

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS DE EVALUACIÓN
EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS”: una revisión de
la literatura científica

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

Autor:

Victor Alfonsin Palomino Rios

Asesor:

Mg. Ing. Raúl Billy Zárate Peña

Lima - Perú

2020

DEDICATORIA

A mis padres, Alfonso y Eva que fueron fundamentales en mi vida personal y académica.

A mi abuela Jacinta, a pesar de no estar presente físicamente sé que me acompaña en todo
momento.

AGRADECIMIENTO

A nuestro amado Padre Celestial por nunca abandonarme en los momentos más difíciles.

A mi querido padre por su apoyo constante a pesar de la distancia que nos separa hace
años.

A madre por su amor incondicional y su gran dedicación. Los logros se los debo a ustedes
ya que me formaron con valores que me motivan a seguir superándome cada día.

Al docente de proyecto de tesis por guiarme con paciencia y sabiduría durante el proceso
de elaboración del presente trabajo de investigación.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	11
CAPÍTULO III. RESULTADOS	21
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES.....	28
REFERENCIAS	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Proceso de obtención de información. Fuente: Propia.	12
Tabla N° 2. Cantidad de documentos por cada fuente. Fuente: Propia.	13
Tabla N° 3. Cantidad de documentos en selección primaria por cada fuente. Fuente: Propia.	14
Tabla N° 4. Resumen de fuentes seleccionadas. Fuente: Propia.	20
Tabla N° 5. Resultado de la cantidad de fuentes definitiva en cada buscador. Fuente: Propia.	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Porcentaje que pertenece a cada buscador en la preselección. Fuente: Propia.	13
Figura N° 2. Porcentaje que pertenece a cada buscador en la selección primaria. Fuente: Propia. ...	14
Figura N° 3. Diagrama de flujo del proceso de selección de datos. Fuente: Propia	21
Figura N° 4. Tipo de estudio en cada buscador académico. Fuente: Propia.	23
Figura N° 5. Cantidad de documentos en cada buscador académico por cada año. Fuente: Propia .	23
Figura N° 6. Fuentes por año de publicación. Fuente: Propia.....	24
Figura N° 7. Temas abordados en cada documento encontrado en cada buscador académico. Fuente: Propia.....	25
Figura N° 8. Enfoque de los documentos escogidos para la revisión sistemática. Fuente: Propia. ...	26

RESUMEN

Las evaluaciones en los pavimentos son importantes para monitorear y tener un inventario del estado de las vías para implementar un sistema de gestión de pavimentos que permitan realizar los mantenimientos correspondientes logrando ahorrar recursos públicos y ayudando a la transitabilidad de los usuarios sin dificultad. Distintos países adoptan sistema de gestión de pavimentos basados en las evaluaciones que pueden ser estructurales, superficiales o funcionales. El tipo de evaluación dependerá del objetivo trazado, los recursos que se tengan y el entorno del lugar.

La presente revisión sistemática recopila los estudios de investigación de distintos buscadores y países, ya sea en idioma inglés o español. Se filtra la información a través de una preselección donde se descarta los documentos por antigüedad y que no guardan relación con la pregunta de investigación. En la selección primaria se utilizarán los criterios de exclusión o seleccionados por el criterio de inclusión. Posteriormente, se describirán las características principales y resultados de cada documento seleccionado.

Finalmente, de acuerdo a los hallazgos encontrados se podrá determinar el tipo de evaluación de pavimento que sobresale entre las otras, donde se destacan sus cualidades y limitaciones.

PALABRAS CLAVES: Evaluación en pavimentos asfálticos, método PCI, Sistema de Gestión de Pavimentos.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se evidencia que en nuestra capital el aumento del parque automotor en Lima, los pavimentos se someten a más y mayores solicitudes. Por ello es muy importante que los pavimentos presenten características mínimas como, ser resistente a las cargas durante su vida útil, proporcionarnos una circulación económica, cómoda y eficiente, tener un drenaje adecuado para que no afecte la durabilidad además que la transitabilidad sea permanente y segura.

El pésimo estado de las vías principales de la ciudad se debe a la dejadez de los gobiernos locales ya que no realizan planes de conservación vial y se deja en abandono las vías afectando a los usuarios y peatones que no les permite trasladarse rápidamente. (Rodríguez y Tacza, 2018, p.13).

Con la falta de mantenimiento en nuestras vías locales que afectan la transitabilidad de los usuarios se deben realizar monitoreos en todas las avenidas para tener un inventario que nos permita realizar la intervención correspondiente y evitar la pérdida total de la serviciabilidad de nuestras vías de comunicación. Ante esto, ¿Qué técnicas de evaluación en pavimentos asfálticos es la adecuada para aplicarse en vías con poco presupuesto?

El objetivo de este trabajo de investigación es encontrar la adecuada técnica de evaluación de pavimentos asfálticos que permita el ahorro de recursos públicos. Ante esto, se debe adoptar una metodología para evaluación y una adecuada toma de decisiones para la adecuada y oportuna conservación de las vías locales contribuyendo al ahorro de los recursos públicos.

La justificación del presente estudio es la importancia de realizar investigaciones sobre las técnicas de evaluación de pavimentos asfálticos que nos ayudarán en la conservación de nuestras vías para ampliar su vida útil y ahorrar recursos públicos.

La evaluación de pavimentos es importante porque permite conocer en tiempo real el estado de las vías para plantear las medidas correctivas oportunas para brindar un a serviciabilidad óptima. Cuando se realizan evaluaciones periódicas se podrá prolongar la vida útil de las principales vías optimizando costos de rehabilitación total de las vías. (Cantuarias y Watanabe, 2017, p.16).

Como ya se mencionó anteriormente, existen diferentes factores que producen fallas en el pavimento antes de cumplir su tiempo de vida útil, tales como, defectos constructivos, volúmenes de tránsito no esperados, malos y/o nulos mantenimientos, etc. Por ello, el presente trabajo de investigación aplicará el método Pavement Condition Index (PCI) para poder determinar el estado actual de la vía en un rango de valores entre 0 a 100, mediante una inspección visual de las fallas superficiales según el tipo, cuantificarlo y evaluar su nivel de incidencia sobre el pavimento asfáltico. Para dar una alternativa de intervención de acuerdo a las condiciones encontradas y su severidad.

La principal característica del método PCI viene a ser su bajo costo implementación, puesto que no requiere de instrumentación especializada, a su vez la objetividad en el análisis de fallas, la cual se basa en el rigor de la observación de los daños encontrados y el criterio del evaluador para calificar la severidad de cada una de ellas. (Gaspar, 2018, p.34).

Para Sotil (2014):

La ventaja del método PCI sobre los métodos descritos en los manuales del MTC y MCVS es que es una metodología visual de bajo costo donde una clasificación numérica te define el estado de las vías, esta información es relevante para un correcto sistema de gestión de pavimentos (SGP). (p.15)

Arhin, Williams, Ribbiso & Anderson (2015) afirman que existen distintos índices para evaluar el estado de un pavimento utilizadas para la gestión de pavimentos como los son el

Pavement Condition Index (PCI) y el Índice Internacional de Rugosidad (IRI). Estos métodos se diferencian en los equipos que se utilizan para cada uno y los parámetros propios de cada metodología.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La revisión sistemática de la literatura científica con relación al tema de investigación, es una herramienta mediante la cual se recopila y analiza evidencias científicas que permiten contribuir con el aprendizaje profundo y facilita la comprensión. Los artículos considerados se caracterizan principalmente por abordar aspectos relacionados a la evaluación de fallas en pavimento asfálticos, utilizando distintos métodos como el PCI (Pavement Condition Index) que utiliza parámetros que permiten determinar el tipo de intervención que se va realizar para rehabilitar y/o mejorar las vías de acuerdo al estado de éstas; La realización y publicación de estos estudios están comprendidos a partir del año 2010. Teniendo como criterio de inclusión los idiomas español e inglés en los documentos recientes de información relevante.

La información fue recopilada como fuente principal en EBSCO y como fuentes secundarias en Scielo, Redalyc y Google Académico.

Como estrategia de búsqueda se utilizó las palabras claves: evaluación de fallas en pavimentos asfálticos, método PCI y rehabilitación de vías; utilizando conectores booleanos como: (método PCI) OR (evaluación de pavimentos asfálticos); (método PCI) OR (rehabilitación AND vías) siendo de gran ayuda para la búsqueda de información para el tema de estudio.

La pregunta de investigación para el presente trabajo de investigación es: ¿Qué técnicas de evaluación en pavimentos asfálticos es la adecuada para aplicarse en vías con poco presupuesto?

Para obtener la información adecuada, se realizó una selección de datos que consiste en la preselección, selección primaria y selección definitiva. La tabla N°1 muestra el proceso.

Tabla N° 1

Proceso de obtención de información

Preselección	Se utilizaron palabras claves y se encontraron 130 documentos de los cuales 45 eran artículos científicos y el resto eran tesis de pregrado y postgrado. Para tener información actualizada se consideraron información a partir del año 2010 dando prioridad a los documentos en los idiomas inglés y español.
Selección Primaria	Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión considerando la calidad y la antigüedad de la información. Teniendo 30 archivos en la selección primaria.
Selección Definitiva	Se seleccionaron 22 archivos de forma definitiva.

Tabla N° 1. Proceso de obtención de información. Fuente: Propia.

Para los criterios de inclusión y exclusión se consideraron a los documentos que tengan relación con la pregunta de investigación, artículos en los idiomas inglés y español, que se encuentren en el período 2010-2020. Se inició la preselección de información a través de la Biblioteca Virtual UPN, en Ebsco se obtuvo 68 estudios relacionando a pavimentos. En Scielo, donde se obtuvo 18 documentos; luego en Redalyc, con un total de 19 fuentes; finalmente, en Google Académico se obtuvo 25 estudios relacionando al tema. En la Tabla 2, se detallan las fuentes utilizadas, la cantidad preseleccionada y el total.

En el caso de la duplicidad, solo se tomó en cuenta los archivos encontrados en Ebsco y se descartaron los encontrados en el resto.

De las cantidades de artículos encontrados en cada buscador se tiene que el 52% pertenecen a EBSCO, 19% a Google Académico, 15% a Redalyc y 14% a Scielo.

Tabla N°2

Cantidad de documentos preseleccionados por cada fuente.

ID	FUENTE	CANTIDAD
EB	EBSCO	68
GA	GOOGLE ACADÉMICO	25
RD	REDALYC	19
SC	SCIELO	18
TOTAL		130

Tabla N° 2. Cantidad de documentos por cada fuente. Fuente: Propia.

En la etapa de selección primaria se hizo un estudio minucioso para descartar los documentos que no guardaban relación con el tema de investigación, duplicidad y artículos de mala calidad o incompletos para no tener disconformidad en la información. Como resultado se tuvo de 18 artículos en EBSCO que representa el 35%, 14 documentos en Google Académico que representa el 27%, 10 documentos en Redalyc con un 20% y 9 documentos en Scielo con un 18%.

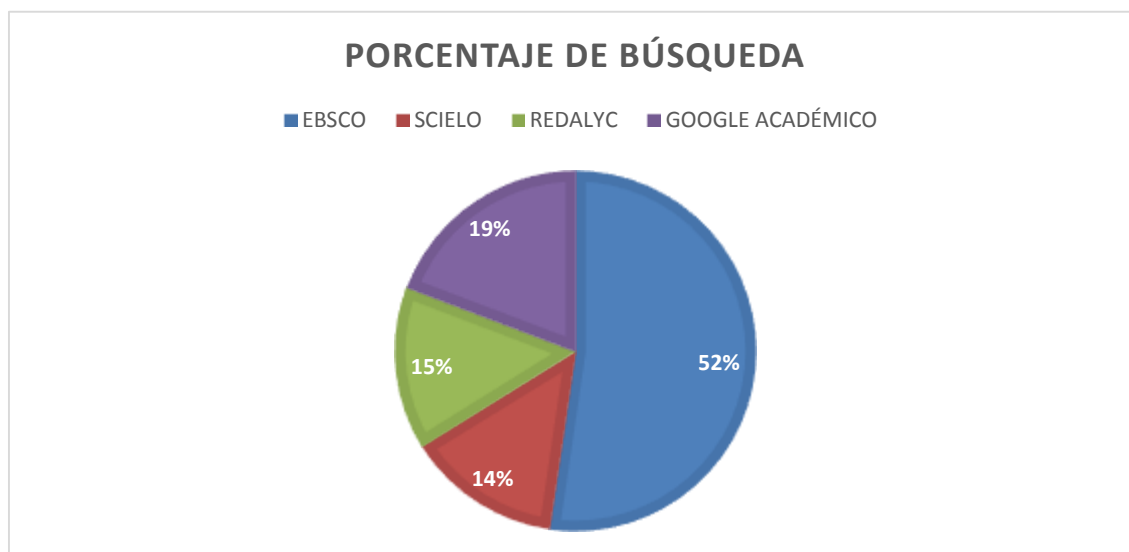


Figura N° 1. Porcentaje que pertenece a cada buscador en la preselección. Fuente: Propia.

Tabla N°3

Cantidad de documentos en selección primaria por cada fuente.

ID	FUENTE	CANTIDAD
EB	EBSCO	18
GA	GOOGLE ACADÉMICO	25
RD	REDALYC	10
SC	SCIELO	9
TOTAL		51

Tabla N° 3. Cantidad de documentos en selección primaria por cada fuente. Fuente: Propia.

Inicialmente se recolectaron 130 documentos, luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión ya mencionados se eligieron de forma definitiva 22 documentos. El método de extracción que se usó fue una tabla, en la fila superior contiene los apartados de: número de artículo, doi, año de publicación, fuente, autores, título, resumen, tipo de estudio, país, palabras claves tal como se muestra a continuación en la tabla.

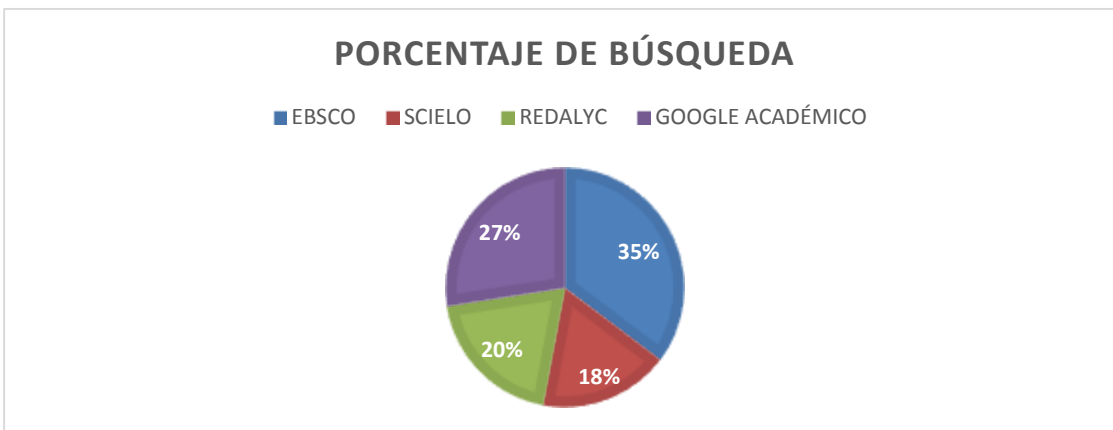


Figura N° 2. Porcentaje que pertenece a cada buscador en la selección primaria. Fuente: Propia.

Tabla N°4

Cantidad de estudios seleccionados para la revisión sistemática

N°	DOI	AÑO	FUENTE	AUTORES	TÍTULO	RESUMEN	TIPO DE ESTUDIO	PAÍS	PALABRAS CLAVES
1	10.5923/j.jce.20150501.02	2015	EBSCO	Arhin, S.; Williams, L.; Ribbiso, A. & Anderson, M.	Predicting Pavement Condition Index Using International Roughness Index in a Dense Urban Area	Para este estudio se utilizaron 2 años de datos de IRI-PCI para elaborar modelos estadísticos que permitan predecir el valor de PCI utilizando datos de IRI. Se obtuvo que el modelo estadístico era correcto debido a que el nivel de significancia es igual a 5%.	Tipo Descriptivo/ Experimental	EEUU	Pavement Condition Index, International Roughness Index, Ride Quality, Prediction, Urban Areas Evaluación subjetiva, condición del pavimento, panel de evaluadores, vías urbanas, gestión de pavimentos
2	dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000100045.	2019	Scielo	Aramayo, L.; Silva Junior, C.A. P. & Fontenele, H. B.	Escala visual para evaluación de pavimentos urbanos: Una validación en oficina.	Analiza las condiciones de las superficies de las vías de Paraná, Brasil. Mediante fotografías realizaron un análisis visual apoyándose en la prueba de hipótesis Kolmogorov-Smirnov. Los dos modos de evaluación pueden ser utilizados en oficina, dado que la coherencia de las evaluaciones ha sido satisfactoria con ambos procedimientos.	Descriptiva/ No experimental	BRASIL	pavimentos flexibles, índice global, método de evaluación PCI
3	ISSN: 1027-2887	2019	Redalyc	González, H.; Ruiz, P. & Guerrero, D.	Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el índice de condición del pavimento (PCI).	Se aplica la metodología propuesta en el trabajo para el PCI al tramo Seminario Bautista-Loma la Cruz (Acceso Camino Viejo del Cobre) de la Carretera Central. Se obtuvo como resultado que el estado del pavimento es regular, según la escala que muestra el método.	No experimental, transversal por su diseño	CUBA	Evaluation, PCI, Visual inspection, Distress, Airport.
4	E-ISSN: 1990-8830	2017	EBSCO	Alonso, A. & Valdés, L.	Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles en aeropuertos para Cuba.	En este trabajo se propone un catálogo de fallas para evaluar los pavimentos en aeropuertos de Cuba, ya que actualmente no se cuenta con esto. Para ello se utilizará el método PCI para la evaluación de los pavimentos de los aeropuertos.	Descriptiva/ No experimental	CUBA	

5	http://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i1.161	2017	EBSCO	Cardoso, D., Carvalho, N.; Pessoa, A.	Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico	Mediante un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT), software para plano de vuelo y procesamiento de imágenes, mosaicos de ortofotos y Modelo Digital de Superficie (MDS) del área en estudio se buscó realizar una evaluación superficial del pavimento. Pero la inestabilidad del vehículo influye en el resultado de la toma de imágenes. Se utilizó una base de datos compuesta por los resultados de PCI de más de 1.250 km de carreteras en Irán para desarrollar los modelos. Los resultados mostraron que los valores proyectados basados en las redes neuronales artificiales (RNA) y la programación genética (PG) coinciden con los datos medidos en el campo. Además, el modelo basado en RNA fue más preciso que el modelo basado en PG. Para aplicaciones más sencillas, se desarrolló un programa informático basado en los resultados obtenidos.	Descriptiva/ No experimental	BRASIL	vehículo aéreo no tripulado; patología; pavimento asfáltico
6	10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000454.	2012	EBSCO	Shahnazari, H., Tutunchian, M., Mashayekhi, M., Amini, A.	Application of Soft Computing for Prediction of Pavement Condition Index	En este trabajo se propone un modelo de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades de poco presupuesto en el Perú. Se utiliza el método PCI por su bajo costo y que se puede replicar en otras jurisdicciones buscando la implementación de un manual para la gestión de pavimentos en el país.	Descriptiva/ No experimental	IRÁN	Pavement condition index; Genetic programming; Neural networks; Soft computing.
7	ISSN: 2215-3705	2014	EBSCO	Sotil, A.	Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales.		Descriptiva/ No experimental	PERÚ	gestión; pavimentos; municipales; bajos recursos
8	ISSN: 0124-8170	2014	Redalyc	Porras, H., Ramón, J., Mejía, Y., Parra, J.	Sistemas automáticos para la adquisición de datos enfocados a examinar pavimentos flexibles.	En este artículo hace comparación entre los métodos manuales y automáticos para la evaluación de pavimentos. Teniendo como conclusión que para el uso del método automático se requieren de equipos especiales para evitar errores en el procesamiento de datos.	Descriptiva/ No experimental	COLOMBIA	Sistemas automáticos de adquisición de datos para inspección de pavimentos, imágenes digitales, reconstrucción tridimensional

9	ISSN 1405-7743	2016	Scielo	Macea, L., Morales, L., Márquez, L.	Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo.	Este artículo utiliza un vehículo equipado de elementos que permitan registrar los daños de la vía que es objeto de estudio para elaborar un mapa de deterioros. La toma de datos mediante este equipo dependerá de la conducción del vehículo.	Descriptiva/ Experimental	COLOMBIA	Gestión de pavimentos; seguridad vial; nuevas tecnologías; sistemas de información geográfica; países en vía de desarrollo
10	ISSN: 2215-370	2014	EBSCO	Andrade, C., Machado, I., Rufino, J.	Metodología de análisis de la condición del pavimento a partir del cuenco de deflexión.	En este artículo describe una metodología que propone la intervención, determinar los espesores de la subrasante a partir de los parámetros del cuenco deflexión. Se utilizan para esta metodología la viga Benkelman y el Deflectómetro de impacto.	Descriptiva/ No experimental	COSTA RICA	Pavimentos flexibles, cuenco de deflexión, rehabilitación de carreteras.
11	10.15517/iv.v20i35.34830	2018	EBSCO	Arias, R., Rodríguez, J.	Criterios ambientales y socioeconómicos para priorizar inversiones en la red vial de Costa Rica.	En este artículo se elaboró evaluaciones funcionales y estructurales para determinar el estado de la Red vial en Costa Rica agregando información del tránsito y jerarquía. Todo esto con el fin de implementar un sistema de gestión de pavimentos en el lugar.	Descriptiva/ No experimental	COSTA RICA	Gestión de pavimentos, planes de inversión; criterios de priorización; nivel de red.
12	ISSN: 2215-3705	2017	EBSCO	Picado, G.	Desarrollo de curvas de deterioro para pavimento flexible y factor de incertidumbre.	En el presente trabajo se utilizó el método PCI (ASTM D-6433) para determinar el estado de los caminos de la Gran Área Metropolitana, en las provincias de San José, Alajuela, Cartago y Heredia; de igual manera obtener las curvas de deterioro a través de un análisis estadístico multivariable.	Descriptiva/ No experimental	COSTA RICA	Deterioros en pavimento flexible, Índice de Condición de Pavimento, curvas de deterioro, actividades de mantenimiento vial.
13	ISSN: 0718-5073	2011	EBSCO	Martínez, G., Fuentes, L., Torregroza, L.	Revisión del sistema de gestión de pavimentos de	El documento propone elementos claves que se deben complementar y que debe tener como mínimo un sistema de gestión de infraestructura,	Descriptiva/ No experimental	COLOMBIA	Ciclorrutas, sistemas de gestión de

					la red ciclorrutas de Bogotá.	tales como; el desarrollo de modelos de deterioro, definición de estándares de mantenimiento y la evaluación social en la fase de priorización de intervenciones.			pavimentos, mantenimiento, modelos de deterioro
14	10.19083/tesis/624556	2018	EBSCO	Rodríguez, P. & Tacza, H.	Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado.	Toma como zona de estudio el carril segregado del corredor Javier Prado obteniendo un valor PCI de 57 lo que califica con un estado bueno pero se debe aplicar intervenciones de manera inmediata para evitar el deterioro acelerado de la vía.	Descriptiva/ No experimental	PERÚ	Pavimento Flexible Evaluación de fallas Índice de Condición del Pavimento (PCI)
15	-	2019	Google Académico	Coripuna, C. & Huanacchiri, Y.	Evaluación del estado de conservación del pavimento, utilizando el método PCI con el software EvalPav, en las avenidas el Trébol, Venus y Manuel Gonzales Prada (km 0+000 - 2+383) del distrito de Los Olivos.	Al aplicar el método PCI con el software EvalPav, se determinó lo siguiente: el primer tramo, la av. El Trébol, tiene un PCI de 34 y su estado de condición es malo; el segundo tramo, la av. Venus, tiene un PCI de 8 y su estado de condición es fallado, y el tercer tramo, la av. Manuel Gonzales Prada, tiene un PCI de 32.15 y su estado de condición es malo.	Descriptiva/ No experimental	PERÚ	Evaluación superficial del pavimento, índice de condición del pavimento, estado de conservación del pavimento
16	-	2016	Google Académico	Leguía, P. & Pacheco, H.	Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en Las vías arteriales: cincuentenario, colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)	Aplicando el método Pavement Condition Index (PCI) se determinó que la Av. Cincuentenario tiene un PCI de 51.84 y se encuentra en un estado de conservación "Regular"; mientras que la Av. Colón y Miguel Grau tienen un PCI de 59.29 y presentan un estado de conservación "Bueno".	Descriptiva/ No experimental	PERÚ	Evaluación superficial de pavimentos flexibles, Índice de Condición de pavimentos (PCI).
17	-	2019	Google Académico	Correa, M. & Del Carpio, L.	Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura	En este trabajo se toma como zona de estudio el jirón Los Incas en Piura, se tuvo como objetivo plantear las alternativas de reacción mediante el método PCI usando el software EVALPAV. El resultado fue que el sector 1 le corresponde una rehabilitación, para el sector 2 un mantenimiento	Descriptiva/ No experimental	PERÚ	PCI/EvalPav/Estudio de tráfico/IMDA/Intervención vial.

						rutinario y periódico, para el sector 3 mantenimiento rutinario.			
18	-	2018	Google Académico	Gaspar, C.	Propuesta de priorización de asignación de recursos para el tratamiento de pavimentos, mediante la aplicación del índice de condición del pavimento flexible, en la condición funcional de la av. Lomas de Carabayllo, Lima, 2016	Esta investigación utiliza el método PCI en la Avenida Las Lomas de Carabayllo para determinar el estado de esta vía y plantear la priorización de recursos para el mejoramiento de las vías locales.	Descriptiva/ No Experimental	PERÚ	Conservación de pavimentos, priorización, tratamiento, preventivo, reactivo y condición funcional.
19	-	2017	Google Académico	Cantuarias, L. & Wantanabe, J.	Aplicación del método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida Camino Real de la urbanización La Rinconada del distrito de Trujillo	Esta tesis aplica el método PCI, en la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida Camino Real, determina que su estado de conservación es Excelente cuyo valor de PCI es 87.52 a lo largo de sus 3 044.70 metros.	Descriptiva/ No Experimental	PERÚ	Pavimento Flexible Evaluación de fallas Índice de Condición del Pavimento (PCI)
20	-	2016	Google Académico	Conza, D.	Evaluación de fallas de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la Av. Circunvalación Oeste de Juliaca.	Esta tesis utilizó el método PCI en la AV. Circunvalación tramo Parque Cholo - Av. Ferrocarril de la ciudad de Juliaca para determinar el estado de esta vía. Dando el resultado de un estado regular pero que necesita intervenciones para mejorar su condición.	Descriptiva/ No Experimental	PERÚ	Pavimento Flexible Evaluación de fallas Índice de Condición del Pavimento (PCI)
21	http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732017000100004	2017	Scielo	Leiva, F., Pérez, E., Aguiar, J., Loría, L.	Modelo de deformación permanente para la evaluación de la condición del pavimento	Este artículo correlaciona los datos de deflexiones en la superficie del pavimento con las deformaciones plásticas probables en el tiempo utilizando datos adquiridos en 4 pistas distintas ensayadas a escala real por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica para utilizar esta predicción para estimar la vida remanente del pavimento.	Tipo Descriptivo/ Experimental	COSTA RICA	Deformaciones plásticas, pavimento flexible, ahuellamiento, deflexión del pavimento, modelo productivo

22	-	2017	Google Académico	Coy, O.	Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 Entre carreras 52ª a 53c comparando los métodos VIZIR y PCI	En esta investigación se comparó el método PCI y VIZIR teniendo como zona de estudio la calle 134 dando como resultado un estado bueno en ambos métodos pero se evidencia la eficiencia del método PCI.	Tipo Descriptivo/ Experimental	COLOMBIA	PCI/ VIZIR/Evaluación superficial de un pavimento flexible
----	---	------	------------------	---------	--	---	-----------------------------------	----------	---

Tabla N° 4. Resumen de fuentes seleccionadas. Fuente: Propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En la primera etapa de exclusión de las fuentes, se utilizaron las palabras claves para la búsqueda de información encontrando documentos que se centraban en el diseño de pavimentos y no en su evaluación, archivos que solo mencionaban los tipos de fallas en pavimentos pero no utilizaban una metodología para su reconocimiento ni procedimientos para su intervención. Se tomaron en cuenta los archivos de idioma inglés y español, que se encuentren en el período 2010-2020 dando como resultado un total de 130 documentos.

En la segunda etapa, se hizo un estudio minucioso para descartar los documentos que no guardaban relación con el tema de investigación, artículos de mala calidad o incompletos para no tener disconformidad en la información y el tema de duplicidad donde se tomó en consideración los documentos encontrados en EBSCO. De los 130 artículos que se obtuvo en un principio, se redujo a 51 artículos debido a que se descartaron con los criterios ya mencionados. Finalmente se consideraron 22 archivos entre artículos científicos y tesis considerados para la revisión sistemática descartando 29 fuentes por deficiente estructuración. Mediante el siguiente flujograma detallamos cada etapa explicada anteriormente:



Figura N° 3. Diagrama de flujo del proceso de selección de datos. Fuente: Propia

Las veintidós fuentes de información que están limitadas en el período 2010-2020 se obtuvieron de los siguientes buscadores académicos: siete tesis en Google Académico; nueve artículos y una tesis en EBSCO a través de la Biblioteca virtual de la Universidad Privada del Norte; tres artículos en Scielo y dos artículos en Redalyc.

Tabla N°5

Cantidad de documentos definitivos por cada fuente.

ID	FUENTE	CANTIDAD
EB	EBSCO	10
GA	GOOGLE ACADÉMICO	7
RD	REDALYC	3
SC	SCIELO	2
TOTAL		22

Tabla N° 5. Resultado de la cantidad de fuentes definitiva en cada buscador. Fuente: Propia.

De las veintidós fuentes escogidas; en el caso de EBSCO dos artículos son del año 2018, tres del año 2017, dos del año 2014, y un artículo en los respectivos años 2015, 2012, 2011. En Google Académico para los años 2019, 2017, 2016 existen dos artículos en cada año respectivamente y uno en el año 2018. En Scielo para los años 2019, 2017, 2016 existe un artículo respectivamente. De igual forma en Redalyc para los años 2019 y 2014 existe un artículo respectivamente. Estos se visualizarán de mejor manera en el siguiente gráfico.

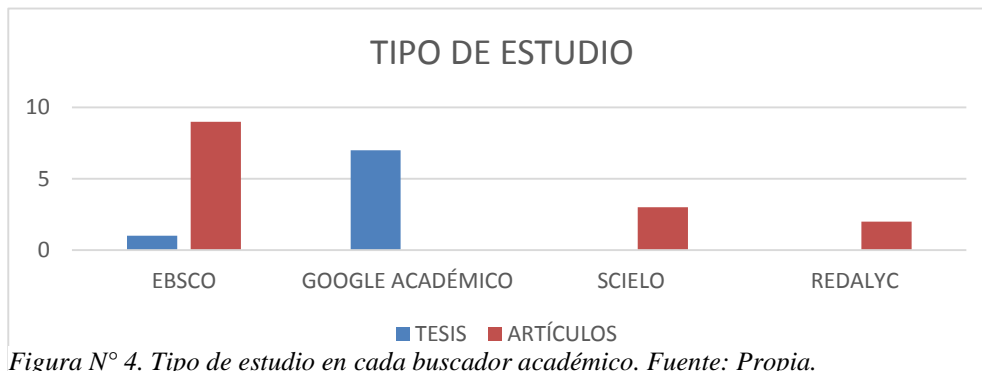


Figura N° 4. Tipo de estudio en cada buscador académico. Fuente: Propia.

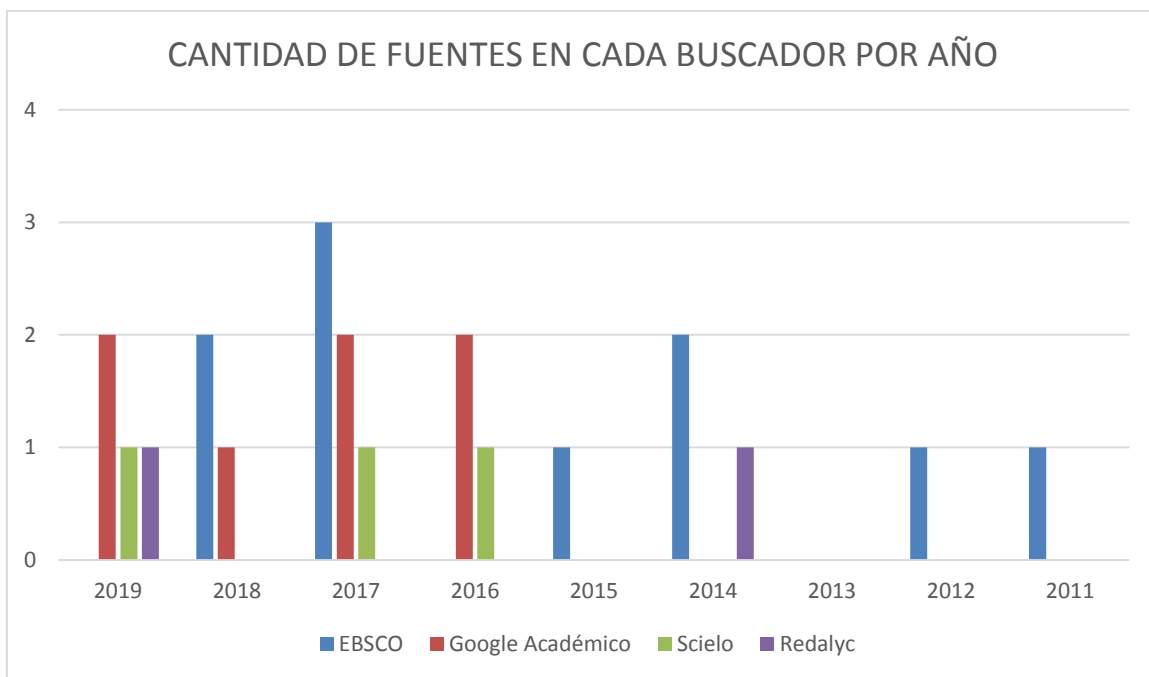


Figura N° 5. Cantidad de documentos en cada buscador académico por cada año. Fuente: Propia

Del cuadro anterior se puede apreciar que el 18% de las fuentes pertenecen al año 2019, el 14% pertenece al año 2018, el 27% pertenece al año 2017, el 14% pertenece al año 2016, el 4% pertenece al año 2015, el 14% pertenece al año 2014, no existen fuente del año 2013, el 4% pertenece al año 2012, y el 5% pertenece al año 2011. Estos datos se visualizan en el siguiente gráfico estadístico.



Figura N° 6. Fuentes por año de publicación. Fuente: Propia.

De los documentos elegidos se puede evidenciar una tendencia a utilizar el Método PCI como método de evaluación superficial de pavimentos. Las fuentes encontradas en EBSCO los temas tratados son las evaluaciones superficiales; ya sea método PCI o utilizando equipos no tripulados (drones), evaluaciones estructurales y la implementación de sistemas de gestión de pavimentos que se basan en las evaluaciones de pavimentos para que los dichos sistemas funcionen. Los documentos en Google Académico existe una gran tendencia en el uso del método PCI en sus evaluaciones superficiales de pavimentos. Los documentos encontrados en Redalyc tratan sobre evaluaciones superficiales. Por último, en Scielo los archivos se enfocan en las evaluaciones estructurales y superficiales de pavimentos. Las fuentes de información tienen distintas zonas de estudio con distintos resultados de acuerdo a su realidad pero todos tienen un tema en común, la evaluación de pavimentos asfálticos. En el siguiente gráfico se muestra la tendencia de los temas abordados de acuerdo a lo encontrado en los buscadores académicos.

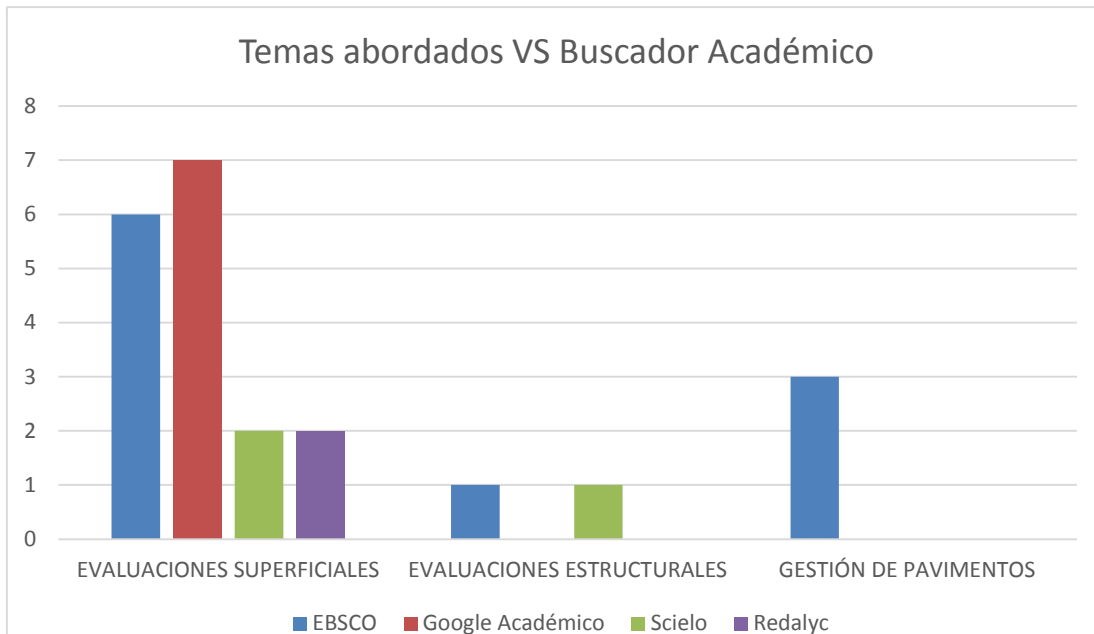


Figura N° 7. Temas abordados en cada documento encontrado en cada buscador académico. Fuente: Propia.

En cuanto al análisis global de los estudios, se puede verificar que trece fuentes utilizaron el método PCI para su evaluación superficial. Ocho de ellas son tesis de pregrado y dos artículos científicos, éstos aplican el método en una zona determinada para hallar el estado de la vía. Un artículo plantea el uso del método del PCI para evaluar los pavimentos de Cuba. Dos artículos enfocan el método PCI como herramienta para un correcto sistema de gestión de pavimentos (SGP).

Tres artículos realizan evaluaciones superficiales con equipos especiales para optimizar tiempos, que luego procesan las imágenes, estos coinciden que el conductor o el vehículo no tripulado influyen en la calidad de las imágenes. El último artículo que trata de evaluaciones superficiales plantea mediante fotografías las evaluaciones de pavimentos y demostrando estadísticamente su viabilidad (evaluación visual).

Dos artículos se enfocan en utilizar evaluaciones estructurales y mediante correlaciones buscan determinar propiedades del pavimento (Estadístico-estructural). Un artículo es mixto ya que correlaciona valores de IRI y PCI, estadísticamente demuestran que si es viable utilizar esa correlación para determinar cualquiera de los valores (Estadístico-mixto).

Dos artículos tratan sobre la gestión de pavimentos para el correcto mantenimiento de las vías ya sean ciclovías o vías municipales. Estos concluyen que se deben implementar estos sistemas para el correcto monitoreo de las vías. Estos se visualizan en la siguiente figura.

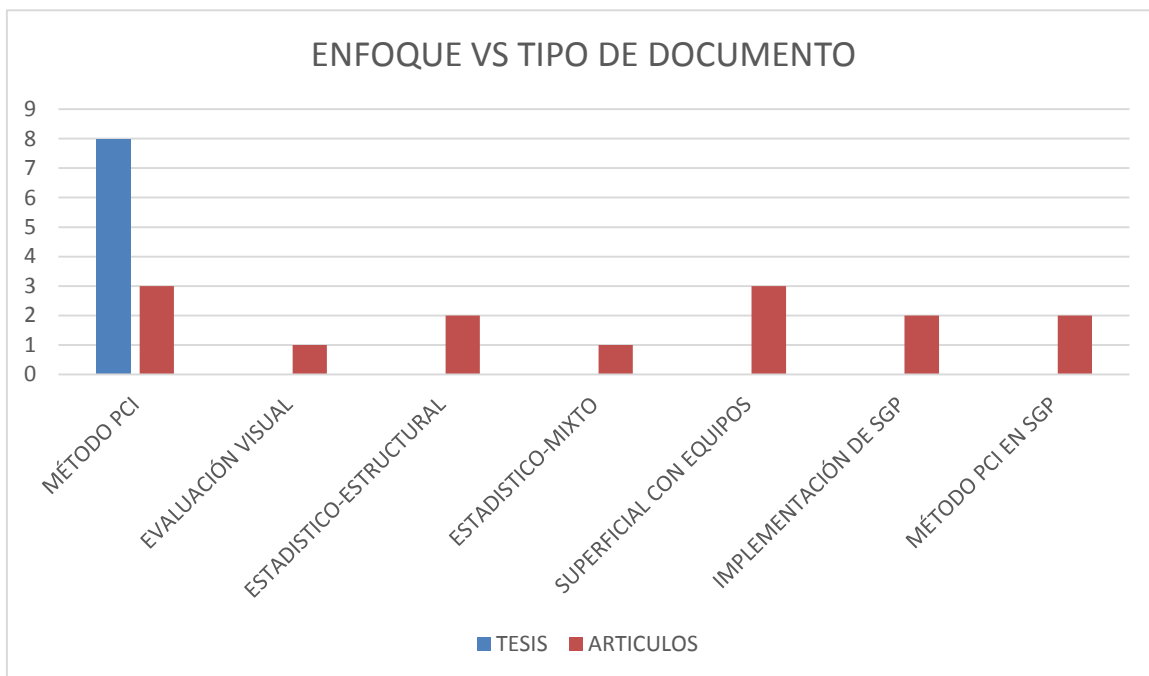


Figura N° 8. Enfoque de los documentos escogidos para la revisión sistemática. Fuente: Propia.

Para el análisis concreto y comparativo de los hallazgos, los resultados en los distintos documentos de información fueron diferentes ya que tuvieron distintos lugares de estudio, esto influye ya que cada lugar tiene distinta realidad, por ejemplo; la tesis presentada por Rodríguez y Tacza (2018), toma como zona de estudio el carril segregado del corredor Javier Prado obteniendo un valor PCI de 57 lo que califica con un estado bueno pero se debe aplicar intervenciones de manera inmediata para evitar el deterioro acelerado de la vía. Asimismo,

Aramayo, Silva y Fontenele (2019), analiza las condiciones de las superficies de las vías de Paraná, Brasil. Mediante fotografías realizaron un análisis visual apoyándose en la prueba de hipótesis Kolmogorov-Smirnov. Los dos modos de evaluación pueden ser utilizados en oficina, dado que la coherencia de las evaluaciones ha sido satisfactoria con ambos procedimientos.

Por otro lado, Coy (2017), en su trabajo de investigación compara el método VIZIR con el método PCI (ambas evaluaciones superficiales) para determinar el estado la superficie del pavimento flexible de una zona urbana en la ciudad de Bogotá donde obtuvo que el estado de las calles eran buenas utilizando los dos métodos. Hace una comparación entre los parámetros que utiliza el método VIZIR calificando de sencilla y entendible mientras que el método PCI es más completa para la evaluación de pavimentos asfálticos ya que considera todos los daños en su superficie pero es más detallada por lo que sus cálculos de clasificación de daños demoran. En la siguiente tabla se presenta los resultados encontrado en cada fuente de información. Una evaluación novedosa fue la que realizaron Cardoso, Carvalho y Pessoa (2017), identificaron las patologías superficiales utilizando un vehículo aéreo no tripulado que lograba captar mediante imágenes que luego serían procesadas para su respectivo análisis pero se da a conocer que la inestabilidad del equipo influye en la calidad de las imágenes obtenidas.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

La revisión de la literatura científica nos permite identificar que existe una gran tendencia a utilizar el método PCI como técnica de evaluación superficial de pavimentos debido a su bajo costo y los detalles minuciosos para calificar el estado de una vía pero se limita a utilizarse solo en pavimentos asfálticos. Como parte de las evaluaciones superficiales se utilizaron vehículos aéreos no tripulados y vehículos con sensores que puedan captar el estado de la vía para procesarlo con software especializados. También, utilizaron las evaluaciones estructurales para determinar el estado de las vías de estudios utilizando equipos como la viga Benkelman para determinar las deflexiones. Los datos obtenidos en las evaluaciones; ya sean estructurales, superficiales o funcionales, sirven para tener un adecuado sistema de gestión de pavimentos y permitan un adecuado mantenimiento de las vías.

Para realizar una evaluación de pavimentos se debe elegir una técnica adecuada al entorno donde se realizará el estudio y que se coherente con los objetivos trazados. Con estos resultados se concluye que las evaluaciones adecuadas para realizar con presupuesto son las superficiales utilizando método PCI ya que permite optimizar recursos, obtienes características concretas del estado de las vías que permiten el monitoreo de estas. Es por ello que los sistemas de gestión de pavimentos utilizan este método para determinar el tipo de mantenimiento que se debe realizar en una determinada vía y tener los datos de estas evaluaciones.

REFERENCIAS

- Aramayo, L., Silva Junior, C., & Fontenele, H. B.. (2019). *Escala visual para evaluación de pavimentos urbanos: una validación en oficina*. Revista ingeniería de construcción, 34(1), 45-54. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000100045>
- Arhin, S.; Williams, L.; Ribbiso, A. & Anderson, M. (2015). *Predicting Pavement Condition Index Using International Roughness Index in a Dense Urban Area*. Journal of Civil Engineering Research, Vol. 5 No. 1, 2015, pp. 10-17. Disponible en: doi:10.5923/j.jce.20150501.02
- Cantuarias, L. & Wantanabe, J. (2017). *Aplicación del método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida camino real de la urbanización La Rinconada del distrito de Trujillo*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Cardoso, D., Carvalho, N.; Pessoa, A.(2017). *Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico*. Revista ALCONPAT, 7 (2), pp. 160-171, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i1.161>
- Coy, O. (2017). *Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52ª A 53C comparando los métodos VIZIR y PCI*. (Tesis de maestría). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- Gaspar, C. (2018). *Propuesta de priorización de asignación de recursos para el tratamiento de pavimentos, mediante la aplicación del índice de condición del pavimento flexible, en la condición funcional de la av. Lomas de Carabayllo, Lima, 2016*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Lima, Perú.
- Leguía, P. & Pacheco, H. (2016). *Evaluación Superficial del Pavimento Flexible por el Método Pavement Condition Index (PCI) En las Vías Arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)*. (Tesis de pregrado). Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.
- Rodríguez, P. & Tacza, H. (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Sotil, A. (2014). *Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales*. Revista Infraestructura Vial. Volumen (16). p.p.13-24. Recuperado de: <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/14582/15637>