

# Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos

International evenness index and pavement condition index for defining pavement serviceability levels

Boris Enrique Oblitas-Gastelo<sup>1</sup> ; Ingrid Isabel Medina-Cardozo<sup>2</sup> ; Carmen Rosa Paredes-Asalde<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica del Perú. Chiclayo, Perú. C18740@utp.edu.pe

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica del Perú. Chiclayo, Perú. imedinac@utp.edu.pe

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica del Perú. Chiclayo, Perú.

Fecha de recepción: 28 de mayo de 2021. Fecha de aprobación: 25 de junio de 2021

**Resumen-** La presente investigación constituye una revisión sistemática de la literatura sobre los métodos de evaluación de los pavimentos flexibles, IRI (Índice de rugosidad internacional) y PCI (índice de condición de pavimento) para determinar los niveles de serviciabilidad en pavimentos flexibles, durante los últimos 15 años. Se empleó una búsqueda minuciosa de fuentes bajo criterios de inclusión y exclusión, a partir de los cuales se seleccionaron 29 artículos científicos indexados a bases de datos reconocidas. A través de una matriz de análisis de información se procedió a trabajar exclusivamente con 20 sobre los cuales se construyeron categorías temáticas en torno a las que plantean los resultados de la investigación. Este proceso permitió identificar los principales hallazgos, haciendo comparaciones entre los resultados y puntos de vista distintos o semejantes de autores a fin de extraer conclusiones. Entre los principales resultados se encontró que es necesario tener métodos de evaluación superficial de pavimentos, para conocer el estado actual de estos y no ejecutar actividades sin un criterio técnico. Por ello, utilizar métodos como el IRI y PCI resulta de suma importancia para determinar las características actuales de los pavimentos, para la toma de decisiones respecto al mantenimiento, reconstrucción y rehabilitación de las vías, logrando tener un sistema

adecuado de gestión de infraestructura de pavimentos, invirtiendo los recursos de forma efectiva.

**Palabras clave-** Índice de regularidad internacional; índice de condición de pavimento; pavimento flexible; niveles de serviciabilidad.

**Abstract-** The present research constitutes a systematic review of the literature on the evaluation methods of flexible pavements, IRI (International Roughness Index) and PCI (Pavement Condition Index) to determine the levels of serviceability in flexible pavements, during the last 15 years. A thorough search of sources under inclusion and exclusion criteria was used, from which 29 scientific articles indexed in recognized databases were selected. Through an information analysis matrix, we proceeded to work exclusively with twenty on which thematic categories were constructed around which the results of the research are proposed. This process made it possible to identify the main findings, making comparisons between the results and different or similar points of view of authors in order to draw conclusions. Among the main results, it was found that it is necessary to perform pavement surface evaluation methods in order to know the current condition of pavements and

**Citar este artículo como:** B.E. Oblitas-Gastelo, C.R. Medina-Cardozo, C.R. Paredes-Asalde, Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. *ITECKNE*, 18(2), 2021 pp. 170 - 175 DOI: <https://doi.org/10.15332/iteckne.v18i2.2616>

not to carry out activities without a technical criterion. Therefore, using methods such as IRI and PCI is of utmost importance to determine the current characteristics of pavements, for decision making regarding maintenance, reconstruction and rehabilitation of roads, achieving an adequate pavement infrastructure management system, investing resources effectively.

**Keywords-** International regularity index; pavement condition index; flexible pavement; levels of serviceability.

## 1. INTRODUCCIÓN

El pavimento flexible está constituido por varias capas (de rodadura, base y sub base), las cuales cumplen funciones importantes, como distribuir las cargas del tránsito de forma correcta, resistir agentes climatológicos, impermeabilizar el pavimento y tener una capa de rodadura cómoda y segura para el tránsito [1]. Sin embargo, las mayores cargas de tránsito, cambios de temperatura y deficiencias en el proceso de elaboración de tales pavimentos generan que la vida útil de estos se vea afectada, y por consiguiente, que disminuya sus niveles de serviciabilidad, generando diversos problemas. Por lo que es necesario hacer un seguimiento continuo al estado del pavimento, para que de manera oportuna podamos aplicar una intervención adecuada y evitar así su deterioro acelerado, o su pérdida total.

El índice de condición de pavimento (PCI) es un grado numérico de evaluación superficial de una vía, que se obtiene observando y midiendo el área dañada, reconociendo el tipo de deterioro en función de su densidad afectada y severidad mediante los siguientes niveles: baja (L), media (M) y alta (H). Se utilizan hojas de inspección, catálogo de fallas como referencia y su desarrollo es mediante inspección visual, no se emplean equipos de auscultación. Los datos obtenidos se analizan en gabinete para la obtención del PCI por muestra. El rendimiento de inspección del PCI promedio es de 50 minutos por unidad de muestra de 40 m, teniendo a 3 personas inspeccionando, de las cuales dos evalúan y una toma las fotografías [2]. Esto quiere decir que, se utiliza para calificar el estado del pavimento, identificando los tipos de fallas encontradas que se describen en función de su severidad con ayuda de un catálogo, siendo un método de fácil aplicación, efectivo y económico. Así, este introduce un factor importante que es el valor deducido, con el cual se determina el grado numérico para definir el estado del pavimento.

Por otro lado, el índice de regularidad internacional (IRI) es un señalizador estadístico de la irregularidad superficial, resume el perfil longitudinal, evaluando el movimiento acumulado en la suspensión de un modelo del cuarto de carro que pasa por el perfil a una celeridad de 80 km/h. Este modelo cuenta con masa suspendida conectada a una masa no amortiguada por medio de un resorte y una suspensión, además el neumático se representa por otro resorte. Los parámetros empleados son Ks: variable del

resorte de la suspensión, kr: la constante del resorte de la llanta, Ms: la masa suspendida, Mr: masa no suspendida y cs: amortiguador. El IRI es el valor del movimiento vertical acumulado del asiento del que conduce el vehículo en una distancia determinada. Además este será óptimo cuando más se aproxime al terreno plano, aunque debe existir cierta rugosidad para asegurar la adherencia de la rueda con el pavimento[3]-[6]

Con relación a los pavimentos flexibles de la ciudad de Chiclayo (Perú) se tiene conocimiento de que no existe una data que contenga el estado actual de los pavimentos, ni el porcentaje de las vías que se encuentran en mal estado o que requieran una intervención inmediata. En tal sentido, no se cuenta con información que permita desarrollar un plan de mantenimiento, siendo útil la aplicación de metodologías, como las antes mencionadas, que permitan a los gobierno locales programar sus intervenciones en el tiempo y en el momento oportuno, toda vez que, la falta de mantenimiento en las vías genera una disminución de la vida útil de los pavimentos.

Entre los métodos más comunes por su fácil implementación, economía y practicidad que permiten conocer el estado del pavimento son el PCI y el IRI [7]-[9]. Frente a ello, el objetivo de esta investigación se centra en identificar las características relevantes de los métodos IRI y PCI para determinar los niveles de serviciabilidad en pavimentos flexibles.

## 2. METODOLOGÍA

Para la elaboración de la presente revisión sistemática de la literatura se analizaron de manera rigurosa diversos artículos científicos de revistas indexadas en bases de datos, como: DOAJ, Redalyc, Dialnet, Scielo y OpenDOAR. Asimismo, tesis de repositorios de universidades nacionales e internacionales. Se especificaron como criterios de inclusión y exclusión como la precisión temática; el idioma (español e inglés), descartando fuentes en otros idiomas; la temporalidad, dado que la revisión bibliográfica se enfoca en fuentes con un límite de los últimos 15 años, con la finalidad de trabajar con definiciones actualizadas. En total se investigaron 29 fuentes, tal como se muestra en la Tabla I.

Tabla I.  
BASES DE DATOS Y REPOSITARIOS SEGÚN FUENTES DE INVESTIGACIÓN

| Fuente        |               | Nº | %     |
|---------------|---------------|----|-------|
| Base de datos | Doaj          | 1  | 3.4%  |
|               | Dialnet       | 10 | 34.5% |
|               | Redalyc       | 2  | 6.9%  |
|               | Scielo        | 5  | 17.2% |
|               | OpenDoar      | 1  | 3.4%  |
| Repositorio   | Internacional | 6  | 20.7% |
|               | Nacional      | 4  | 13.8% |

Fuente: Los autores.

Se empleó el gestor de búsquedas de Mendeley, y para el análisis y procesamiento de la información se usó una

matriz de selección de fuentes, que consistió en identificar los elementos básicos de cada investigación, apartir de los cuales se construyó una segunda matriz, con base en veinte fuentes seleccionadas, la que permitió realizar el análisis y síntesis de la información mediante categorías. Este proceso permitió identificar los principales hallazgos, haciendo comparaciones entre los resultados y puntos de vista distintos o semejantes de autores a fin de extraer conclusiones.

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS DE CADA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Rangos de clasificación del IRI

[4] considera valores del IRI de 0 a 12 m/Km para pavimentos, en cambio, [10] consideran valores del IRI mayores, en un rango de 0 a incluso valores superiores a 15. Lo que indica que se pueden obtener resultados muy elevados del IRI, todo depende del estado en que se encuentre el tramo de la vía en evaluación. Así, [4], [5], [10] consideran que los rangos de escala del IRI son los que se aprecian en la Tabla II.

Tabla II.  
RANGOS DE CLASIFICACIÓN DEL IRI

| Autores | Año  | Rango de escala del IRI |
|---------|------|-------------------------|
| [4]     | 2010 | 0-12                    |
| [10]    | 2012 | 0-15                    |
| [5]     | 2013 | 0-15.9                  |

Fuente: Los autores.

Esto quiere decir que, valores bajos significan un estado de pavimento en buenas condiciones y valores elevados del IRI un estado intransitable. Este rango cumple con la normativa AASHTO, donde el rango de escala del IRI no tiene un límite de valores, pero no cumple con lo establecido por el Banco Mundial, donde determinan un límite superior máximo de 12 m/km para vías pavimentadas, por lo que consideramos acertada esta condición.

#### 3.2 Influencia de los valores bajos del IRI en la comodidad y seguridad de los transeúntes

[8] y [11] concluyen que un pavimento con valores bajos de IRI brinda al usuario comodidad al transitar, permitiendo una circulación más segura, teniendo un óptimo rendimiento de combustible, disminuyendo el costo de mantenimiento de los vehículos y del pavimento en comparación con una vía de superficie irregular que genera todo lo contrario. En cambio, [12] menciona que un nivel bajo del IRI brinda condiciones inseguras, siendo el derrape la causa común de accidentes en rutas que presentan esta condición. Por lo que es importante mantener un valor re-

comendado inicial del IRI. Por ejemplo, [11] menciona que como mínimo el IRI debe ser de 1.5 m/km para vías pavimentadas. Estos autores especifican la influencia de valores bajos del IRI respecto al confort y seguridad de los transeúntes, según como se aprecia en la Tabla III.

Tabla III.  
INFLUENCIA DE LOS VALORES BAJOS DEL IRI

| Autores | Valores bajos del IRI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [8]     | Brindan al usuario la comodidad al transitar.<br>El tiempo de utilidad aumenta.<br>Baja el costo de mantenimiento del vehículo y de la vía y también el consumo de gasolina.                                                                                                                                                                                  |
| [12]    | Brindan condiciones inseguras, derrape ocasionando accidentes, por lo que es importante mantener un valor mínimo inicial del IRI para conservar las condiciones de servicio y seguridad en una vía. Varios países cuentan con estudios que relacionan los bajos niveles de rozamiento de un tramo vial con índices más elevados de recurrencia de accidentes. |
| [11]    | Permiten una circulación más segura, disminuyendo el efecto de las cargas dinámicas sobre el pavimento.<br>Entregan un menor estado final de la vía ante intervenciones programadas. Un valor mínimo inicial del IRI recomendado es de 1.5 m/km para caminos pavimentados.                                                                                    |

Fuente: Los autores.

Esto quiere decir que, el obtener valores bajos del IRI garantiza un estado de carpeta asfáltica en perfectas condiciones, lo que permite ahorrar en combustible y en mantenimiento de vehículos como del mismo pavimento, a diferencia de tener una vía con irregularidades mayores, pero también es importante tener en cuenta que debe haber un valor mínimo del IRI para asegurar la seguridad en una vía y evitar accidentes producidos por derrape. Un valor mínimo del IRI que se puede tener en cuenta, es el recomendado por [11] de 1.5 m/Km, para evitar accidentes que pongan en riesgo vidas humanas.

#### 3.3 Importancia del método IRI y PCI para tomar decisiones y realizar intervenciones

[2], [12], [13] mencionan que los municipios desconocen el estado de las vías, por lo que no tienen métodos de evaluación superficial de pavimentos para un sistema de gestión de infraestructura vial, no teniendo una base de datos con la clasificación de condición de las vías, lo que no permite determinar donde realizar la inversión, teniendo una programación imprevista de las correcciones de deterioros, con una evaluación a juicio personal, lo que conlleva equivocarse en la toma de decisiones. Asimismo, [14], [15] recomiendan usar metodologías estandarizadas para identificar la condición superficial de pavimentos flexibles, siendo los resultados una herramienta necesaria para tomar decisiones proyectando estudios de inversión pública (Tabla IV).

Tabla IV.  
IMPORTANCIA DEL MÉTODO IRI Y PCI

| Autores | Importancia de ambos métodos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [2]     | En Perú no se realizan métodos de evaluación superficial de pavimentos, haciéndose una programación imprevista de las correcciones de deterioros, por falta de una política de inversión, generándose fallas progresivas en la superficie de rodado y la queja de los transeúntes.                                                                            |
| [12]    | Con la información de los índices se recomienda el tipo de intervención para cada tramo, invirtiendo los recursos de forma efectiva, procesando los datos a un software geográfico, mostrando mapas con la condición de pavimentos en cada lugar, lo cual permite actualizar y cambiar la información conforme se hagan las acciones correctivas en cada vía. |
| [13]    | Alegan que los responsables del correcto funcionamiento de las vías hacen una evaluación a juicio personal, sin efectuar una metodología empleada a nivel internacional, lo que ocasiona errores e injusticias en la toma de decisiones.                                                                                                                      |
| [12]    | Expresa que es importante conocer el estado real del pavimento mediante metodologías de evaluación superficial de la capa de rodadura, para que los que toman la decisión tengan un mejor análisis.                                                                                                                                                           |
| [14]    | El objetivo es optimizar recursos, empleando métodos de evaluación de pavimentos para una correcta intervención, manteniéndolas en buen estado, evitando a que se deterioren por completo, lo que ocasionaría un sobrecosto a futuro. La gestión de mantenimiento tiene como función la mejora de las redes urbanas con base en un presupuesto utilizable.    |
| [15]    | Recomiendan usar metodología de evaluación superficial para controlar la calidad de la superficie del pavimento, para tomar decisiones proyectando estudios de inversión.                                                                                                                                                                                     |

Fuente: Los autores.

En síntesis, se deben emplear métodos como el IRI y el PCI para una correcta intervención, procesando los datos a un *software* geográfico, con mapas detallando la condición de deterioros de pavimentos en cada lugar y de esta forma poder actualizar la información conforme se hagan las acciones correctivas en cada vía. Un sistema de gestión de mantenimiento tiene como función la mejora de las vías optimizando recursos, puesto que se hacen las intervenciones con base en un presupuesto permitido.

### 3.4 Factores de daños y las principales fallas en pavimentos flexibles

[13] mencionan que los grupos de factores de evolución de deterioro son: factores pasivos, respecto a las características de los pavimentos, y los factores activos como el tráfico y agentes climáticos. Asimismo, [16] menciona que los factores de daños en pavimentos son las cargas de tránsito y los cambios de temperatura que inciden en la generación de grietas. Además, [17] [18] determinan que los factores de fallas son los defectos constructivos, la mala calidad de los materiales, por inadecuado sistema de drenaje y agentes climatológicos. En cambio, [19] manifiestan que uno de los principales deterioros de vía es la acción de la vegetación, producto de las alteraciones volumétricas que ocasiona una reducción de grosores en la estructura al producirse un colapso en las capas de materiales que son perceptibles al agua. Esto quiere decir que, existen diversos factores que originan las fallas presentes en un pavimento, por lo que debemos conocer de ellos y tratar de evitarlos.

Tabla V.  
FACTORES DE DAÑOS Y LAS PRINCIPALES FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

| Autores | Factores de daños                                                                                                                                                                   | Fallas frecuentes                                                                                                                                              |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [13]    | Clasifican los factores de deterioros: en pasivos (respecto a las características de los pavimentos) y en activos (como el tráfico y agentes climatológicos).                       | Determinan que las fallas frecuentes son las fisuras longitudinales y transversales, el agrietamiento en bloque, el parcheo y el desprendimiento de agregados. |
| [19]    | Manifiestan como factor de deterioro a la acción de la vegetación, producto de los cambios volumétricos por el agua, que generan una reducción en el grosor de las capas de la vía. | Determinan que los tipos de fallas frecuentes son: las fisuras longitudinales, hundimientos, fisuras en bloque, piel de cocodrilo y descascamientos.           |
| [16]    | Mencionan como factores de daños a las cargas de tránsito y los cambios de temperatura que inciden en la generación de grietas.                                                     | Manifiesta que las fallas más comunes son las fisuras longitudinales y transversales, ahuellamiento, piel de cocodrilo, abultamientos y hundimientos.          |
| [20]    | Los factores de deterioro son por cargas de tránsito, propiedades de los materiales y efectos climáticos.                                                                           | Determinan como fallas principales a los ahuellamientos y a la piel de cocodrilo.                                                                              |
| [17]    | Mencionan como factores de fallas a defectos constructivos.                                                                                                                         | Expresan que las fallas más comunes son el parcheo y el agrietamiento lineal.                                                                                  |
| [18]    | Los factores que originan las fallas son: errores constructivos, mala calidad en los materiales, agentes climatológicos e inadecuado sistema de drenaje.                            | Determinan que por lo general las fallas frecuentes son la piel de cocodrilo, las fisuras en bloque, grietas longitudinales y transversales.                   |

Fuente: Los autores.

Los principales factores de daños en pavimentos flexibles son: las cargas de tránsito, los cambios de temperatura, defectos constructivos, mala calidad de los materiales, inadecuado sistema de drenaje y la acción de la vegetación (cuando cerca de la zona de la vía hay distintas especies de plantas). Los cuales generan diversas fallas en pavimentos flexibles, las cuales podemos ver en el catálogo de deterioros que presenta el método PCI. Además, por diversos estudios se puede determinar que las fallas principales en pavimentos flexibles son las fisuras longitudinales, las grietas transversales, el agrietamiento en bloque, el parcheo, el desprendimiento de agregados, la piel de cocodrilo y los baches.

#### 4. CONCLUSIONES

Es fundamental realizar métodos de evaluación superficial de pavimentos, para tener conocimiento de su estado actual de los mismos y no ejecutar actividades de rehabilitación, mantenimiento y ejecución de pavimentos sin un criterio técnico. Por defecto de una política de inversión y mantenimiento, se generan fallas progresivas en la superficie de rodadura. En cambio, con un proceso de gestión de infraestructura de pavimentos, se puede encontrar de manera rápida la información de los índices y la recomendación de intervención para cada tramo, invirtiendo los recursos de forma efectiva, prolongando la vida útil de la infraestructura.

El IRI es un indicador muy importante que define si una carretera está cumpliendo con el nivel de servicio. Es un método sencillo y rápido de utilizar, lo que permite tomar decisiones de tipo estratégico para una correcta intervención, su nivel de confianza es alto respecto a la calidad de la información en comparación con los demás índices. Los valores del IRI varían de 0-12 m/km en pavimentos flexibles conforme a lo establecido por el Banco Mundial, donde valores bajos significa un estado de pavimento en buenas condiciones y valores elevados del IRI un estado intransitable. También, existe un valor inicial mínimo recomendado del IRI de 1.5 m/km para evitar accidentes por derrape.

El PCI es un grado numérico de evaluación superficial del pavimento mediante inspección visual, que permite determinar los niveles de serviciabilidad, por lo que no se emplean equipos de auscultación, siendo un método de fácil aplicación, efectivo y económico. El rango de escala del PCI varía de 0 (pavimento fallado) a 100 (pavimento excelente) según la norma ASTM D6433. Además, con los valores del PCI se puede determinar la intervención adecuada para cada tramo de vía.

Los principales factores de daños en pavimentos flexibles son: las cargas de tránsito, los cambios de temperatura, defectos constructivos, mala calidad de los materiales, inadecuado sistema de drenaje o ausencia de este, acción de la vegetación, entre otros, los cuales generan diversas fallas en las vías, las cuales podemos ver en el catálogo de deterioros que presenta el método PCI. Además, por diversos estudios se puede determinar que las fallas principales en pavimentos flexibles son las

fisuras longitudinales, las grietas transversales, el agrietamiento en bloque, el parcheo, el desprendimiento de agregados, la piel de cocodrilo y los baches.

Finalmente, cabe precisar que es importante tener conocimiento de la condición de las diferentes vías empleando métodos de evaluación superficial para no hacer intervenciones sin criterio técnico, lo que ocasiona la destrucción progresiva de muchos pavimentos. En cambio, teniendo un procedimiento de gestión de infraestructura vial, con valores de los índices de cada pavimento, se podría invertir los recursos de manera efectiva, haciendo las intervenciones donde se requiere y en el momento adecuado.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] M.A. Arones Tuesta and P.C. Canchay Inga, "Evaluación del pavimento flexible de la avenida la Marina entre avenida 28 de julio y los Rosales en Punchana 2018," 2019.
- [2] J.O. Cruz Toribio and J.W. Gutiérrez Lazares, "Evaluación superficial de vías urbanas empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT)," *Métodos y Mater.*, vol. 8, pp. 23-32, May 2019, DOI: <https://doi.org/10.15517/mym.v8i1.34113>
- [3] S. Álvarez and R. Rivero, «Instrumento electrónico para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) con base en el perfilómetro estático Merlin», *Rev. Fac. Ing.* vol. 27, p. 8, 2012. Universidad Central de Venezuela. <[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652012000100006&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652012000100006&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0798-4065.
- [4] G. Badilla Vargas, "Aspectos y consideraciones importantes en el cálculo del índice de regularidad internacional (IRI)," *Rev. Ing.*, vol. 20, no. 1-2, 2011, DOI: <https://doi.org/10.15517/ring.v20i1.2.7271>
- [5] J. Montoya-Goicochea, "Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú," *Univ. Piura*, pp. 2-82, 2013.
- [6] V. Solís Salas, "Contexto de las especificaciones de regularidad superficial en proyectos de rehabilitación costarricense," *Infraestruct. Vial*, vol. 20, no. 35, Oct. 2018, DOI: <https://doi.org/10.15517/iv.v20i35.34832>
- [7] A.M. Abad Regalado, L.M. Sangurima Armijos, "Análisis de correlación del desempeño estructural y funcional de la vía Cuenca - Molleturo - Naranjal, en el tramo Puente Tamarindo - Jesus María," 2018.
- [8] D.A. Almanza Mendoza, "Evaluación del modelo 'Quarter Car' para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) del tramo Huancavelica - Santa Inés," *Univ. Nac. del Altiplano*, pp. 1-118, 2014.
- [9] L.V. Martínez, A. Alonso Aenlle, "Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles en aeropuertos para Cuba," *Rev. Arquitect. Ing.*, vol. 11, no. 2, pp. 1-11, 2017.
- [10] J.A. Zapata, G.J. Cardona, J.A. Zapata Duque and G.J. Cardona Londoño, "Aplicación de los sistemas de información geográfica para la gestión de la malla vial de la ciudad de Medellín, (Applying Geographic Information Systems for the Management of the Road Network of Medellín City)," *Ing. USBMed*, vol. 3, no. 2, pp. 2027-5846, 2012. DOI: <https://doi.org/10.21500/20275846.277>
- [11] M. Pradena, "Análisis de regularidad superficial en caminos pavimentados," *Rev. La Construcción*, vol. 5, no. 2, pp. 16-22, 2006.

- [12] R. Barrantes Jiménez, "Equipos de evaluación de alto desempeño de redes viales" *Infraestruct. Vial*, vol. 13, no. 24, pp. 31–39, 2011.
- [13] D. González-Fernández, H. Ruiz-Caballero, P. Guerrero-Valverde, "Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el índice de condición del pavimento (PCI)," 2006, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358738015>
- [14] A. Andrade, "Mejora de la gestión del mantenimiento de pavimentos urbanos en la ciudad de Valencia a través de la predicción de su deterioro," p. 81, 2018, [Online]. Available: <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/115994>
- [15] I. Vera, G. Thenoux, H. Solminihac and T. Echaveguren, "Modelo de evaluación técnica del desempeño del mantenimiento de pavimentos flexibles," *Rev. la Construcción*, vol. 9, no. 2, pp. 76–88, Dec. 2010, DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2010000200008>
- [16] S.I. Baque-Solis, "Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí," *Dominio las Ciencias*, vol. 6, no. Tramo II, pp. 203–228, 2020, DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v6i2.1163>
- [17] A.E. Chávez Mendieta and L.Y. Peñarreta Tello. «Desarrollo de la correlación entre dos indicadores de la condición de la superficie del pavimento,» B.S. Thesis. Cuenca, 2019-04-24. [Online]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32499>
- [18] K.C. Aranibar Centeno, M.C. Saavedra Blanco, "Determinación del estado actual del pavimento mediante la medición del índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) en la vía principal Izcuchaca - Huaroscondo," 2019.
- [19] J.A. Pineda-Jaimes, C.A. Murillo-Feo and J.E. Colmenares, "Caracterización de patologías asociadas a la acción de especies vegetales en una vía del occidente de la sabana de Bogotá," *Épsilon*, vol. 0, no. 25, pp. 39–68, 2016.
- [20] C. Sandoval and A. Orobio, "Efectos de las tolerancias de construcción en el desempeño de los pavimentos flexibles," *Rev. Ing. Construcción*, vol. 28, no. 3, pp. 266–277, 2013, DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-50732013000300004>