



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“TIPOS DE RESTAURACIÓN PARA FALLAS EN
PAVIMENTOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA”

Trabajo de investigación para optar el grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autores:

Gerson Yeampier Cabanillas Hualpa

Noé David Rodríguez Chalán

Asesor:

Mg. Ing. Gabriel Cachi Cerna

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

A nuestros queridos padres que con cada enseñanza nos impulsaron a seguir adelante, por sus consejos, su amor incondicional y su paciencia durante el desarrollo y culminación del trabajo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirnos y brindarnos salud en cada etapa de nuestras vidas.

Al Ing. Mg. Gabriel Cachi Cerna por guiarnos en el desarrollo de nuestro trabajo e
inculcarnos a mejorar cada día.

A nuestros familiares y amigos por brindarnos su ánimo en estos momentos
difíciles por la cual estamos pasando.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	10
CAPÍTULO III. RESULTADOS	35
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES.....	45
CAPÍTULO V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Búsqueda de información en Google Académico utilizando palabras claves	12
Tabla 2. Búsqueda de información en e-Libro utilizando palabras claves	12
Tabla 3. Búsqueda de información en SCIELO utilizando palabras claves	13
Tabla 4. Búsqueda de información en Redalyc utilizando palabras claves	13
Tabla 5. Asignación de artículos según importancia	17
Tabla 6. Artículos excluidos	22
Tabla 7. Artículos incluidos.....	26
Tabla 8. Porcentaje de artículos publicados por país de procedencia.....	37
Tabla 9. Porcentaje de artículos publicados por tipo de base de datos consultada.....	38
Tabla 10. Cantidad de artículos de Google Académico seleccionados en la investigación según palabra clave.....	38
Tabla 11. Cantidad de artículos de SCIELO seleccionados en la investigación según palabra clave.....	39
Tabla 12. Cantidad de artículos de Redalyc seleccionados en la investigación según palabra clave.....	39
Tabla 13. Porcentaje de artículos publicados por tipo de estudio	39
Tabla 14. Porcentaje de artículos publicados por tipo de metodología	40
Tabla 15. Porcentaje de artículos publicados por idioma.....	40
Tabla 16. Leyenda según código generado por palabras clave	40
Tabla 17. Investigaciones seleccionadas	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1. Esquema de búsqueda: "Google Académico"	14
Gráfico 2. Esquema de búsqueda: "SCIELO"	15
Gráfico 3. Esquema de búsqueda: "e-Libro"	15
Gráfico 4. Esquema de búsqueda: "Redalyc"	16
Gráfico 5. Jerarquización del método para la elección de artículos de investigación	35
Gráfico 6. Porcentaje de artículos publicados por año	37

RESUMEN

El presente trabajo detalla una revisión sistemática dirigida en la búsqueda de bases teóricas sobre los tipos de fallas y la restauración del pavimento con reutilización del material que la conforma.

Para su desarrollo se utilizó las bases de datos Google Académico, e-Libro, SCIELO, y Redalyc. Recopilando así a 36 estudios, seleccionando a 12 como estudios primarios, que se centraban en a la tipología de fallas y métodos de restauración en pavimentos flexibles, comprendidos entre los años 2002 y 2019, de carácter internacional y de idioma español, seleccionándolos con la ayuda de tablas que recaudan la información más relevante para la revisión sistemática. Concluyendo que para la elección del método de reciclaje se debe realizar un previo análisis correspondiente a su estado actual del pavimento; siendo los métodos más comunes el reciclaje en frío y en caliente, que, aunque se rigen de diversas normas siguen un procedimiento similar, variando el uso del material reciclado entre un 2% a un 40% y que podrían ser utilizados para restaurar las fallas en el pavimento, además de ayudar a evitar el 2% de impacto ambiental generado por la explotación de bancos de material.

PALABRAS CLAVE: Pavimento flexible, fallas en pavimentos flexibles, reciclaje de pavimentos flexibles, impacto ambiental de pavimentos flexibles.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La pavimentación de carreteras, calles y caminos es una prioridad hoy en día. Es gracias a esta capa conformada por distintos materiales que permite el paso de vehículos y personas de forma segura. Por todo esto, la colocación de pavimento siempre ha sido importante, pero actualmente es una prioridad. (VISE , 2020)

Contar con calles y otros espacios pavimentados significa propiciar el desarrollo de las ciudades o poblaciones. El pavimento permite la accesibilidad y movilidad en dichas zonas, lo cual trae beneficios como un mayor flujo de mercancías, visitantes, la práctica de nuevas actividades relacionadas con el comercio y la generación de más recursos económicos. (VISE , 2020)

Sin embargo, en Chile el inadecuado diseño o mantenimiento de la vía es causa de una congestión innecesaria. En muchas ciudades es frecuente encontrar casos de falta de demarcación de los carriles de circulación, inesperados cambios en el número de carriles, paraderos de buses ubicados justamente donde se reduce el ancho de la calzada y otras deficiencias que entorpecen la fluidez del tránsito. Asimismo, el mal estado del pavimento, y en especial la presencia de baches, genera crecientes restricciones de capacidad y aumenta la congestión. (Bull, 2003)

En Perú la Defensoría del Pueblo indica que en diferentes ciudades ocurren accidentes con mayor frecuencia o intensidad debido a fallas o carencias en la infraestructura vial, como la existencia de forado en el pavimento, falta de mantenimiento de vías; que propician el incremento de accidentes viales. (Defensoría del Pueblo, 2020)

En Cajamarca según ESAN y Protec (2014) en un estudio de tráfico se observó que existe una saturación en las vías de la ciudad, haciendo notorio la vulnerabilidad de la infraestructura vial; ocasionando que se generen diversos tipos de fallas, generalmente en

los pavimentos flexibles, trayendo consigo la molestia de los usuarios. Siendo las fallas más comunes las superficiales y los agrietamientos profundos.

Por lo que usualmente para solucionar los diversos tipos de fallas generadas en la infraestructura vial no se toma en consideración el impacto ambiental que surge durante su reparación, pues como dice el autor Alfonso Montejo Fonseca (2002) el principal problema surge por el progresivo agotamiento de las fuentes de obtención de los agregados pétreos de alta calidad y la crisis energética que surge durante su producción.

Considerando lo anteriormente mencionado surge un tema importante para la investigación basándose en la pregunta: ¿Qué se ha indagado con respecto a la reparación de fallas en el pavimento flexible?, esta investigación tendrá como objetivo principal indagar bases teóricas sobre los tipos de fallas y la restauración del pavimento con reutilización del material. Asimismo, los objetivos específicos serán: investigar acerca de las fallas más comunes en pavimentos flexibles, investigar procesos de restauración de fallas de pavimentos enfocándonos en la reutilización del material, finalmente, estudiar y diferenciar las bases teóricas que se consideren óptimas para el sustento de nuestra investigación.

Esta investigación será de suma importancia, pues brindará un enfoque de solución poco utilizada en la actualidad, pero que es muy relevante respecto a la problemática ambiental y económica que se genera hoy en día.

Los resultados que se obtengan finalizada la investigación serán de suma importancia para municipalidades y empresas que estén relacionadas al rubro de mantenimiento de pavimentos flexibles.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La presente indagación es un estudio que tiene el fin de analizar y clasificar conceptos relacionados con la pregunta de investigación. Generando así una línea de investigación con respecto a nuestro tema. La pregunta planteada es ¿Qué se ha investigado acerca del análisis de las fallas y su restauración en pavimentos flexibles, con métodos reciclables?

Para la obtención de información se tuvo en cuenta libros, tesis, informes, y artículos de investigación en el idioma español de carácter regional, nacional e internacional, con las herramientas virtuales Google Académico y E-Libro.

- **Google Académico:** es un buscador especializado que permite localizar documentos de carácter académico como artículos, tesis, libros, patentes, materiales de congresos y resúmenes de fuentes diversas como editoriales universitarias, asociaciones profesionales, repositorios de preprints, universidades y otras organizaciones académicas. Los resultados aparecen ordenados considerando el texto completo, el número de citas recibidas, el autor, la publicación fuente, etc. (Universidad del País Vasco , 2015)
- **e-Libro:** es una empresa proveedora de un extenso servicio de distribución de contenidos en distintos formatos, tanto digitales como impresos bajo demanda. Todos los usuarios al mismo tiempo pueden ver todos los libros electrónicos, en los idiomas español, portugués e inglés. (EcuRed, 2019)
- **SCIELO:** La Scientific Electronic Library Online - SciELO Perú es una biblioteca virtual que abarca una colección seleccionada de revistas científicas peruanas.

SciELO es un proyecto de carácter regional desarrollado la FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, en colaboración con BIREME - Centro Latinoamericano y del Caribe de Información en Ciencias de la Salud.

En Perú este proyecto es liderado por el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, y la Representación en Perú de la Organización Panamericana de la Salud. (SciELO, 2020)

- **Redalyc:** La Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal Redalyc es un proyecto impulsado por la Universidad Autónoma de Estado de México (UAEM), con el objetivo de contribuir a la difusión de la actividad científica editorial que se produce en y sobre Ibero América. (Universidad El Bosque , 2020)

La investigación fue basada con la consideración de palabras claves relacionadas al tema seleccionado. Facilitando la información mediante la elaboración de tablas guías para poder sintetizar lo encontrado. La investigación toma como enfoque todas las teorías aplicadas a partir del 2002.

La primera fuente de búsqueda fue Google Académico, donde se encontraron un total de 15 artículos en español, de los cuales 4 artículos encontrados hacen referencia a “Pavimento flexible”; 3 artículos están relacionados con “Fallas en pavimentos flexibles”; 4 artículos están relacionados con “Reciclaje de pavimentos flexibles”; y 4 artículos hacen referencia al “Impacto ambiental de pavimentos flexibles”.

Tabla 1. *Búsqueda de información en Google Académico utilizando palabras claves*

Herramienta Virtual	Palabras claves	Nro. Artículos	%
Google Académico	Pavimento flexible.	4	26.67
	Fallas en pavimentos flexibles.	3	20.00
	Reciclaje de pavimentos flexibles.	4	26.67
	Impacto ambiental de pavimentos flexibles.	4	26.67
Total de artículos revisados.		15	100

Fuente: Elaboración propia

La segunda fuente de búsqueda fue e-Libro, donde se encontraron un total de 5 artículos en español, de los cuales 3 artículos encontrados hacen referencia a “Pavimento flexible”; 1 artículo está relacionado con “Fallas en pavimentos flexibles”; 1 artículo está relacionado con “Reciclaje de pavimentos flexibles”; y ningún artículo hace referencia al “Impacto ambiental de pavimentos flexibles”.

Tabla 2. *Búsqueda de información en e-Libro utilizando palabras claves*

Herramienta Virtual	Palabras claves	Nro. Artículos	%
e. libro	Pavimento flexible.	3	60.00
	Impacto ambiental de pavimentos flexibles.	0	0.00
	Fallas en pavimentos flexibles.	1	20.00
	Reciclaje de pavimentos flexibles.	1	20.00
Total de artículos revisados.		5	100

Fuente: Elaboración propia

La tercera fuente de búsqueda fue SciELO, donde se encontraron un total de 6 artículos en español, de los cuales 3 artículos encontrados hacen referencia a “Pavimento flexible”; 1 artículo está relacionado con “Fallas en pavimentos flexibles”; 2 artículo está relacionado con “Reciclaje de pavimentos flexibles”; y ningún artículo hace referencia al “Impacto ambiental de pavimentos flexibles”.

Tabla 3. *Búsqueda de información en SCIELO utilizando palabras claves*

Herramienta Virtual	Palabras claves	Nro. Artículos	%
SCIELO	Pavimento flexible.	3	50.00
	Fallas en pavimentos flexibles.	1	16.67
	Reciclaje de pavimentos flexibles.	2	33.33
	Impacto ambiental de pavimentos flexibles.	0	0.00
Total de artículos revisados.		6	100

Fuente: Elaboración propia

La cuarta fuente de búsqueda fue Redalyc, donde se encontraron un total de 10 artículos en español, de los cuales 2 artículos encontrados hacen referencia a “Pavimento flexible”; 3 artículo está relacionado con “Fallas en pavimentos flexibles”; 5 artículo está relacionado con “Reciclaje de pavimentos flexibles”; y ningún artículo hace referencia al “Impacto ambiental de pavimentos flexibles”.

Tabla 4. *Búsqueda de información en Redalyc utilizando palabras claves*

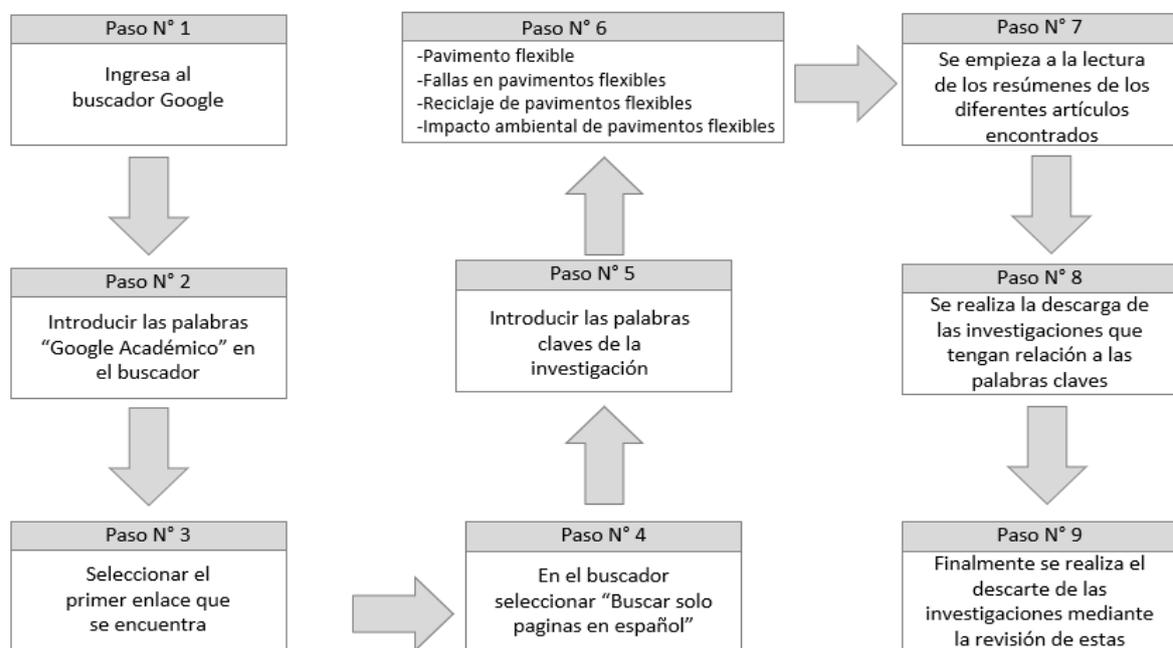
Herramienta Virtual	Palabras claves	Nro. Artículos	%
Redalyc	Pavimento flexible.	2	20.00
	Fallas en pavimentos flexibles.	3	30.00
	Reciclaje de pavimentos flexibles.	5	50.00
	Impacto ambiental de pavimentos flexibles.	0	0.00
Total de artículos revisados.		10	100

Fuente: Elaboración propia

Estrategias de búsqueda

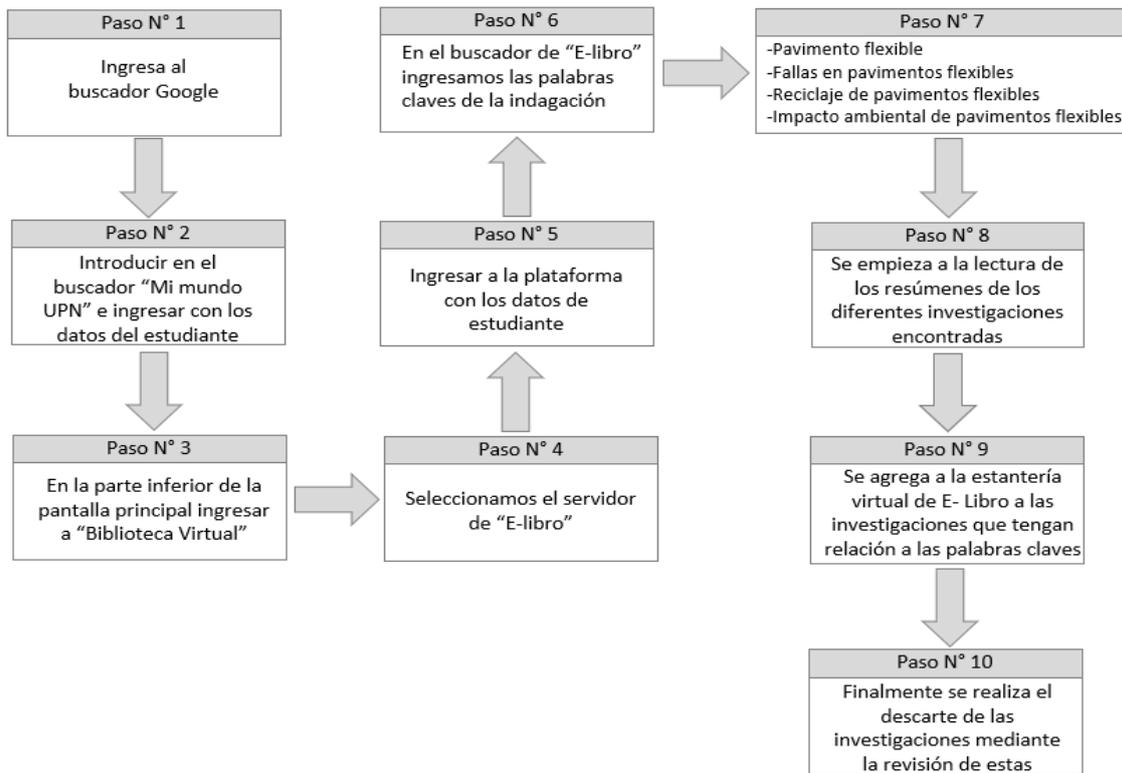
Se esquematizó el proceso que se llevó a cabo para la indagación de las investigaciones en cada una de las bases consultadas.

Gráfico 1. Esquema de búsqueda: "Google Académico"



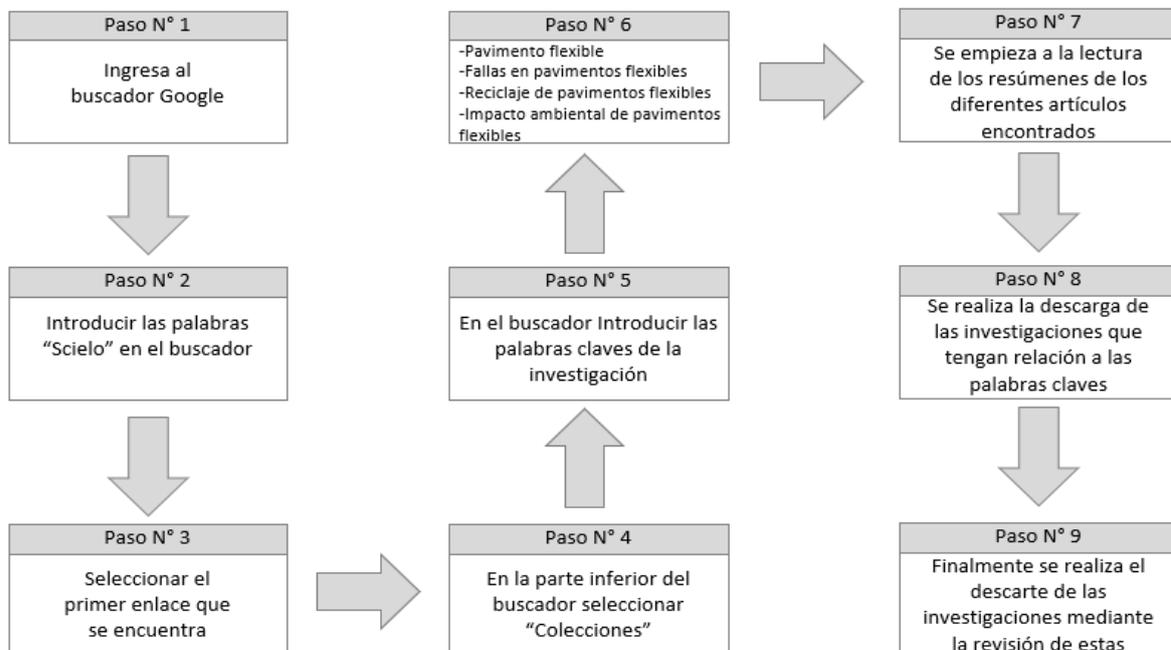
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2. Esquema de búsqueda: "e-Libro"



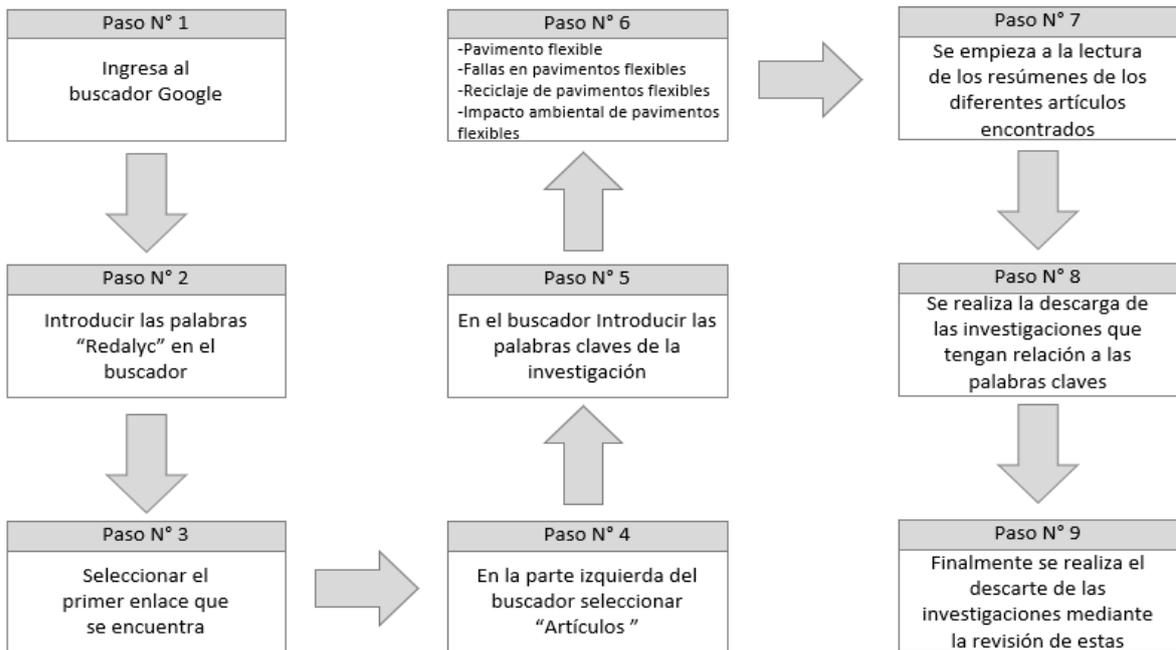
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Esquema de búsqueda: "SCIELO"



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Esquema de búsqueda: "Redalyc"



Fuente: Elaboración propia

Después de seguir los pasos de búsqueda se encontró un total de 36 investigaciones, procediendo a la recolección de información que describen el estudio de campo, es decir, la fuente de donde proviene la investigación como: el título, autores, lugar y año, teniendo en cuenta que la importancia de la investigación será clasificada como alto y bajo.

Considerando alto aquellos artículos que propicien información relevante respecto al tema de investigación, y bajo a aquellos que presentan temas pocos relacionados o información ya recaudada en los artículos considerados de alta importancia.

Tabla 5. Asignación de artículos según importancia

Fuente	Autor	Tema	Lugar	Año	Importancia
Libro (e-libro)	Rondón Quintana Hugo Alexander	Pavimentos: materiales, construcción y diseño	Colombia	2015	Bajo
Tesis (e-libro)	Pérez Reyes Robinson	Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones	Chile	2009	Bajo
Artículo (e-libro)	Rondón Quintana Hugo Alexander, Lizcano Fredy Alberto Reyes	Estudio de soluciones para pavimentación de canchas de acopio para industrias forestales	Colombia	2009	Bajo
Tesis (e-libro)	Cazorla Artiles María Elena	Metodología para la evaluación del pavimento flexible y propuesta de soluciones de rehabilitación de un tramo de carretera, a partir de la inspección visual	Cuba	2010	Bajo
Tesis (e-libro)	Moll Martínez Reynier	Procedimiento para el diseño estructural de pavimentos flexibles rehabilitados en Cuba con el empleo de bases recicladas utilizando ligantes asfáltico	Cuba	2016	Bajo
Libro (Google Académico)	MONTEJO FONSECA A.	Ingeniería de pavimentos para carreteras	Colombia	2004	Bajo
Libro (Google Académico)	Alfonso Rico Rodríguez, Rodolfo Téllez Gutiérrez, Paul Garnica Anguas	Pavimentos flexibles Problemática, metodologías de diseño y tendencias	México	2002	Bajo

Libro (Google Académico)	José Luis Hernández Michaca, Víctor Manuel Sánchez Granados, Irene Castillo Chaires, Sergio Alberto Damián Hernández, Rodolfo Téllez Gutiérrez	Impacto Ambiental de proyectos carreteros, efectos por la construcción y conservación de superficies de rodamiento: I Pavimentos Flexibles	México	2004	Alto
Libro (Google Académico)	Hernández Salazar Manuel Aristides	Evaluación comparativa del impacto ambiental, de pavimentos flexibles frente a los pavimentos rígidos, mediante el análisis de la variación de temperatura	Perú	2016	Bajo
Tesis (Google Académico)	Cristhian Suárez	Evaluación técnica-económica de pavimento de carpeta asfáltica y adoquín para el tramo de carretera empalme El Portillo-El Cuá 11.59 km	Perú	2019	Bajo
Artículo (Google Académico)	Guadalupe LÓPEZ, Daniel RANGEL	Comparativa de mediciones de ruido generado en carreteras con carpeta de pavimento rígido vs pavimento flexible	México	2013	Bajo
Artículo (Google Académico)	Neidy Betssey Patiño Boyacá, Oscar Javier Reyes-Ortiz, Javier Fernando Camacho-Tauta	Comportamiento a fatiga de mezclas asfálticas colombianas con adición de pavimento reciclado al 100%	Colombia	2015	Bajo
Tesis (Google Académico)	Carmen Elena Rodríguez Mineros, Jose Atonio Rodríguez Molina	Evaluación y Rehabilitación de pavimentos flexibles por el método del reciclaje	El Salvador	2004	Alto

Artículo (Google Académico)	Jeame Liliana Ostos Ascencio, Juan Mauricio Durante San Miguel, Oscar Javier Reyes Ortiz	Comportamiento de mezclas Asfálticas del instituto de Desarrollo Urbano con condiciones de Pavimento Reciclado	Colombia	2011	Alto
Tesis (Google Académico)	Jose Wilfredo Gutierrez Lazares	Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú	Perú	2007	Bajo
Libro (Google Académico)	Marcelo Gonzalez H.	Caminos Básicos y Reciclado de pavimentos con la tecnología del Asfalto Espumado	Chile	2010	Bajo
Libro (Google Académico)	Jose Heredia	Clasificación de las fallas de pavimento flexibles y rígidos	Venezuela	2009	Bajo
Tesis (Google Académico)	Ricardo Javier Miranda Rebolledo	Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos	Chile	2010	Bajo
Libro (Google Académico)	Gabriel Enrique Bonett Solano	Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible	Colombia	2014	Alto
Libro (Google Académico)	Luis Ricardo Vásquez Varela	PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras	Colombia	2002	Alto
Artículo de revista (SCIELO)	Alvaro Gonzalez, Misko Cubrinovski, Bryan Pidwerbesky, David Alabaster	Desempeño de pavimentos estabilizado con asfalto espumado en una prueba de pavimentos a escala real y carga acelerada	Chile	2012	Alto

Artículo (SCIELO)	Sandra Ximena Campagnoli- Martínez, Enrique Estupiñán- Escalante, Javier Evandro Soto-Vargas	Técnicas para caracterización de espumas de asfalto	Colombia	2019	Bajo
Artículo Científico (SCIELO)	Fabrizio Leiva-Villacorta, Adriana Vargas-Nordbeck	Mejores prácticas para diseñar mezclas asfálticas con pavimento asfáltico recuperado (RAP)	Costa Rica	2017	Alto
Artículo Científico (SCIELO)	Greivin Picado Muñoz	Desarrollo de curvas de deterioro para pavimento flexible y factor de incertidumbre	Costa Rica	2016	Bajo
Artículo Científico (SCIELO)	F. Leiva, E. Pérez, J. Aguiar, L Loría	Modelo de deformación permanente para la evaluación de la condición del pavimento	Costa Rica	2017	Bajo
Estudio de caso (SCIELO)	Fernando García De Quevedo Najar, Mario Guadalupe Gonzalez Pérez, Yefer Asprilla Lara	Determinación de los componentes entrópicos de la accidentalidad: el trinomio vehículo/usuario/camino en la metrópoli de Guadalajara, México	México	2018	Bajo
Artículo (Redalyc)	Chávez-Valencia, Luis Elías; Hernández-Barriga, C.	Estado del Arte y Perspectiva del Envejecimiento de los Pavimentos Asfálticos	México	2008	Alto

Artículo (Redalyc)	Myriam Rocío Pallares- Muñoz, Julián Andrés Pulecio-Díaz	Efecto de la presión de contacto de una carga dual sobre los parámetros de diseño de pavimentos asfálticos gruesos usando software libre de elementos finitos	Colombia	2016	Bajo
Artículo (Redalyc)	Gabriel Antonio Navarrete Schettini	Diseño de mezclas asfálticas integrando residuos sólidos de la industria automovilística (elastómero) y de vías (pavimento asfáltico envejecido) en Manabí, Ecuador	Ecuador	2018	Alto
Artículo (Redalyc)	Linna Marcela Neme Ardila, Óscar Javier Reyes Ortiz, Javier Fernando Camacho Tauta	Comportamiento de mezclas asfálticas cerradas mediante la aplicación del ensayo de Fénix	Colombia	2013	Alto
Artículo (Redalyc)	Jessika Morales Fournier, Anadelys Alonso Aenlle, Reynier Moll Martínez	Influencia del ensayo de fragmentación en la combinación granulométrica de las mezclas asfálticas con adición de material fresado de los pavimentos.	Cuba	2019	Alto
Artículo (Redalyc)	Luis F. Macea, Luis G. Fuentes, Alex E. Alvarez	Evaluación de factores camión de los vehículos comerciales de carga que circulan por la red vial principal colombiana	Colombia	2013	Bajo
Artículo (Redalyc)	María Caridad Sánchez Morales, Dayans Rafael Lanz Acosta, Tomás Enrique Martínez Rojo	Detección de deterioros en pavimentos flexibles a partir del procesamiento de imágenes y modelos de su superficie.	Colombia	2019	Bajo
Artículo (Redalyc)	Lopera Palacio Conrado H., Córdoba Maquillón Jorge E.	Diseño de mezcla asfáltica tibia a partir de la mezcla de asfalto y aceite crudo de palma	Colombia	2013	Bajo

Artículo (Redalyc)	María Caridad Sánchez Morales, Deborah María Pavón Marrero, Eduardo Tejeda Piusseaut	Propuesta de espesores mínimos de superficie y coeficientes de equivalencia de espesores para el diseño de pavimentos flexibles	Cuba	2019	Bajo
Artículo (Redalyc)	Jaleydi Cárdenas Elsa Fonseca	Modelación del comportamiento reológico de asfalto convencional y modificado con polímero reciclado.	Colombia	2009	Alto

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, del total del resultado, se han excluido aquellos artículos de las diferentes herramientas virtuales donde la metodología no abastecía la información pertinente para la investigación realizada, además de que los resultados no tenían relación con lo que se pretende investigar.

Tabla 6. *Artículos excluidos*

Fuente	Autor	Tema	Lugar	Año	Motivo de Exclusión
Libro (e-libro)	Rondón Quintana Hugo Alexander	Pavimentos: materiales, construcción y diseño	Colombia	2015	Estudia el diseño de pavimentos flexibles y rígido, pero no los tipos de rehabilitación.
Tesis (e-libro)	Pérez Reyes Robinson	Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones	Chile	2009	No tipifica los tipos de fallas en los pavimentos flexibles.
Artículo (e-libro)	Rondón Quintana Hugo Alexander, Lizcano Fredy Alberto Reyes	Estudio de soluciones para pavimentación de canchas de acopio para industrias forestales	Colombia	2009	La solución de la rehabilitación de pavimentos se da en una cancha de acopio, además utiliza material no reciclado.

Tesis (e-libro)	Cazorla Artiles María Elena	Metodología para la evaluación del pavimento flexible y propuesta de soluciones de rehabilitación de un tramo de carretera, a partir de la inspección visual	Cuba	2010	La evaluación de fallas se realiza de manera visual mas no sigue un lineamiento teórico.
Tesis (e-libro)	Moll Martínez Reynier	Procedimiento para el diseño estructural de pavimentos flexibles rehabilitados en Cuba con el empleo de bases recicladas utilizando ligantes asfáltico	Cuba	2016	El estudio no hace referencia a los tipos de falla para la refacción.
Libro (Google Académico)	MONTEJO FONSECA A.	Ingeniería de pavimentos para carreteras	Colombia	2004	Estudia el diseño de pavimentos, pero no la rehabilitación.
Libro (Google Académico)	Alfonso Rico Rodríguez, Rodolfo Téllez Gutiérrez, Paul Garnica Anguas	Pavimentos flexibles Problemática, metodologías de diseño y tendencias	México	2002	Estudia los problemas que presenta el pavimento, pero no la solución de rehabilitación.
Libro (Google Académico)	Hernández Salazar, Manuel Aristides	Evaluación comparativa del impacto ambiental, de pavimentos flexibles frente a los pavimentos rígidos, mediante el análisis de la variación de temperatura	Perú	2016	Estudia el impacto ambiental producido por el pavimento en su vida útil, brindando datos irrelevantes para la investigación.
Tesis (Google Académico)	Cristhian Suárez	Evaluación técnica- económica de pavimento de carpeta asfáltica y adoquín para el tramo de carretera empalme El Portillo-El Cuá 11.59 km	Perú	2019	Evalúa económicamente el desarrollo de la implementación de pavimentos asfálticos sin brindar datos referentes a fallas.

Artículo (Google Académico)	Guadalupe LÓPEZ, Daniel RANGEL	Comparativa de mediciones de ruido generado en carreteras con carpeta de pavimento rígido vs pavimento flexible.	México	2013	No menciona estudios referentes a las fallas en pavimentos ni a su rehabilitación.
Artículo (Google Académico)	Neidy Betssey Patiño Boyacá, Oscar Javier Reyes-Ortiz, Javier Fernando Camacho-Tauta	Comportamiento a fatiga de mezclas asfálticas colombianas con adición de pavimento reciclado al 100%	Colombia	2015	No identifica la tipología de las fallas en el pavimento a rehabilitar.
Tesis (Google Académico)	Jose Wilfredo Gutierrez Lazares	Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú	Perú	2007	El estudio no hace referencia a los tipos de fallas ni a la rehabilitación en pavimentos.
Libro (Google Académico)	Marcelo Gonzalez H.	Caminos Básicos y Reciclado de pavimentos con la tecnología del Asfalto Espumado	Chile	2010	No identifica la tipología de las fallas en el pavimento a rehabilitar.
Libro (Google Académico)	Jose Heredia	Clasificación de las fallas de pavimento flexibles y rígidos	Venezuela	2009	Presenta información ya recaudada en otro trabajo.
Tesis (Google Académico)	Ricardo Javier Miranda Rebolledo	Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos	Chile	2010	El tema refiere a conceptos básicos sobre tipos de fallas.
Artículo (SCIELO)	Sandra Ximena Campagnoli-Martínez, Enrique Estupiñán-Escalante, Javier Evandro Soto-Vargas	Técnicas para caracterización de espumas de asfalto	Colombia	2019	Describe al uso de espuma de asfalto con un método de estabilización de suelos y no como método de reciclaje de asfalto.

Artículo Científico (SCIELO)	Greivin Picado Muñoz	Desarrollo de curvas de deterioro para pavimento flexible y factor de incertidumbre	Costa Rica	2016	Determina una ecuación para obtener un factor de deterioro en pavimentos, sin describir los tipos de fallas presentes en este.
Artículo Científico (SCIELO)	F. Leiva, E. Pérez, J. Aguiar, L Loría	Modelo de deformación permanente para la evaluación de la condición del pavimento	Costa Rica	2017	Describe únicamente el ahuellamiento como falla en pavimentos. Sin resaltar los otros tipos de fallas.
Estudio de caso (SCIELO)	Fernando García De Quevedo Najar, Mario Guadalupe Gonzalez Pérez, Yefer Asprilla Lara	Determinación de los componentes entrópicos de la accidentalidad: el trinomio vehículo/usuario/camino en la metrópoli de Guadalajara, México	México	2018	Describe el incremento de accidentes en carreteras causados por el usuario o vehículo sin tomar en consideración el estado del pavimento
Artículo (Redalyc)	Myriam Rocío Pallares-Muñoz, Julián Andrés Pulecio-Díaz	Efecto de la presión de contacto de una carga dual sobre los parámetros de diseño de pavimentos asfálticos gruesos usando software libre de elementos finitos	Colombia	2016	Analiza a la presión de carga producido por vehículos como parte de diseño para pavimentos, no contiene información relevante para la investigación.
Artículo (Redalyc)	Luis F. Macea, Luis G. Fuentes, Alex E. Alvarez	Evaluación de factores camión de los vehículos comerciales de carga que circulan por la red vial principal colombiana	Colombia	2013	Describe valores del factor camión de vehículos comerciales, para la actualización de datos respecto al diseño de pavimentos.

Artículo (Redalyc)	María Caridad Sánchez Morales, Dayans Rafael Lanz Acosta, Tomás Enrique Martínez Rojo	Detección de deterioros en pavimentos flexibles a partir del procesamiento de imágenes y modelos de su superficie.	Colombia	2019	Analiza el uso del programa Cognition para la detección mediante imágenes de fallas presente el pavimento, sin presentar datos relevantes para la investigación.
Artículo (Redalyc)	Lopera Palacio Conrado H., Córdoba Maquillón Jorge E.	Diseño de mezcla asfáltica tibia a partir de la mezcla de asfalto y aceite crudo de palma	Colombia	2013	Describe el diseño de un pavimento asfáltico mediante el uso de aceite crudo de palma como ligante asfáltico, no siendo este un método reciclable.
Artículo (Redalyc)	María Caridad Sánchez Morales, Deborah María Pavón Marrero, Eduardo Tejeda Piusseaut	Propuesta de espesores mínimos de superficie y coeficientes de equivalencia de espesores para el diseño de pavimentos flexibles	Cuba	2019	Describe la reacción del pavimento frente a deformaciones verticales como factor de diseño para pavimentos, siendo irrelevante para la investigación.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se tiene los temas que se consideran para trabajar en esta investigación que son de importancia, teniendo en cuenta la tabla siguiente con descripción.

Tabla 7. *Artículos incluidos*

Fuente	Autor	Tema	Lugar	Año	Motivo de inclusión
Libro (Google Académico)	Gabriel Enrique Bonett Solano	Guía de procesos constructivos de una vía en Pavimento Flexible	Colombia	2014	Investiga la elaboración de pavimentos flexibles, y los tipos de fallas que presenta, como el abultamiento, la exudación, etc.

Libro (Google Académico)	Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela	PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras	Colombia	2002	La investigación brinda información de los tipos de fallas, el nivel de severidad y su restauración.
Libro (Google Académico)	José Luis Hernández Michaca, Víctor Manuel Sánchez Granados, Irene Castillo Chaires, Sergio Alberto Damián Hernández, Rodolfo Téllez Gutiérrez	Impacto Ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la construcción y conservación de superficies de rodamiento: I Pavimentos Flexibles	México	2004	Estudia el Impacto Ambiental generado por la construcción de pavimentos flexibles, a causa de la explotación del material.
Tesis (Google Académico)	Carmen Elena Rodríguez Mineros, Jose Atonio Rodríguez Molina	Evaluación y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles por el Método del Reciclaje	El Salvador	2004	Indaga sobre el proceso de rehabilitación asfáltica con diversos métodos reciclable: reciclaje en caliente y frío.
Artículo (Google Académico)	Jeame Liliana Ostos Ascencio, Juan Mauricio Durante Sanmiguel, Oscar Javier Reyes Ortiz	Comportamiento de mezclas Asfálticas del Instituto de Desarrollo Urbano con adición de Pavimento Reciclado	Colombia	2011	Estudia el comportamiento mecánico de pavimentos flexibles con materiales reciclados de pavimentos asfálticos, método del RAS.
Artículo de revista (SCIELO)	Alvaro Gonzalez, Misko Cubrinovski, Bryan Pidwerbesky, David Alabaster	Desempeño de pavimentos estabilizado con asfalto espumado en una prueba de pavimentos a escala real y carga acelerada	Chile	2012	Describe la técnica de reciclado del asfalto espumado en el cual, al momento de ser utilizado en un pavimento, presentó una efectividad con tan solo agregar 1% de cemento para su mejoramiento.

Artículo Científico (SCIELO)	Fabricio Leiva-Villacorta, Adriana Vargas-Nordbeck	Mejores prácticas para diseñar mezclas asfálticas con pavimento asfáltico recuperado (RAP)	Costa Rica	2017	Analiza los métodos según AASHTO T 324 y AASHTO T 283 las cuales permiten un adecuado diseño del pavimento asfáltico recuperado.
Artículo (Redalyc)	Chávez Valencia Luis Elías, Hernández Barriga C.	Estado del Arte y Perspectiva del Envejecimiento de los Pavimentos Asfálticos	México	2008	Determina que por el envejecimiento del cemento asfáltico se genera un deterioro de esta, presentando diversas fallas en el pavimento.
Artículo (Redalyc)	Gabriel Antonio Navarrete Schettini	Diseño de mezclas asfálticas integrando residuos sólidos de la industria automovilística (elastómero) y de vías (pavimento asfáltico envejecido) en Manabí, Ecuador	Ecuador	2018	Implementan 4%, 8% y 12% de pavimento asfáltico envejecido para la restauración de un pavimento de tráfico liviano y medio.
Artículo (Redalyc)	Linna Marcela Neme Ardila, Óscar Javier Reyes Ortiz, Javier Fernando Camacho Tauta	Comportamiento de mezclas asfálticas cerradas mediante la aplicación del ensayo de Fénix	Colombia	2013	El ensayo de Fénix determina la efectividad del de utilizar el método de RAP para la restauración de pavimentos, pues presenta una resistencia a diferentes niveles de compactación.
Artículo (Redalyc)	Jessika Morales Fournier, Anadelys Alonso Aenlle, Reynier Moll Martínez	Influencia del ensayo de fragmentación en la combinación granulométrica de las mezclas asfálticas con adición de material fresado de los pavimentos.	Cuba	2019	Analiza la integración de 20% y 40% de material asfáltico reciclado determinando que estos diferentes porcentajes no cambian las características físicas del pavimento.

Artículo (Redalyc)	Jaleydi Cárdenas Elsa Fonseca	Modelación del comportamiento reológico de asfalto convencional y modificado con polímero reciclado, estudiada desde la relación viscosidad temperatura.	Colombia 2009	Describe un cambio estructural del pavimento por la diferente granulometría utilizada del pavimento reciclado.
-----------------------	----------------------------------	--	---------------	--

Fuente: Elaboración propia

(Solano, 2014) El libro “GUÍA DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE UNA VÍA EN PAVIMENTO FLEXIBLE” nos hace referencia a un trabajo de indagación respecto al proceso constructivo básico del pavimento flexible, brindando información respecto a su diseño, estructura y procedimientos de ejecución. La presente guía nos da los conceptos relacionados a los materiales más comunes a utilizar, indicando que estos sean de buena calidad para el buen desarrollo del pavimento. Así mismo, nos brinda la caracterización respecto a cada parte que la integra (subrasante, subbase, base y capa de rodadura), siendo estas muy importantes para evitar el deterioro del pavimento ya que se pueden presentar diversas fallas durante su período de uso, tales como el abultamiento y la exudación.

(Vásquez, 2002) El libro “PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS” detalla el procedimiento para la identificación de fallas en el pavimento asfáltico llamado Índice de Condición del Pavimento (PCI) que constituye la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema.

Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales. El usuario de la guía estará en capacidad de identificar estos casos con plena comprensión de forma casi inmediata.

(Hernández Michaca, Sánchez Granados, Castillo Chaires, Damían Hernandez, & Télles Gutiérrez , 2004) En el libro “IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS CARRETEROS. EFECTOS POR LA CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE SUPERFICIES DE RODAMIENTO: I PAVIMENTOS FLEXIBLES” refiere al Impacto Ambiental que generan las infraestructuras en carreteras, específicamente en la elaboración de pavimentos asfálticos, mencionando dos etapas donde se generan mayor contaminación: construcción, manejo y almacenamiento de combustibles para maquinaria y equipos, y finalmente conservación.

El 75% de los impactos identificados son no significativos, el 20% son poco significativos y solamente el 5% son significativos. Por otra parte, de todos los impactos identificados, el 98% se puede mitigar, compensar o inclusive inhibir. El 2% que no se puede mitigar, compensar o inhibir, son impactos producidos por la explotación de los bancos de material, particularmente en la modificación del relieve local con todas sus consecuencias.

(Rodríguez Mineros & Rodríguez Molina, 2004) En la tesis “EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL MÉTODO DEL RECICLAJE” explican diversos métodos de diseño de pavimento flexible utilizando material reciclable que conformó un pavimento ya existente, entre los métodos están: reciclaje frío el cual requiere un estudio previo del material en el pavimento para poder determinar si este se puede mejorar con material nuevo, y el caliente que refiere a la

utilización de maquinaria que extrae directamente el pavimento y mediante una mezcla bituminosa genera una nueva, cada una de estas presenta una efectividad durante su tiempo de vida igual a la de un pavimento nuevo.

(Osto Acencio , Durante Sanmiguel, & Reyes Ortiz , 2011) El artículo “COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO CON ADICIÓN DE PAVIMENTO RECICLADO” nos detalla la investigación del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU al fabricarlas con granular procedente del reciclado de pavimentos flexibles (RAP) y asfaltos de penetración 60/70 y 80/100, mediante la fabricación de probetas con un porcentaje óptimo de asfalto y utilizando como materia prima el material granular reciclado, obteniendo como resultado que al utilizar el pavimento reciclado es factible para su utilización en la restauración y mantenimiento de este, además de contribuir al medio ambiente.

(Gonzalez , Misko, Pidwerbesky, & Alabaster, 2012) El artículo de revista “DESEMPEÑO DE PAVIMENTOS ESTABILIZADO CON ASFALTO ESPUMADO EN UNA PRUEBA DE PAVIMENTOS A ESCALA REAL Y CARGA ACELERADA” describen los resultados de un experimento mostrando que las deflexiones disminuyen en las secciones con mayor contenido de asfalto reciclado. Realizando un ensayo de aplicación de más de un millón de ciclos de carga en pavimentos estabilizados con tan solo cemento y con 0%, 1%, 2%, 3% y 4% de asfalto reciclado, identificando una mejora significativa en el desempeño del pavimento.

(Leiva Villacorta & Vargas Nordbeck, 2017) El artículo científico “MEJORES PRÁCTICAS PARA DISEÑAR MEZCLAS ASFÁLTICAS CON PAVIMENTO ASFÁLTICO RECUPERADO (RAP)” describe técnicas para el procesamiento del RAP

para producir mezclas de buena calidad. Analizando la variabilidad de granulometría y el contenido de asfalto que contienen el asfalto reciclado (RAP), recalando que el tamaño máximo para agregados debe ser de 38 mm y de lo contrario este deberá pasar por un proceso de tamizado. Además del contenido de asfalto debe ser menor a un 15%, pero si se encuentra entre un 15% y 25% se deberá realizar un trato diferente para su uso.

(Chávez Valencia & Hernández Barriga, 2009) El artículo “ESTADO DEL ARTE Y PERSPECTIVA DEL ENVEJECIMIENTO DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS” describe que el envejecimiento es un fenómeno genera diversas fallas en el pavimento; caracterizándolos en tres tipos: estructural, funcional y secundarias causando diversas fallas en el pavimento como son, el abultamiento y hundimiento. Haciendo que el pavimento no pueda realizar el trabajo para el que fue diseñado, haciendo que ya no se provea una capa de rodamiento segura, plana, con resistencia al deslizamiento, a la carga y a la deformación permanente.

(Navarrete Schettini, 2018) En el artículo “DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS INTEGRANDO RESIDUOS SÓLIDOS DE LA INDUSTRIA AUTOMOVILÍSTICA (ELASTÓMERO) Y DE VÍAS (PAVIMENTO ASFÁLTICO ENVEJECIDO) EN MANABÍ, ECUADOR” describe el diseño de mezclas asfálticas con residuos de neumáticos y pavimento asfáltico envejecido. Con la integración de 4%, 8%, 12% y 16% de material de asfalto con la granulometría fina, media y gruesa. Obteniendo mediante las granulometrías media y fina un pavimento que contribuyen a obtener una buena conducta con la reutilización del pavimento asfáltico, por lo tanto, puede ser utilizado a nivel de campo en mezclas asfálticas modificadas.

(Neme Ardila, Reyes Ortuz, & Camacho Tauta , 2013) En el artículo “COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CERRADAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ENSAYO FÉNIX” determina que el ensayo Fénix realizados a las diferentes muestras asfálticas analizan el comportamiento de las mezclas asfálticas recicladas (RAP) a diferentes porcentajes (2%, 4%, 6), evidenciando el grado de ductilidad adecuado para un diseño de pavimento, asegurando la efectividad del ensayo y del comportamiento del pavimento.

(Morales Fournier, Alonso Aenlle, Moll Martínez, & López Quintana , 2019) El artículo “INFLUENCIA DEL ENSAYO DE FRAGMENTACIÓN EN LA COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS CON ADICIÓN DE MATERIAL FRESADO DE LOS PAVIMENTOS” analiza uso del material fresado de los pavimentos, con el objetivo de producir mezclas asfálticas. Utilizando la granulometría del Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP) obtenidos por el método de fresado analizando dos combinaciones granulométricas con 20% y 40% de dos fuentes diferentes. Donde uno de los resultados mostró que la granulometría del RAP no se corresponde con los usos establecidos para las fracciones de áridos. Concluyendo que se pueden emplear fracciones de RAP que no cumplan los usos establecidos siempre y cuando la combinación granulométrica de ellos si cumpla con las especificaciones normadas para los distintos tipos de mezclas asfálticas.

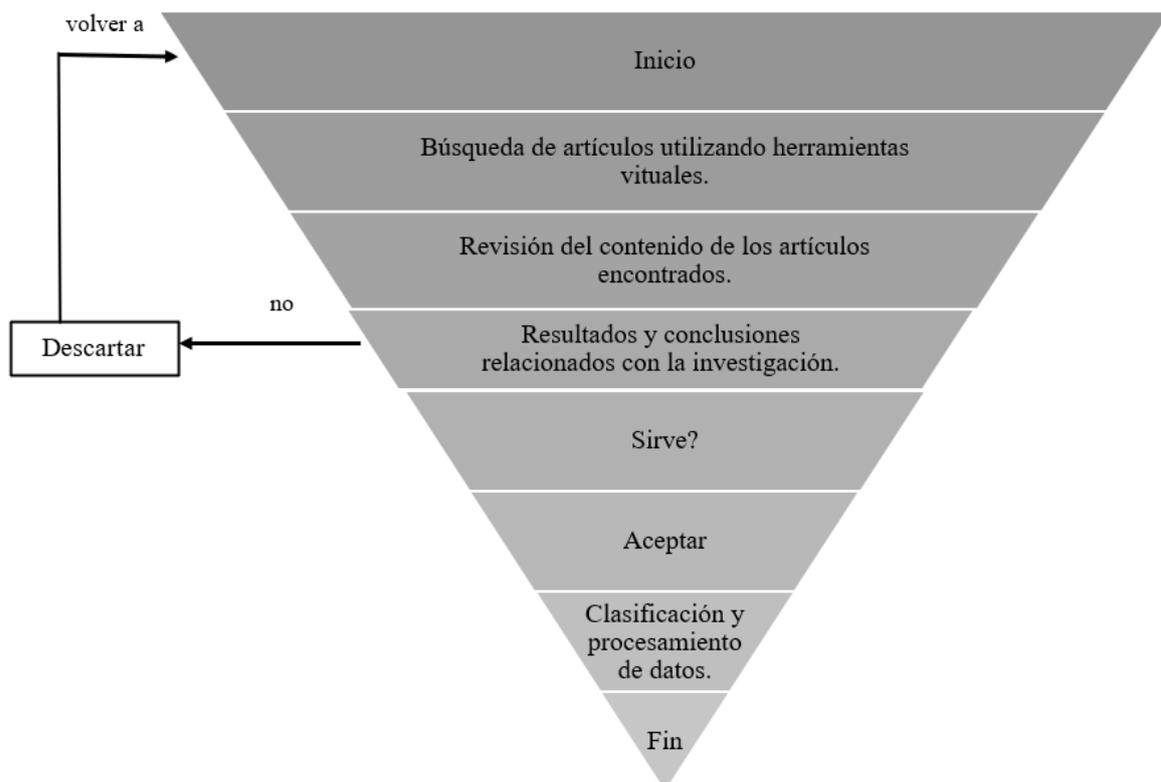
(Jaleydi Cárdenas , 2009) El artículo “MODELACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE ASFALTO CONVENCIONAL Y MODIFICADO CON POLÍMERO RECICLADO, ESTUDIADA DESDE LA RELACIÓN VISCOSIDAD-TEMPERATURA” analiza las propiedades del asfalto dependiendo de las proporciones de sus componentes. Indicando que ocurrió un cambio estructural en el asfalto modificado de granulometría

controlada. Mediante una representación de asfalto reciclado (RAP) de granulometría controlada de aspecto homogéneo monofásico, la cual tuvo un significativo valor de viscosidad frente al original; mientras que el asfalto modificado con polímeros sin granulometría controlada presentó un aspecto heterogéneo multifásico y valores de viscosidad no similares a los del asfalto original. Mostrando la efectividad del uso de ligantes asfálticos con material granular reciclado.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

El análisis que se tuvo a través de la investigación de 36 artículos, tuvo como resultado la elección de 12 y la exclusión de 24 artículos, estos artículos incluidos se seleccionaron de las herramientas virtuales Google Académico, SCIELO, Redalyc, pues al revisar las demás fuentes de investigación se observó que estas tomaban como fuente principal las 12 investigaciones consideradas como fuentes primarias, que hacen consistente nuestra revisión sistemática. Por ello, mediante un gráfico de jerarquización se presenta el proceso de elección para los artículos de investigación, considerando que la información contenida tenga relación a las palabras claves elegidas para el tema, así mismo, que la metodología y resultados, respondan a la pregunta de investigación propuesta; descartando los que no cumplan con las condiciones de inclusión.

Gráfico 5. *Jerarquización del método para la elección de artículos de*



Fuente: Elaboración propia

Características de los estudios:

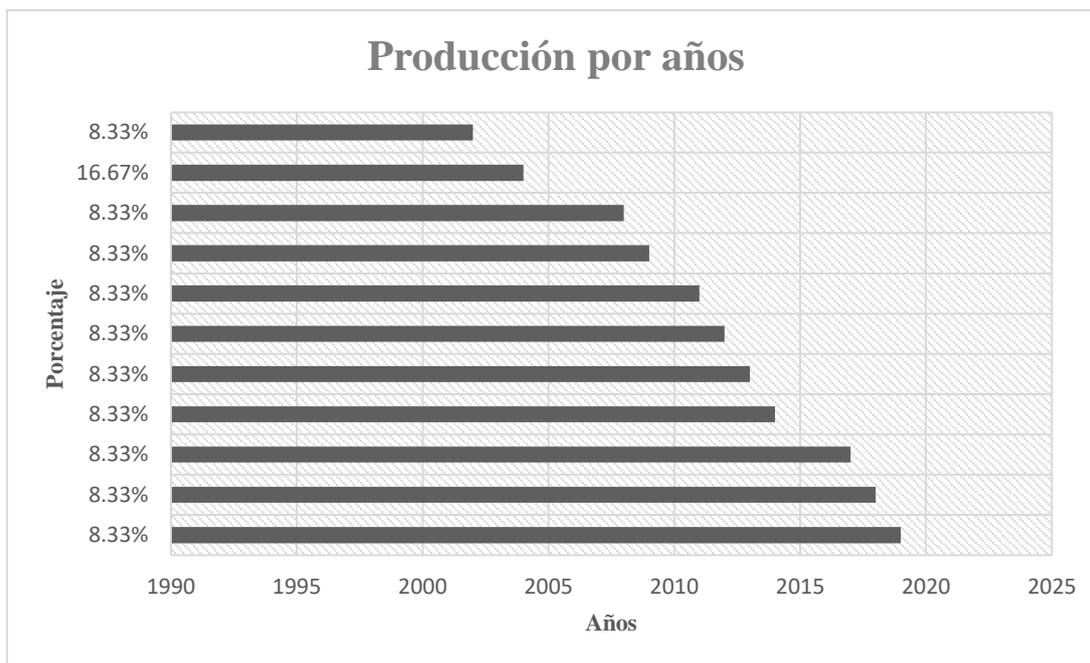
Una vez realizado el análisis que se tuvo de 36 artículos, de los cuales sólo se escogieron 12 como estudios primarios; se presentará la caracterización de estos a través de gráficos y tablas de porcentajes de artículos publicados por:

- Año.
- País de procedencia.
- Tipo de base de datos consultada.
- Cantidad de artículos de revistas científicas seleccionados en la investigación según palabra clave.
- Tipo de estudio.
- Tipo de metodología.
- Idioma.

En el gráfico N°6, se puede observar el porcentaje de artículos publicados por año, entre los años 2002 y 2019. Para la revisión sistemática se solicitó un intervalo de 10 años de antigüedad de publicación. Sin embargo, en los estudios primarios seleccionados se tiene una antigüedad de 18 años, esto se dio ya que los artículos en mención contienen información de mucha relevancia para nuestra investigación y que hasta el momento se siguen utilizando para el aporte a proyectos de pavimentación, además muchos artículos analizados en la investigación se excluyeron ya que tomaban como máxima referencia a estos estudios categorizados como primarios.

En el gráfico también se observa que en el año 2004 es donde existe la mayor cantidad de estudios primarios, donde se encuentran 2 artículos primarios y se representa por un 16.67%, mientras que, en los años 2002, 2008, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014, 2017, 2018, 2019 hay 1 artículo primario representados por el 8.33%.

Gráfico 6. *Porcentaje de artículos publicados por año*



Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°8, se puedes observar el porcentaje de artículos publicados por país de procedencia, siendo Colombia y México, los países con más porcentaje de estudios primarios obtenidos, representados con un 41.67% y 16.67%, respectivamente, mientras que, en los países de Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador y México, sólo se ha recopilado 1 artículo por país, representados por el 8.33% cada uno.

Tabla 8. *Porcentaje de artículos publicados por país de procedencia*

País de procedencia	Cantidad	%
Chile	1	8.33
Colombia	5	41.67
Costa Rica	1	8.33
Cuba	1	8.33
Ecuador	1	8.33
El Salvador	1	8.33
México	2	16.67
TOTAL	12	100.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°9, se aprecia el porcentaje de artículos publicados por tipo de base de datos consultada, siendo Google Académico y Redalyc las bases o fuentes con más estudios primarios seleccionados, representados con un 41.67%, ya que los estudios contenían información que nos ayudó a desarrollar la investigación, mientras que e-Libro y SCIELO tienen un porcentaje de 0% y 16.67%, respectivamente.

Tabla 9. *Porcentaje de artículos publicados por tipo de base de datos consultada*

Tipo de base de datos	Cantidad	%
e-Libro	0	0.00
Google Académico	5	41.67
SCIELO	2	16.67
Redalyc	5	41.67
TOTAL	12	100.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°10, N°11, y N°12 se especifica la cantidad de artículos de revistas científicas seleccionados en la investigación según palabra clave, siendo “Reciclaje de pavimentos flexibles” la palabra con más número de artículos seleccionados, mientras que “Pavimento flexible”, “Fallas en pavimentos flexibles”, “Impacto ambiental de pavimentos flexibles”, son las palabras con menos número de artículos seleccionados.

Tabla 10. *Cantidad de artículos de Google Académico seleccionados en la investigación según palabra clave*

Herramienta Virtual	Palabras claves	Nro. Artículos	%
Google Académico	Pavimento flexible.	1	20.00
	Fallas en pavimentos flexibles.	1	20.00
	Impacto ambiental de pavimentos flexibles.	1	20.00
	Reciclaje de pavimentos flexibles.	2	40.00
Total de artículos revisados.		5	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Cantidad de artículos de SCIELO seleccionados en la investigación según palabra clave

Herramienta Virtual	Palabras claves	Nro. Artículos	%
SCIELO	Pavimento flexible.	0	0.00
	Fallas en pavimentos flexibles.	0	0.00
	Impacto ambiental de pavimentos flexibles.	0	0.00
	Reciclaje de pavimentos flexibles.	2	100.00
Total de artículos revisados.		2	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Cantidad de artículos de Redalyc seleccionados en la investigación según palabra clave

Herramienta Virtual	Palabras claves	Nro. Artículos	%
Redalyc	Pavimento flexible.	0	0.00
	Fallas en pavimentos flexibles.	1	20.00
	Impacto ambiental de pavimentos flexibles.	0	0.00
	Reciclaje de pavimentos flexibles.	4	80.00
Total de artículos revisados.		5	100

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°13, se observa el porcentaje de artículos publicados por tipo de estudio, se seleccionaron 6 artículos que representan el 50%, 3 libros de investigación que representan el 25% de los estudios primarios; además se seleccionó una tesis, un artículo científico y un artículo de revista, los cuales son representados por un 8.33%.

Tabla 13. Porcentaje de artículos publicados por tipo de estudio

Tipo de estudio	Cantidad	%
Libro	3	25.00
Tesis	1	8.33
Artículo Científico	1	8.33
Artículos	6	50.00
Artículo de Revista	1	8.33
TOTAL	12	100.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°14, se evidencia el porcentaje de artículos publicados por tipo de metodología, correspondiendo a estudios cualitativos 4 artículos, representados por un 33.33%, y a estudios cuantitativos 8 artículos, representados por un 66.67%.

Tabla 14. *Porcentaje de artículos publicados por tipo de metodología*

Tipo de metodología	Cantidad	%
Estudios Cualitativos	4	33.33
Estudios Cuantitativos	8	66.67
TOTAL	12	100.00

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se muestra la tabla N°15, donde se evidencia el porcentaje de artículos publicados por idioma, considerando el 100% de artículos seleccionados en el idioma español.

Tabla 15. *Porcentaje de artículos publicados por idioma*

Idioma	Cantidad	%
Español	12	100.00
Inglés	0	0.00
TOTAL	12	100.00

Fuente: Elaboración propia

Análisis global de los estudios:

Para simplificar se asignó a cada palabra clave un código que facilita la búsqueda de información en la tabla siguiente:

Tabla 16. *Leyenda según código generado por palabras clave*

Palabras claves	Código Asignado
Pavimento flexible.	A
Fallas en pavimentos flexibles.	B
Impacto ambiental de pavimentos flexibles.	C
Reciclaje de pavimentos flexibles.	D

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Investigaciones seleccionadas

Código	A	B	B
Título	Guía de procesos constructivos de una vía en Pavimento Flexible	PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras	Estado del Arte y Perspectiva del Envejecimiento de los Pavimentos Asfálticos
Fuente	Google Académico	Google Académico	Redalyc
Autores	Gabriel Enrique Bonett Solano	Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela	Chávez Valencia Luis Elías; Hernández Barriga, C.
Lugar y Año	Colombia 2014	Colombia 2002	México 2008
Metodología	Determina el procedimiento indispensable y no variante en un proceso constructivo básico de una vía en un pavimento flexible en terrenos planos y poco quebrados.	Evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial.	Analiza diversas investigaciones que tipifican en tres, las fallas estructurales al pavimento, las cuales dan origen a la debilitación propiedades físicas de este.
Tipo	Cualitativo	Cualitativo	Cuantitativo
Resultados	El buen proceso constructivo previene los diversos tipos de fallas en el pavimento, principalmente la exudación debido al exceso de asfalto en la mezcla.	Identifica en su totalidad los daños en la formulación original del PCI, indicando que los problemas en el pavimento es la falla piel de cocodrilo, abultamientos y hundimientos, y agrietamiento de borde en bloque.	El pavimento presenta tres tipos de fallos: estructural, funcional y secundaria. Se presentan cuando uno o más de los componentes que constituyen la estructura del pavimento falla, éstas se manifiestan en la superficie como: formación de huellas, fallas por corte, fracturas longitudinales y transversales, consolidación de la base, desintegración por enfriamiento, falla de la base, y falla por fatiga
Comparación	Los dos libros conjuntamente con el artículo indican la presencia de fallas en pavimentos flexibles, pero no concuerdan cual son la más comunes, considerando las lecturas se observa que el libro “Guía de procesos constructivos de una vía en Pavimento Flexible” analiza los fallos por el inadecuado proceso constructivo, mientras que el libro del “PCI” define los fallos en la vida útil del pavimento y finalmente el artículo “Estado del Arte y Perspectiva del Envejecimiento de los Pavimentos Asfálticos” identifica tres tipos de fallo que dan origen a los demás. Pero que entre las fallas más resaltantes se encuentran: piel de cocodrilo, la exudación, abultamiento, hundimiento, y agrietamiento en borde.		

Código	C	D	D
Título	Impacto Ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la construcción y conservación de superficies de rodamiento: I Pavimentos Flexibles	Evaluación y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles por el Método del Reciclaje	Comportamiento de mezclas Asfálticas del Instituto de Desarrollo Urbano con adición de Pavimento Reciclado
Fuente	Google Académico	Google Académico	Google Académico
Autores	José Luis Hernández Michaca Víctor Manuel Sánchez Granados Irene Castillo Sergio Alberto Damían Hernández Rodolfo Téllez Gutiérrez	Carmen Elena Rodríguez Mineros Jose Atonio Rodríguez Molina	Jeame Liliana Ostos Ascencio Juan Mauricio Durante Sanmiguel Oscar Javier Reyes Ortiz
Lugar y Año	México 2004	El Salvador 2004	Colombia 2011
Metodología	Identificación del impacto ambiental mediante etapas y técnicas para la evaluación en proyectos, tomando en consideración la integración de diferentes especialistas para identificar el impacto en cada área de su especialidad.	La investigación utilizó tres etapas. 1)Recolección de información teórica, 2) Visitas a diferentes carreteras de el salvador, 3) Análisis, Comparación y clasificación de información obtenida.	Determina el contenido de asfalto en el Rap para producir un diseño de mezcla asfáltica y analizar el comportamiento mecánico que posee.
Tipo	Cualitativo	Cuantitativo	Cuantitativo
Resultados	El 75% de los impactos identificados son no significativos, el 20% son poco significativos y solamente el 5% son significativos. Un 2% del total de impactos identificados no se puede compensar o inhibir, son impactos producidos por la explotación de los bancos de material, particularmente en la modificación del relieve local con todas sus consecuencias.	La técnica de reciclaje de pavimento dependerá del estado en el que se encuentre, analizando el tipo de falla y el deterioro de este. Las más efectivas son los métodos de reciclaje en caliente y frío pues proporcionan una larga vida al pavimento.	El comportamiento de las muestras fabricadas con 100% de material reciclado dan como resultado que es viable el uso de RAP en la fabricación de mezclas asfálticas.
Comparación	Los artículos concuerdan en que el método de restauración de pavimentos por el método de reciclaje ya sea en caliente, frío o RAP funcionan, si bien cada método está adecuado a las características del pavimento a restaurar, todos arrojan resultados favorables.		

D	D	D
Desempeño de pavimentos estabilizado con asfalto espumado en una prueba de pavimentos a escala real y carga acelerada	Influencia del ensayo de fragmentación en la combinación granulométrica de las mezclas asfálticas con adición de material fresado de los pavimentos.	Mejores prácticas para diseñar mezclas asfálticas con pavimento asfáltico recuperado (RAP)
SCIELO	SCIELO	SCIELO
Alvaro Gonzalez, Misko Cubrinovski, Bryan Pidwerbesky, David Alabaster	Jessika Morales Fournier, Anadelys Alonso Aenlle, Reynier Moll Martínez	Fabrizio Leiva Villacorta, Adriana Vargas Nordcbeck
Chile 2012	Cuba 2019	Costa Rica 2017
El ensayo fue determinado de acuerdo a la norma NZS 3112. La velocidad de carga aplicada durante el ensayo ITS fue de 50,8 mm/min. Las muestras fueron preparadas con contenidos de asfalto de 0%, 1%, 2%, 3% y 4%, más un 1% de cemento.	Para la realización del ensayo de granulometría y de fragmentación se emplearon tres fracciones de áridos (19-10 mm, 13-5 mm y 5-0 mm) procedentes de la cantera de Alacranes (figura 1) y el RAP obtenido mediante el fresado, para luego determinar por el ensayo de fragmentación su efectividad.	Se utiliza el método de extracción de disolvente (AASHTO T 164) para la determinación del contenido de asfalto de muestras de RAP. El ligante asfáltico recuperado debe ser analizado para determinar su grado de desempeño (PG) utilizando AASHTO M 320. La granulometría del agregado extraído de las muestras de RAP debe ser determinado de acuerdo con AASHTO T 30.
Cuantitativo	Cuantitativo	Cualitativo
Los resultados indicaron que la condición del pavimento aumenta cuando el contenido de asfalto aumenta hasta un 3,0%. Con un 4,0% la condición estructural disminuye, demostrando así que un gran porcentaje de asfalto puede influir negativamente el esfuerzo de tracción de la mezcla para los materiales estudiados.	Las fuentes de RAP estudiadas presentan una fracción fina (5-0 mm) más gruesa que la que se especifica para emplear en las mezclas asfálticas en caliente, además de que se pueden emplear fracciones de RAP en 20% y 40% que no cumplan los usos establecidos siempre y cuando la combinación granulométrica de ellos si cumpla con las especificaciones normadas para los distintos tipos de mezclas asfálticas.	El pavimento de asfalto reciclado debe ser procesado adecuadamente para reducir la variabilidad en la granulometría y el contenido de asfalto. Las muestras deben ser tomadas de forma aleatoria del apilamiento de RAP procesado para identificar la variabilidad de las propiedades del material de RAP. En el proceso de reciclado de pavimentos de asfalto se recomienda que el tamaño máximo de los agregados debe ser de 38 mm.
Los artículos nos indican el uso de RAP en diferentes porcentajes. El artículo "Desempeño de pavimentos estabilizado con asfalto espumado en una prueba de pavimentos a escala real y carga acelerada" utiliza 1%, 2%, 3% de Rap, mientras que el artículo "Influencia del ensayo de fragmentación en la combinación granulométrica de las mezclas asfálticas con adición de material fresado de los pavimentos." utiliza 20% y 40% de Rap, pero que pese a las claras diferencias de porcentajes, se determinó que en los pavimentos utilizados funcionaron de manera efectiva, además que siguen procedimientos similares a los que propone el artículo "Mejores prácticas para diseñar mezclas asfálticas con pavimento asfáltico recuperado (RAP)" que aunque refieren el uso de diferentes normas, se usan granulometrías similares.		

D	D	D
Diseño de mezclas asfálticas integrando residuos sólidos de la industria automovilística (elastómero) y de vías (pavimento asfáltico envejecido) en Manabí, Ecuador	Comportamiento de mezclas asfálticas cerradas mediante la aplicación del ensayo de Fénix	Modelación del comportamiento reológico de asfalto convencional y modificado con polímero reciclado, estudiada desde la relación viscosidad temperatura.
SCIELO	SCIELO	SCIELO
Gabriel Antonio Navarrete Schettini	Linna Marcela Neme Ardila, Óscar Javier Reyes Ortiz, Javier Fernando Camacho Tauta	Jaleydi Cárdenas, Elsa Fonseca
Ecuador 2018	Colombia 2013	Colombia 2009
La dosificación para el diseño de los materiales fue determinada de acuerdo a los valores recomendados por las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes según el Ministerio de Transportes y Obras Públicas del Ecuador, 2002.	La investigación se desarrolla mediante la caracterización del material reciclado RAP, para poder probar su efectividad por el ensayo de penetración Fénix, para poder así determinar la resistencia que presentan.	El estudio se da por la penetración de acuerdo con la norma vigente del Instituto Nacional de Vías INVIAS como asfalto 70-90. Empleando asfaltos reciclados y caucho reciclados.
Cuantitativo	Cuantitativo	Cuantitativo
Las granulometrías media y fina, en el diseño de mezclas asfálticas con pavimento asfáltico envejecido, contribuyeron a obtener una buena conducta con la reutilización del pavimento asfáltico, por lo tanto, puede ser utilizado a nivel de campo en mezclas asfálticas modificadas.	El ensayo Fénix tras obtener los datos de ensayo indica leves cambios de rigidez o ductilidad de las mezclas asfálticas determinan la viabilidad de estos.	Los asfaltos modificados con polímeros de granulometría controlada presentaron un aspecto homogéneo monofásico, con un aumento significativo en los valores de viscosidad del modificando frente al original; mientras que el asfalto modificado con polímeros sin granulometría controlada presentó un aspecto heterogéneo multifásico y valores de viscosidad similares a los del asfalto original. Indicando que las propiedades de viscosidad seguían presentes en el asfalto.
El estudio "Diseño de mezclas asfálticas integrando residuos sólidos de la industria automovilística (elastómero) y de vías (pavimento asfáltico envejecido) en Manabí, Ecuador" determina la efectividad del pavimento reciclado con granulometría media y fina conjuntamente con el estudio "Comportamiento de mezclas asfálticas cerradas mediante la aplicación del ensayo de Fénix" que también utiliza una granulometría controlada, pero mientras que el artículo "Modelación del comportamiento reológico de asfalto convencional y modificado con polímero reciclado, estudiada desde la relación viscosidad temperatura." muestra que aunque la granulometría se controlada o no muestra la efectividad del pavimento y que mantiene la viscosidad del asfalto reciclado.		

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

1. Se realizó una revisión sistemática de diversas bases de datos, obteniendo inicialmente 36 investigaciones de las cuales sólo 12 fueron incluidas por ser relevantes para la investigación.
2. Se indagó investigaciones acerca de tipología de fallas y su reparación en pavimentos flexibles, en las bases de datos de: Google Académico, e-Libro, SCIELO y Redalyc; siendo Google Académico y Redalyc las fuentes principales, donde se obtuvo la mayor cantidad de estudios, seleccionándose 5 estudios en cada fuente.
3. Se catalogó la información dependiendo a la importancia de la investigación tomando criterios de alto y bajo, obteniendo 24 artículos con clasificación baja y los 12 restantes con clasificación alta, siendo estas consideradas como fuentes primarias.
4. Se analizó que el 2% del total de impactos ambientales generados durante la ejecución de obras de pavimentación asfáltica, específicamente por la explotación en los bancos de material, no se puede compensar o inhibir, provocando una modificación en el relieve local. Por lo que si se reutiliza el material utilizado en los pavimentos se generaría una disminución de impacto ambiental.
5. Se investigó que el tipo de fallas presente en los pavimentos se tipifican en: estructural, funcional y secundarias. Siendo los motivos principales que las provocan: el proceso constructivo y el mal uso que este tiene durante su tiempo de servicio; provocando que las fallas más comunes sean: piel de cocodrilo, la exudación, abultamiento, hundimiento, y agrietamiento en borde.
6. Se observó que la elección del método de restauración de un pavimento flexible, necesitará un previo análisis de este, presentándose así diversos tipos de solución entre los cuales se recomienda el reciclaje en frío o en caliente.

7. La principal limitación que se encontró respecto a la búsqueda de información, fue que los artículos se repetían en los diversos tipos de base de datos como las de EBSCO, por lo que no se consideró a este una base de datos a utilizar en la investigación.
8. Se recomienda hacer la búsqueda adecuada de información, dado que muchas de las referencias obtenidas, repetían las mismas características, por ello se debe hacer una correcta filtración de la búsqueda para evitar redundancias y así obtener la información correcta.

CAPÍTULO V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bull, A. (2003). *Congestión de Tránsito* . Chile .
2. Chávez Valencia , L., & Hernández Barriga, C. (2009). *Estado del Arte y Perspectiva del Envejecimiento de los Pavimentos Asfálticos* . México.
3. Defensoría del Pueblo. (2020). *Puntos críticos de accidentes y desastres*. Perú .
4. EcuRed. (2019). *eLibro*. Argentina .
5. Gonzalez , A., Misko, C., Pidwerbesky, B., & Alabaster, D. (2012). *Desempeño de pavimentos estabilizado con azfalto espumado en una prueba de pavimentos a escala reral y carga acelerada* . Chile.
6. Hernández Michaca, J. L., Sánchez Granados, V. M., Castillo Chaires, I., Damían Hernandez, S. A., & Télles Gutiérrez , R. (2004). *Impacto Ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la construcción y conservación de superficies de rodamiento: I Pavimentos Flexibles*. México.
7. Jaleydi Cárdenas , E. F. (2009). *Modelación del comportamiento reológico de asfalto convencional y modificado con polímero reciclado, estudiada desde la relacion viscosidad temperatura* . Colombia .
8. Leiva Villacorta, F., & Vargas Nordcbeck, A. (2017). *Mejores prácticas para diseñar mezclas asfálticas con pavimento asfáltico recuperado (RAP)*. Costa Rica.
9. Morales Fournier, J., Alonso Aenlle, A., Moll Martínez, R., & López Quintana , O. (2019). *Influencia del ensayo de fragmentación en la combinación granulométrica de las mezclas asfalticas con adición de material fresado de los pavimentos* . Cuba.
10. Navarrete Schettini, G. A. (2018). *Diseño de mezclas asfálticas integrando residuos sólidos de la industria automovilística (elastómetro) y de vías (pavimento asfáltico envejecido) en Manabí, Ecuador*. Ecuador.
11. Neme Ardila, L. M., Reyes Ortuz, Ó. J., & Camacho Tauta , J. F. (2013). *Comportamiento de mezclas asfálticas cerradas mediante la aplicación del ensayo Fénix*. Colombia.

12. Osto Acencio , J. L., Durante Sanmiguel, J. M., & Reyes Ortiz , O. J. (2011). *Compotamiento de mezclas asfálticas del instituto de desarrollo urbano con adición de pavimento reciclado*. Colombia.
13. Rodríguez Mineros, C. E., & Rodríguez Molina, J. A. (2004). *Evaluación y rehabilitación de pavimentos flexibles por el método del reciclaje* . El Salvador.
14. Scielo. (2020). *Scielo Perú* . Obtenido de Scielo : <http://www.scielo.org.pe/>
15. Solano, G. E. (2014). *Guía de Procesos Constructivos de una vía en Pavimento Flexible*. Colombia .
16. Universidad del País Vasco . (2015). *Google Académico Guía de Uso* . España .
17. Universidad El Bosque . (2020). *Biblioteca Juan Roa Vásquez* . Obtenido de Biblioteca Juan Roa Vásquez : <https://biblioteca.unbosque.edu.co/base-datos/redalyc-red-revistas-cientificas-america-latina-caribe-espana-portugal>
18. Vásquez, V. L. (2002). *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras*. Colombia.
19. VISE . (2020). *Pavimentos Asfálticos* . México .