

Resultados de investigaciones acerca del comportamiento físico mecánico y geológico de las mezclas asfálticas mdc-19 modificadas con polipropileno reciclado

"STUDY AND ANALYSIS OF RESEARCH RESULTS ON THE MECHANICAL AND RHEOLOGICAL PHYSICAL BEHAVIOR OF MDC-19 ASPHALT MIXTURES MODIFIED WITH RECYCLED POLYPROPYLENE"

Andrés Felipe Vásquez Navarro

Estudiante Ingeniería Civil - 1112884, y también Estudiante De Sexto Semestre En Ingeniería Ambiental – 1651620, Integrante del semillero de investigación de pavimentos SIIVAL, Facultad de Ingeniería, programa de ingeniería civil de la Universidad Francisco De Paula Santander/Cúcuta (N. de S.), Colombia andresfelipevn@ufps.co <https://orcid.org/0000-0002-7700-083X>

Julio Sebastián Flórez Carreño

Estudiante Ingeniería Civil – 1112901, Integrante del semillero de investigación de pavimentos SIIVAL, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería civil de la Universidad Francisco De Paula Santander/Cúcuta (N. de S.), Colombia juliosebastianfc@ufps.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-3628-8806>

Recibido: Enero 2020

Aceptado: abril 2020

REVISTA FORMACIÓN ESTRATÉGICA

RESUMEN

EL PRESENTE ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN es presentado como el estado del arte y conocimiento acerca de; “El estudio y análisis de resultados de investigaciones sobre mezclas asfálticas modificadas con polipropileno reciclado” y que, en comparación con las mezclas asfálticas tradicionales, muestran mejores resultados en términos de durabilidad, dándoles la oportunidad de adaptarse a condiciones de respuesta específicas según las necesidades del proyecto, no dejamos ningún tipo de descripción más con respecto al contenido para generar en el lector más intriga por lo investigado en el documento científico, dejando en claro que dicho estado del arte hace parte de la parte primordial del trabajo de grado de los jóvenes investigadores, y es básicamente un artículo de nuestra tesis la cual a la fecha actual tenemos el anteproyecto aprobado y esperando para revisión y corrección de los jurados, ya para luego exponerla y salir graduados con esta gran investigación científica y obtener nuestros títulos como INGENIEROS CIVILES. El presunto análisis de resultados ya antes mencionados hace referencia a que la directriz del proyecto que era experimental cambio a análisis comparativos

de resultados ya verídicos, puesto que para esta época del presente año 2020, se presentó una emergencia sanitaria la cual nos complicó el trabajo en laboratorio, una vez ya fundamentado por qué se analizan todos los resultados de nuestros antecedentes para este artículo científico, QUE SI SE NOS PERMITE, TENDRÁ UNA SECUELA, UN SEGUNDO ARTÍCULO del mismo tema solo que ya una vez adoptadas las medidas y puesta en marcha la parte experimental del proyecto.

PALABRAS CLAVE: Mezclas asfálticas modificadas, durabilidad, porcentajes óptimos y documento científico

ABSTRACT

THIS RESEARCH ARTICLE is presented to the; “The study and analysis of research results on asphalt mixtures modified with recycled polypropylene” and that, compared to traditional asphalt mixtures, show better results in terms of durability, giving them the opportunity to adapt to specific response conditions according to the needs of the project, we do not leave any type of description more regarding the content to generate in the reader more intrigue due to what is investigated in the scientific document, making it clear that said state of the art is part of the primary part of the degree work of young researchers , and it is basically an article of our thesis which to the current date we have the approved preliminary project and waiting for the review and correction of the jury, and then to expose it and graduate with this great scientific research and obtain our degrees as CIVIL ENGINEERS. The presumed analysis of results already mentioned above refers to the fact that the guideline of the project, which was experimental, changed to comparative analysis of already true results, since for this time of the present year 2020, a health emergency was presented which complicated our work in laboratory, once it has been established why all the results of our antecedents for this scientific article are analyzed, WHICH, IF WE ARE ALLOWED, WILL HAVE A SEQUEL, A SECOND ARTICLE on the same subject only that once the measures have been adopted and the experimental part of the project.

KEY WORDS: Modified asphalt mixes, durability, optimal percentages and scientific document

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años la demanda en infraestructura, industria y consumo han aumentado, debido a distintos factores como la sobrepoblación y el inevitable desarrollo tecnológico que se ha tenido en la última década, el continuo progreso y avance de las ciudades exige que la infraestructura vial resista grandes volúmenes de tráfico y excesos de cargas, satisfaciendo así períodos de servicio; este desarrollo ha traído grandes consecuencias, viéndose reflejado en la cantidad de desechos generados, como el plástico, según investigadores “En los últimos diez años hemos producido más plástico que en toda la historia de la humanidad” – cita textual de (Greenpeace España, 2018)

Las mezclas asfálticas habituales presentan una gran susceptibilidad al ahuellamiento, debido al alto flujo vehicular, la aplicación de grandes cargas, la canalización de la circulación, entre muchos otros factores que, contribuyen al envejecimiento prematuro de la carpeta asfáltica (Reyes Lizcano & Figueroa Infante, 2008).

Aunado a este problema está la gran contaminación que generan los desechos plásticos, Según un estudio realizado por un grupo de científicos de la Universidad de Georgia, la Universidad de California, Santa Bárbara y la Asociación de Educación Marina, los seres humanos han producido aproximadamente 8,3 mil millones de toneladas de plástico, de las cuales se fabrican 8,3 mil millones de toneladas, y aproximadamente El 9% se ha reciclado, el 12% se ha incinerado y el 79% se ha acumulado en vertederos o en el medio ambiente. Entre los tipos de plásticos que se pueden encontrar, el polipropileno es uno de los termoplásticos más consumidos en el mundo, con una demanda anual estimada de 790.000 toneladas. (Monzó Pérez, 2015).

Ya que es imposible dejar de utilizar los materiales plásticos, se debe buscar soluciones óptimas, prácticas y realistas que permitan mitigar el impacto ambiental que estos generan, se sabe que las propiedades y características de los materiales originales son diferentes a la de los materiales reciclados, pero es posible encontrar puntos óptimos mediante el estudio de estos (Meran, Ozturk, & Yuksel, 2007).

Es por esto que se han realizado múltiples investigaciones que buscan darle un segundo uso aplicándolo en distintos campos de la ciencia e ingeniería, buscando así en muchas de estas, mejorar las propiedades reológicas de los asfaltos, de este modo contribuir mediante aplicaciones factibles, económicas, confiables y duraderas, utilizando como modificadores asfálticos distintos materiales que hoy día se desechan. En todo el mundo, la modificación del asfalto se ha convertido en una de las tecnologías más utilizadas para mejorar las propiedades reológicas de las mezclas asfálticas tradicionales bajo altos niveles de tráfico y gradientes de temperatura. (Rondón Quintana, y otros, 2007)

Australia, Bélgica, Francia, Gran Bretaña, Portugal, Estados Unidos, España y Alemania son unos de las naciones que han desarrollado procesos de modificación de los ligantes en las mezclas asfálticas por medio de la aplicación de polímeros, tal se han mejorado las características reológicas y se han conseguidos resultados más económicos (Forigua Orjuela & Pedraza Díaz, 2014)

China es el principal productor de plásticos con un 30% ocupando el primer lugar a nivel mundial, un poco más de la mitad de la producción del continente asiático, con un 51% en total (Greenpeace España, 2018).

los desechos plásticos se han utilizado como modificadores asfálticos, demostrando mejoras en la viscosidad y las propiedades del pavimento. El uso de estos materiales de desecho como aditivos de la construcción de carreteras no solo reduce el impacto ambiental, sino que también mejora el rendimiento del pavimento de la mezcla asfáltica. Durante los últimos años, el desecho de caucho de llanta ha tenido un rápido crecimiento. Si los desechos de caucho de llanta pudieran utilizarse como un modificador para la construcción de carreteras, reduciría significativamente la contaminación ambiental, al igual que, el etileno-vinil-acetato (EVA), un tipo de plástico que fue ampliamente utilizado como modificador de asfalto en Europa, este también tiene un efecto perjudicial en el medio ambiente y contamina las aguas subterráneas debido a su insolubilidad. Por lo tanto, es crucial e

inevitable reciclar este tipo materiales de desecho y aprovecharlo al máximo para mitigar sus nocivos efectos (Yan, Chen, You, & Tian, 2020).

En México se generan 300 millones de toneladas de plásticos al año, de las cuales solamente se recicla 3% (Santillán, 2018). Evidentemente existe una gran desproporción entre lo que se está generando y lo que se trata. En el país la mayor parte de los residuos termina en drenajes y basureros, lo que genera problemas ecológicos y de salud; adicional a este problema está el creciente aumento de las cargas de tránsito, lo que ocasiona fallas prematuras en la malla vial, es por ello, que en los últimos años se realizaron diversas averiguaciones que buscan cambiar los asfaltos por medio de la utilización de diversos tipos de residuos para optimizar su manejo. Uno de los modificadores más usados ha sido el asfalto ahulado utilizando distintos tipos de residuos como llantas de desecho, SBR, y polibutadieno (Garnica Anguas, Delgado Alamilla, Gómez López, & González Madrigal, 2004).

En Colombia la realización de mezclas asfálticas de alto modulo requiere de químico costosos, implicando un gran aumento de capital en la ejecución de proyectos de este tipo, lo que con lleva a la realización de investigaciones, que buscan modificar los asfaltos mediante la utilizando de distintos materiales, buscando así mejorar la durabilidad de la malla vial a un menor costo y garantizando la mayor utilización posible de los desechos plásticos, según estudios realizados indican que, en Colombia el 10% de los desechos son residuos plásticos y la mayoría de los rellenos sanitarios no cuentan con sistemas adecuados de reciclaje, que permitan aprovecharlos para darles un segundo uso, pudiendo contrarrestar los efectos que estos causan en el medioambiente (Reyes Lizcano & Figueroa Infante, 2008).

A partir de lo anterior, el desarrollo de la investigación tiene como objeto mejorar las propiedades reológicas del asfalto utilizando como modificador el polipropileno posconsumo, de esta manera reducir el envejecimiento prematuro del asfalto, que se presenta por distintas condiciones ya sea cambios climáticos bruscos, incremento de cargas, entre otros. Todo esto a un menor costo de fabricación permitiendo la viabilidad de proyectos que presentan condiciones especiales para su funcionamiento, además, garantizar la mayor utilización de materiales de desecho, que, apilonados en rellenos sanitarios, contaminan y deterioran el medio ambiente, de esta manera aportando significativamente a la conservación y cuidado del planeta tierra.

2. ANTECEDENTES

NIVEL MUNDIAL

Una investigación realizada en la ciudad de Bagdad, Iraq por la University Mustansiriyah (Raouf Mahmood, Mershed Eweed, & Mizher Rahma, 2018) presenta un modelo de construcción sostenible por asfaltos utilizando Polipropileno Reciclado, los resultados de las pruebas realizadas indican que el PP como aditivo mejora las características físicas de la mezcla asfáltica, aumentando así la resistencia a la tracción ; concluyendo así “La mezcla de asfalto que contiene PP puede usarse para la construcción de carreteras”.

NIVEL INTERNACIONAL

A nivel internacional se cuenta con un proyecto investigativo realizado en la ciudad de San José, Costa Rica por la Universidad de Costa Rica (Villacís Camacho, 2017) en el cual se utilizan materiales de desecho para modificar asfaltos, siendo estos materiales: Policloruro de Vinilo (PVC) y el Polipropileno proveniente de billetes, utilizando una dosificación del polímero del 3%, los resultados de cada uno de los ensayos efectuados fueron comparados con asfalto sin modificar, para así establecer si los materiales son viables como modificante asfáltico, concluyendo así “ El Polipropileno presenta mejores resultados como modificante que el PVC, este provoca un aumento del PG así como también mejora en cuanto al tipo de tráfico que puede transitar, ya que paso de tráfico estándar a tráfico muy pesado” .

NIVEL NACIONAL

En el municipio de Barrancabermeja, Santander el Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ, llevo a cabo un trabajo liderado por grupos de investigación de la misma (Orjuela , Paredes, & Velasco, 2018) el cual se busca desarrollar ladrillos, a base de polietileno de alta densidad y polipropileno teniendo como lineamiento las normas ASTM D696, D570, D792, D635; se concluyó una temperatura de 170°C y una época de 150 minutos para lograr tener ladrillos compactos sin la quema de plástico ni la emisión de gases contaminantes y se procedió a hacer pruebas de resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, densidad y absorción de agua, de consenso, al estudio e interpretación de datos y resultados se concluyó que “ Los ladrillos conseguidos desde plástico reciclado por una sección sobrepasan la resistencia mecánica de los ladrillos convencionales de arcilla, y por otra, muestran menores valores de densidad y absorción de agua”.

NIVEL LOCAL

Adicionalmente se cuenta con estudio realizado por un estudiante de la Universidad Francisco de Paula Santander, junto con estudiantes de la Universidad de Antioquia (Ciro, Parra, Zapata, & Murillo, 2015) en el que se evalúa la predominación de caucho reciclado (RR), mezclas de polipropileno reciclado/polietileno (RPP) y RR (RPP/RR). Las características de las mezclas, fueron evaluadas por estudio geométrico, termogravimétrico (TGA), calorimetría diferencial de barrido (DSC), microscopia de barrido electrónica (SEM), densidad, índice de fluidez y ténsil. Los resultados para las características térmicas, estudiadas por TGA, indicaron que el equilibrio térmico de las mezclas redujo con el contenido de caucho. La investigación DSC enseñó prueba de que la integración de caucho perjudica la composición cristalina del LDPE y PP, Cada una de las mezclas redujeron el módulo de Young y los valores de resistencia a la tracción con el contenido de RR, empero el alargamiento a la rotura incrementó.

3. JUSTIFICACIÓN

Las mezclas asfálticas habituales presentan propiedades satisfactorias tanto mecánicas como de adhesión en distintas aplicaciones y bajo condiciones climáticas y de tránsito variadas, a pesar de ello, debido a el continuo desarrollo social y económico, han incrementado las exigencias a las cuales se someten los recubrimientos asfálticos aumentando los volúmenes de tránsito y la magnitud de cargas, causa de que, en algunos casos utilizar asfaltos convencionales en la construcción de vías no satisfagan requerimientos primordiales e importantes tal como cumplir con determinada vida útil, es decir, menor resistencia al envejecimiento, la poca durabilidad de un asfalto reflejándose en

ahuellamiento y fisuraciones dentro de una carpeta asfáltica. Los asfaltos se modifican con el fin de mejorar sus características mecánicas, es decir, su resistencia a las deformaciones por factores climatológicos y del tránsito (Rodríguez Valdivia, 2008).

El uso de Asfaltos modificados mediante la adición de polímeros demostró mejorar la conducta de pavimentos, los cuales muestran gran resistencia a la disolución y a la fractura térmica, reducen el mal por fatiga, el agrietamiento y la susceptibilidad térmica. Los aglutinantes modificados fueron utilizados exitosamente en sitios sometidos a monumentales esfuerzos, como intersecciones de avenidas bastante transitadas, aeropuertos, estaciones de pesaje de vehículos y pistas de carreras (Palma, Ortiz Cisneros, Ávalos Belmonte, & Castañeda Facio, 2014).

La utilización del Propileno Reciclado en Mezcla Asfálticas Modificadas presenta una posible alternativa que permite la reutilización de los materiales plásticos, que como bien se sabe actualmente representa uno de los mayores contaminantes a nivel mundial debido a que estos desechos no se manejan de manera adecuada, de esta manera se encamina a aportar un grano de arena que permita mitigar el impacto ambiental de estos materiales a los ecosistemas, ya que al no ser degradables deben buscarse soluciones que permitan manejarlos de manera correcta al ser desechados; para así “Evitar en un futuro ahogarnos en plástico”.

Las investigaciones a nivel local sobre Mezclas asfálticas modificadas con polímeros reciclados son casi nulas, además, un alto porcentaje de las mezclas empleadas corresponden a mezclas convencionales. Estas circunstancias encaminan a realizar esta investigación la cual en un futuro se pueda utilizar dicha experiencia a nivel local y regional, asimismo, que sirva como base y de pie a futuras investigaciones en esta línea.

4. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles parámetros se utilizarán como guía para interpretar cada uno de los resultados de las investigaciones analizadas?

¿Qué aspectos se deben tener en cuenta para la selección de la mejor investigación sobre este material?

¿Qué metodología se utilizará para determinar las proporciones de los materiales a utilizar en la mezcla asfáltica modificada de cada uno de los proyectos (¿solo se evidenciarán 2 de las mezclas como una apreciación de todo lo que se tuvo que analizar, calcular y resolver para llegar a los resultados esperados?)

¿Se considera viable la aplicación de mezcla asfáltica modificada con respecto a las mezclas asfálticas convencionales?

¿Cuál de los métodos de aplicación de este material en la construcción de pavimentos cree a su criterio ingenieril que, por costos, por utilidades y aparte de la ganancia económica, la ganancia ambiental cuál de estas posibles soluciones logra adaptarse al campo incluyendo este material y que provenga específicamente del reciclado del mismo?

5. OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN

A partir de lo anterior, el desarrollo de la investigación tiene como objeto ANALIZAR PROYECTOS, INVESTIGACIONES Y ARTÍCULOS DONDE SE HAYAN MEJORADO LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL ASFALTO UTILIZANDO COMO MODIFICADOR EL POLIPROPILENO POSCONSUMO, “Algunas de la propiedades reológicas más importantes son: Viscosidad aparente (relación entre esfuerzo de corte y velocidad de corte)”, de esta manera reducir el envejecimiento prematuro del asfalto, que se presenta por distintas condiciones ya sea cambios climáticos bruscos, incremento de cargas, entre otros. Todo esto a un menor costo de fabricación permitiendo la viabilidad de proyectos que presentan condiciones especiales para su funcionamiento, además, garantizar la mayor utilización de materiales de desecho, que, apilados en rellenos sanitarios, contaminan y deterioran el medio ambiente, de esta manera aportando significativamente a la conservación y cuidado del planeta tierra.

En complementación con lo mencionado anteriormente, se buscará como fin investigativo responder a nuestra gran pregunta la cual da apertura a nuestro proyecto ¿Qué alternativa, desde la aplicación de mezclas asfálticas modificadas para pavimentación, le ofrecen a la comunidad en general una clara y evidente solución a la problemática más común del día a día de los ciudadanos “la malla vial” o la infraestructura de corredores viales pavimentados asfáltica mente y que al mismo tiempo esta, se constituya como una opción, al problema de manejo de los residuos plásticos es decir el material post consumo ya antes mencionado?

dicha alternativa es el estudio de; la determinación del porcentaje óptimo de material residual, reciclado y clasificado como polipropileno o plásticos semejantes en cuanto a su fórmula química molecular para que los residuos puedan ser reutilizados de manera exitosa, todo esto para el diseño de la mezcla asfáltica con modificaciones. Se deberá también calcular y analizar los parámetros Marshall de este tipo de mezcla, y una vez analizados los resultados de estos parámetros en laboratorio se procederá a confirmar si el producto final para el pavimento genera los cambios esperados en durabilidad y otras de las propiedades reológicas del material bituminoso de la mezcla, la parte líquida de los asfaltos.

6. MARCO TEÓRICO

ESQUEMA TENTATIVO DEL MARCO TEÓRICO EL CUAL ES UN COMPENDIO DE ARTÍCULOS, LIBROS, PROYECTOS Y OTROS DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN O SIMPLES DE BÚSQUEDA DE CONCEPTUALIZACIÓN SOBRE EL PROBLEMA EN ESTUDIO:

❑ DEFINICIONES BÁSICAS ACERCA DEL PROYECTO

1) HISTORIA DE LAS CARRETERAS

El crecimiento de tamaño y densidad de las poblaciones en las localidades de las primeras culturas y la necesidad de comunicación con otras zonas se tornó fundamental para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros clientes, es ahí donde emergen las carreteras. Los primeros constructores de senderos aplicaron su técnica posiblemente en la misma zona del Oriente medio donde apareció la rueda y el animal de tiro. Es de dar por sentado que sintieran la necesidad de

allanar el lote efectuando pequeños desmontes y rellenando hondonadas. La carretera más vieja de extensa distancia ha sido la Carretera Real Persa que estuvo en explotación a partir de alrededor del año 3500 al 300 A de C. Los romanos fueron los primeros que construyeron científicamente carreteras, denominadas habitualmente calzadas (de cal, calcis roca caliza) por la implementación de caliza en su creación. Su técnica ha sido bastante realizada y su modelo de calzada adoptado hacia el año 300 a. de J. C. ha sido el tipo estándar para los próximos 2.000 años. (Vialidad y Transporte Latinoamericano, 2014)

2) RESEÑA HISTÓRICA SOBRE PAVIMENTOS FLEXIBLES DESDE SU ORIGEN “EL ASFALTO”

En el área de la obra, la implementación más vieja se remonta alrededor de al año 3200 A.C excavaciones efectuadas en TellAsmer, a 80Km al noroeste de Bagdad, han permitido constatar que los Sumerios habían usado como mastic de asfalto para la obra, hablado mastic, formado por Betún, finos materiales y paja, se usaba en la pega de ladrillos, en la ejecución de pavimentos interiores y como revestimiento impermeable. Los de Egipto le habían encontrado otra aplicación al Betún, como relleno corporal en trabajos de momificación, práctica que se prolonga alrededor de hasta el año 300 A.C: los árabes desarrollaron un uso medicinal al asfalto, el cual se extendió hasta nuestra etapa. En 1802 en Francia se utilizó para el culminado superficial de pisos, puentes y bancos. (Sitio Web; issuu.com)

En 1870 en Nueva Yérsey se colocó el primer pavimento asfáltico usando piedra asfáltica importada del Valle de Ródano en Francia. El diseño lo hizo un químico de procedencia belga denominado E. J. Desmet. En 1876 se aplicó la primera capa de mezcla asfáltica con arena en Washington D.C.; usando la piedra asfáltica anteriormente mencionada y además asfalto importado del Lago La Trinidad alrededor de Venezuela. (yenny,2012. publicado con la tecnología de Blogger.)

□ TEORÍAS ESPECÍFICAS RELACIONADAS A PAVIMENTOS

1) TEORÍA SOBRE LO QUE CONSIDERÁBAMOS COMO PAVIMENTO.

Un pavimento de una composición, tiene por finalidad conceder un área de rodamiento que posibilite el tráfico seguro y cómodo de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática. Hay una gigantesca pluralidad de tipos de pavimento, dependiendo del tipo de vehículos que circulan y del volumen de tráfico. En un camino no pavimentado, las condiciones de desempeño son precarias, lo cual crea restricciones en las velocidades y las cargas de los vehículos, además se elevan los precios operacionales (mantenimiento y combustible). La implementación de un camino terrestres es dependiente de las condiciones climáticas y de un drenaje satisfactorio. En un camino con revestimiento primario (cascajo o un suelo pedregoso arenoso), las condiciones climáticas tienen la posibilidad de ser menos relevantes, empero sí un drenaje eficaz. (2009, apuntes de ingeniería civil – sitio web)

2) TEORÍAS SOBRE LOS DISTINTOS TIPOS DE ASFALTOS, PAVIMENTOS O CAPAS DE RODADURA ASFALTADAS

“Las mezclas asfálticas son la combinación de agregados pétreos y un ligante asfáltico. Se elaboran normalmente en plantas mezcladoras, pero en algunos casos pueden fabricarse in situ. Un ejemplo claro de las mezclas:

Mezcla abierta en frío.

Mezcla abierta en caliente.

Mezcla densa en frío.

Concreto asfáltico o mezcla densa en caliente.

Arena – Asfalto.

Tratamientos superficiales.

Lechadas (Slurry and Seal).

Mezclas asfálticas drenantes.

Mezclas discontinuas o micro aglomerados en caliente.

Mezclas tibias.

Mezclas asfálticas modificadas.

Materiales granulares estabilizados con asfalto en frío o caliente.

Además, se aclara que los distintos tipos de mezclas asfálticas están conformadas por agregados pétreos con granulometría y requisitos mínimos de calidad diferentes presentando diferencias cada uno dentro de la estructura del pavimento”, (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, Mezclas Asfálticas, 2015) pag.38

❑ TEORÍA GENERALIZADA ACERCA DEL RECICLAJE DE RESIDUOS PLÁSTICOS GLOBALMENTE

El programa medioambiental de la ONU sugiere que, en un año en todo el mundo se generan cerca de 400 millones de toneladas de residuos plásticos, siendo aproximante reciclado únicamente el 9%.

La transnacional Procter & Gamble además famosa como P&G en todo el mundo, lleva usando plástico reciclado en sus envases a partir de la década de los 80. P&G cuenta con una planta de reciclado que inició a operar en el primer mes del año de 2018, esta tiene la función de restablecer polipropileno (PP) posconsumo en plástico con la misma calidad de un material virgen, esta tecnología remueve el color, olor y otros contaminantes, para crear un PP con características ciento por ciento semejantes a las del material virgen, sin embargo, desde materiales recuperados. Tal cual se abre la probabilidad de reutilizar una cantidad enorme de millones de kilos de polipropileno reciclado de alta calidad como sustituto de materiales vírgenes. (Procter & Gamble España, 2018)

En Colombia se generan 1 millón de toneladas de residuos plásticos al año, cada día una persona utiliza 60 gramos de plástico, lo que al final del mes puede significar 2 kilos de este residuo por habitante. El porcentaje de reciclaje de este solo alcanza el 7 %, entonces, el restante 93 %, termina siempre acumulado en los rellenos sanitarios o se arroja a las montañas, a los valles, y a los ríos (Gil Gutiérrez, 2019)

En Colombia la empresa SC RECYCLING S.A ubicada en Itagüí, Antioquia se dedicada al reciclaje de plásticos postindustriales y posconsumo, esta se fundamenta en la importancia de reducir los impactos potenciales a través del ciclo de vida de los productos, gracias extensiva investigación acerca de la mejor manera de reciclarlos, consumirlos o transformarlos en productos finales. Comercializando así resinas plásticas recuperadas hechas de polietileno y polipropileno (SC RECYCLING S.A.,2018)

❑ EL PLÁSTICO RECICLADO EN PRODUCTOS DEL ÁMBITO DE LA CONSTRUCCIÓN

En Argentina cada año se desechan 13 millones de toneladas de plástico, una cantidad suficiente para construir cada día un edificio de 57 pisos, como las torres Le Parc (El Cronista, 2018). De las cuales se reciclan aproximadamente 241.000 toneladas (Rocha, 2018). En el país se desechan por día alrededor de 12.000.000 de tapas hechas de polipropileno, cantidad suficiente para fabricar 36.360 ladrillos. La compañía argentina Easy Brick propone una idea simple pero innovadora, crear un ladrillo ecológico hecho de tapas de envase de PET, fácil de usar y que contribuye a una construcción sustentable. Básicamente es un ladrillo plástico hecho a base de polipropileno reciclado concretamente 330 tapones de envase de PET reciclados, que se caracteriza por su peso reducido y excelente capacidad para aislar térmicamente. (Easy Brick, s.f.)

❑ TEORÍA GENERAL INGENIERÍA DE PAVIMENTOS Y EL DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

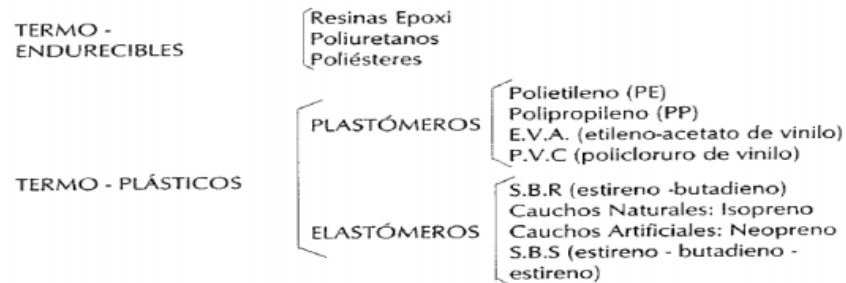
La Ingeniería de Pavimentos tiene por objetivo el plan, la obra, el mantenimiento y la gerencia de pavimentos, de tal modo que las funcionalidades sean desempeñadas con el menor precio para la sociedad. Tratándose, en esencia, de una actividad multidisciplinaria, donde permanecen relacionados conceptos y técnicas de las Ingenierías: Geotecnia, de Construcciones, de Materiales, de Transportes y de Sistemas, en vista del valor se debería estimar y hacer el mantenimiento de pavimentos existentes. (Vivar Romero, 2004, pág. 21)

❑ TEORÍA DE LOS ASFALTOS MODIFICADOS CON MATERIALES RECICLADOS COMO INTRO A LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Hay numerosas técnicas para la modificación de mezclas asfálticas en el planeta. Las primordiales técnicas se les denominan vía húmeda y vía seca. Por vía húmeda, el polímero o aditivo es añadido al asfalto a alta temperatura y, después, este ligante ya modificado es adicionado al añadido pétreo para formar la mezcla asfáltica. Por vía seca, el aditivo suple parte del añadido pétreo (por lo general

las fracciones más finas) y se adiciona a este a alta temperatura para después recibir el asfalto y conformar la mezcla asfáltica. Generalmente, la literatura de alusión reporta que por vía húmeda las desventajas, entre otras, son el más grande precio inicial de la mezcla (se necesita nuevos grupos en planta como la unidad de mezclado y almacenamiento del asfalto-aditivo, cambio de bombas y tuberías) y el crecimiento de la temperatura de mezclado. Por vía seca la era de compactación de la mezcla es más grande y demanda más grande proporción de ligante asfáltico. (Carlos Alberto Gómez campillo, 2018- trabajo de grado)

A continuación, el grafico que representa la teoría expuesta anteriormente:



Fuente: (Monteja, 2013)Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. p 621

(Carlos Alberto Gómez campillo, 2018- trabajo de grado)

❑ FUNDAMENTACION TEORICO.PRACTICA

Diseño Metodológico, Para el diseño de la composición de pavimento flexible se siguen los lineamientos establecidos en el manual para el diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y elevados volúmenes de tránsito del Instituto Nacional de Vías- INVIAS, en donde se usaron los procedimientos AASHTO/93 y racional (mecánico- empírico), la cual correlaciona el número estructural solicitado (que está en funcionalidad del tránsito de diseño, la funcionalidad de soporte de la subrasante, el grado de fiabilidad, la desviación estándar entre otros) y el número estructural efectivo determinado como el aporte estructural de todas las capas de pavimento (se descubren en función de la calidad, condiciones de drenaje y espesor), estableciendo los espesores de pavimento necesarios según las cambiantes de diseño.

Lapso de estudio: El lapso de estudio para el diseño de las construcciones de pavimento es de 12 años.

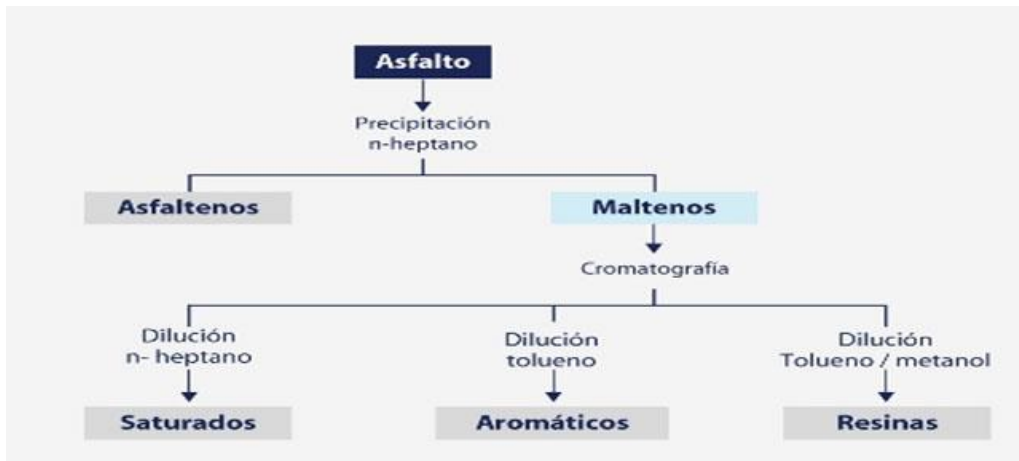
Fiabilidad: Se establece como un 90% según las propiedades del plan y las sugerencias establecidas por la metodología de diseño (Manual de pavimentos asfálticos para vías con medios y elevados volúmenes de tránsito, INVIAS 1998).

Serviciabilidad: El índice de Servicio presente (PSI) cambia entre 0 (carretera imposible) y 5 (Carretera perfecta). Teniendo presente lo anterior, y conforme a lo predeterminado por la metodología de diseño, se adopta un $P_0 = 4.2$ y $P_t = 2.0$ para obtener un ΔPSI de 2.2. Costo índice inicial de servicio: Costo Índice inicial de servicio :4,2 costopreciado según las sugerencias del Manual de Diseño de Pavimentos en vías con medios y elevados volúmenes de Tránsito

Valor Índice final de servicio: 2,0

❑ ESTRUCTURA MOLECULAR DE UN ASFALTO

Una vez que el asfalto es disuelto en n-heptano, los materiales duros son precipitados, siendo dichos materiales los denominados asfáltenos, nombre planteado por Boussingault en 1837. Hay otras fracciones asfálticas precipitadas por otros solventes, empero esta es la mejor forma de diferenciar a dichos materiales como insolubles en n-pentano. Las sustancias solubles en n-heptano se llaman generalmente petroléenos, además denominados maltéenos. Las resinas se hallan en los petroléenos, tienen la posibilidad de ser parcialmente precipitadas por ciertos solventes o adsorbidas de los petroléenos mediante arcillas u otras minerales activados, estas resinas, anteriormente adsorbidas, tienen la posibilidad de pasar a un proceso de desorción del mineral por solventes antes seleccionados.



(WEB SITE; <http://www.solpetroleo.com/fisico-quimica-del-asfalto>)

❑ ESTRUCTURA O COMPOSICIÓN MOLECULAR DE LOS PLÁSTICOS, COMO INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA SOBRE EL POLIPROPILENO

Los plásticos son polímeros. Para generar polímeros, el petróleo y otros productos se calientan bajo condiciones controladas y se descomponen en moléculas más pequeñas denominadas monómeros. Dichos monómeros son los elementos básicos de los polímeros. Las distintas combinaciones de monómeros generan resinas plásticas con diferentes propiedades, como resistencia o capacidad de moldeo (Halden, 2013)

❑ PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS ASFALTO 60-70 (INVIAS)

Los valores de las propiedades fisicoquímicas del asfalto se presentan en la siguiente tabla, comparados con los valores exigidos por el INVIAS Artículo 410-13:

ESPECIFICACIÓN INVIAS ART.410-13, TABLA 410-1					
CARACTERÍSTICA	UNIDADES	NORMAS ENSAYOS	ASFALTO 60/70		RESULTADO
			MIN.	MAX.	
Penetración (25°C, 100 g, 5)	0,1mm	E-706	60	70	64.6
Punto de Ablandamiento.	°C	E-712	48	54	48.6
Índice de Penetración	-	E-724	-1.2	0.6	-0.96
Viscosidad absoluta (60 °C)	P	E-717	1500	-	2300
Ductilidad 25 °C	cm	E-702	100	-	>100
Solubilidad en Tricloroetileno	%	E-713	99	-	99.99
Contenido de Agua	%	E-704	-	0.2	0
Punto de Ignición mediante copa abierta de Cleveland	°C	E-709	230	-	239
Contenido de Parafinas	%	E-718	-	3	1.988
Peso Especifico 15 °C	kg/m ³	E-707	-	-	1023.8
Pérdida de masa por calentamiento en película delgada en movimiento (163 °C, 85 minutos)	%	E-720	-	0.8	0.17
Penetración del residuo luego de la pérdida por calentamiento (E-720), en % de la penetración original.	%	E-706	50	-	52.32
Incremento en el punto de ablandamiento luego de la pérdida por calentamiento en película delgada en movimiento.	°C	E-712	-	9	7.2
Índice de Envejecimiento	-	E-716/717	-	4	3.5
Temperatura de mezcla °C	°C	ASTM D 2493	VER CURVA		150-154
Temperatura de Compactación °C	°C	ASTM D 2493	VER CURVA		138-142

Tabla N° 1. Propiedades fisicoquímicas del asfalto. Fuente tabla Reporte técnico HQ.

- ❑ FUNDAMENTACIÓN PRÁCTICA CON LAS GUÍAS PARA LOS LABORATORIOS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS, PARA EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTOS DE SUS RESPECTIVAS PROPIEDADES.

DISEÑO MARSHALL PARA MDC - 19

Regla INV-E-748-13. Resistencia de mezclas asfálticas en caliente utilizando el artefacto Marshall En esta regla se piensan los puntos técnicos – teóricos para la preparación de las briquetas usando el artefacto Marshall de las mezclas hechas con cemento asfáltico y agregados pétreos con tamaño mayor menor o igual a 25.4 mm (1”) AASHTO T 245 – 97 (2004). (AASHTO, 2013). El método se inicia con la preparación de probetas de ensayo, para lo que los materiales propuestos tienen que consumir con las especificaciones de granulometría y demás, fijadas para el plan. Además, se tendrá que decidir antes la gravedad específica bulk de los agregados, así como la gravedad específica del asfalto, y se tendrá que hacer un estudio de Densidad Vacíos de las probetas compactadas de acuerdo con la regla

INV-E-748-13. Para el desarrollo del ensayo Marshall es elemental la ejecución de ensayos de caracterización física sobre el asfalto y agregados, como, por ejemplo:

- 26 ductilidad de materiales asfálticos (INV E-702-13).
- Punto de ablandamiento de anillo y bola (INV E-712-13).
- Penetración de los materiales asfálticos (INV E-706-13).
- Índice de alargamiento y aplanamiento (INV E-230).
- Porcentaje de caras fracturadas (INV E-227).
- Densidad Bulk (INV E-217).
- Equivalente de arena (INV E-133).
- Gravedad específica de agregado grueso. Gravedad específica de agregado fino. Azul de metileno (INV E-235-13).
- Abrasión en la máquina micro devalco (INV E-238).
- Abrasión en la máquina de los ángeles (INV E-218 Y 219).
- Granulometría de agregados pétreos (INV E-213-214).
- 10% de finos (INV E-224).
- Masa unitaria de agregados (INV E-224).
- Gravedad específica del cemento asfáltico.

7. MARCO METODOLÓGICO

METODOLOGÍA INVESTIGATIVA

Este proyecto de investigación se encuentra fundamentado en la recopilación de datos en laboratorio de resistencia de los materiales, y laboratorio de mezclas asfálticas, como se genera una recolección de cifras numéricas y datos estadísticos, entonces por ello consideramos, la investigación como CUANTITATIVA. Sin embargo, no solo basta con decir si es cualitativa o cuantitativa. Para saber el método que se utiliza en este estudio también debemos clasificar el tipo de investigación según su finalidad, la cual es APLICATIVA, esto hace que lo que se está investigando se considere como INVESTIGACIÓN APLICADA ya que una vez los resultados sean obtenidos y el proyecto logre los objetivos propuestos se podrá decir que es aplicable como producto a la vida laboral, esto quiere decir que luego de que se sustenten los resultados, se sacará el producto al mercado.

Se considera también de gran importancia saber qué clase de investigación estamos efectuando para el desarrollo metodológico, nuestro estudio en específico requiere que la directriz en cuanto a metodología sea mediante una investigación EXPERIMENTAL, es decir que de las palabras se deberá ir a verificar al laboratorio. Haciendo que el proyecto de grado sea un proyecto TEÓRICO PRÁCTICO.

8. RESULTADOS

La presentación de los resultados es todo aquel procedimiento de análisis comparativos entre los antecedentes de nuestro proyecto puesto que la parte experimental no se logra hacer hasta que pase la emergencia sanitaria covid-19

Modelo comparativo de proyectos, artículos e investigaciones científicas para dar con la selección de las mejores proporciones de diseño para la mezcla asfáltica ideal y que claramente está que sea seleccionada en un futuro se comprobará en laboratorio

Nombre del proyecto	derechos de autor o Autores	Resultados en general	Aspecto dominante en la investigación
Modelo de construcción sostenible par asfaltos utilizando Polipropileno Reciclado	University Mustansiriyah Por los estudiantes Raouf Mahmood, Mershed Eweed, & Mizher Rahma, 2018	los resultados de las pruebas realizadas indican que el PP como aditivo mejora las propiedades de físicas de la mezcla de asfalto, aumentando así la resistencia a la tracción; concluyendo así “La mezcla de asfalto que contiene PP puede usarse para la construcción de carreteras,	CON EL ADITIVO SE MEJORÓ LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN
utilización de materiales de desecho para modificar asfaltos, siendo estos materiales: Policloruro de Vinilo (PVC) y el Polipropileno proveniente de billetes.	la Universidad de Costa Rica (Villacís Camacho, 2017)	utilizando una dosificación del polímero del 3%, los resultados fueron comparados con mezclas sin modificar concluyendo así “El Polipropileno presenta mejores resultados como modificante que el PVC, este provoca un aumento del PG, así como también mejora en cuanto al tipo de tráfico que puede transitar, ya que paso de tráfico estándar a tráfico muy pesado”	MEJORÓ INDUDABLEMENTE LA RESISTENCIA A LA CARGA O BÁSICAMENTE SE MEJORÓ EL SOPORTE DE CARGAS DE LA CAPA DE RODADURA ASFÁLTICA
Desarrollar ladrillos, a base de polietileno de alta densidad y polipropileno teniendo como lineamiento las normas ASTM D696, D570, D792, D635;	el Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ, llevo a cabo un trabajo liderado por grupos de investigación de la misma (Orjuela, Paredes, & Velasco, 2018)	de acuerdo, al análisis e interpretación de datos y resultados se concluyó que “Los ladrillos obtenidos a partir de plástico reciclado por una parte superan la resistencia mecánica de los ladrillos convencionales de arcilla, y por otra, presentan menores valores de densidad y absorción de agua”.	LA RESISTENCIA MECÁNICA CON MENORES VALORES DE DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA

<p>evalúo de la influencia de caucho reciclado (RR), mezclas de polipropileno reciclado/polietileno (RPP) y RR (RPP/RR).</p>	<p>estudio realizado por un estudiante de la Universidad Francisco de Paula Santander, junto con estudiantes de la Universidad de Antioquia (Ciro, Parra, Zapata, & Murillo, 2015)</p>	<p>Los resultados para las propiedades térmicas, estudiadas por TGA, indicaron que la estabilidad térmica de las mezclas disminuyó con el contenido de caucho. El análisis DSC mostró evidencia de que la incorporación de caucho afecta la estructura cristalina del LDPE y PP, Todas las mezclas disminuyeron el módulo de Young y los valores de resistencia a la tracción con el contenido de RR, pero el alargamiento a la rotura aumentó.</p>	<p>-DISMINUCIÓN EN LA ESTABILIDAD TÉRMICA DE LA MEZCLA. - DISMINUCIÓN EN LOS VALORES DEL MÓDULO DE YOUNG. -AUMENTO CONSIDERABLE DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN</p>

9. DISCUSIÓN

SE EVALUÓ CADA UNA DE LAS PROPUESTAS PARA DAR LAS SIGUIENTES CONCLUSIONES DE MANERA DE DISCUSIÓN

se concluye de manera concreta que el proyecto que más profundización conlleva en su artículo científico abarca no solo un aspecto dominante de propiedades reológicas, sino que logra la disminución de unos valores muy importantes como lo son los del módulo de Young.

el proyecto o investigación científica que logró superar a los otros fue un proyecto dirigido desde nuestra alma mater, la Universidad Francisco de Paula Santander en conjunto con la Universidad de Antioquia, Cuya investigación se direccionó al evalúo de la influencia de caucho reciclado (RR), mezclas de polipropileno reciclado/polietileno (RPP) y RR (RPP/RR).

Los resultados obtenidos con estas pruebas realizadas en esta investigación serán tenidos en cuenta para la parte experimental de nuestro proyecto de grado.

Realizamos el respectivo análisis completo, detallado y demasidamente minuciosos de cada una de los proyectos que son acordes a nuestro tema de investigación, dicho proyecto ya antes mencionado será de ayuda para lo que el proyecto de grado demande, por supuesto el proyecto exige una parte experimental que por este momento no se pudo comprobar. pero dicha barrera nos permitirá hacer un segundó artículo de investigación.

COMO ESTUDIANTES LOGRAMOS CUMPLIR EL OBJETIVO DEL CURSO ENTREGARLE UN ARTICULO DE INVESTIGACION AL INGENIERO ENDER BARRIENTOS CON LA ESPERANZA DE QUE DICHO ARTICULO SEA PUBLICADO EN UNA REVISTA CIENTIFICA POR SU CONTENIDO Y TEMATICA BIEN DETALLADA EN EL MARCO TEORICO CUERPO BASE DDE NUESTRO TRABAJO DE GRADO

“MUCHAS GRACIAS DOCENTE ENDER DEL CURSO DE PROYECTOS Y METODOS CIENTIFICOS (PROYECTO INTEGRADOR II) Y TAMBIEN UN AGRADECIMIENTO AL GRUPO Y AL SEMILLERO DE INVESTIGACION DEL AREA DE PAVIMENTOS - SIVIAL, Y A SU DIRETORA YEE WAN”.

FIRMA DE AVALADO SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN SIVIAL.

YEE WAN YUNG VARGAS

DIRECTORA SEMILLERO Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN, DOCENTE UFPS

FIRMA APROBADO DOCENTE DIRECTOR DE ARTICULO

ENDER BARRUENTOS

INGENIERO CIVIL Y DOCENTE UFP

10. BIBLIOGRAFÍA

Satya, S., & Sreekanth, R. (2020). An Experimental Study On Recycled Polypropylene And High-Density. VIT AP University, Andhra Pradesh.

De La Espriella-Babiloni, A. (2019). Comparación entre tecnologías emergentes y tradicionales en automatización e instrumentación industrial. *Sostenibilidad, Tecnología Y Humanismo*, 10(1), 70-77. <https://doi.org/10.25213/2216-1872.11>

Ciro, E., Parra, J., Zapata, M., & Murillo, E. (2015). Effect of the Recycled Rubber on the Properties of Recycled Rubber/Recycled Polypropylene Blends. Medellin.

Fernandez, M., Florez, D., Yactayo, M., Lovera, D., Quispe, J., Landauro, C., & Pardave, W. (2020). Remoción de metales pesados desde efluentes mineros, mediante cáscaras de frutas. *Aibi Revista De investigación, administración E ingeniería*, 8(1), 21-28. <https://doi.org/10.15649/2346030X.627>

Easy Brick. (s.f.). Easy Brick. Obtenido de Easy Brick: <http://easy-brick.com>

El Cronista. (martes de junio de 2018). El Cronista. Obtenido de El Cronista: <https://www.cronista.com/negocios/Con-el-plastico-que-se-tira-en-Argentina-se-podria-construir-una-torre-Le-Parc-por-dia-20180605-0047.html>

Gil Gutierrez, J. (2019). Colombia Genera un Millón de Toneladas de Residuos Plásticos al Año: Procuraduría.

Omaira Mendoza⁷¹, Yesenia Campo⁷², Ender Barrientos⁷³ y María Barrientos (2020). Modelos de gestión organizacional en relación con el medio ambiente. LIBRO DIÁLOGOS EN EDUCACIÓN, EMPRESA, SOCIEDAD Y TECNOLOGÍAS. Pag. 135. Editorial Eidec. <https://editorialeidec.com/wp-content/uploads/2021/06/DIALOGOS-EN-EDUCACION-EMPRESA-SOCIEDAD-Y-TECNOLOGIAS-ISBN-978-958-53472-2-9.pdf>

Greenpace. (25 de agosto de 2016). Plásticos en los Océanos: Datos, comparativas e impactos. Madrid, España.

Gutierrez-Jaraba, J., & Pérez-Márquez, F. (2018). Design and Implementation of System and Monitoring of the variables: Ph, oxygen level and temperature for piscicola cultivation pond in the International Nautical, Fluvial and Port Center . *Sostenibilidad, Tecnología Y Humanismo*, 9(2), 17-23. <https://doi.org/10.25213/2216-1872.43>

Sarabia-Guarin, A., Sánchez-Molina, J., & Leyva-Díaz, J. C. (2017). Uso de nutrientes tecnológicos como materia prima en la fabricación de materiales de construcción en el paradigma de la economía circular. *Respuestas*, 22(1), 6–16. <https://doi.org/10.22463/0122820X.815>

Halden, R. (2013). *Plastics and Health Risks*. Arizona State University, Arizona.

Meran, C., Ozturk, O., & Yuksel, M. (2007). Examination of the possibility of recycling and utilizing recycled polyethylene and polypropylene. University Pamukkale, Denizli.

Monzó Pérez, R. M. (2015). Investigación de la influencia del tipo de gas utilizado en el plasma atmosférico. en la modificación superficial del polipropileno (Tesis Doctoral). Universitat Politècnica de València, Ingeniería Mecánica y de Materiales, Valencia.

María Fernanda Serrano-Guzmán, Diego Darío Pérez-Ruiz, Norma Cristina Solarte Vanegas. "Use of Ash in Hot Dense Mixtures", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2015

Duran-Flórez, F., Rincón-Joya, M., & Barba-Ortega, J. (2016). Perfil de súper-corrientes en una lámina de Al a campo magnético cero. *Respuestas*, 21(2), 6–12. <https://doi.org/10.22463/0122820X.769>

National Geographic. (23 de enero de 2020). ¿Dónde usamos los plásticos en el día a día? España.

Orjuela, I., Paredes, M., & Velasco, E. (2018). Desarrollo de Ladrillos a Base de Polietileno y Polipropileno Reciclado: Efecto del Tiempo y Temperatura de Preparación. Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja.

Palma, C. V., Ortiz Cisneros, J. C., Ávalos Belmonte, F., & Castañeda Facio, A. (2014). Modificación de asfalto con elastómeros. Universidad Autónoma de Coahuila, Coahuila.

Procter & Gamble España. (2018). Historias de Ciudadanía Corporativa. Madrid, España.

Raouf Mahmood, R., Mershed Eweed, K., & Mizher Rahma, N. (2018). Recycled Polypropylene To Improve Asphalt Physical Properties. University Mustansiriyah, Baghdad.

Rocha, L. (2018). Residuos: El 13% de la basura que se genera en la Ciudad son plásticos y apenas se recicla una cuarta parte.

Performance of Nature Mortar Samples Subject to Compression Strength Tests. JA Patino Murillo, YC Gutierrez Sandoval, JI Leal Santafe, ...REVISTA DIGITAL LAMPSAKOS, 22-28 3 2018

Cardenas-Gutierrez JA and Gallardo O O Hurtado-Figueroa J. Phys. Conf. Ser. 2018, 1126 3 2018

Cardenas-Gutierrez JA and Rojas-Suarez JP O Hurtado-Figueroa J. Phys. Conf. Ser. 2018, 1126

León, L., Rey, L. & Rodríguez, J. (2016). Ecuaciones econométricas para los costos de inversión en plantas de tratamiento de agua potable en Colombia. I+D Revista de Investigaciones, 7(1), 109-115.

Rodriguez Valdivia, F. A. (2008). Análisis de Pavimento Asfáltico Modificado con Polímero (Tesis Pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia.

SC RECYCLING S.A. (2018). SC RECYCLING S.A. Obtenido de SC RECYCLING S.A.: <http://www.screcycling.com.co/>

Villacís Camacho, F. (2017). Asfalto Modificado con Materiales de Desecho (Tesis Pregrado). Universidad de Costa Rica, San José.

Cáceres-Paredes, Y., Quintana-Ortíz, B. D., & Cely-Calixto, N. J. (2019). Análisis de estructuras para la retención de cantos rodados presentes en flujos torrenciales en zonas tropicales. *Sostenibilidad, Tecnología Y Humanismo*, 10(2), 36-48. <https://doi.org/10.25213/2216-1872.18>

EDL García, JLL Plat (Revisión de técnicas de sistemas de visión artificial para la inspección de procesos de soldadura tipo GMAW. Inicio > Vol. 1, Núm. 29 (2017) http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/view/2486

GG Moreno, E Flórez, C Peña. Stability study of heavy vehicles. Inicio > Vol. 1, Núm. 35 (2020) http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/view/3917

Prototipo a escala de un modelo de resonancia en edificaciones diseñadas con figuras geométricas. AF Ruiz-Jiménez, F Pérez-Márquez, EJ Barrientos-Monsalve *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo* 11 (2), 107-114

Management context of entrepreneurship in engineers and architects in Tachira, Venezuela
JCG Mora, EJB Monsalve, JJC Maldonado. *Journal of Physics: Conference Series* 1418 (1), 012015

