

Tipo de artículo: Artículo original

## Modelo matemático para determinar las causas del mal estado de las vías de la zona urbana del cantón Jipijapa

### *Computational model to determine the causes of the poor condition of the roads in the urban area of the Jipijapa canton*

Luís Alfonso Moreno Ponce <sup>1\*</sup> , <https://orcid.org/0000-0002-9880-1310>

Edwin Miguel Baque Parrales <sup>2</sup> , <https://orcid.org/0000-0001-5722-3377>

Dayana Michelle Castro Chilán <sup>3</sup> , <https://orcid.org/0000-0001-5245-1677>

Didio Leonardo Bravo Espinales <sup>4</sup> , <https://orcid.org/0000-0001-8100-7375>

<sup>1</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí. Decano de la Facultad de Ciencias Técnicas. Ecuador. Correo electrónico: [luis.moreno@unesum.edu.ec](mailto:luis.moreno@unesum.edu.ec)

<sup>2</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí. Docente de Nivelación. Carrera Ingeniería Civil. Ecuador. Correo electrónico: [edwin.baque@unesum.edu.ec](mailto:edwin.baque@unesum.edu.ec)

<sup>3</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí. Docente de Nivelación. Carrera Ingeniería Civil. Ecuador. Correo electrónico: [dayana.castro@unesum.edu.ec](mailto:dayana.castro@unesum.edu.ec)

<sup>4</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí. Docente de Nivelación. Carrera Ingeniería Civil. Ecuador. Correo electrónico: [didio.bravo@unesum.edu.ec](mailto:didio.bravo@unesum.edu.ec)

\* Autor para correspondencia: [luis.moreno@unesum.edu.ec](mailto:luis.moreno@unesum.edu.ec)

#### Resumen

El estudio se realizó en la Universidad Estatal del Sur de Manabí en la carrera de ingeniería civil con el objetivo de determinar las causas del mal estado de las vías de la zona urbana del cantón Jipijapa a partir del desarrollo de un modelo computacional. El tipo de investigación que se realizó es documental-bibliográfica ya que para poderla realizar nos sustentamos en un marco teórico existente y con ellos obtener información sobre el mal estado de las calles en la zona urbana del cantón Jipijapa. En el trabajo de campo se aplicaron encuestas al sector afectado, las cuales fueron punto clave al momento de determinar el malestar e incidencia que causa el mal estado de las calles. Se aplicó un modelo matemático basado en operadores de agregación con el propósito de destacar las causas que provocan el mal estado de las calles como son el tipo de suelo y el tipo de pavimento o asfalto colocado en ellas. Se realizó un análisis teórico de los elementos que determinan las causas del deterioro de las vías del cantón Jipijapa tales como el suelo características, tipos de suelo, efectos del clima sobre el desempeño del pavimento, efectos de la temperatura en la estructura del pavimento, cambio de humedad, entre otros. Se determinó que los factores que determinan el deterioro de las vías en Jipijapa son hundimiento del suelo, no hay proyectos de mejoramiento de la zona urbana del cantón Jipijapa, deterioro prematuro de calles, desacertado estudio del suelo, baches y materiales de baja calidad.

**Palabras clave:** modelo matemático; suelo; asfalto; pavimento; calles; vías.

#### Abstract

*The study was carried out at the State University of the South of Manabí in the civil engineering career with the objective of determining the causes of the poor condition of the roads in the urban area of the Jipijapa canton from the development of a computational model. The type of research that was carried out is documentary-bibliographical since in order to carry it out we rely on an existing theoretical framework and with them obtain information on the poor condition of the streets in the urban area of the Jipijapa canton. In the field work, surveys were applied to the affected sector, which were a key point when determining the discomfort and incidence caused by the poor condition of the streets. A mathematical model based on aggregation operators was*



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

*applied with the purpose of highlighting the causes that cause the poor condition of the streets, such as the type of soil and the type of pavement or asphalt placed on them. A theoretical analysis of the elements that determine the causes of the deterioration of the roads of the Jipijapa canton was carried out, such as the soil characteristics, types of soil, effects of climate on the performance of the pavement, effects of temperature on the structure of the pavement, change moisture, among others. It was determined that the factors that determine the deterioration of the roads in Jipijapa are subsidence of the ground, there are no improvement projects in the urban area of the Jipijapa canton, premature deterioration of streets, unwise study of the soil, potholes and low quality materials.*

**Keywords:** *mathematical model; floor; asphalt; pavement; streets; ways.*

**Recibido:** 14/01/2023

**Aceptado:** 02/04/2023

**En línea:** 30/05/2023

## Introducción

Un inventario vial es de alta importancia para las comunidades, estableciendo que la vialidad toma un papel importante en el progreso de una zona, ya que esta infraestructura juega un papel importante en el desarrollo de la misma. En la provincia de Manabí en los sectores rurales administrados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial (GADP) se estableció falta por inventariar alrededor de 34000Km, y en el cantón Jipijapa 8000 Km (García Reinoso & Doumet Chilan, 2017). Aproximadamente el 19,90% de la red vial de la provincia de Manabí está en malas condiciones, tomando en cuenta los datos establecidos por el GADP de Manabí en conjunto con el Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador “Plan de desarrollo vial integral de la provincia de Manabí 6 2019” (CONGOPE); por lo cual es indispensable actualizar los inventarios viales del sector rural en estudio, esto establecerá una ayuda al desarrollo de planes de inversión y progreso de planes viales de construcción (Sánchez, 2023).

En la provincia de Manabí, en el sector rural manejado por el GADP se ha determinado que se tiene por inventariar aproximadamente 34000Km, y dentro de los cantones Paján y Jipijapa aproximadamente 8000Km. El 19,90 % de la red vial de Manabí se encuentra en malas condiciones según la información proporcionada por el GADP de Manabí junto con el Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (CONGOPE); para lo cual, es necesario tener el inventario actualizado vial rural del territorio en estudio, esto facilitará planes de inversión y desarrollo de los proyectos de vialidad a construirse en el futuro, lo cual será un instrumento complementario en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. En el año 2017, el CONGOPE contrató a empresas consultoras para que se realicen inventarios viales en 23 provincias del Ecuador, incluida la provincia de Manabí, las empresas consultoras no lograron inventariar el total de vías de las provincias (Morán & Zambrano, 2022).

El inventario de infraestructura vial se utiliza para comprender las condiciones de funcionalidad y factibilidad de una vía, a partir de una definición detallada de sus condiciones físicas, geométricas y de diseño; la forma más práctica de



desarrollar un inventario es a través de una física, esto consiste realizar un reconocimiento a través del lugar o tramo objeto de estudio, para calificar y cuantificar las condiciones viales. El procedimiento para el reconocimiento visual incluye la descripción completa de tres aspectos establecidos: 1) Descripción de la vía; 2) Geometría de la vía, y 3) Estado superficial del pavimento y obras complementarias (Del Salto Álvarez, 2022).

La vía es una ruta por la cual transitan principalmente los automóviles, de uno o más carriles, admitiendo la fluidez en el tránsito. La superficie de rodadura es una capa que se sitúa sobre la base, tiene como objetivo proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la 16 superficie y evitando la desintegración de las capas inferiores a causa del tránsito de vehículos (Islas et al., 2014).

El estado de las calles en el cantón Jipijapa va en un creciente deterioro, ya que se han visto afectada por problemas de distinta índole, producto de una mala calidad del asfalto y estudio del suelo, que ha traído como consecuencia malestar en los transeúntes y daños en los vehículos que circulan por esta zona. Este trabajo propicia conocimientos a las autoridades competentes sobre el problema antes mencionado, y den solución a esta problemática para que el estado de las calles de la ciudad mejore y no exista ningún tipo de peligro ni malestar hacia los habitantes, conductores y peatones que circulan por el sector; y de esta manera se pueda potenciar a la ciudad como un atractivo en el sector turístico (Parrales et al., 2022).

Las calles de la zona urbana del cantón Jipijapa a pesar de ser muy transitadas, presenta déficit en la calidad material asfáltico y estudio del suelo, ya que causa un malestar en conductores, habitantes y peatones que circulan por dichas calles y da una mala presencia al cantón afectando al turismo local y nacional. Las calles se encuentran deterioradas debido a que no hubo un buen estudio de suelo y colocación de material asfáltico de mala calidad lo que lleva como consecuencia peligros a transeúntes que transitan por estas calles (Sánchez et al., 2020). Por todo lo antes expuesto el objetivo del trabajo desarrollar un modelo matemático que determine las causas del mal estado de las vías de la zona urbana de Cantón Jipijapa.

## Marco teórico

Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella. Los suelos son sistemas complejos donde ocurren una vasta gama de procesos sexuales, físicos y biológicos que se ven reflejados en la gran variedad de suelos existentes en la tierra (Pardo et al., 2021).

Los suelos son materiales detríticos sueltos de estructura muelle, de composición variada que cubren partes de la superficie terrestre y son producto de la destrucción y descomposición de las rocas por procesos de climatización e interperismo (Sandoval Aparicio et al., 2022).



- Suelos glaciares. Los suelos glaciares son masas de suelo y hielo que por influencia de la gravedad se trasladan valle abajo hacia zonas cálidas de materia rocosa es arrastrado con el glaciar y cuando el hielo se funde da lugar a las morrenas que consta de un material procedente de desprendimientos, meteorización, erosión glaciar, etc (Rodríguez, 2023).
- Suelos eólicos: Son suelos producidos por la acción del viento, son transportables y precipitados por la lluvia. Por su característica de hidroconsolidación se constituye en un material peligroso para las fundaciones por que los loes en contacto con el agua producen asentamientos, por lo tanto, la remoción de unos metros de loes en la superficie y una cuidadosa compactación puede crear una plataforma de confianza para la construcción de apoyos de fundaciones, pues al compactar el suelo adquiere gran resistencia al esfuerzo cortante y la erosión (Pinto Paim et al., 2020).
- Suelos arenosos. Son los suelos de poca estabilización para la construcción de fundaciones, por lo tanto, no se debe excavar las arenas más bien apisonar in situ, hincando pilotes hasta profundidades superiores al movimiento de las dunas (Alvarez et al., 2017).
- Suelos aluviales. Son los suelos de materiales arrastrados por las aguas y depositados de acuerdo a tamaño, desde gruesos en la parte empinada del valle, hasta finos en la cuenca. Los depósitos de suelos aluviales son una excelente zona de suministro de materiales gruesos de construcción tales como áridos para hormigón o materiales permeables para el relleno de las cajas de las carreteras (Lorca & Muñoz, 2006).
- Suelos pantanosos y turberas. Se llama ciénaga a un terreno cubierto con agua detenida o de infiltración, en ocasiones es un estadio de colmatación de lagos sobre suelos impermeables sin pendiente o en depresiones con nivel freático elevado (Garbanzo-León et al., 2017).

Una calle es un espacio lineal que permite la circulación de personas y, en su caso, vehículos y da acceso a los edificios y solares que se encuentran en ambos lados. En el subsuelo de la calle se disponen las redes de las instalaciones de servicios urbanos a los edificios tales como: alcantarillado, agua potable, gas, red eléctrica y telefonía. Es un espacio que delimita las propiedades y permite la circulación de personas y de vehículos también dan acceso a las viviendas que se encuentran en ambos lados de los solares, hay distintos tipos de calles por ejemplo las calles peatonales en donde es restringido el uso de vehículos motorizados solo se permiten la circulación libre de personas y bicicletas.

Para el análisis sobre el mal estado de las vías de la zona urbana del cantón Jipijapa es necesario clarificar las siguientes definiciones:

- **Pavimento:** es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos. Entre los materiales utilizados



en la pavimentación urbana, industrial o vial están los suelos con mayor capacidad de soporte, los materiales rocosos, el hormigón y las mezclas asfálticas. El pavimento es utilizado en las superficies de terreno colocándolos una capa sobre otra de manera horizontal, y por su alta resistencia pueden circular por los vehículos. Es utilizado en zonas donde hay mucho tránsito, como calles, parques de estacionamiento, veredas, entre otros (Luis & Miriam, 2015).

- **Asfalto:** El asfalto es una sustancia negra, pegajosa, sólida o semisólida según la temperatura ambiente; a la temperatura de ebullición del agua tiene consistencia pastosa, por lo que se extiende con facilidad. Se utiliza para revestir carreteras, impermeabilizar estructuras, como depósitos, techos o tejados, y en la fabricación de baldosas, pisos y tejas (Rafael et al., 2014).
- **Drenaje:** El drenaje de un suelo es su mayor o menor rapidez o facilidad para evacuar el agua por escurrimiento superficial y por infiltración profunda (Illarze et al., 2018).

## Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la Universidad Estatal del Sur de Manabí con los estudiantes de la carrera de ingeniería civil donde se encuestaron 50 personas del cantón Jipijapa con el fin de determinar los factores que determinan el deterioro de las vías en el malestar de la población. El tipo de investigación que se realizó es documental-bibliográfica ya que para poderla realizar nos sustentamos en un marco teórico existente y con ellos obtener información sobre el mal estado de las calles en la zona urbana del cantón Jipijapa. En el trabajo de campo se aplicaron encuestas al sector afectado, las cuales fueron punto clave al momento de determinar el malestar e incidencia que causa el mal estado de las calles.

La investigación explorativa se hizo con el propósito de destacar las causas que provocan el mal estado de las calles como son el tipo de suelo y el tipo de pavimento o asfalto colocado en ellas.

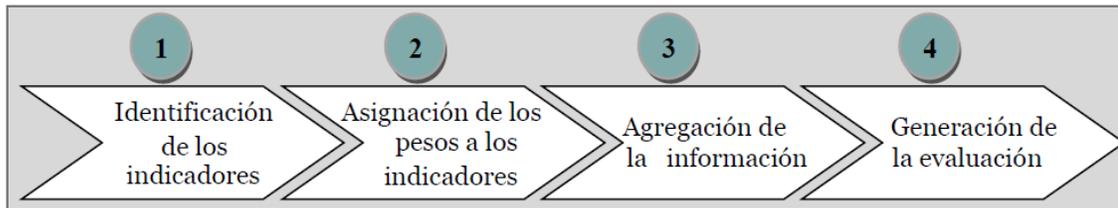
Por lo expuesto anteriormente esta propuesta es de carácter cualitativo ya que permitió reunir información sobre el mal estado de las calles y describir el malestar que estas provocan en los transeúntes y su incidencia.

## Modelo para determinar las causas del mal estado de las vías

En los últimos años se han realizado algunos mantenimientos de las vías, pero por las características de los suelos existe un deterioro en un gran porcentaje de las calles del cantón, presencia de baches en estas calles causando peligro y malestar a los moradores y los usuarios de estas vías. La ciudad de Jipijapa tiene un déficit económico lo cual no le permite desarrollar un proyecto al mejoramiento de sus calles. La investigación se desarrolló con el objetivo de determinar los factores que influyen en el mal estado de las calles del cantón Jipijapa y el malestar que provoca en los conductores, habitantes y peatones que visitan a la ciudad de Jipijapa.



Se desarrolló un modelo matemático multicriterio para determinar las causas del mal estado de las vías de la zona urbana de Cantón Jipijapa. El modelo realiza la representación de la incertidumbre mediante la utilización de operadores para la agregación de información (Fonseca et al., 2020). La Figura 1 muestra el flujo de trabajo del modelo propuesto.



**Figura 1.** Flujo de trabajo del modelo matemático propuesto.

Las actividades presentadas en la Figura 1 se describen a continuación:

**Actividad 1: Identificación de los indicadores.**

La actividad de identificación de los indicadores evaluativos, utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Consiste en obtener los indicadores evaluativos para determinar las causas del mal estado de las vías de la zona urbana de Cantón Jipijapa a partir de la opinión de expertos que intervienen en el proceso. Se logró la participación 7 expertos para avalar el proceso.

**Actividad 2: Asignación de los pesos asociados a los indicadores.**

A partir de los indicadores obtenidos en la actividad anterior, se procede a realizar la valoración de estos para determinar los pesos asociados a cada vector. Esta actividad también requiere la participación de los expertos en el proceso.

**Actividad 3: Agregación de la información.**

La agregación de información es la actividad más importante del método, representa un mecanismo utilizado en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, para la evaluación o decisión. Consiste en la transformación de un conjunto difuso de datos, en un único elemento (Fonseca et al., 2019). En esta investigación se empleó un operador T-norma. Para este caso  $T: [0,1] * [0,1] \rightarrow [0,1]$  es un operador T-norma si cumple las siguientes propiedades:

- Conmutativa  $T(x, y) = T(y, x)$ .
- Asociativa  $T(x, T(y, z)) = T(T(x, y), Z)$ .
- Monótono creciente  $T(x, y) > T(x', y)$  si  $x \geq x' \cap y \geq y'$ .
- Elemento neutro  $T(x, 1) = x$ .

Los operadores de agregación de información Suma Ponderada Ordenada (OWA) permiten la agregación de información de acuerdo a parámetros predefinidos, obteniéndose un valor representativo. Un decisor puede agregar la información en función del grado de optimismo o pesimismo deseado (Lenz et al., 2019). Una función  $F: R^n \rightarrow R$ , es



un operador OWA de dimensión  $n$  si tiene un vector asociado  $W$  de dimensión  $n$  tal que sus componentes satisfagan (Yager, 2019):

- $W_j \in [0,1]$ ,
- $\sum_{j=1}^n W_j = 1$ , y
- $F(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n W_j b_j$

Donde  $b_j$  es el  $j$ -ésimo más grande de los  $a_j$ .

Se puede expresar el operador agregación mediante una notación vectorial tal como se representa en la ecuación 1:

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n) = W^t B \quad (1)$$

Donde:

$W$ : es el vector OWA de peso asociado con la agregación.

$B$ : es el vector agregado ordenado, donde el  $j$ -ésimo más grande componente de  $B$  es  $b_j$  siendo este el  $j$ -ésimo más grande de los  $a_i$ .

#### Actividad 4: Procesamiento y generación de la evaluación.

Una vez agregada la información, se obtiene como resultado las evaluaciones derivadas del proceso. Representa la información de salida del modelo propuesto en esta investigación.

## Resultados y discusión

El cantón Jipijapa es uno de los más grandes y ricos de Manabí, geográficamente ubicado entre las coordenadas 01 grados 10 minutos y 01 grados 47 minutos de latitud sur y entre 80 grados 25 minutos y 80 grados de longitud oeste. Está ubicado en la zona sur de Manabí. El territorio del cantón Jipijapa es muy accidentado. Existen dos zonas: la montañosa y la seca de la costa, pero ambas presentan un terreno bastante irregular (Vásquez-Ponce et al., 2020). Jipijapa está limitado al norte por los cantones Montecristi, Portoviejo y Santa Ana; al sur por la provincia del Guayas y el cantón Puerto López, al este por los cantones Paján y 24 de mayo y al oeste por el Océano Pacífico. Su extensión territorial es de 1"419.086 km y la población total de cantón Jipijapa es de 71.083 habitantes, 36.071 hombres y 35.012 mujeres, de acuerdo con el Instituto de Estadísticas y Censos de Ecuador (INEC).

La investigación realizada tiene como objetivo la implementación de un modelo matemático para determinar las causas del mal estado de las vías de la zona urbana del cantón Jipijapa. Para ello se aplicaron las cuatro actividades definidas en el flujo de trabajo de la Figura 1. Los resultados se describen a continuación:

#### Actividad 1: Identificación de los indicadores.



Durante el proceso de obtención de información para la definición de los indicadores evaluativos, se obtuvo como resultado un total de 5 indicadores. La Tabla 1 muestra los criterios obtenidos.

**Tabla 1:** Indicadores evaluativos.

<b>Criterios</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>
C <sub>1</sub>	Hundimiento del suelo	Un hundimiento de suelo es un movimiento de la superficie terrestre en el que predomina el sentido vertical descendente y que tiene lugar en áreas acinales o de muy baja pendiente. Este movimiento puede ser inducido por distintas causas y se puede desarrollar con velocidades muy rápidas o muy lentas según sea el mecanismo que da lugar a tal inestabilidad.
C <sub>2</sub>	No hay proyectos de mejoramiento.	Una carretera o ruta es una vía de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles.
C <sub>3</sub>	Deterioro prematuro de calles.	El clima afecta a los pavimentos en base a la temperatura que se encuentre, en un ambiente lluvioso los pavimentos constan con gran sensibilidad porque cuando el agua cae libremente al interior del pavimento deteriora su estructura y con mayor facilidad
C <sub>4</sub>	Desacertado estudio del suelo.	Mientras más permeable sea el suelo, mayor será la filtración. Algunos suelos son tan permeables y la filtración tan intensa que para construir en ellos cualquier tipo de estanque es preciso aplicar técnicas de construcción especiales. En un volumen de esta colección que aparecerá próximamente se ofrecerá información sobre dichas técnicas. Los estudios que no han contemplado estas características, han provocado graves consecuencias.
C <sub>5</sub>	Baches y materiales de baja calidad.	Se debe tener en cuenta que el tipo de material es acto para la compactación sabiendo que el material con mayor peso volumétrico y que no muestre cambios al ser sometidos a métodos de compactación, humedad y a cualquier energía de compactación.

### **Actividad 2: Asignación de los pesos asociados a los indicadores.**

Con el empleo de un enfoque mutiexperto, se determinan los pesos atribuidos a cada criterio. Para el proceso se consultaron cinco expertos los cuales emitieron sus valoraciones. Como resultado final se obtuvieron los vectores de pesos asociados a cada indicador. La tabla 2 muestra los resultados obtenidos después de la agregación de los resultados emitidos por los expertos.

**Tabla 2:** Vectores de pesos asociados a los indicadores.



Criterio	W (T, I, F)
C <sub>1</sub>	[0.85, 0.12,0.10]
C <sub>2</sub>	[0.95, 0.15,0.10]
C <sub>3</sub>	[0.80, 0.25,0.20]
C <sub>4</sub>	[0.95, 0.25,0.10]
C <sub>5</sub>	[0.95, 0.25,0.15]

**Actividad 3: Agregación de la información.**

A partir del procesamiento que se realiza de entre los vectores de pesos asociados de los indicadores y las preferencias obtenidas de la institución utilizada en el caso de estudio, se realiza el proceso de agregación de información a partir de lo expresado en la ecuación 3. Para el proceso de agregación se realiza un ordenamiento de los indicadores evaluativos. La tabla 3 presenta el resultado de los valores obtenidos durante el proceso de agregación.

**Tabla 3:** Resultado del proceso de agregación.

Criterio	Pesos	Preferencias	Agregación
C <sub>1</sub>	[0.85, 0.12,0.10]	[0.75, 0.12,0.10]	[0,63, 0.10,0.15]
C <sub>2</sub>	[0.95, 0.15,0.10]	[1, 0.10,0.15]	[0,95, 0.10,0.15]
C <sub>3</sub>	[0.80, 0.25,0.20]	[1, 0.15,0.10]	[0,65, 0.10,0.15]
C <sub>4</sub>	[0.95, 0.25,0.10]	[0.75, 0.10,0.10]	[0,60, 0.10,0.15]
C <sub>5</sub>	[0.95, 0.25,0.15]	[1, 0.15,0.10]	[0,95, 0.15,0.15]
<b>Index</b>			<b>[0,81, 0.10,0.15]</b>

**Actividad 4: Procesamiento y generación de la evaluación.**

A partir del análisis referido de los datos de la tabla 3 se genera la evaluación donde se identifica que el índice de impacto de los criterios identificados es de un 0.81, representando un alto índice de impacto en el mal estado de las vías de la zona urbana del cantón Jipijapa.

**Encuesta para validar la efectividad del modelo matemático propuesto**

Se presenta el resultado de la encuesta realizada a los transeúntes que circulan por las calles de la zona urbana del cantón Jipijapa, para determinar la correspondencia con el modelo matemático implementado sobre el mal estado de las calles céntricas.

**Pregunta 1.** ¿Cree usted que el mal estado de las calles provoca una imagen desfavorable a la ciudad?

**Tabla 4:** Respuesta a la pregunta 1



Ítem	Frecuencia	Porcentaje
Mucho	48	96%
Poco	2	4%
Nada	0	0%
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Según los datos obtenidos en la encuesta realizada a los transeúntes que circulan por las calles de la zona urbana del cantón Jipijapa, en la pregunta N°1 ¿Cree usted que el mal estado de las calles provoca una imagen desfavorable a la ciudad?, 48 personas que representa el 96% respondieron mucho, y 2 personas que equivalen al 4% respondieron poco.

**Pregunta 2.** ¿En la última década se les ha dado el mantenimiento necesario a las calles?

**Tabla 5:** Respuesta a la pregunta 2.

Ítem	Frecuencia	Porcentaje
Mucho	0	0%
Poco	20	40%
Nada	30	60%
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Según los datos obtenidos en la encuesta realizada a los transeúntes que circulan por las calles de la zona urbana del cantón Jipijapa, en la pregunta N°2 ¿En la última década se le ha dado el mantenimiento necesario a las calles?, 20 personas que representa el 40% respondieron poco, 30 personas que equivalen al 60% respondieron nada, mientras que en la opción mucho no registra ningún porcentaje.

**Pregunta 3.** ¿Qué parte del vehículo sufre mayor daño por el mal estado de las calles?

**Tabla 6:** Respuesta a la pregunta 3.

Ítem	Frecuencia	Porcentaje
Amortiguadores	14	28%
Resortes	12	24%
Llantas	18	36%
Tren delantero	6	12%
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>



Según los datos obtenidos en la encuesta realizada a los transeúntes que circulan por las calles de la zona urbana del cantón Jipijapa, en la pregunta N°3 ¿Qué parte del vehículo sufre mayor daño por el mal estado de las calles?, 14 personas que representa el 28% respondieron amortiguadores, 12 personas que equivalen al 24% respondieron resortes, 18 personas que equivalen al 36% respondieron llantas, mientras que 6 personas que equivalen el 12% respondieron tren delantero, lo que evidencia los daños que causan las vías en mal estado a peatones.

**Pregunta 4.** ¿El deterioro de las calles le ha conllevado a accidentes de tránsito?

**Tabla 7:** Respuesta a la pregunta 4.

Ítem	Frecuencia	Porcentaje
Mucha frecuencia	30	60%
Poca frecuencia	16	32%
Nada	4	8 %
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Según los datos obtenidos en la encuesta realizada a los transeúntes que circulan por las calles de la zona urbana del cantón Jipijapa, en la pregunta N.º 4 ¿El deterioro de las calles le ha conllevado a accidentes de tránsito?, 30 persona que representa el 60% respondió mucha frecuencia, 16 personas que equivalen al 32% respondieron poca frecuencia, y 4 personas que equivalen al 8% respondieron nada, lo que demuestra que es un factor provocado por las vías en mal estado.

**Pregunta 5.** ¿Qué tipo de malestar le provoca el transitar por las vías en mal estado?

**Tabla 8:** Respuesta a la pregunta 5.

Ítem	Frecuencia	Porcentaje
Stress	19	38%
Fatiga	17	34%
Dolor de cabeza	14	28%
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Según los datos obtenidos en la encuesta realizada a los transeúntes que circulan por las calles de la zona urbana del cantón Jipijapa, en la pregunta N.º 5 ¿Qué tipo de malestar le provoca el transitar por las vías en mal estado?, 19 personas que representan el 38% respondió stress, 17 personas que equivalen al 34% respondieron fatiga, y 14 personas que equivalen al 28% respondieron dolor de cabeza.



## Discusiones

La clase de suelo con que se interactúa influye de manera decisiva en el proceso de compactación, las técnicas se emplean y los resultados que se obtengan se diferencian precisamente en el tipo de suelo empleado. Como criterio general se consideran los siguientes antecedentes: el suelos de peso ligero y de origen volcánico, se obtiene menor peso volumétrico que en aquellos provenientes de rocas (gravas, arenas, limos y arcillas), al ser sometidos a idénticos métodos de compactación (Chandrappa & Biligiri, 2016). El suelo puede sufrir hundimientos cuando hay movimientos de la superficie terrestre, o por causas de la humedad del suelo, actividades mineras subterráneas. En la Tabla 9 se describen las variables que inciden en el mantenimiento del pavimento.

**Tabla 9.** Efecto de las variables que inciden en el desempeño del pavimento.

Variable	Descripción
Efecto del clima sobre el desempeño del pavimento	Con base en la información de regímenes climáticos, propiedades hídricas y térmicas de los materiales del pavimento y en leyes de conservación y flujo de agua y energía, y flujo de agua y energía es posible desarrollar un modelo numérico para determinar la variación temporal de las propiedades mecánicas en puntos discretizados de la estructura (Infante & Santanilla, 2020). Estos aspectos fueron considerados en el desarrollo de los modelos matemáticos y numéricos y en su correspondiente adaptación. Los resultados obtenidos permitieron corroborar la importancia del factor climático como fuente primaria de la degradación estructural de los pavimentos (Montes de Oca Hidalgo et al., 2021).
Efecto de la temperatura en las estructuras de pavimento	La temperatura es considerada uno de los agentes ambientales que influyen de manera directa en el comportamiento de los pavimentos, modificando su rigidez, debido a las características termoplásticas del material que constituye las capas asfálticas de los pavimentos flexibles (Cruz et al., 2022). A medida que aumenta la temperatura, las capas del pavimento asfáltico se vuelven menos rígidas y cuando disminuye se incrementa la rigidez de estas capas (Gaertner et al., 2019). El comportamiento de los pavimentos depende de la temperatura, ya que esta genera estados tensionales de origen térmico, modificando su rigidez, haciendo que el pavimento se vuelva flexible.
Efectos de los Cambios de Humedad	Cuando un hormigón endurecido se deja secar experimenta una contracción de volumen que luego se revierte al permitirle absorber agua. Si bien este comportamiento es conocido desde hace tiempo los efectos no se habían asociado claramente a sus consecuencias sobre los pavimentos. En efecto, mediciones de laboratorio indican que al pasar de un estado seco a saturado el hormigón experimenta un cambio en sus dimensiones del orden de 0,3 mm por cada metro de longitud. Se ve también que la absorción de agua es relativamente rápida y lenta su expulsión; lo que refleja que el estado mecánico normal de tensiones nulas en el hormigón es el estado saturado, y que al producirse el secamiento por evaporación lenta los capilares internos se van cerrando paulatinamente.



El hormigón es un material versátil, que debe su popularidad a los múltiples usos que se le pueden dar, porque es fácil de lograr con una calidad mínima y sobre todo porque es durable. Hoy en día su creciente industrialización permite obtenerlo con rapidez y óptima calidad, adecuándolo con aditivos a las aplicaciones más diversas. Existen aplicaciones masivas en calles y pueblos del mundo de todo el mundo. Su funcionamiento ha sido sin duda muy satisfactorio, proporcionando por largos años un rodaje cómodo y seguro, no obstante, los espectaculares aumentos de tránsito que han experimentado dichas vías (Chandrappa & Biligiri, 2016).

Durante cada invierno lluvioso la estructura completa del pavimento puede suponerse que alcanza un grado de saturación relativamente uniforme y elevada. Tan pronto cesan las lluvias y a través de todo el verano-otoño el secamiento del pavimento progresa lentamente desde la superficie hacia abajo. Entretanto en la base y consecuentemente en la cara inferior de las losas, el grado de saturación permanece elevado, produciéndose en el pavimento un cierto gradiente de humedad que es máximo hacia el final del otoño (Fang et al., 2013).

## Conclusiones

El modelo matemático aplicado permitió determinar los factores que inciden en el deterioro de las vías en el cantón Jipijapa: hundimiento del suelo; no hay proyectos de mejoramiento; deterioro prematuro de calles; desacertado estudio del suelo; baches y materiales de baja calidad. Se realizó un análisis teórico de los elementos que determinan las causas del deterioro de las vías del cantón Jipijapa tales como el suelo características, tipos de suelo, efectos del clima sobre el desempeño del pavimento, efectos de la temperatura en la estructura del pavimento y el cambio de humedad.

Al igual que cualquier estructura las calles requieren mantenimiento. El deterioro es producido principalmente por el paso de vehículos, aunque también se ven afectadas por las condiciones meteorológicas: lluvia, expansión térmica y oxidación. Está empíricamente demostrado que el desgaste producido en el pavimento es proporcional al peso soportado por los ejes elevado a la cuarta potencia.

## Conflictos de intereses

Los autores no poseen conflictos de intereses.

## Contribución de los autores

1. Conceptualización: Luís Alfonso Moreno Ponce, Edwin Miguel Baque Parrales, Dayana Michelle Castro Chilán, Didio Leonardo Bravo Espinales.



2. Curación de datos: Luís Alfonso Moreno Ponce, Edwin Miguel Baque Parrales, Dayana Michelle Castro Chilán, Didio Leonardo Bravo Espinales.
3. Análisis formal: Luís Alfonso Moreno Ponce, Edwin Miguel Baque Parrales.
4. Investigación: Luís Alfonso Moreno Ponce, Edwin Miguel Baque Parrales.
5. Metodología: Luís Alfonso Moreno Ponce, Edwin Miguel Baque Parrales.
6. Software: Dayana Michelle Castro Chilán, Didio Leonardo Bravo Espinales.
7. Validación: Dayana Michelle Castro Chilán, Didio Leonardo Bravo Espinales.
8. Visualización: Dayana Michelle Castro Chilán, Didio Leonardo Bravo Espinales.
9. Redacción – borrador original: Luís Alfonso Moreno Ponce, Edwin Miguel Baque Parrales, Dayana Michelle Castro Chilán, Didio Leonardo Bravo Espinales.
10. Redacción – revisión y edición: Luís Alfonso Moreno Ponce, Edwin Miguel Baque Parrales, Dayana Michelle Castro Chilán, Didio Leonardo Bravo Espinales.

## Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento externa.

## Referencias

- Alvarez, L., William, A., Castro, I., Valenzuela, F., & Estevao Belchior, S. (2017). Capacidad de supervivencia de *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar ovis en distintos suelos de la provincia de Chubut, Patagonia argentina. *Revista argentina de microbiología*, 49(1), 105-109.  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-75412017000100015&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-75412017000100015&script=sci_abstract&tlng=en)
- Cruz, L., Realpe, M., & Obando, J. (2022). Evaluación del efecto de la pérdida de la adherencia de la interfaz geosintética-mezcla asfáltica en el desempeño de un pavimento flexible utilizando la técnica de la modelación numérica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 21(41), 1-28.  
<https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/download/3446/3530>
- Chandrappa, A. K., & Biligiri, K. P. (2016). Pervious concrete as a sustainable pavement material—Research findings and future prospects: A state-of-the-art review. *Construction and building materials*, 111, 262-274.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061816301131>
- Del Salto Álvarez, L. A. (2022). *Inventario vial de los cantones Jipijapa y Paján fase II (A), de la provincia de Manabí* [PUCE-Quito].



<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/21077/Del%20Salto-%20Tesis%20inventario%20Vial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Fang, C., Yu, R., Liu, S., & Li, Y. (2013). Nanomaterials applied in asphalt modification: a review. *Journal of Materials Science & Technology*, 29(7), 589-594. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1005030213000881>
- Fonseca, B. B., Benitez, L. C. M., & Oliva, Á. M. H. (2019). La estructura de desglose del trabajo como mecanismo viable para la generación de proyectos exitosos. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 12(5), 63-75. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590151>
- Fonseca, B. B., Cornelio, O. M., & Marzo, F. R. R. (2020). Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 13(6), 84-93.
- Gaertner, M., Staub de Melo, J., & Villena, J. (2019). Los efectos de la forma de la onda de carga en la estimación de la vida a la fatiga de la capa asfáltica en la estructura del pavimento. *Revista ingeniería de construcción*, 34(2), 136-145. [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732019000200136&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732019000200136&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Garbanzo-León, G., Alemán-Montes, B., Alvarado-Hernández, A., & Henríquez-Henríquez, C. (2017). Validación de modelos geoestadísticos y convencionales en la determinación de la variación espacial de la fertilidad de suelos del Pacífico Sur de Costa Rica. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 2017(93), 20-41. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0188461117300481>
- García Reinoso, N., & Doumet Chilan, N. Y. (2017). El producto turístico comunitario como estrategia para diversificar las economías locales del cantón Bolívar, provincia de Manabí, Ecuador. *Revista interamericana de ambiente y turismo*, 13(1), 105-116. [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-235X2017000100105&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-235X2017000100105&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Illarze, G., del Pino, A., Riccetto, S., & Irisarri, P. (2018). Emisión de óxido nitroso, nitrificación, desnitrificación y mineralización de nitrógeno durante el cultivo del arroz en 2 suelos de Uruguay. *Revista argentina de microbiología*, 50(1), 97-104. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754117301062>
- Infante, A. S. F., & Santanilla, E. F. (2020). Desempeño del pavimento con mezcla reciclada-RAP y grano de caucho reciclado-GCR. *Infraestructura Vial*, 22(39), 20-28. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/infraestructura/v22n39/2215-3705-infraestructura-22-39-20.pdf>
- Islas, A. J. T., Eyherabide, M., Echeverría, H. E., Rozas, H. R. S., & Covacevich, F. (2014). Capacidad micotrófica y eficiencia de consorcios con hongos micorrícicos nativos de suelos de la provincia de Buenos Aires con manejo



- contrastante. *Revista argentina de microbiología*, 46(2), 133-143.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754114700628>
- Lenz, O. U., Peralta, D., & Cornelis, C. (2019). Scalable approximate FRNN-OWA classification. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*.
- Lorca, H. M., & Muñoz, M. (2006). Primer registro de *Montagnea arenaria* (DC) Zeller (Agaricales) en Chile. *Revista iberoamericana de micología*, 23(2), 113-115.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1130140606700274>
- Luis, Z.-T. J., & Miriam, D. F.-C. (2015). Esgurrimiento en pavimentos de bloques de suelo-cemento: un abordaje experimental. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 16(1), 35-47.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1405774315721050>
- Montes de Oca Hidalgo, M. P., Sequeira Rojas, W., Ávila Esquivel, T., & Aguiar Moya, J. P. (2021). Evaluación del desempeño de los pavimentos rígidos en Costa Rica. *Infraestructura Vial*, 23(42), 53-60.  
[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-37052021000200053&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-37052021000200053&script=sci_arttext)
- Morán, E. M. S., & Zambrano, J. L. (2022). La Participación Ciudadana de los consejos barriales en el Diseño, Ejecución y Evaluación del plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014-2019, del Cantón Portoviejo. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(1), 83.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8331498>
- Pardo, N., Penagos, G., Correa, M., & López, E. (2021). Desarrollo de morteros de bajo impacto ambiental a partir de residuos sílico-aluminosos activados alcalinamente del sector minero. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0366317521000765>
- Parrales, E. M. B., Martínez, R. M., Ponce, L. A. M., & Villegas, L. E. S. (2022). Evaluación de la accidentalidad en la zona urbana de Jipijapa por deficiencias en la señalización vertical. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 6(45), 74-83. <https://journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/594>
- Pinto Paim, L., Demari Avrella, E., de Freitas, E. M., & Sidnei Fior, C. (2020). Revegetación de suelo arenizado con *Butia lallemantii* en el suroeste del estado de Rio Grande do Sul, Brasil. *Bosque (Valdivia)*, 41(1), 35-43.  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92002020000100035&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92002020000100035&script=sci_arttext)
- Rafael, H.-A. A., Pedro, R.-O. M., & Jorge, C.-B. (2014). Simulación del fenómeno de creep en suelos arcillosos mediante reología y ecuaciones diferenciales fraccionarias. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 15(4), 561-574. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1405774314706547>



- Rodríguez, W. Á. G. (2023). Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 6908-6927.  
<https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/5834>
- Sánchez, E. R. B., Pin, G. E. S., & Baque, M. Á. J. (2020). Gestión organizacional para el apoyo contable fiscal como aporte en la recuperación de tributos. *Avances*, 22(1), 51-63.  
<https://www.redalyc.org/journal/6378/637869115004/637869115004.pdf>
- Sánchez, W. L. (2023). Acción frente al cambio climático: gobernanza multinivel de los gobiernos subnacionales y locales en Ecuador. *Estado & comunes, revista de políticas y problemas públicos*, 1(16), 39-59.  
[http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2477-92452023000100039](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2477-92452023000100039)
- Sandoval Aparicio, J. C., Gutiérrez Castorena, M., Cruz Flores, G., & Ortiz Solorio, C. A. (2022). Reservas de carbono y micromorfología de la materia orgánica en suelos ribereños en tres ecosistemas de alta montaña: volcán Iztaccíhuatl. *Madera y bosques*, 28(2). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712022000200112&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712022000200112&script=sci_arttext)
- Vásquez-Ponce, G. O. A., Indacochea-Figueroa, J. F., Forty-Moreira, R. J., & Chara-Plúa, E. J. (2020). Educación virtual en tiempos del covid-19 desde la perspectiva socioeconómica de los estudiantes de la Universidad Estatal del Sur de Manabí del cantón Jipijapa. *Polo del conocimiento*, 5(10), 798-823.  
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1852>
- Yager, R. R. (2019). OWA aggregation with an uncertainty over the arguments. *Information Fusion*, 52, 206-212.

