

*Propuesta De Diseño Geométrico Y
Pavimentación Para Mejorar La
Accesibilidad Vial Desde El Suroeste De
Portoviejo*

*Geometric Design And Paving Proposal To Improve
Road Accessibility From Southwestern Portoviejo*

Autores

Luis Alberto Vera Lucas

Est. Ing. Civil , Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador

lvera3760@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-4329-4734>

Emilio Matías Chon Long Parra

Est. Ing. Civil , Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador

echonlong6377@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-2984-3519>

Eduardo Tejeda Piusseaut

Dr. Ciencias Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador

eduardo.tejeda@utm.edu.ec

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

Propuesta De Diseño Geométrico Y Pavimentación Para Mejorar La Accesibilidad Vial Desde El Suroeste De Portoviejo

8

Geometric Design And Paving Proposal To Improve Road Accessibility From Southwestern Portoviejo

RESUMEN

La accesibilidad vial hacia la ciudad de Portoviejo ha representado en los últimos años un desafío constante para la planificación tanto urbana como rural, siendo la congestión vehicular y las limitaciones de acceso a infraestructuras estratégicas algunos de sus principales problemas. Con el fin de plantear una alternativa que descongestione la red existente, este estudio propone un nuevo trazado por la zona suroeste, conectando con la vía E482 en La Pila, perteneciente al cantón Montecristi. La metodología incluyó la caracterización topográfica del corredor mediante modelos digitales de elevación (ALOS PALSAR), el diseño del alineamiento horizontal y vertical con AutoCAD Civil 3D bajo criterios de la norma AASHTO 2011, así como la proyección del tránsito a 15 años y la estimación de ejes equivalentes (ESALs) para el diseño del pavimento asfáltico, siguiendo la metodología AASHTO 1993. El trazado optimizado permitió reducir la longitud de 14,53 km a 14,28 km y disminuir el número de curvas de 91 a 42, mejorando la continuidad y seguridad del recorrido. Los estudios de suelo evidencian que la subrasante presenta baja capacidad portante (CBR \approx 2,40%), que exige un paquete estructural compuesto por una capa asfáltica de 15 cm, una base granular de 15 cm y una subbase granular de 33 cm. La propuesta constituye una alternativa viable para mejorar la accesibilidad vial del suroeste de Portoviejo, reduciendo tiempos de viaje y fortaleciendo la conectividad territorial, con impacto positivo en la seguridad vial, la atención de emergencias y el desarrollo regional.

Palabras clave: alineación horizontal, alineación vertical, diseño geométrico, modelo digital de elevación, pavimento flexible

ABSTRACT

Road accessibility to the city of Portoviejo has represented a constant challenge in recent years for both urban and rural planning, with traffic congestion and limited access to strategic infrastructures being among its main issues. In order to propose an alternative that relieves the existing network, this study presents a new alignment through the southwestern area, connecting to the E482 highway in La Pila, belonging to the Montecristi canton. The methodology included the topographic characterization of the corridor using digital elevation models (ALOS PALSAR), the design of the horizontal and vertical alignment in AutoCAD Civil 3D following the AASHTO 2011 standard, as well as a 15-year traffic projection and the estimation of equivalent single axle loads (ESALs) for asphalt pavement design based on the AASHTO 1993 methodology. The optimized alignment reduced the total length from 14.53 km to 14.28 km and decreased the number of curves from 91 to 42, improving route continuity and safety. Soil studies indicate that the subgrade has a low bearing capacity (CBR \approx 2.40%), requiring a structural pavement package consisting of a 15 cm asphalt layer, a 15 cm granular base, and a 33 cm granular subbase. The proposal represents a feasible alternative to improve road accessibility in the southwestern sector of Portoviejo, reducing travel times and strengthening territorial connectivity, with a positive impact on road safety, emergency response, and regional development.

Keywords: geometric design, flexible pavement, vertical alignment, horizontal alignment, Digital Elevation Model (DEM)

Nota Editorial: Recibido: 8 de Septiembre 2025 Aceptado: 29 de Octubre 2025

1. INTRODUCCIÓN

El cantón Portoviejo, capital de la provincia de Manabí (Ecuador), ha experimentado en las últimas décadas un acelerado crecimiento poblacional, proyectado oficialmente por el INEC en su revisión 2024 [1]. Paralelamente, la expansión territorial se concentra en las periferias sur y oeste de la ciudad, donde se registra una clara tasa de crecimiento [2]. Esta dinámica ha incrementado la presión sobre la infraestructura vial existente, generando la necesidad de establecer corredores que articulen de manera eficiente las zonas rurales con los centros urbanos. En particular, el sector suroeste del cantón enfrenta un déficit en materia de accesibilidad, pues depende de una única vía principal para garantizar su conexión con la ciudad. Esta situación afecta también a comunidades rurales de cantones vecinos como Montecristi y Jipijapa, quienes dependen de la vía E30 como único acceso funcional hacia la capital provincial, como se observa en la Figura 1. Esta limitación no solo provoca congestión vehicular y mayores tiempos de desplazamiento, sino que también condiciona negativamente la movilidad de personas y mercancías, restringe las oportunidades de desarrollo económico y reduce la capacidad de respuesta en situaciones de emergencia.

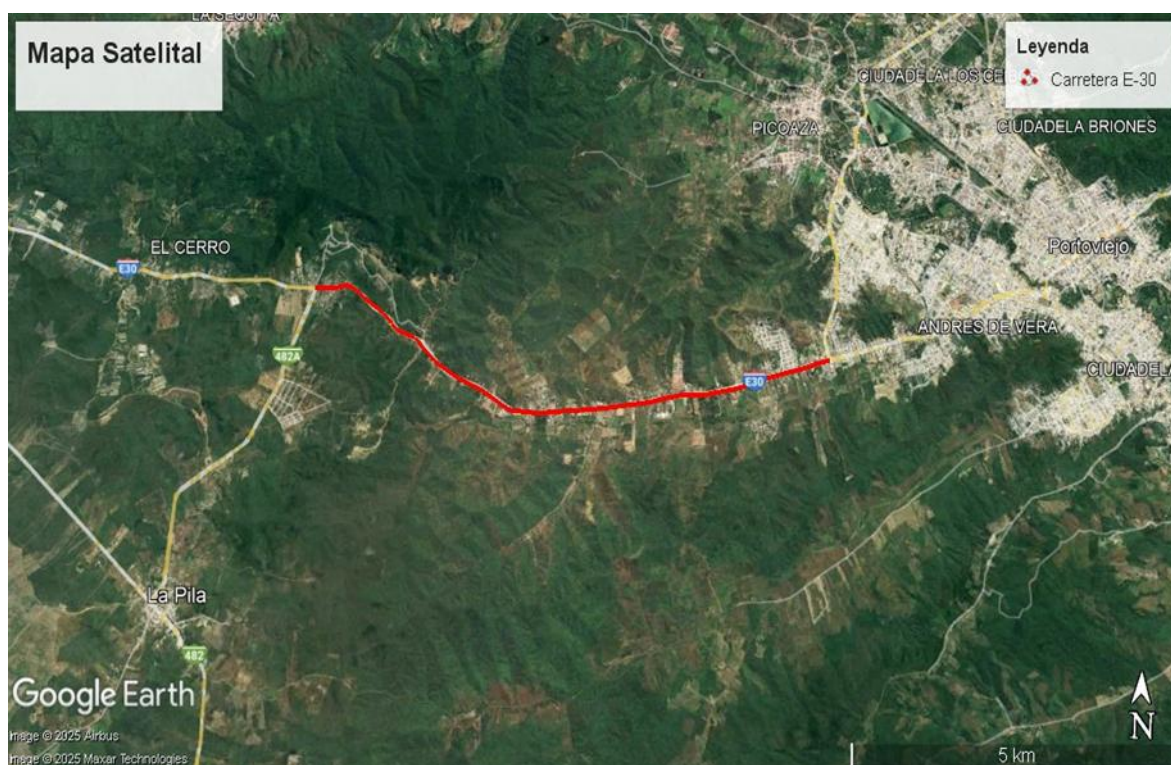


Fig. 1- Vista satelital de la carretera E-30, tramo entre Montecristi y Portoviejo (trazado en rojo).
Imagen generada con Google Earth Pro.

La mejora de la infraestructura vial en zonas con vocación productiva agropecuaria, como el sector agrícola de El Florón, ubicado al suroeste del cantón Portoviejo [3], tiene un impacto directo en la calidad de vida de la población, al facilitar el acceso a servicios esenciales como salud, educación y actividades comerciales. De igual manera, contribuye a potenciar la productividad al disminuir los costos de transporte de insumos y productos [4]. En este marco, el fortalecimiento de la conectividad en el suroeste de Portoviejo no debe entenderse únicamente como una solución técnica de movilidad, sino como una estrategia integral de integración social y de desarrollo territorial sostenible. No obstante, para asegurar la permanencia de estos beneficios en el mediano y largo plazo, es fundamental implementar programas de mantenimiento periódico que garanticen la funcionalidad de las vías [5].

Diversos estudios en América Latina evidencian que los proyectos de infraestructura vial suelen enfrentar limitaciones vinculadas a la falta de planificación estratégica y a la escasa coordinación institucional, lo que genera ineficiencias que repercuten en la seguridad y en la calidad del transporte [6]. Esta problemática también se manifiesta en el contexto ecuatoriano. En 2022, la Prefectura de Manabí ejecutó labores de mejoramiento superficial en el corredor El Florón – La Pila, con una intervención aproximada de 14,5 km que incluyó actividades de nivelación y desmonte [7]. Si bien estas acciones mejoraron temporalmente la movilidad y fueron bien recibidas por las comunidades rurales, no incorporaron criterios técnicos de rediseño geométrico ni estructural, lo que limitó su capacidad para satisfacer de forma permanente las necesidades de conectividad y durabilidad requeridas por la zona.

Bajo este contexto, se formula una propuesta de diseño geométrico y estructural de pavimento flexible para la vía que conecta La Pila con Portoviejo. El planteamiento se orienta a ofrecer una solución técnica preliminar que integre la proyección del tránsito futuro, las propiedades del suelo natural del corredor y la normativa aplicable en el país. El diseño geométrico se basa en los lineamientos establecidos por la AASHTO 2011 [8], complementados con lo dispuesto en la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 [9], referente técnico del MTOP y ampliamente utilizado en proyectos y estudios de infraestructura vial en Ecuador, lo que permitió la clasificación funcional de la vía y la verificación del cumplimiento de los parámetros mínimos de diseño. Para el dimensionamiento del pavimento flexible se empleó la metodología de la AASHTO 1993 [10], adaptada a las condiciones locales. La finalidad es desarrollar un proyecto con mayor nivel de confiabilidad, sustentado en parámetros técnicos que garanticen un desempeño adecuado durante su vida útil.

El presente artículo expone los principales componentes de la propuesta, la cual incluye un trazado que optimiza el recorrido actual, el análisis del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y la estimación del número de ejes equivalentes (ESALs) para un horizonte de diseño de 15 años. Asimismo, se presenta la caracterización preliminar de la subrasante y el dimensionamiento de la estructura de pavimento flexible que, en conjunto, buscan asegurar la funcionalidad y durabilidad de la vía proyectada. De este modo, se pretende contribuir al fortalecimiento de la accesibilidad vial en el suroeste de Portoviejo, promoviendo una conexión más eficiente entre las zonas rurales y urbanas, con un enfoque integral que articule criterios técnicos, sociales y de sostenibilidad territorial.

2. DESARROLLO

2.1. Ubicación General Del Trazado

El trazado propuesto se localiza al suroeste del cantón Portoviejo, en la provincia de Manabí, y tiene como propósito establecer una conexión directa entre la parroquia La Pila, perteneciente al cantón Montecristi, y el área urbana de Portoviejo. Esta intervención vial se proyecta como un corredor estratégico de gran relevancia para la región, considerando que en este sector se registra un flujo constante de personas, vehículos y productos agrícolas que se movilizan hacia los principales centros comerciales, de salud, educativos y administrativos de la capital provincial. En la Figura 2 se muestra una imagen del trazado propuesto.

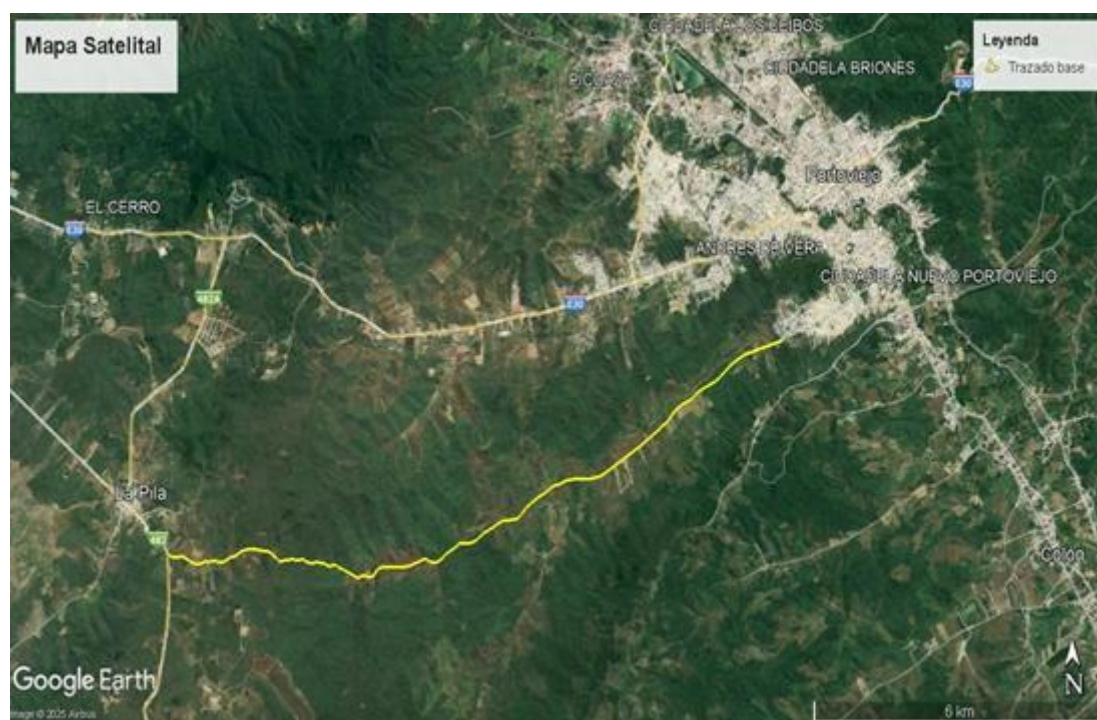


Fig. 2- Vista satelital del trazado vial propuesto entre La Pila y Portoviejo (trazado en amarillo). Imagen generada con Google Earth Pro.

En la actualidad, la carretera E30 funciona como el principal eje estructurante de tránsito en Portoviejo, lo que ha generado una creciente presión sobre su capacidad operativa debido al sostenido incremento del parque automotor. Para la proyección del tránsito vehicular futuro, el Plan Vial de la Provincia de Manabí [11] adopta las tasas de incremento interanual establecidas por el MTOP a nivel nacional: 5% para camiones, 4% para vehículos livianos y 3,5% para buses. La aplicación referencial de estas tasas permite anticipar una demanda que excede la capacidad de la sección vial actual (dos carriles), generando condiciones de riesgo vial. Esta situación se refleja en el aumento del 76,8% en el índice de siniestros entre 2020 y 2021, y un Índice de Mortalidad de 2,14 en el período 2020–2022, valor que supera la meta institucional en un 75% [12]. Estos indicadores justifican la necesidad de construir una ruta alterna y respaldan el diseño propuesto.

Frente a esta problemática, el trazado proyectado se concibe como una ruta alternativa de aproximadamente 14 km de longitud. Su objetivo es complementar y descongestionar la red vial existente, optimizar la movilidad interurbana, reducir los tiempos de desplazamiento, mejorar las condiciones de accesibilidad y fortalecer la articulación territorial. Asimismo, esta nueva vía permitirá un acceso más directo y rápido hacia infraestructuras estratégicas de la ciudad de Portoviejo, como el Hospital de Especialidades y el centro de control ECU-911, mejorando la capacidad de respuesta y la atención de emergencias, y contribuyendo al desarrollo socioeconómico de la zona.

2.2. Caracterización Topográfica Del Trazado

El trazado propuesto se emplaza en una zona de transición entre planicies y colinas suaves, con altitudes que oscilan entre 66 y 250 metros sobre el nivel del mar. El relieve se caracteriza por superficies predominantemente planas, aunque en un tramo específico se presentan pendientes naturales superiores al 8%. Estas características permiten proyectar los alineamientos horizontal y vertical cumpliendo sin mayores dificultades los valores de pendiente máxima establecidos en la normativa ecuatoriana para vías secundarias.

Adicionalmente, la topografía de la zona contribuye a optimizar el diseño geométrico, ya que la configuración del terreno minimiza la necesidad de cortes y rellenos considerables, reduciendo así los volúmenes de movimiento de tierras y, por ende, los costos de construcción. No obstante, debido a la presencia de escurrimientos superficiales durante la temporada invernal, se prevé la incorporación de obras menores de drenaje transversal para garantizar la estabilidad y durabilidad de la vía.

El análisis topográfico se desarrolló a partir de información satelital obtenida mediante el programa ALOS PALSAR (Advanced Land Observing Satellite – Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar), disponible en la plataforma Earthdata de la NASA. Esta fuente proporciona Modelos Digitales de Elevación (DEM) con resolución espacial de 30 metros y una precisión vertical promedio de ± 5 metros, características que resultan apropiadas para estudios preliminares de ingeniería vial.

El archivo generado en formato .tif fue procesado mediante el software Global Mapper, donde se representó el trazado sobre el Modelo Digital de Elevación (Figura 3). Posteriormente, se elaboraron curvas de nivel con equidistancia de 20 metros (Figura 4), lo que permitió una lectura más detallada de la morfología del terreno y la identificación de pendientes, zonas críticas y posibles condicionantes para el trazado. Finalmente, el Modelo Digital del Terreno (MDT) fue exportado a la plataforma AutoCAD Civil 3D, donde se efectuó la modelación tridimensional del área de estudio. Esta representación en 3D constituyó una herramienta fundamental para la visualización integral de las condiciones topográficas y para la definición preliminar de los alineamientos geométricos.

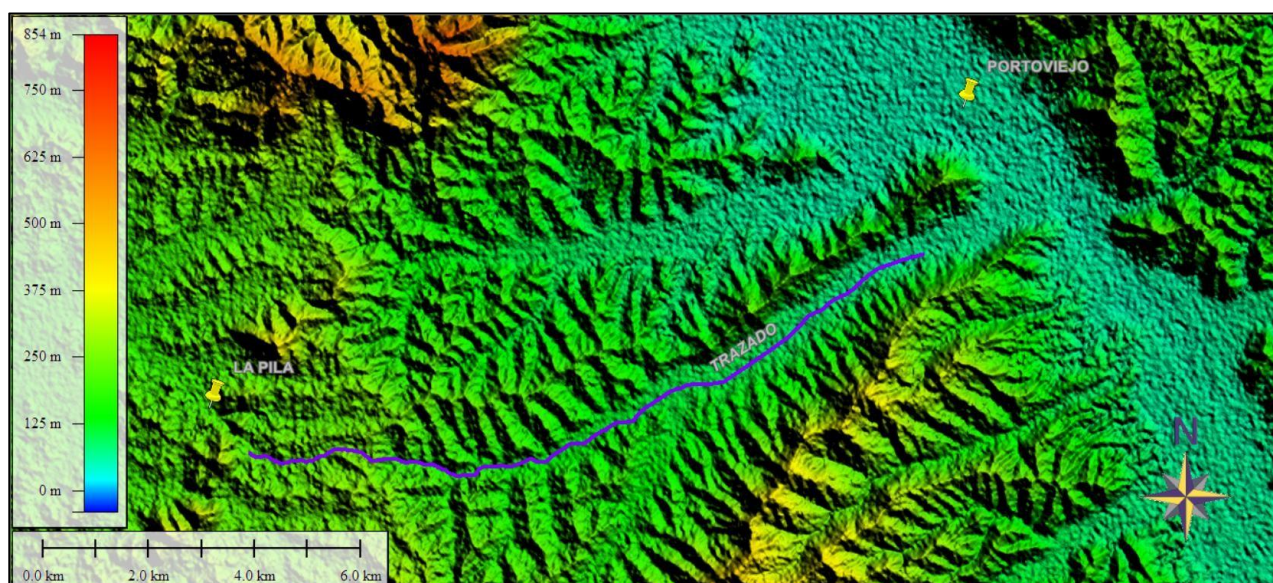


Fig. 3- Vista del Trazado (en violeta) en el Modelo Digital de Elevación generado en Global Mapper, obtenido de ALOS PALSAR.

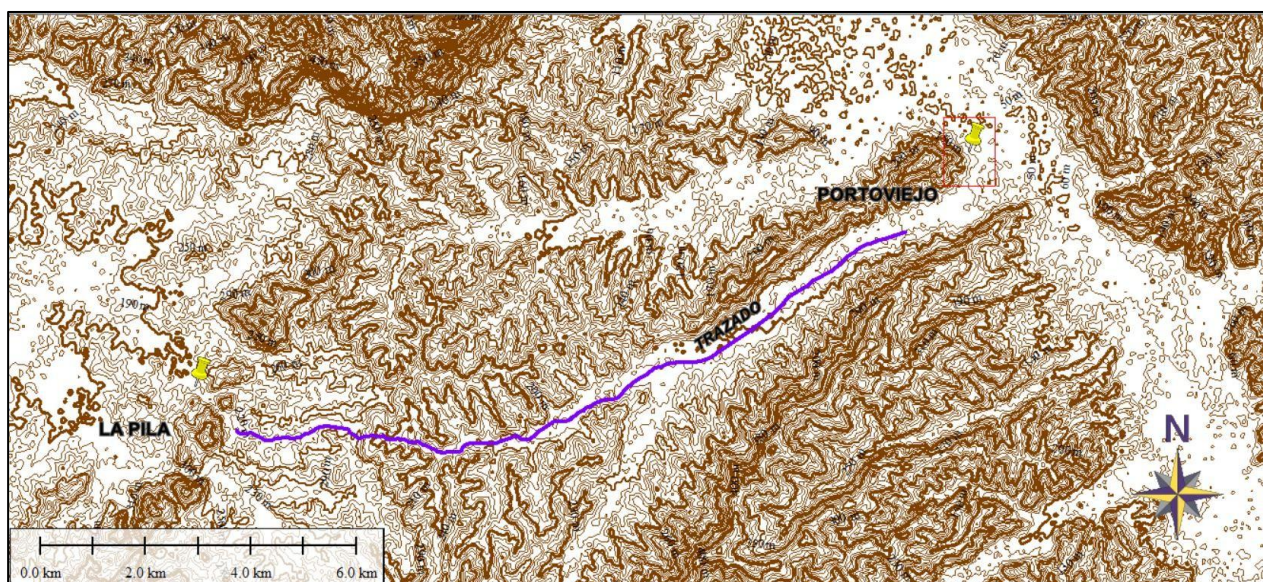


Fig. 4- Vista del Trazado (en violeta) con Curvas de Nivel cada 20 metros generado en Global Mapper.

2.3. Diseño Geométrico De La Vía

El diseño geométrico de la vía propuesta entre La Pila y Portoviejo tiene como objetivo garantizar condiciones adecuadas de circulación, seguridad y funcionalidad para los usuarios. La propuesta se basó en el aprovechamiento del trazado existente, resultando en la optimización del número de curvas de 91 a 42, lo cual buscó minimizar los costos de movimiento de tierras y reducir la afectación ambiental y social, además de respetar las rutas ya consolidadas por el tránsito local.

El diseño propuesto busca equilibrar la funcionalidad técnica con la mitigación de impactos ambientales, promoviendo una infraestructura vial más sostenible y respetuosa con el entorno.

El diseño geométrico del alineamiento horizontal y vertical se realizó en AutoCAD Civil 3D, tomando como referencia el modelo digital del terreno (MDT) obtenido a partir de datos satelitales ALOS PALSAR, procesados en Global Mapper. El trazado se optimizó respetando la morfología natural del terreno y ajustando los parámetros de diseño a las especificaciones de la normativa AASHTO 2011, adaptadas a las condiciones locales. Esta normativa define criterios esenciales como radios mínimos, pendientes máximas y desarrollo de curvas de transición, que en este proyecto se aplicaron para una velocidad de diseño de 60 km/h, asegurando condiciones de circulación seguras, eficientes y confortables.

La sección transversal fue diseñada con un carril por sentido, bermas de seguridad y pendientes longitudinales acordes al relieve natural. Se empleó una escala de 1:2000 para la representación general del trazado y una escala de 1:1000 para el diseño detallado de curvas, cumpliendo con la normativa vigente del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) para vías colectoras secundarias.

2.3.1 Alineamiento Horizontal

El diseño horizontal constituye un elemento fundamental para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios. En este proyecto, se siguieron los lineamientos de la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12), adoptando radios mínimos de curva de 115 m acordes con la velocidad de diseño de 60 km/h y 10% de peralte, considerando que los radios existentes en el trazado base cumplían apenas con los valores normativos mínimos.

La longitud del trazado original era de 14,53 km, mientras que la optimización realizada en AutoCAD Civil 3D definió un recorrido de 14,28 km, lo que representa una reducción aproximada de 250 m en el desarrollo total de la vía. El trazado inicial presentaba más de 90 curvas, muchas de ellas de radio inferior al valor mínimo normativo, con intersecciones desfavorables. Tras la optimización, se redujo el número de curvas a 42, logrando un alineamiento más directo y seguro, lo que favorece condiciones de operación acordes a la velocidad de 60 km/h. Adicionalmente, la optimización permitió reducir movimientos de tierra innecesarios, los cortes se redujeron de 345 045,21 m³ a 288 258,32 m³ y los terraplenes de 307 286,67 m³ a 266 279,61 m³, lo que demuestra una mayor adaptación al relieve natural y, en consecuencia, un menor impacto ambiental y económico.

La Figura 5 muestra el alineamiento horizontal de la vía entre las abscisas 0+000 y 0+520, donde se pueden observar las dos curvas iniciales y sus elementos, diseñados para el inicio del trazado. Por su parte, la Figura 6 presenta el tramo comprendido entre las abscisas 2+220 y 3+080, acompañado del cuadro de elementos de curva correspondiente a los Puntos de Inflexión (PI) 10 a 14. Este segmento es representativo de los criterios de diseño aplicados en el trazado, que en su totalidad comprende 42 curvas horizontales. El cuadro detalla los parámetros geométricos de cada curva, incluyendo dirección, radios de curvatura, longitudes y otros datos relevantes para la planificación y construcción de la vía.



Fig. 5- Diseño horizontal para el tramo de vía entre las abscisas 0+000 y 0+520

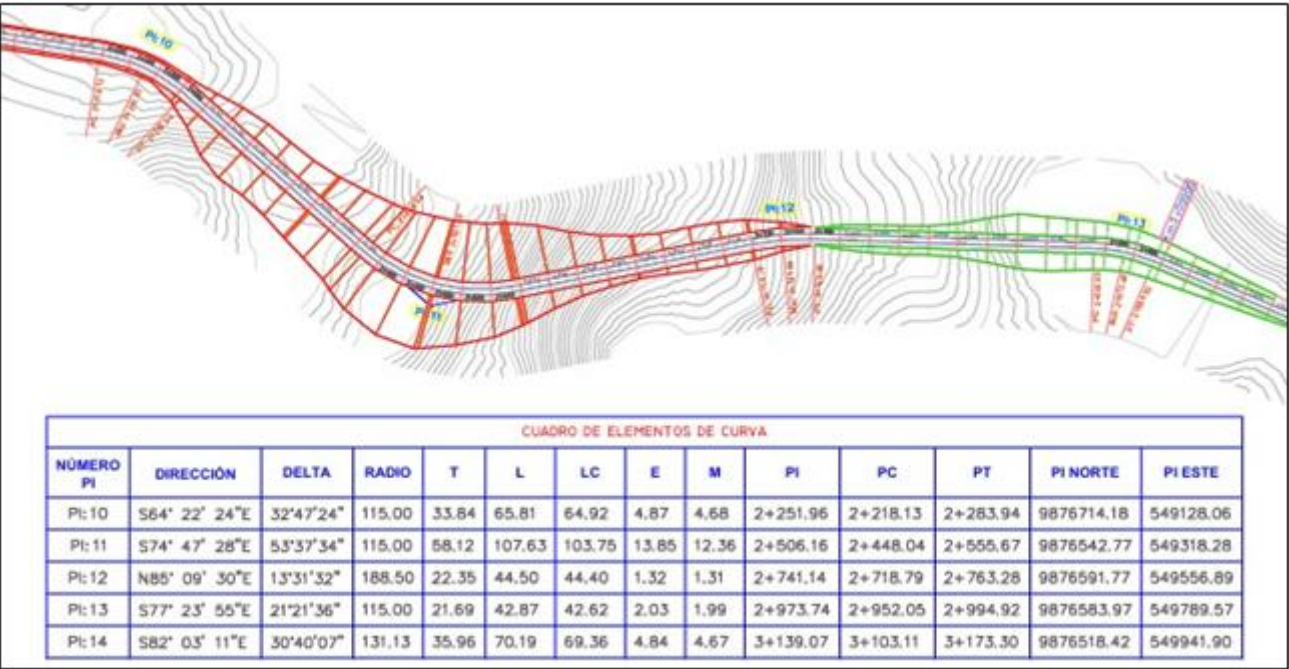


Fig. 6- Diseño horizontal para el tramo de vía entre las abscisas 2+220 y 3+080

2.3.2 Alineamiento Vertical

En el diseño se adoptaron curvas parabólicas, siguiendo las recomendaciones de la AASHTO 2011 y la NEVI-12. La alineación vertical del trazado presenta un total de 32 curvas verticales, desglosadas en 14 cóncavas (en valle) y 18 convexas (en cresta), considerando una pendiente máxima del 8% y longitudes mínimas de curva que aseguran la distancia de visibilidad de detención para la velocidad de diseño. La Figura 7 presenta el alineamiento vertical en el tramo de mayores pendientes del terreno natural, comprendido entre las abscisas 2+220 y 3+020, donde fue necesario realizar un corte pronunciado para garantizar el cumplimiento de la pendiente máxima del trazado vertical.

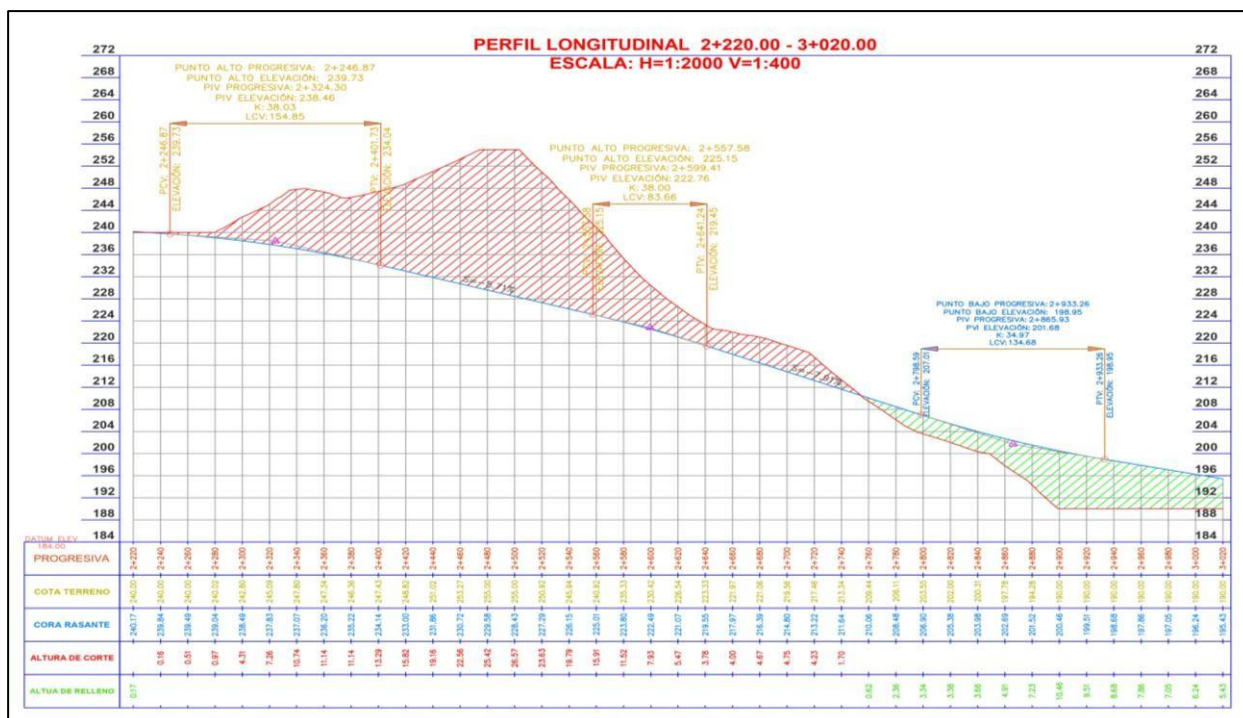


Fig. 7- Perfil Longitudinal para el tramo de la vía entre las abscisas 2+220 y 3+020

2.3.3 Seguridad Vial

La propuesta incorpora criterios esenciales de seguridad y diseño geométrico conforme a la normativa AASHTO 2011, utilizando una velocidad de diseño de 60 km/h. Esto garantiza la Distancia de Visibilidad de Detención (DVD) de 85 m en la totalidad del trazado. Se realizó un análisis de la Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (DVA) de 500 m, requisito de AASHTO para esta velocidad. Este análisis confirma que el trazado optimizado cumple la DVA a lo largo de 10,23 km (aproximadamente el 71,6% del corredor), distribuidos en 17 tramos contiguos, lo que representa unas 20 oportunidades de adelantamiento a lo largo de la vía y favorece la capacidad operativa del corredor.

Adicionalmente, se consideró el peralte de las curvas conforme a la normativa ecuatoriana, favoreciendo la estabilidad vehicular y reduciendo el riesgo de deslizamiento. El drenaje superficial se identifica como un factor determinante, dado que la acumulación de agua sobre la calzada incrementa tanto el riesgo de deslizamiento como el deterioro prematuro del pavimento. Para mitigar este efecto, se propone la incorporación de cunetas laterales. Estas estructuras, que totalizan aproximadamente 11 628 metros lineales y serán diseñadas en ambos costados de la calzada a lo largo de los tramos que requieren captación y evacuación de aguas pluviales, contribuirán a la conservación de la vía y a la seguridad de los usuarios.

2.4. Diseño Estructural Del Pavimento Flexible

2.4.1. Proyección Del Tránsito Para El Diseño Del Pavimento

Con el objetivo de caracterizar adecuadamente el tránsito proyectado en la vía, se tomó como referencia un estudio de aforo vehicular realizado en la vía Montecristi – La Cadena, el cual presenta condiciones operativas y un espectro de vehículos pesados con características comparables a las que se esperan en el área de influencia del proyecto. Sin embargo, considerando que la categoría de la vía en diseño corresponde a una jerarquía secundaria, con menores niveles de movilidad que el tramo de referencia, se aplicó un factor de ajuste sobre los volúmenes observados. Dicho ajuste consistió en una reducción del 30% respecto al Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) original, a fin de obtener una proyección más prudente y realista de la demanda vehicular que deberá soportar la nueva infraestructura (Tabla 1).

Tabla 1- Valores del TPDA proyectados a 15 años

Vehículos	TPDA	
	Número	Porcentaje
Livianos	3400	79,04%
Buses	300	6,97%
2DA	130	3,03%
2DB	393	9,13%
3A	46	1,06%
2S 1	2	0,04%
2S 2	27	0,62%
2S 3	3	0,07%
3S 1	2	0,04%
TOTAL	4301	100%

A partir de este TPDA ajustado se procedió al cálculo de los ejes simples equivalentes de 8,2 toneladas (ESALs), siguiendo la metodología establecida en la Guía AASHTO 1993 para el diseño de pavimentos. El análisis consideró un período de diseño de 15 años, durante el cual se estima el tránsito acumulado que incidirá sobre la estructura vial.

Los parámetros adoptados en el proceso de cálculo, incluyendo factores de equivalencia de carga, tasas de crecimiento vehicular y composición del tránsito por categorías, se resumen en la Tabla 2, que sirve como base para las etapas posteriores de diseño estructural.

Tabla 2- Parámetros utilizados para el cálculo de ESALs según AASHTO 1993

Parámetro	Valor
Período de diseño (años)	15
Tasa de crecimiento del tránsito	Livianos = 3.27%
	Buses = 1.54%
	Camiones = 2.48%
Distribución direccional (DD)	0.5
Factor de carril (LD)	1
Clasificación funcional de la vía	Carretera de 2 carriles (C1)

El cálculo del tránsito acumulado resultó en un valor aproximado de ESALs $\approx 2,76 \times 10^6$ ejes equivalentes, el cual fue adoptado como tráfico de diseño para el dimensionamiento estructural del pavimento flexible. Este valor constituye el parámetro fundamental sobre el que se establece la capacidad portante de la estructura, asegurando que los espesores y materiales seleccionados sean capaces de resistir de manera adecuada las solicitaciones inducidas por el tránsito durante los 15 años de vida útil proyectada.

2.4.2. Diseño Del Pavimento Flexible

El diseño estructural del pavimento propuesto se desarrolló siguiendo los lineamientos de la Guía para el Diseño de Pavimentos Flexibles según la metodología AASHTO 1993, adaptados a las condiciones específicas del área de estudio, especialmente en lo relacionado con las características de los suelos de fundación. En este procedimiento se determina el Número Estructural (SN) requerido para garantizar la capacidad de la estructura frente a las cargas del tránsito proyectado durante su vida útil, integrando en el análisis las propiedades mecánicas de la subrasante, el nivel de servicio deseado, las condiciones climáticas y los factores de drenaje propios de la zona.

La vía objeto de estudio corresponde a una carretera tipo C1, de acuerdo con la clasificación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (MTOP). El tráfico de diseño esperado de $2,76 \times 10^6$ ejes equivalentes simples (ESALs).

En cuanto a la capacidad de soporte de la subrasante, los ensayos de laboratorio evidencian condiciones desfavorables. En el sector de Portoviejo, estudios geotécnicos [13] señalan la presencia de limos de alta plasticidad, con valores de CBR entre 1,88% y 2,64%. En la zona de La Pila se identificaron limos y arcillas [14], con un CBR promedio de 2,88%. Para fines de diseño se adoptó un valor representativo de CBR = 2,40%, el cual clasifica a la subrasante como de baja capacidad estructural según la AASHTO. Esta condición exige un refuerzo significativo mediante capas granulares y tratadas que garanticen un adecuado desempeño frente al tránsito proyectado.

Siguiendo las disposiciones del MTOP, se estableció como criterio de diseño que la capa base alcance un CBR $\geq 80\%$ y la subbase un CBR $\geq 30\%$, con el propósito de asegurar un comportamiento mecánico satisfactorio frente a las cargas repetitivas y a las condiciones ambientales de la región, caracterizadas por precipitaciones intensas y variaciones estacionales en la humedad de los suelos.

Para el análisis estructural se adoptó un nivel de confiabilidad del 80% ($Z_r = 0,841$) y un error estándar de 0,45, además de valores de serviciabilidad inicial y final de 4,2 y 2,5, respectivamente, en concordancia con los parámetros recomendados por la AASHTO para vías de esta categoría. Considerando los factores de drenaje y aplicando la ecuación de diseño de la AASHTO 1993, complementada con el uso de los nomogramas correspondientes para pavimentos flexibles, se determinó el paquete estructural óptimo.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3, donde se detallan los cálculos de los espesores de cada capa del pavimento, estableciendo así una solución técnica que garantiza la resistencia estructural, la durabilidad y la funcionalidad de la vía durante el periodo de diseño establecido.

Tabla 3- Parámetros utilizados para determinar del paquete estructural

Capas	CBR (%)	Mr (psi)	SNi	Coeficiente estructural (pul ⁻¹)		Coeficiente de Drenaje (m)	Espesores de capa (Pulg)		SN*
							D_i	D_i^*	
Rodadura asfáltica		300000	2,23	a1	0,40		5,58	5,9	2,36
Base Granular	80	29000	2,85	a2	0,14	1,0	3,50	5,9	0,83
Subbase Granular	30	14900	4,60	a3	0,11	1,0	12,9	13	1,43
Subrasante	2,4	3600							4,62

El Número Estructural (SN) se define según la ecuación:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \quad (1)$$

La capa de superficie (D_1) se calcula como:

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad D_1 \geq \frac{2,23}{0,40} = 5.58 \text{ pulg}$$

Se adopta un valor aproximado de 5,9 pulgadas (15 cm):

$$SN_1 = D_1 * a_1 = 5,9 * 0,40 = 2,36$$

Capa de base (D_2):

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN'_1}{a_2 * m_2} \quad D_2 \geq \frac{2,85 - 2,36}{0,14 * 1} = 3.5 \text{ pulg}$$

Según el tráfico de diseño el espesor mínimo de base debe ser mayor a 15 cm, por lo que se debe incrementar hasta 5.9 pulgadas (15 cm). Por tanto:

$$SN_2 = D_2 * a_2 * m_2 = 5.9 * 0.14 * 1 = 0.83$$

Capa de subbase (D_3):

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN'_2 - SN'_1)}{a_3 * m_3} \quad D_3 \geq \frac{4,6 - (0,83 + 2,36)}{0,11 * 1} = 12.9 \text{ pulg}$$

Se adopta un valor aproximado de 13 pulgadas (33 cm):

$$SN_3 = D_3 * a_3 * m_3 = 13 * 0.11 * 1 = 1,43$$

Aplicando los resultados obtenidos en la ecuación 1:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 = 2,36 + 0,83 + 1,43 = 4,62 > 4.6$$

El Número Estructural (SN) obtenido para el tránsito proyectado en un periodo de diseño de 15 años cumple tanto con el valor total exigido por el tráfico de diseño, como con los valores requeridos en cada nivel de la estructura. Esto garantiza que el pavimento propuesto posee la capacidad necesaria para resistir las cargas previstas durante su vida útil, siempre que se asegure el uso de materiales con las características especificadas por el MTOP y se ejecute un programa adecuado de mantenimiento a lo largo de su operación.

Los valores finales adoptados para los espesores de las capas del paquete estructural fueron los siguientes:

- Capa de rodadura (superficie): 15 cm (5,9 pulg.)
- Capa de base granular: 15 cm (5,9 pulg.)
- Capa de subbase granular: 33 cm (13 pulg.)

En la Figura 8 se presenta la sección transversal típica de la vía, en la que se ilustran los espesores definidos para cada una de las capas de la estructura del pavimento.

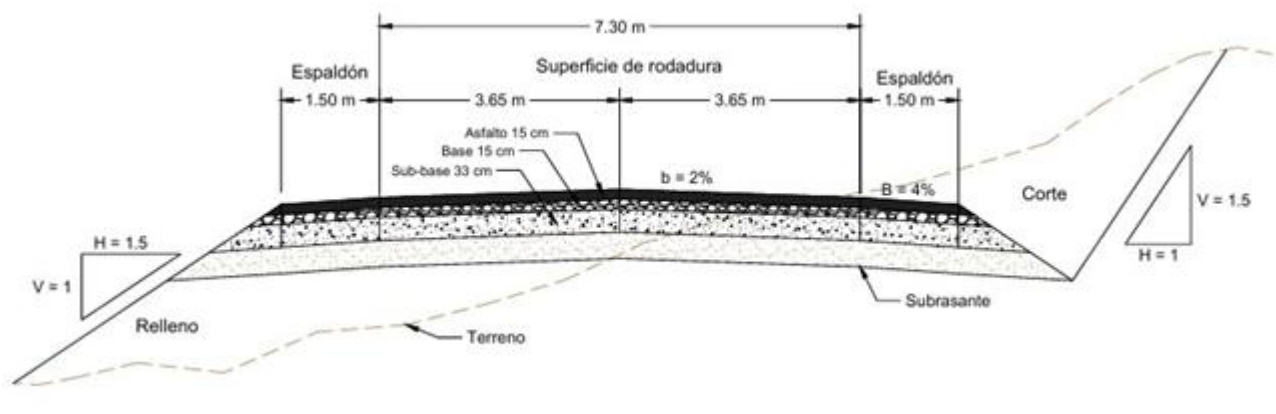


Fig. 8- Sección transversal de la vía con la estructura de pavimento flexible.

El presupuesto referencial global estimado para la ejecución del proyecto asciende a USD 13 273 271,81. La partida de movimiento de tierras es la de mayor incidencia económica en este monto, debido a los elevados volúmenes de excavación y conformación de terraplenes que demanda el trazado, lo cual representa una fase crítica tanto en términos técnicos como financieros. Para la elaboración de este presupuesto, se emplearon los precios unitarios obtenidos de un proyecto reciente desarrollado en la región [15], los cuales fueron debidamente actualizados y ajustados a las cantidades de obra requeridas en el presente diseño.

Dentro de los criterios de diseño, se consideró pertinente la construcción de cunetas de hormigón. Esta decisión técnica se basa en que dicho material ofrece una mayor resistencia a la erosión y socavación, lo que prolonga la vida útil de la obra y brinda una protección superior a la estructura del pavimento. De esta manera, si bien se incurre en un mayor costo de inversión inicial, se logra incrementar la durabilidad de la vía y reducir significativamente los costos de mantenimiento a largo plazo. El detalle de las partidas y valores consolidados se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4- Presupuesto referencial sobre el diseño y el pavimento flexible del trazado de la vía La Pila- Portoviejo.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Preliminar					\$17 586,54
1	Replanteo y Nivelación Vías	m ²	175865,40	0,10	17586,54
Movimiento de tierra					\$7 254 268,99
2	Excavación	m ³	288258,32	4,21	1213567,527
3	Relleno y compactación	m ³	266279,61	22,05	5871465,401
4	Desalojo con volquete	m ³	21978,71	7,70	169236,067
Estructura de la vía					\$2 590 614,99
5	Sub-base	m ³	51544,29	10,39	535545,1731
6	Base	m ³	22090,41	12,65	279443,6865
7	Asfalto	m ²	104375,4	9,16	956078,664
8	Material de mejoramiento	m ³	61552,89	8,46	520737,4494
	Transporte material	m ³ -km	1030379,37	0,29	298810,0158
Obras de drenaje					\$1 075 749,36
9	Excavación para cunetas y encauzamientos (con Maquinaria)	m ³	56000	2,38	133280
10	Hormigón estructural de cemento Portland, Clase D (f'c = 180 kg/cm2), cunetas	m ³	6244	150,94	942469,36
Señalización Vial					\$603 755,60
11	Marcas de pavimento	M	171576	2,12	363741,12
12	Marcas sobresalidas de pavimento (unidireccionales)	U	38128	3,06	116671,68
13	Marcas sobresalidas de pavimento (bidireccionales)	U	19064	3,28	62529,92
14	Señal al lado de la carretera preventiva (0.60mx0.60m) (48 ton)	U	8	116,99	935,92
15	Señal al lado de la carretera informativa (0.90mx0.30m)	U	572	104,68	59876,96
SUBTOTAL DE LA OBRA					\$11 541 975,48
IVA 15%					\$1 731 296,32
TOTAL DE LA OBRA					\$13 273 271,81

4. CONCLUSIONES

El trazado propuesto entre La Pila y Portoviejo constituye una alternativa estratégica a la red vial existente, con el objetivo de mejorar la movilidad interurbana, reducir los tiempos de desplazamiento y fortalecer la articulación territorial en la provincia de Manabí.

La caracterización topográfica evidenció que el área de estudio presenta condiciones favorables para el diseño vial, al desarrollarse principalmente en un terreno plano con pendientes moderadas. Esto permitió proyectar alineamientos geométricos que minimizan los volúmenes de movimiento de tierras y, por ende, los costos de construcción, sin dejar de prever obras menores de drenaje que garanticen la estabilidad de la vía en temporada invernal.

El diseño geométrico, elaborado bajo los lineamientos de la AASHTO 2011, la NEVI-12 y la normativa del MTOP, optimizó el trazado existente al reducir de más de 90 a 42 curvas, mejorando la seguridad y funcionalidad de la carretera. La aplicación de radios mínimos, curvas de transición y pendientes acordes al relieve asegura condiciones de operación confortables y seguras para una velocidad de diseño de 60 km/h.

El diseño estructural del pavimento flexible, fundamentado en la metodología AASHTO 1993 y adaptado a las características geotécnicas locales, garantizó la resistencia frente al tránsito proyectado de $2,76 \times 10^6$ ESALs en un período de 15 años. Los espesores adoptados —15 cm de capa de rodadura, 15 cm de base granular y 33 cm de subbase granular— ofrecen un equilibrio entre desempeño estructural, durabilidad y sostenibilidad económica.

El presupuesto referencial asciende a USD 13 273 271,81. De este total, el movimiento de tierras es la partida de mayor incidencia económica, representando un 54,65% del costo del proyecto (con IVA), lo que resalta la importancia de una planificación eficiente en esta etapa. Asimismo, la incorporación de cunetas de hormigón refuerza la durabilidad del pavimento y reduce costos de mantenimiento a largo plazo.

En conjunto, los análisis técnicos, topográficos, geométricos, estructurales y económicos realizados demuestran la viabilidad integral del proyecto, destacando que las soluciones adoptadas permiten equilibrar seguridad vial, eficiencia operativa, sostenibilidad ambiental y optimización de recursos financieros.

1. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Estimaciones y Proyecciones de la Población de Ecuador, Revisión 2024. Boletín técnico; Quito, 2024. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/Proyecciones_Poblacionales/censo_2022/revision_2024/Boletin_tecnico_proy_rev2024.pdf
2. A. E. Reyna García, J. L. Reyna Bowen, and C. J. Vincés Solorzano, "Escenarios de crecimiento urbano 2017 y 2022 de la ciudad de Portoviejo, Ecuador, a partir de autómatas celulares," Revista San Gregorio, vol. 1, no. 19, pp. 20-33, 2017. <https://revista.sangregorio.edu.ec/index.php/REVISTASANGREGORIO/article/view/382>
3. J. R. P. Cedeño, J. A. C. Bacallao, and Y. A. R. Encalada, "Agricultura local sustentable. Caso de estudio asociación La Sabana del sector El Florón del Cantón Portoviejo," Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, vol. 6, no. 8, pp. 37-61, 2021. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2924>
4. B. R. Ochoa, E. J. O. Estrada, L. O. C. Romero, and E. A. R. Valdiviezo, "Ampliación y diseño geométrico de la vía alterna S/N, que comprende desde el sitio El Corral Viejo hasta la parroquia El Retiro", Revista Ciencia y Construcción, vol. 4, no. 2, pp. 92-101, 2023. <https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/148>
5. D. J. Z. Zhangallimbay and M. Ordoñez, "Eficiencia en la producción agrícola: un análisis del efecto de la construcción de carreteras en zonas productivas del Ecuador", Cuestiones Económicas, vol. 32, no. 1, pp. 5-5, 2022. <https://doi.org/10.47550/RCE/32.1.3>
6. E. AVALOS, P. PALOMINO, and D. MUÑOZ, "Incorporation of accident prevention measures in road infrastructure design. A systematic review", Revista Espacios, vol. 46, no. 3, pp. 194-206, 2025. <https://doi.org/10.48082/espacios-a25v46n03p15>
7. Prefectura de Manabí. Prefecto supervisa avance de los trabajos de vías en El Florón – La Pila. Boletín institucional; 2022. <https://www.manabi.gob.ec/index.php/prefecto-supervisa-avance-de-los-trabajos-de-vias-en-el-floron-de-portoviejo/>
8. AASHTO, "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets", 6th ed. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011. <https://www.academia.edu/27896080>
9. Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. Norma Ecuatoriana vial – NEVI 12 – MTPO. Quito; 2013. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
10. AASHTO, "Guide for design of pavement structures", ed. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993. <https://www.academia.edu/34103801>
11. Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador, GAD Provincial de Manabí. Informe institucional. Plan de Desarrollo Vial Integral de la Provincia de Manabí. Quito, 2019. <https://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2024/08/Manabi-plan-vial-integral.pdf>
12. B. J. Cedeño-Alcívar and D. Mogrovejo, "Estrategia de seguridad vial para la reducción de siniestros de tránsito provincia de Manabí," Revista Científica multidisciplinaria arbitrada Yachasun-ISSN: 2697-3456, vol. 7, no. 13, pp. 94-111, 2023. <https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/394>
13. E. G. Espinel-García and M. I. Zambrano-Meza, "Zonificación de la capacidad portante de los suelos de la Parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo de la provincia de Manabí", Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación. ISSN: 2737-6249., vol. 5, no. 10 Ed. esp., pp. 2-14, 2022. <https://doi.org/10.46296/ig.v5i10edespect.0070>
14. O. A. Guerrero, M. G. C. Mora, B. S. Baque-Solís, and O. A. Guerrero-Camargo, "Amenazas y riesgos socio naturales cantón Montecristi: bases del plan de ordenamiento y desarrollo territorial", AXIOMA, no. 23, pp. 45-51, 2020. <https://doi.org/10.26621/XVI23.2020.12.A08.PUCESI.2550.6684>
15. R. D. Laz Torrez, D. O. Abreu Hernández, and E. Tejeda Piusseaut, "Propuesta de diseño de un vial de acceso siguiendo la ruta perimetral de la Universidad Técnica de Manabí", Revista Ciencia y Construcción, vol. 6, no. 2, pp. 53-66, 2025. <https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/297>