

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

“USO DE GEOCELDAS EN PAVIMENTOS
FLEXIBLES USADAS EN LOS ÚLTIMOS 10
AÑOS”: una revisión de la literatura científica

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autor:

EDSON AMÉRICO NOLAZCO QUIJADA

Asesor:

Ing. ALEJANDRO VILDOSO FLORES

Lima - Perú

2019

DEDICATORIA

➤ A DIOS.

Por hacerme creer que con esfuerzo se consigue lo que uno sueña, porque me regala un día más de vida y así disfrutar de estos momentos de alegría con salud.

➤ A NUESTRO FAMILIARES.

Quienes siempre me brindan su apoyo y son parte fundamental en este trabajo.

➤ A NUESTRO MAESTROS.

Por brindar sus conocimientos, experiencia y sobre todo paciencia en nuestro aprendizaje.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación, agradezco a DIOS por bendecirme con las personas idóneas para llegar a este punto de mi vida con felicidad. A la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE por ayudarnos a lograr la meta de ser profesional. A mis profesores por su dedicación, paciencia y sobre todo su motivación para lograr las metas.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
RESUMEN.....	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	11
CAPÍTULO III. RESULTADOS	14
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES.....	22
REFERENCIAS.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de registro de artículos	14
Tabla 2. Características de la unidad de análisis	16
Tabla 3. Análisis Global de los estudios por categorías	17

RESUMEN

➤ Introducción

El presente trabajo tiene como finalidad realizar la revisión sistemática mediante la selección del estudio de la comparación entre pavimentos flexibles con geoceldas y sin geoceldas, el cual tiene como parámetro las estrategias de búsqueda, los criterios de inclusión/exclusión de los artículos científicos relacionados al tema que se está investigando, el registro de los datos en cada uno de los estudios con su respectivo análisis cuantitativo de cada uno de los estudios analizados y revisados.

Como manda la metodología de investigación científica, el principal criterio de análisis es el problema de investigación que deviene del título, de allí se consideran los objetivos e hipótesis, todo ello para que los documentos de investigación sean considerados o no en la revisión sistemática, aplicando técnicas estadísticas para analizar de forma cuantitativa los resultados de los diferentes estudios recopilados.

Además, el estudio indica el mantenimiento como elemento clave de competitividad y calidad, a partir de la revisión de la literatura científica en estos últimos años, La búsqueda de la información se realizó en base de datos de fuentes confiables 2009-2019.

➤ Problema

“Se ha logrado desarrollar en los últimos diez años un buen uso de geoceldas en pavimentos flexibles”.

➤ Objetivo

Revisar todo lo referente en uso de geoceldas en pavimentos flexibles durante los diez años, en tesis, artículos científicos, revistas, libros, en bases de calidad en los últimos 10 años.

La cual estuvieron sujetos a una evaluación sobre su información y teniendo como palabras claves: Uso de Geoceldas en pavimentos flexibles, para cada tipo de revestimiento con el objetivo de mostrar los criterios generales que influyen en la concepción y diseño de estas estructuras. Luego de realizar este diseño, se procede con el análisis de las variables definidas para la comparación guiándonos de las normas de construcción peruana CE 020 Estabilización de suelos y taludes, Los resultados obtenidos muestran la problemática sobre el nivel del riesgo de fisuras en los pavimentos flexibles y cómo podemos minimizar a pesar de las limitaciones que se encuentran en la geografía.

PALABRAS CLAVES: geoceldas, cargas y aplicación de geoceldas, pavimentos portuarios, evaluación y uso de geoceldas.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Este recurso ha sido aprovechado y utilizado desde mucho tiempo, junto a sus márgenes se han fundado ciudades.

Otra definición fue tomada según (Daniel Alberto Aguilar Aguinaga.2016) En esta comparación se ha determinado que las geoceldas poseen una superficie más lisa que los colchones. Mientras que los colchones poseen un valor de n entre 0,0222 - 0,027 y un n calculado igual a 0,026, para las geoceldas se tiene el n promedio de 0,013. Ver en la Tabla 4-3 el resumen de los resultados obtenidos para los valores del coeficiente n de cada revestimiento.

Según (Olivares cárdenas Gino Alejandro 2009) si CBR que no sobrepasa el 1 %. Se realizó la evaluación geotécnica para determinar las características físico-mecánicas del suelo del sitio propuesto, empleando diversos métodos de exploración de campo” (P.20).

En este desarrollo (Ender Jhobany Orduz2017) la vía debe contar con una superficie llana y uniforme para la rodadura adecuada de los vehículos y la comodidad de los usuarios al conducir extraen el agua de una forma más rápida, especialmente en los sitios en los que hay plantaciones que demandan gran consumo hídrico (Altieri y Nicholls 2009).

Este artículo presenta el planeamiento y modelado (Pineda J. Jorge A. 2017) presenta una estructura multicapa flexible diseñada convencionalmente empleando la metodología AASHTO (para un tránsito representativo de la vía Siberia Tenjo), apoyada

directamente sobre el medio fisurado. El diseño convencional arrojó una capa de rodadura de 10 cm, una base granular de 30 cm y una capa de sub base de 68 cm. La capa de arcilla fuertemente sobreconsolidada” (P.30)

Evaluación del uso de geoceldas (Angelica María Viana Sepúlveda 2018) dado su facilidad de instalación, admisible relación beneficio-costos y eficaz acción de confinamiento logra cumplir con los requisitos necesarios para ser una técnica de refuerzo óptimo en suelos blandos (Díaz, Escobar, & Olivo, 2009).

Desarrollado por (Nicolas Jaramillo Martínez 2015) Otro punto importante a mencionar, es que para lograr la expansión correcta de las geoceldas se instalaron ocho trozos de la misma madera con una altura equivalente a las geoceldas (120 mm). Éstos fueron ubicados internamente a 10 centímetros de las paredes de los cajones” (P.75)

Según la introducción (Alejandro Comendil Báez 2013) Las geoceldas CONFICELL LS se utilizan como sistema de confinamiento celular para el soporte de cargas dado que, Aumentan el módulo mecánico de la capa granular incrementando la capacidad de carga de la estructura.

En el trabajo que se observa el análisis de la deformación por (Gómez Guatipa Julián Gonzales) Análisis del creep y su afectación al factor de mejoramiento de módulos, en geoceldas poliolefinas utilizando el método isotérmico escalonado, norma ASTM D6992.

Dicho análisis se desarrolló bajo la normativa ASTM D-6992 (método isotérmico escalonado), a la cual se le realizaron modificaciones de dimensiones de la probeta para

poderla ajustar a las Geoceldas, con esto se obtuvieron diferentes gráficas para lograr mostrar la incidencia del Creep en el factor de aumento de módulos, el cual es utilizado al momento de diseñar estructuras de pavimento (P.34).

De manera que este desarrollo de actividad sistemática consiste en medir el nivel de Durabilidad las obras de construcción civil. Con la finalidad de mejorar y evitar los agrietamientos en los pavimentos, o alguna variación que conlleve con esta. Uno de los problemas fundamentales aún existe es que hasta la fecha el control en las obras es precarias y poco eficientes la cual genera un aumento en la tasa de fallas, tales como agrietamiento asentamiento. Por consiguientes es necesario fundamentar el estudio del nivel que no permita el rápido envejecimiento de los pavimentos en las obras de construcción, con el fin de evitar accidentes.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 CRITERIOS Y CONCLUSIONES

Para la revisión sistemática de la literatura científica fueron elegidos según su participación en la problemática expuesta criterio de inclusión. Este artículo presenta el planeamiento y modelado (Pineda J. Jorge A. 2017) presenta una estructura multicapa flexible diseñada convencionalmente empleando la metodología, rodadura de 10 cm, una base granular de 30 cm y una capa de sub base de 68 cm. La capa de arcilla fuertemente sobre consolidada” (P.30)

Evaluación del uso de geoceldas (Angelica María Viana Sepúlveda 2018) dado su confinamiento logra cumplir con los requisitos necesarios para ser una técnica de refuerzo óptimo en suelos blandos (Díaz, Escobar, & Olivo, 2009).

Desarrollado por (Nicolas Jaramillo Martínez 2015) Otro punto importante a mencionar, es que para lograr la expansión correcta de las geoceldas se instalaron ocho trozos de la misma internamente a 10 centímetros de las paredes de los cajones” (P.75)

Según la introducción (Alejandro Comendil Báez 2013) Las geoceldas CONFICELL.

En el trabajo que se observa el análisis de la deformación por (Gómez Guatipa Julián Gonzales) Análisis del creep y su afectación al factor de mejoramiento de módulos, en geoceldas poliolefinas utilizando el método isotérmico escalonado, norma ASTM D6992.

Dicho análisis se desarrolló bajo la normativa ASTM D-6992 (método isotérmico de diseñar estructuras de pavimento (P.34).

2.2 Recursos de información

Este recurso se ha empleado en buscadores confiables, así como (Google académico, Scielo, Redalyc) las cuales me permitieron acceder a los repositorios de institutos científicos y universidades de prestigio, ubicando 27 artículos científicos de los cuales se seleccionaron 20 de estos.

2.3 Descarte de inclusión

En este método de análisis se consideró a todos los artículos científicos y/o tesis semejantes, elegidos estos por su aplicación considerándose los criterios de inclusión explicados en el ítem 1, para la mejora del documento de investigación, clave (geoceldas en pavimentos flexibles).

2.4 Selección de los datos.

Se delimito el tema usando base de datos, tipo de revista, autor, año, tipo de investigación, palabra clave, países, variable, objetivo y métodos de resultados.

Una vez seleccionado los artículos científicos indexados a revistas de investigación de mayor influencia en nuestro proyecto de investigación, se comenzarán a confeccionar las tablas con las características del documento de investigación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

El orden de ideas, el presente proyecto plantea su objeto de estudio y formula como objetivo general: Determinar las condiciones de riesgo de las fisuras, que se encuentran en obras de construcción civil. De ahí que los objetivos específicos sean: Identificar los tipos de fisuras obras de la construcción civil en zonas rurales en el Perú. Se identificaron 27 artículos de con el título y resúmenes. Del cual en la evaluación de la literatura se encontraron 20 fueron separadas de acuerdo con los criterios de la exclusión establecidos.

Por lo tanto, se examinaron 20 de los que fueron analizados detenidamente, 13 consistían en artículos de revisión de investigación, 7 de ellos consistía en la optimización y beneficios. Unas investigaciones no correspondían al objetivo principal del estudio, ni los requerimientos establecidos.

Ejemplo, formato de figura (estilo APA):

Revistas y publicaciones.

En la fase de análisis, de acuerdo con las particularidades de la revista debemos indicar que Cinco corresponden al área de Ingeniería civil Redalyc (25%), De acuerdo con el registro, doce se encuentran en Google académico (60 %) y tres en Scielo (15%).

Tabla 1

Matriz de registro de artículos

MATRIZ DE REGISTROS ARTICULADOS				
N	Base de datos	Autor/autores	Año	Título de artículo de investigación
1.00	Google académico	Urresta Melo	2015	Análisis de alternativas de diseño con geoceldas, en estructuras de pavimento
2.00	Google académico	Espinosa y Restrepo	2013	Informe de diseño de pavimento
3.00	Redalyc	Sierra Parra	2011	Estudio de materiales de subrasante
4.00	Redalyc	Nicolas Estrada	2015	Ensayo de compactación de sistema sin geoceldas
5.00	Scielo	Jaramillo Martines	2015	Diseños de pavimentos flexibles
6.00	Redalyc	Pineda J Jorge	2017	Modelado de la respuesta de un pavimento flexible reforzado con geoceldas, apoyadas sobre una subrasante discontinua fisurada por desecación.
7.00	Académico	Cañón Leguizamón	2018	Beneficios técnicos y económicos en el uso de geoceldas en estructura de pavimentos frente a los sistemas tradicionales.
8.00	Académico	Celis Ocampo	2013	Evaluación comparativa técnica y económica entre subrasantes blandas en la tecnología de geoceldas vs mejoramiento con material de piedra
90.00	Scielo	Chávez Días	2019	Mejora de productividad en la instalación de un pavimento de capa de rodadura compuesta por geoceldas y grava con el uso de suelo-cemento y herramientas de gestión ubicadas en la selva peruana

10.00	Redalyc	Cuarta Ramírez	2015	Optimización y refuerzo de estructuras de pavimentos flexibles mediante geoceldas
11.00	Académico	Duarte Duarte	2011	Estilo de comportamiento de un material subrasante típico de Bogotá estabilizado con un sistema de geoceldas ante la aplicación de ciclos de carga mediante pruebas de laboratorio
12.00	Académico	Gómez Guavita	2017	Análisis del creep y su afectación al factor de mejoramiento de módulos, en geoceldas poliolefinas utilizando el método isotérmico escalonado, normas ASTM D6992
13.00	Académico	Escarraga López	2019	Diseño de estructuras de pavimento, implementando geoceldas para mejorar la capacidad portante del suelo
14.00	Académico	Navarro Jara	2018	Diseño y construcción de prototipo de pavimentos y superficies drenantes
15.00	Académico	Carpio Patiño	2018	Tramo de prueba con estructura convencional y la implementación de geoceldas
16.00	Redalyc	Lariza Nicol	2017	Diseño de pavimento flexibles con refuerzos de geomalla
17.00	Scielo	Claudia Milena	2015	Optimización y refuerzo de estructura de pavimento flexible mediante geoceldas
18.00	Académico	Tamara Renza	2019	Diseño de la estructura de pavimentos flexibles para la vía urbana
19.00	Académico	Acosta Predasa	2015	Evaluación de impacto ambiental para la rehabilitación de la vía
20.00	Académico	Gonzales Rosa	2019	Estudio y mejora de Albacete

Tabla 2

Características de la unidad de análisis

Tipo de documento	F	%
Artículos de investigación	11	55
Tesis de investigación	9	45
Total	20	100.00

Año de publicación	F	%
2011	2	10
2013	2	10
2015	6	30
2017	3	15
2018	3	15
2019	4	20
TOTAL	20	100.00

Revisión de publicación de artículo según su nacionalidad	F	%
Bogotá	4	20
Perú	16	80
Total	20	100.00

Tabla 3

Análisis Global de los estudios por categorías

Categorías		Información seleccionada de los artículos de investigación
1.00	Análisis de diseño de ingeniería	<p>Es muy común encontrar suelos de subrasante de baja resistencia al corte, el análisis de diseño de ingeniería nos permite mejorar el diseño de pavimentos de grandes espesores. A partir de lo anterior surgió la necesidad de iniciar estudios de los efectos de las geoceldas en los pavimentos, cuyas propiedades permiten obtener una reducción en los espesores de las estructuras de pavimento. Universidad nueva granada (2015)</p> <p>la mitigación del desarrollo de deformaciones causadas por la pérdida de continuidad de una subrasante arcillosa, originada por procesos que inducen desecación. Arcillas fracturadas por desecación, presentan sistemas físicos complejos y variados en los cuales aproximaciones mecanicistas tradicionales ofrecen resultados poco confiables en la simulación del problema Universidad nacional de Colombia (2017)</p> <p>El trabajo de investigación refiere la aplicación de los conocimientos adquiridos en la especialización de la gerencia de obras, donde se realizó un análisis comparativo de nuevas tecnologías aplicadas a nivel mundial (Geoceldas) contra los sistemas convencionales de pavimentos. Este análisis abarca comparativos presupuestales, programación, ventajas y beneficios y análisis costo beneficio, basados en la asignatura Gestión económica y financiera de la construcción. Tesis (2018)</p> <p>La preparación de la subrasante y de las bases granulares se realiza cumpliendo los mismos requerimientos exigidos para un pavimento de asfalto en cuanto a cotas y</p>

		<p>compactación. Debe tenerse especial cuidado en la planitud de la superficie debido a que cualquier defecto se verá reflejado en el pavimento confirmado por las geoceldas y el hormigón. El confinamiento del área de pavimentación se realiza mediante la instalación de soleras o bordillos de hormigón in situ o prefabricados.</p> <p>Una vez terminada la base granular, se instalan estacas de anclaje en las esquinas del área de pavimentación y cada 60 cm por el perímetro de la malla. Universidad católica (2015)</p>
2.00	Particularidades de geoceldas	<p>Éste último, consistió en la inclusión de geoceldas de 0.125 m de altura, entre las capas de base y subbase granular [8]. Se desarrolló el rediseño de la estructura con el reforzamiento y se simuló el comportamiento para un factor de Módulo Modificado (MIF) de 4.0, con los correspondientes ajustes en la rigidez de las capas de pavimento, revista online de información (2016)</p> <p>En Colombia el tema de las Geoceldas es muy reciente, la única referencia encontrada acerca de este tema es una guía desarrollada por el Instituto de Desarrollo Urbano, titulada Guía Para el Buen Uso de Geosintéticos (IDU, 2010), esta dedica un capítulo a la aplicación de geoceldas. Según el IDU (2010), las geoceldas son geosintéticos tridimensionales conocidos como sistemas de confinamiento celular, utilizados en la industria de construcción para estabilización de suelos blandos, muros de suelos reforzados, control de erosión en taludes y canales universidad Bogotá (2018)</p> <p>La principal ventaja del método de refuerzo con geoceldas Geomaxx es una reducción significativa del espesor de la capa requerido para la instalación de grava o debajo del pavimento revista online (2015)</p>

3.00	Resistencia	<p>Ante la aplicación de ciclos de carga y descarga se evidencia que las deformaciones plásticas son más grandes en un sistema estabilizado de manera convencional y en un sistema sin estabilizar, obteniendo una deformación plástica de 11,7% en un sistema estabilizado con geoceldas, esto es de gran beneficio para el pavimento ya que el suelo tendrá mayor resistencia frente a la aplicación de carga y descarga. Universidad de Bogotá (2018)</p> <p>Cuando la finalidad es el soporte de cargas, las geoceldas trabajan como losa semi-rígida, intertrabada, en la cual las cargas se distribuyen lateralmente reduciendo en forma notoria las presiones de contacto en la subrasante. Si se planea construir un estacionamiento o un camino de acceso a un establecimiento rural, las geoceldas rellenas con un material granular brindan una solución de rápida ejecución y sin daños para el medio ambiente. La altura de la geocelda que deberá utilizarse dependerá de los parámetros geotécnicos del material de relleno utilizado y de las cargas que tendrá que soportar el sistema. Revista online (2009)</p>
------	-------------	--

MATERIALES Y METODOS:

Ahora bien, en cuanto a los procedimientos ejecutados durante la investigación realizada se encontró que principalmente fue necesario tener dos sistemas, uno en el cual debía estar la presencia de las geoceldas, y en el otro la ausencia de ellas. Adicionalmente, otro aspecto de gran importancia para poder lograr una comparación viable fue manipular las mismas condiciones en ambos experimentos. Finalmente, el resultado a comparar fue la densidad y el peso unitario seco de los sistemas, el cual define el mayor nivel de compactación.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

1. Haciendo un resumen de lo encontrado para cada figura:

- **Para la tabla 1**

Se analizaron 27 artículos para dar solución a la pregunta en la revisión sistemática y con respecto a los estudios, entre tesis y artículos científicos, la información sobre el uso de geocedras dio a considerar 20 de las antes mencionadas donde pudimos apreciar que la mayoría de la base de datos pertenece Google académico siendo sus autores en mayor porcentaje nacionales

El diseño propuesto, respecto al diseño convencional permite remplazar la capa sub base y disminuir el espesor de la capa base granular. La optimización de espesores que se consigue con la tecnología Neoweb, lleva implícita la disminución del volumen de agregados pétreos, lo cual se convierte en una solución efectiva frente a la afectación de redes existentes, evitando sobre excavaciones y minimizando el transporte y explotación de materiales pétreos no renovables.

- **Para la tabla 2**

Para resumen de la tabla 2 se encontraron más artículos de investigación (55%) que tesis (45%) teniendo presente que no hay mucha diferencia en el % de los ya mencionados, por otro lado, el mayor numero de estos fue encontrado en el año 2015 (30%) y un mínimo entre el 2011, 2013 con el (10%), la cual se encontró mayor cantidad de información nacional (80%) que extranjero (20%)

- **Para la tabla 3**

En la tabla número tres se ha logrado encontrar 3 categorías que son de suma importancia para el estudio: **Análisis de diseño de ingeniería**, es donde se realiza el análisis del comportamiento de cada diseño; **Particularidades de geoceldas**, es donde se menciona las características, tipos, el método a emplearse, el rendimiento y la comparación con la solución tradicional; **Resistencia**, se encuentra el resultado de todos los procesos de deformación y compresión con geocelda y sin ella.

La tecnología de los geoceldas se ha convertido en una alternativa para solucionar los problemas tanto técnicos como económicos de los proyectos de ingeniería y su implementación se ha hecho en la mayoría de los casos de forma empírica, retomando resultados de experiencias en proyectos anteriores. Bajo este concepto, en muchas ocasiones los geoceldas han sido una solución exitosa pero en algunos casos la falta de conocimiento y de una metodología de diseño que permita definir los requerimientos de estos materiales de acuerdo con las condiciones particulares de cada proyecto, no ha

permitido que los beneficios de esta tecnología sean aprovechados en su total magnitud. Generalmente la mayoría de los países están optando en las modificaciones de los pavimentos. Una de las grandes dificultades encontradas en esta investigación es encontrar el tema de investigación, el uso adecuado de las técnicas de investigación y los formatos al estilo APPA, la recopilación de los temas de investigación, y una escasa investigaciones sobre el tema elegido.

Una de las premisas del diseño, contempla que para el llenado de la Neoweb únicamente podrá usarse material granular, tal como grava, subbase granular, base granular, RAP, entre otros. El sistema no es eficiente con materiales clasificados de alta plasticidad, puesto que no se lograría el confinamiento suficiente para soportar las deformaciones a las cuales la estructura de pavimento estará expuesta. Pese a que la inversión inicial de una estructura de pavimento reforzada con Neoweb frente a una estructura convencional, tiende a ser mayor, a largo plazo se alcanzará un ahorro económico superior puesto que la Neoweb proporciona mejores rendimientos en comparación con la solución tradicional, además de brindar una vida útil mucho mayor a la inicialmente planteada.

REFERENCIAS

- Urresta Melo (2015) análisis de alternativas con geoceldas._
<http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13740>

- Espinosa y Restrepo; (2013). Informe de Diseño de Pavimentos Carrera.
<http://congresodevialidad.org.ar/congreso2016/TRA/TRA-114.pdf>

- Sierra Parra V. (2011). Estudio del Comportamiento de un Material de Subrasante.
<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/16639>

- Nicolas Estrada M. (2015) Ensayo de compactación de sistema con y sin geoceldas.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/17390/u713526.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Nicolás Jaramillo Martínez. (2015)_
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/17390/u713526.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Urresta Melo, Yinna Marcela
<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13150>

- Pineda J. Jorge A., Orduz D. Jhobany_
<http://congress.cimne.com/cmn2017/admin/files/fileabstract/A504.pdf>

- Cañón Leguizamón, Sandra Milena(2018)
<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/22580>
- Perdomo Ruiz, Fredy(2013)
<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1208>
- Chávez Díaz, Hellen Dassilane (2019)
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625434/ch%c3%a1vez_dh.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aguilar Danie. (2016)
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6935>
- <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13740>
- <http://congresodevialidad.org.ar/congreso2016/TRA/TRA-114.pdf>
- Duarte, Duarte, María Camila (2011)
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7505>
- Carlos Marín1, Felipe Halles
<http://congresodevialidad.org.ar/congreso2016/TRA/TRA-114.pdf>
- Escarraga Lopez_
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/18418>