) * 124 (km) \quad (5)$$

$$Cg. automóvil = \$ 114.507 COP$$

De igual manera se determinó el costo generalizado de viaje en automóvil para el escenario futuro de la vía con un tiempo de viaje de 3 horas 8 minutos y un V.O.C de 416,12 (\$/km). Ver ecuación (6)

$$Cg = 5.678 \left(\frac{\$}{hr} \right) * 3,13 (hr) + 416,12 \left(\frac{\$}{km} \right) * 124 (km) \quad (6)$$

$$Cg.automóvil = \$ 69.371 COP$$

4. Conclusiones

De las isócronas de tiempo real y futuro ilustradas se puede destacar la disminución del tiempo de viaje, principalmente en el sector entre los nodos 1-2 y 3-4. Realizando la debida comparación por medio de la accesibilidad se puede observar que la reducción en tiempo de viaje es del 46% entre la vía actual y la vía futura.

La ganancia de accesibilidad que obtiene la vía en tiempo de viaje se traduce también en dinero al ahorrar costos de operación vehicular lo que compensaría la inversión realizada en la pavimentación, ofreciendo gran beneficio a la comunidad para la movilización por la vía, ya sea de personas, bienes o servicios, permitiendo el desarrollo económico y social de la región

Esta ganancia de accesibilidad se evidencia en la reducción en el costo generalizado de la vía en automóvil, la cual corresponde al 40% frente a la situación actual de la vía.

Es de suma importancia que se realicen estos proyectos de mejoramiento en la infraestructura vial de un país en regiones con menos desarrollo económico, ya que esto promueve el crecimiento social y económico de la región aumentando la participación de estas regiones en el producto interno bruto del país.

5. Recomendaciones

Se requiere una actualización de los costos de operación vehicular por parte del Instituto Nacional de Vías, ya que los que se encuentran disponibles actualmente se determinaron en el año 2016.

Es necesario estudiar con más detalle los parámetros utilizados para determinar el costo de operación vehicular para este tipo de vías secundarias dado que en algunos tramos se comporta como una vía terciaria.

Es importante realizar un ajuste en el valor de la hora de viaje y en los precios de los costos variables utilizados en el escenario futuro, ya que no es posible conocer dichos valores actualmente.

Como se mencionó anteriormente la pavimentación de esta vía trae consigo muchos beneficios a la provincia de García Rovira, por lo tanto, la comunidad también deberá velar porque se cumplan estos proyectos por parte del INVIAS y así garantizar una buena accesibilidad en la zona.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, Vol. 11, No 1-2, pp. 333-338. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>
- Alkosto (2021). <https://www.alkosto.com/llanta-goodyear-assuran-185-65r15/p/7701964004983>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social [Conpes]. (2015). Importancia estratégica del programa vías para la equidad. Bogotá D.C, pp. 25.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social [Conpes]. (2020). Declaración de importancia estratégica el compromiso por Colombia: Programa vías para la legalidad y la reactivación, visión 2030. Bogotá D.C, pp. 41.
- Elcarrocolombiano (2015). Prueba de ruta: Renault logan privilège 1.6 v. <https://www.elcarrocolombiano.com/pruebas/renault-logan-privilege-1-6-16v/>
- García, J. (2007). ¿Existe una relación entre inversión e infraestructura de transporte y crecimiento económico?, *Ecos de Economía*, Vol.11, No. 25, pp. 1-17.
- García, L., Mugaray, A., Calderón, J., Sánchez, A. & Gutiérrez, J. (2019). Impacto de la accesibilidad carretera en la calidad de vida de las localidades urbanas y suburbanas de Baja California, México. *EURE*. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/impacto-de-la-accesibilidad-carretera-en-calidad-/docview/2166933802/se-2?accountid=29068>
- Goodyear (2021). Garantía de la vida útil de la banda de rodadura. <https://www.goodyear.com/en-US/tire-warranty/tread-life>
- González, R., Martínez, E. & Esquivel, A. (2012). Contraste de las preferencias declaradas con las preferencias reveladas. *Metodología de encuestas*, Vol 14, Universidad de La Laguna.

- Gutiérrez, J., García, J.C. & López, E. (2006). Análisis de los efectos de las infraestructuras de transporte sobre la accesibilidad y la cohesión regional. *Estudios de construcción y transporte*, pp. 215-240.
- Instituto Nacional de Vías [Invías]. (2017). Costos de operación vehicular. <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/6608-costos-de-operacion-vehicular>
- Instituto Nacional de Vías [Invías]. (2020). Los Curos – Málaga. https://www.invias.gov.co/especiales/curos_malaga/
- Instituto Nacional de Vías [Invías]. (2020). Puntos Críticos de la vía Los Curos - Málaga. https://www.invias.gov.co/especiales/curos_malaga/docs/tribunal/250321_auto_cumplimiento.pdf
- Instituto Nacional de Vías [Invías]. (2020). Serie Histórica de Tránsito (TPD). <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-ydocumentos/informacion-institucional/9197-serie-historica-de-transito-tpd-1997-2018>
- Instituto Nacional de Vías [Invías]. (2020). Solicitud Aval Fiscal. https://www.invias.gov.co/especiales/curos_malaga/docs/dg_6130_180220.pdf
- Instituto Nacional de Vías [Invías]. (2021). Mapa de Carreteras. <https://hermes.invias.gov.co/carreteras/>
- Manrique, J., Jiménez, J. & Salas, M. (2019). Accesibilidad: elemento fundamental para la ejecución de infraestructura de transporte. *Infraestructura vial*, Vol. 21, No. 37, pp. 1-11.
- Martínez, H. (2012). La Accesibilidad regional y el efecto territorial de las infraestructuras de transporte. Aplicación en Castilla – La Mancha. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* No. 59, pp. 79-103.

Ministerio de Agricultura. (2020). Base Agrícola EVA. Bogotá D.C., Colombia.

https://www.agronet.gov.co/Documents/SANTANDER_2017.pdf

Ministerio de Minas y Energía (2021). Precios de combustible año 2021.

<https://www.minenergia.gov.co/precios-ano-2021>

Ministerio de Transporte (2016). Respuesta cuestionario proposición No. 004, pp. 9. Bogotá D.C.

[https://www.camara.gov.co/sites/default/files/2017-](https://www.camara.gov.co/sites/default/files/2017-07/Rta%20004%2016%20Min%20Transporte.pdf)

[07/Rta%20004%2016%20Min%20Transporte.pdf](https://www.camara.gov.co/sites/default/files/2017-07/Rta%20004%2016%20Min%20Transporte.pdf)

Ortúzar, J. (Ed.). (2000). Modelos de demanda de transporte. *Editorial Alfaomega*.

Páez, M. (2012). *Diseño de un sistema para calcular los costos directos operacionales de transporte de carga de prakxon logística en bogotá, medellín y cali y desde y hacia los municipios aledaños a estas ciudades, que sirva de base para tomar mejores decisiones en el proceso de negociación con clientes y transportistas* (Tesis de pregrado). Universidad

Pontificia Javeriana, Bucaramanga, Colombia.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5224/1/UPS-QT03885.pdf>

Pendás, C. (2016). *La accesibilidad: efectos de las carreteras de gran capacidad en áreas periféricas* (Tesis de maestría). Universidad de Cantabria, Santander, España.

Pérez, G., Cipoletta, G. & Sánchez, R. (2009). Infraestructura y servicios de transporte y su relación con los objetivos de desarrollo del milenio. *Recursos naturales e infraestructura No. 91, CEPAL*.

Salas, M. (s.f.). Accesibilidad, elemento a considerar en la inversión e infraestructuras.

The World Bank (2021). World Bank Road Software Tools.

[https://collaboration.worldbank.org/content/sites/collaboration-for-](https://collaboration.worldbank.org/content/sites/collaboration-for-development/en/groups/world-bank-road-software-tools.html)

[development/en/groups/world-bank-road-software-tools.html](https://collaboration.worldbank.org/content/sites/collaboration-for-development/en/groups/world-bank-road-software-tools.html)

Apéndices

Apéndice A. Sitos Críticos por la Ola Invernal 2011

SECTOR	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	SOLUCIÓN A LA NECESIDAD
14+524 – 14+594 (Málaga-Pangote)	Pérdida de la banca a causa del deslizamiento en masa del talud inferior.	Construcción de muro en concreto reforzado L= 70m, H= 3.35 m.
16+102 – 16+120 (Málaga-Pangote)	Reducción de la banca causado por hundimiento e inestabilidad del talud inferior.	Construcción de muro en concreto reforzado L= 18m, H= 5m.
23+520 – 23+600 (Málaga-Pangote)	Saturación de la calzada y deficiencias en el drenaje por deterioro de la alcantarilla existente.	Remoción y construcción de alcantarilla y muro pantalla de salida en concreto reforzado L= 5.5m, H= 3m.
25+715 – 25+722 (Málaga-Pangote)	Deterioro de la calzada y peligro por tubería partida de la alcantarilla en medio de la calzada.	Remoción y construcción de alcantarilla y muro pantalla de salida en concreto reforzado L= 7m, H= 3.5m.
27+868 – 27+888 (Málaga-Pangote)	Inestabilidad de la banca talud inferior, por causa de agua infiltrada por la cuneta en tierra y saturando el suelo soporte de la calzada.	Construcción de muros en gavión L= 9m, H= 3m; L= 11m, H= 4m, canaleta en concreto reforzado L= 16m.
29+800 – 29+854 (Málaga-Pangote)	Hundimiento en la vía y represamiento de agua de escorrentía por falta de obras de drenaje y subdrenaje.	Construcción de alcantarilla y muro en concreto reforzado L= 4m, H= 2m, filtro y cuneta de L= 30m.
30+370 – 30+405 (Pangote-Guaca)	Pérdida parcial de la banca a causa del deslizamiento en masa del talud inferior.	Construcción de muro en concreto reforzado L= 35m, H= 3m.
30+900 – 30+920 (Pangote-Guaca)	Hundimiento de la calzada por movimiento en masa del talud inferior.	Construcción de muros en gavión L= 20m, H= 4m.
32+211 – 32+230 (Pangote-Guaca)	Reducción de la calzada por deslizamiento del talud inferior.	Construcción de muro en concreto reforzado L= 19m, H= 3m.
32+500 (Pangote-Guaca)	Calzada afectada por fallas en el drenaje debido a la colmatación de la alcantarilla con dimensiones insuficientes por el caudal hidráulico.	Remoción de alcantarilla y construcción de box culvert L= 9m, con pantalla de salida de L= 5.5m, H=2.5m.
37+930 – 37+945 (Pangote-Guaca)	Deficiencia de drenaje por la baja capacidad hidráulica y malas condiciones de la alcantarilla existente, afectando el talud inferior de la banca.	Remoción y construcción de alcantarilla y dissipador de salida en concreto reforzado L= 15m.
43+600 – 43+630 (Pangote-Guaca)	Pérdida parcial de la banca a causa del deslizamiento en masa del talud inferior.	Construcción de muro en concreto reforzado L= 40m, H= 5m.
45+630 – 47+110 (SECTOR HISGAURA)	Sitio con alto grado de inestabilidad. Reducción de la banca causado por la erosión del talud inferior.	Construcción de puente atirantado con una longitud de 680 m y una altura de 148 m.
54+164 – 54+194 (Pangote-Guaca)	Hundimiento de la banca a causa de la falla geológica existente.	Construcción muro en gaviones L= 18m, H= 3m y alcantarilla en el PR 54+164
58+314 – 58+332 (Pangote-Guaca)	Reducción de la banca causado por la erosión del talud inferior.	Construcción muro en gaviones L= 18m, H= 3m, margen izquierda de la carretera.
61+250 – 61+268 (Pangote-Guaca)	Colapso de cunetas e inestabilidad del talud superior a causa de la falla geológica.	Construcción muro en gaviones L= 18m, H= 3m y cuneta L= 20m en el PR61+250.

82+620 – 82+628 (Guaca-El Tope)	Deslizamiento de la banca a causa del volcamiento del muro existente y rotura de la alcantarilla a la salida.	Construcción muro en concreto reforzado L= 8m, H= 8m, prolongación de la tubería y gaviones revestidos en concreto.
104+338 – 104+352 (El Tope-Los Curos)	Reducción de la banca a causa del deslizamiento del talud inferior.	Construcción muro en concreto reforzado L= 14m, H= 4.5m.
105+658 – 105+692 (El Tope-Los Curos)	Reducción de la banca a causa del deslizamiento del talud inferior.	Construcción muro en concreto reforzado L= 7m, H= 3.35m.
107+337 – 107+397 (El Tope-Los Curos)	Hundimiento que afecta el ancho total de la calzada a causa del movimiento en bloque del talud.	Construcción muro en concreto reforzado L= 60m, H= 4m.
110+940 – 11+140	Movimiento en masa del talud superior causando pérdida de la banca,	Estabilización de talud y construcción obras de protección de la banca.

Apéndice B. Encuesta de viaje en la vía Los Curos – Málaga

ENCUESTA DE VIAJES EN LA VÍA LOS CUROS - MÁLAGA
Abril de 2021

CONFIDENCIAL: Los datos que se recopilan en esta encuesta son estrictamente confidenciales y de uso académico, por lo tanto agradezco que responda con libertad y sinceridad.

OBJETIVO: Determinar la accesibilidad en tiempo y costo del viaje en la vía los curos-málaga.

A. DATOS DEL ENCUESTADO

1. Municipio en el que reside actualmente :

2. Género : ☐ Masculino ☐ Femenino ☐ Otro

3. Rango de edad en el que se encuentra:

☐ Menor a 18 años ☐ 18 a 40 años ☐ Mayor de 40 años

B. DATOS ULTIMO VIAJE

1. Lugar de origen y destino del viaje:

Origen:

Destino:

2. Motivo del último viaje:

☐ Trabajo ☐ Estudios ☐ Sanidad (Médico) ☐ Ocio ☐ Otro: _____

3. Medio de transporte que utilizó para el viaje:

☐ Moto ☐ Automóvil ☐ Bus ☐ Camión ☐ Otro: _____

4. Hora en la que viaja

☐ 6 am a 12 pm
☐ 12 pm a 6 pm
☐ 6 pm a 12 am
☐ 12 am a 6 am

5. Tiempo aproximado del viaje

☐ Menos de 5 horas
☐ 5 horas a 8 horas
☐ Más de 8 horas

6. Cuántas veces viaja al año

☐ 1 a 5 veces
☐ Más de 5 veces

7. Costo en pesos aproximado que gasta en el viaje (incluye pasaje): \$

C. PREFERENCIAS DECLARADAS

Este es un experimento en el que partiendo de los datos del último viaje realizado y a partir de una hipótesis, se le pedirá responder de manera sincera y lo más precisa posible.

Hipotesis: Si la carretera Los Curos - Málaga estuviese totalmente pavimentada y el tiempo de viaje fuese de 3 a 4 horas. Responda lo siguiente:

1. ¿ Viajaría de manera más seguida ? ☐ Sí ☐ No

2. ¿ Estaría Ud. dispuest@ a pagar más de lo que gasta actualmente en el viaje porque la hipótesis se cumpliera? ☐ Sí ☐ No

3. ¿ Cuánto estaría dispuest@ a pagar por ahorrar una hora de tiempo en el viaje?

☐ Menos de 5 mil pesos ☐ Más de 5 mil pesos

4. ¿ Cambiaría el medio que utiliza para transportarse? ☐ Sí ☐ No

En caso de responder sí, cambiaría su medio de transporte de:

☐ Público a privado ☐ Privado a público