



**Aplicación de los geosintéticos entre las veredas los Cardones y el Machín, para
mejorar la vía terciaria, ubicada en el municipio de San Juan del Cesar**

Ovidio de Jesús Loperena Pastor

Código: 10481712156

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá D.C, Colombia

2022

**Aplicación de los geosintéticos entre las veredas los Cardones y el Machín, para
mejorar la vía terciaria, ubicada en el municipio de San Juan del Cesar**

Ovidio de Jesús Loperena Pastor

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director (a):

Geólogo: Carlos Martín Molina Gallego

Monografía

Vías y transporte

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá D.C, Colombia

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado Aplicación de los geosintéticos entre las veredas los Cardones y el Machín, para mejorar la vía terciaria, ubicada en el municipio de San Juan del Cesar, Cumple con los requisitos para optar Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Bogotá D.C, ____ junio 2022.

Dedicatoria

Le dedico este de trabajo de grado a mis padres; especialmente a mi abuelo Victoriano Loperena; quien fue mi inspiración para realizar este estudio de caso, ya que el realizo la vía, con pico y pala.

A mis padres, quienes me han inculcado el valor que tiene la vida, y con su amor influyen en mí para ser mejor cada día y permanecer constante en mis propósitos.

Ovidio de Jesús Loperena Pastor.

Agradecimientos

A Dios, mi gratitud infinita porque me dio fuerzas y permitió que mis sueños se hicieran realidad.

A mi director y Codirector de Proyecto de Grado, por sus sabias asesorías y correcciones que favorecieron los avances significativos de este proyecto de investigación, el cual trae un valor agregado, que servirá de inspiración para que otros colegas se unan a este propósito general.

A la Universidad Antonio Nariño, por prepararme profesionalmente, su valioso apoyo y compromiso al intercambiar sus conocimientos y experiencias significativas que contribuyeron a la recopilación de la información de este interesante proyecto de investigación.

Ovidio de Jesús Loperena Pastor.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	1
Abstract	2
Introducción.....	3
Objetivo.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
Marco Conceptual	6
Funciones de los geosintéticos en vías.....	6
Tipos de geosintético aplicado en una vía.....	8
Geotextiles	8
Geomalla	10
Funciones de la geomalla	11
Geocelda.....	11
Funciones de la Geoceldas	12
Estado del Arte.....	14
Implementación de los geosintéticos	14
Vías terciarias de San Juan del Cesar	18
Utilización de geomallas en vías no pavimentadas	19

Utilización de geotextiles en vías no pavimentadas	19
Utilización de geocelda en vías no pavimentadas	20
Planteamiento del Problema	21
Metodología.....	23
Área de estudio	24
Generalidades del tramo de estudio	25
Análisis climático del área de estudio.....	25
Precipitación	25
Uso del Suelo.....	27
Agricultura.....	27
Geología	29
Perfil del área de estudio	30
Resultados y Discusión	32
Estado en que se encuentra el tramo de estudio de la vía que conecta con la vereda del Machín.....	32
Tipo de suelo en el área de estudio	33
Parte baja – tramo 1	34
Parte media – tramo 2	34
Parte alta – tramo 3	34
Selección de alternativa.....	34

Conclusión	37
Recomendaciones	39
Referencias	40
Anexos.....	47
Registro Fotográfico	49

Lista de Figura

	Pág.
Figura 1. Múltiples funciones de los geosintéticos en obra viales	8
Figura 2. Separación de geotextil por presión de cargas.....	10
Figura 3. Geocelda aplicado en vías de bajo flujo vehicular.....	12
Figura 4. Vía Ibagué – Cajamarca – Muro – 8 y 9	16
Figura 5. Comparación de geomallas nacionales Vs. importadas en Colombia.....	17
Figura 6. Vehículos alternativos para el traslado de paciente	22
Figura 7. Metodología a implementar.....	23
Figura 8. Ubicación geográfica del municipio de San Juan del Cesar.....	24
Figura 9. Localización específica del tramo de estudio.	25
Figura 10. Mapa de precipitación anual del Departamento de la Guajira.....	26
Figura 11. Mapa de temperatura anual del Departamento de la Guajira.	27
Figura 12. Perfil de elevación.....	31
Anexo 1 Figura 13. Tipos de suelo por asociación en el Municipio de San Juan del Cesar.....	47
Anexo 2 Figura 14. Geología	47
Anexo 3 Figura 15. Precios de los geotextiles	48

Lista de Tablas

	Pag.
Tabla 1. Funciones de los geosintéticos	7
Tabla 2. Función de los geotextiles.....	9
Tabla 3. Aplicaciones y Funciones de los geotextiles en carreteras	10
Tabla 4. Cultivo Permanente - San Juan del Cesar 2018	28
Tabla 5. Cultivo Anuales – San Juan del Cesar 2018	29

Lista de Fotografía

	Pag.
Fotografía 1. Deterioro por Ahuellamiento.....	33
Fotografía 2. Deterioro por sección transversal inadecuada	33
Fotografía 3. Corrugación y seccion transversal inadecuada	33
Fotografía 4. Deterioro por ahuellamiento y Sección transversal inadecuada.....	33
Fotografía 5. Deterioro por ahuellamiento y cárcava	49
Fotografía 6. Deterioro por perdida de agregado	49
Fotografía 7. Deterioro por ahuellamiento y perdida de agregado.....	49
Fotografía 8. Deterioro por perdida de agregado	49
Fotografía 9. Deterioro por sección trasversal inadecuada y perdida de agregado	50
Fotografía 10. Deterioro por perdida de agregado	50
Fotografía 11. Deterioro por perdida de agregado	50
Fotografía 12. Deterioro por sección transversal inadecuada y perdida de agregado	50
Fotografía 13. Deterioro por perdida de agregado	50
Fotografía 14. Deterioro por ahuellamiento y perdida de agregado.....	50

Resumen

A continuación, se presenta la investigación titulada, aplicación de los geosintéticos entre las veredas los Cardones y el Machín, para mejorar la vía terciaria, ubicada en el municipio de San Juan del Cesar. El objetivo consiste en construir un estado de conocimiento sobre las diferentes aplicaciones de los geosintéticos aplicados en la construcción de una vía sin pavimentar, esto con el fin de proponer una alternativa eficiente y económicamente viable para el tramo de la vía con una longitud de 17 Kilómetros. Para ello, se presentó una metodología carácter cualitativo y descriptivo, empleándose para ello fuentes primarias (observación en trabajo de campo) y secundarias (revisión de textos). Los resultados identificaron los deterioros que se presenta en los 17 kilómetros en el tramo de estudio, presentándose cárcavas en la vía por el flujo de agua, debido a la falta de drenaje en pendientes pronunciada lo que dificultad el acceso a las veredas. En cuanto a las alternativas de geosintéticos aplicados a caminos no pavimentados y caminos rurales, se presentan las aplicaciones de geotextiles, geomallas y geoceldas, las cuales han mejorado su desempeño al cuidar los recursos naturales y aprovechar al máximo los materiales granulares. Las alternativas mediante el uso del geosintético que soluciona la zona de estudio, es el uso de geotextil, ya que tiene la funciona de drenar y separar las capas granulares y evitado así la perdida de agregados. Se concluyó que el uso de geotextil disminuye las apariciones de grietas por reflexión producto de la mala distribución de los esfuerzos sobre la capa de rodadura.

Palabras clave: Geosintéticos, vías terciarias, geotextil, San Juan del Cesar.

Abstract

The following is the research entitled, application of geosynthetics between the Cardones and the Machin, to improve the tertiary road, located in the municipality of San Juan del Cesar. The objective is to build a state of knowledge on the different applications of geosynthetics applied in the construction of an unpaved road, in order to propose an efficient and economically viable alternative for the road section with a length of 17 kilometers. For this purpose, a qualitative and descriptive methodology was presented, using primary sources (observation in field work) and secondary sources (review of texts). The results identified the deterioration of the 17 kilometers in the study section, presenting gullies in the road due to the flow of water, due to the lack of drainage on steep slopes, which makes access to the villages difficult. As for geosynthetic alternatives applied to unpaved roads and rural roads, geotextiles, geogrids and geocells have improved their performance by taking care of natural resources and making the best use of granular materials. The alternative to the use of geosynthetics that solves the study area is the use of geotextile, since it has the function of draining and separating the granular layers, thus avoiding the loss of aggregates. It was concluded that the use of geotextile reduces the appearance of reflection cracks due to the poor distribution of stresses on the wearing course.

Key words: Geosynthetics, tertiary roads, geotextile, San Juan del Cesar.

Introducción

Actualmente, el desarrollo de la infraestructura de transporte de un país es muy importante, ya que contribuye al desarrollo y crecimiento económico y social. Invertir en las infraestructuras vial ofrece tres beneficios. En primer lugar, facilita el intercambio de bienes y servicios, lo que pueden beneficiar a la población; en segundo lugar, aumenta la eficiencia del tráfico, reduciendo reduce el consumo de combustible, lo que favorece al medio ambiente y en tercer lugar, facilita el acceso a la educación, el empleo y la salud (Arya et al., 2021); (Liu et al., 2021).

Cabe señalar que en Colombia las vías terciarias cubren alrededor del 69,5% del territorio nacional y solo el 8% de las vías terciarias se encuentran en buen estado. El transporte de productos agrícolas a las ciudades es muy costoso debido a los sobre costos de transporte (Urrego, 2021). Colombia en el 2017 contaba con el 96% de sus vía terciaria en un mal estado y solo el 0.7% disponía la nación para el mantenimiento de estas vías (Rodríguez Salcedo, 2019).

Paradójicamente, en Colombia quieren invertir en las vías de tercer orden y esto se debe a que la infraestructura de transporte contribuye al mejoramiento de las condiciones de vida económicas y sociales de las personas en las zonas rurales (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2021). Uno de los retos de los ingenieros es que las vías del territorio colombiano están ubicadas mayormente en zonas de difícil acceso vehicular, lo cual dificulta el traslado de materiales y, por ende, aumenta los sobrecostos para realizar una intervención (Díaz Cepeda, 2020). Por esta razón, es necesario utilizar nuevas tecnologías que sean eficientes y económicas para la pavimentación de una vía terciaria.

El presente trabajo de grado, tiene como objetivo aplicar los conocimientos adquiridos y ver qué avances se han producido desde la aplicación de geosintéticos a una vía terciaria, y proponer teóricamente cuáles geosintéticos serían el adecuados para implementar en la vía terciaria

de estudio que se encuentra en el municipio de San Juan del César, especialmente se analizarían las ventajas de los diferentes tipos de geosintéticos, y se darán las razones del por qué son la mejor opción para el tramo que comunica el centro poblado con las cabeceras municipales que tiene por nombres Platanal, la loma del Potrero, la Peña de los Indios y el Machín. Este tramo tiene una longitud de 17 Km y se encuentra dentro del Resguardo Kogui - Malayo – Arhuaco (Alcaldía Municipal de San Juan del cesar - La Guajira, 2020).

Objetivo

Objetivo General

Construir un estado de conocimiento sobre las diferentes aplicaciones de los geosintético, para la construcción de una vía sin pavimentar, con el fin de proponer una alternativa eficiente y económicamente viable para el tramo de la vía que conecta con el centro poblado los Cardones y la vereda el Machín, con una longitud de 17 Kilómetros, ubicado en el municipio de San Juan del Cesar, Departamento de la Guajira.

Objetivos Específicos

- Inspeccionar visualmente el estado en que se encuentra el tramo de la vía que conecta con el centro poblado los Cardones y la vereda el Machín, que cuenta con una longitud de 17 Kilómetros.
- Identificar el área de mayor afectación de la vía y los deterioros que se presenta con mayor tendencia
- Definir de las diferentes alternativas mediante el uso del geosintético que brinde una solución en la zona de estudio, ubicada entre el centro poblado los Cardones y la vereda el Machín.

Marco Conceptual

Las carreteras están expuestas a cargas dinámicas significativas, esto se ve relacionado con la demanda de circulación vehicular principalmente del tráfico pesado, lo que provoca que se reduzca la vida útil de la vía y se presente daños como asentamiento o grietas que, junto con el agua, aceleran el deterioro de la estructura del pavimento (Vargas Jiménez et al., 2017). De ahí que, la construcción de una obra civil en vía terrestre utiliza materiales granulados de alta calidad, estos materiales tienen un costo elevado; por lo tanto, se hace necesario buscar una alternativa económicamente viable para implementar los geosintéticos en vías terciarias de bajo volumen vehicular (Pedroso et al., 2022).

Al respecto, las vías terciarias usualmente están ubicadas en zonas de difícil acceso con subrasantes débiles y problemas de erosión, por lo cual, los métodos alternativos convencionales no son las mejores alternativas para intervenir una vía y es ahí donde las nuevas tecnologías como los geosintéticos pueden ser una alternativa eficiente y económicamente viable. La elección de un tipo de geosintéticos dependerá de la función que tenga que desempeñar en una obra, estos materiales ayudan a reforzar, permeabilizar y reducir las deformaciones, especialmente cuando se coloca en una subrasante débil (Tang et al., 2008); (Khan et al., 2022). Por ende, la información que se incluirá en este proyecto, procede en diferentes aspectos civiles, los cuales brindan con precisión el concepto propio de cada uno de los elementos utilizados para las diferentes aplicaciones de los geosintéticos, para la construcción de una vía sin pavimentar.

Funciones de los geosintéticos en vías

De acuerdo con Zornberg et al., (2017), los materiales geosintéticos utilizados en el sistema vial son geotextiles, geomallas, geoceldas, geocompuesto y geomembrana. Estos materiales

pueden realizar una o más funciones específicas. Como se puede observar en la Tabla 1, se presenta de forma descrita y organizada las funciones principales de los geosintéticos en el diseño de una carretera que son: drenaje, filtración, reforzamiento y la separación. Con lo anterior mente mencionado se hace importante entender las funciones principales y la ubicación de cada geosintético, como se puede observar la Figura 1.

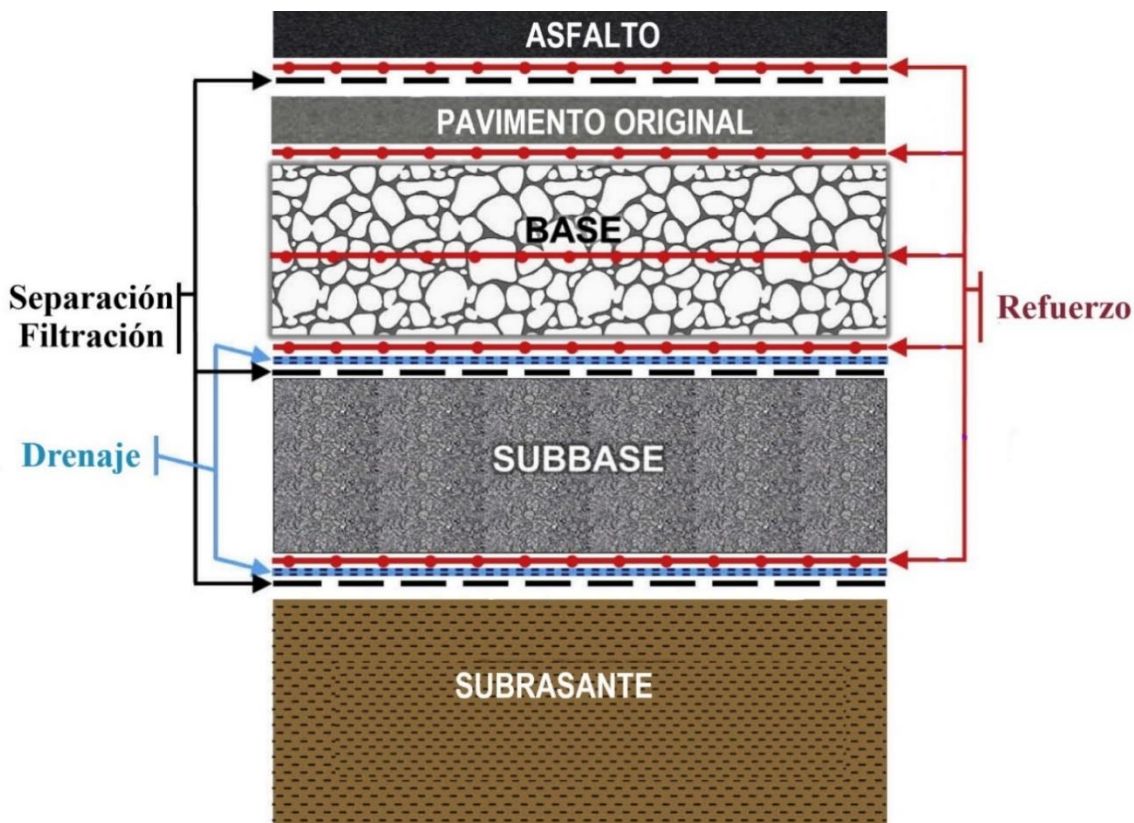
Tabla 1.

Funciones de los geosintéticos

Función	Descripción
Filtración	La aplicación de los geosintéticos como filtro, involucra un material que permite el paso de líquidos a través de él, mientras retiene las partículas finas erosionables. Los geosintético que cumple con una función eficiente son los geotextiles, debido a que la implementación de estas tecnologías permite la conducción hidráulica, lo que limita la contaminación de las capas de granos por infiltración de agua (Khan et al., 2022); (Zornberg et al., 2018).
Drenaje	La aplicación de los geosintéticos como drenaje, permite minimizar la acumulación de humedad dentro de las capas de materiales de bases y subrasante, desplazamiento de los fluidos sin que se presente pérdidas de los materiales fino esto debido a la acción del agua que cae sobre la vía (Díaz et al., 2009).
Separación	La aplicación de los geosintético como separación, son instalado entre dos materiales diferente, esto con el fin de evitar que se mezclen y sigan manteniendo la funcionalidad de los materiales. Esta función también es desempeñada por los geotextiles o geomallas, el geotextil funciona de manera eficiente (Kermani et al., 2019).
Refuerzo	La aplicaciones de los geosintéticos como refuerzo, consiste en mejora la propiedad mecánica de las vías y la prevención de deformaciones por suelo blandos, esto con el fin de aumentar significativamente la vida útil de la vías, la capacidad de carga y la reducción de mantenimientos a corto plazo (Palmeira & Antunes, 2010). Los geosintéticos que realizan esta función son los geotextiles, las geomallas y geoceldas. Siendo la geomalla las más eficiente en los suelos deformables.

Figura 1.

Múltiples funciones de los geosintéticos en obra viales



Fuente : Adaptado de Zornberg et al., 2017.

Tipos de geosintético aplicado en una vía

El campo de la ingeniería ha revolucionado con las aplicaciones de los materiales de geosintéticos, hoy en día se utilizan lo geotextiles, geomallas, geoceldas y geocompuesto. Estos materiales se siguen estudiando en el campo de la construcción, donde se han desarrollado nuevas combinaciones de materiales geosintéticos mara mejorar su acción de trabajo.

Geotextiles

Los geotextiles son los geosintéticos más utilizados y se denominan tejidos de fibras naturales o sintéticos de acuerdo a Rawal et al., (2010), sus funciones varían dependiendo de la

aplicación en que son utilizados, estos materiales cuando son implementado en vías pavimentadas y no pavimentadas tiene la capacidad de filtrar, reforzar y drenar. Los geotextiles generalmente se componen de cuatro tipos de polímeros sintéticos y uno de fibra natural que son; poliamida, poliéster, polietileno, polipropileno y fibra natural (Haque Nizam & Chandra Das, 2014). Las funciones de los geotextiles se describirán a continuación en la Tabla2.

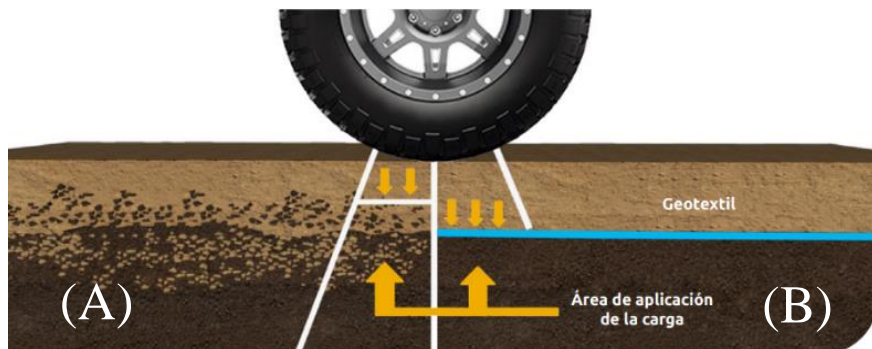
Tabla 2.

Función de los geotextiles

Función	Descripción
Filtración	La filtración es una de las funciones más importantes de los geotextiles. Esto materiales cuando entra en contacto con el líquido permite la permeabilidad transversal permitiendo a si el paso de los fluidos, de manera sin que se vea afectado la migración de las partículas más pequeñas del suelo a través de sus poros, esto debido por la corriente de agua (Ding et al., 2021); (Heibaum, 2016).
Drenaje	Un geotextil actúa como un drenaje cuando recoge y transporta el líquido como el agua de lluvia o agua sobrante en el suelo, sobrecarga los liquido a través de su estructura sin que se presente perdidas del suelo; Cualquier material de geotextil natural o sintético que muestre buenas características de filtración y permeabilidad puede usarse en aplicaciones de drenaje (Tanasă et al., 2022);
Separación	Como se puede ver en la Figura 2 – A, se presenta una sección de la carretera sin incluir ningún tipo de geosintético y la presión que ejerce el transito deforma las capa granular, en la Figura 2 – B, se utiliza el geotextil como barrera con el fin de separar las capa granular sin que se presente deformaciones a su vez los liquido pasa atreves de su estructura. esto es para reforzar y estabilizar el suelo. Unas de las causas de la deformación de la estructura del pavimento se debe al aumento del tránsito vehicular o el aumento de vehículos de carga, un mal drenaje y suelos deformables, lo que reduce la vida útil de la vía (Koerner, 2016).
Refuerzo	El geotextil actúa como refuerzo cuando el valor de esfuerzo supera el valor de resistencia del suelo, presentándose deformaciones que puede provocar el deterioro de la superficie pavimentada o sin pavimentar, la aplicación de est materiales brinda una mayor resistencia a la tracción a la capa. Esto con el fin de modificar la transmisión de la carga y el compuesto resultante altas presiones de cargas transmitida por los vehículos el uso de materiales de relleno local (Ghosh, 1998); (Giroud & Noiray, 1981).

Figura 2.

Separación de geotextil por presión de cargas.



Fuente: WAVIN, 2021.

En la tabla 3, Muestra las funciones principales, secundarias y terciarias de los geotextiles y su relación con las aplicaciones requerida.

Tabla 3.

Aplicaciones y Funciones de los geotextiles en carreteras

Aplicación	Función geotextil			
	Reforzamiento	Separación	Filtración	Drenaje
Carreteras	P	T	T	S
Drenaje	T	S	S	P
Refuerzo del suelo	P	T	S	S

Notas: P = función principal; S = función secundaria; T = función terciaria.

Fuente: Modificado de Rawal et al., 2010.

Geomalla

La geomalla es un geosintético importante que ayuda a reforzar, separar, drenar y filtrar, pero su funcionalidad más eficiente es la de reforzar, ya que mejora el rendimiento del suelo de subrasante débil (Kamel et al., 2004). En este sentido, una geomalla es un material que se puede incorporar a la estructura de pavimento esto con el fin de estabilizar los suelos de subrasante blando y reforzar las capas granulares con el fin de que no se presente deformaciones por carga. pero a su vez reduciendo los espesores de material granular (Vargas Jiménez et al., 2017).

Funciones de la geomalla

Las aplicaciones de las geomallas para pavimentar o mejorar el estado de una vía son las siguientes: evita la contaminación de las capas granulares de una carretera, favorece al drenaje lateral, evita la erosión de materiales fino y refuerza la estructura del pavimento. Por lo tanto, aplicar la geomalla aumenta la vida útil de diseño, disminuyendo los costos de construcción, los costos de mantenimiento periódicos y el tiempo de construcción de la vía. Todo esto se logra a través de la aplicación de la geomalla cuya función principal, como mencioné anteriormente, es la de reforzamiento interno, mejorando a si el suelos y estabilizando la subrasantes (Calvarano et al., 2016).

Geocelda

Las geoceldas son un tipo de geosintéticos de polímeros sintético o naturales, es fabricado en paneles tridimensionales interconectadas como se puede observar en la figura 3. En el caso para las vías, se debe adecuar el terreno antes de extender la geocelda quitando los residuos que pueda afectar al material, las geoceldas son relleno con material granular y el suelo debe ser compactarse para proporcionar confinamiento a toda la estructura cuya función es minimizar la transferencia de las cargas a las capas inferiores; estos materiales de geoceldas tiene la ventajas de acomodar los materiales granulares de menor calidad, es un beneficio para un proyecto de obra, ya que reducen los costó de construcción y beneficiaria con la reducción la huella de carbono, esto asociado con el transporte de los materiales granulares (Inti & Tandon, 2021).

Figura 3.

Geocelda aplicado en vías de bajo flujo vehicular



Fuente: Just crea.

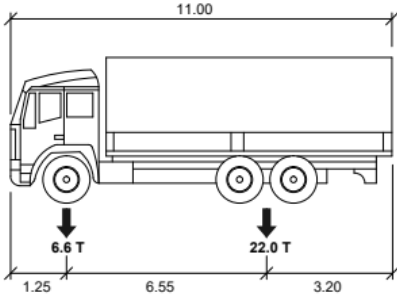
Funciones de la Geoceldas

El uso de las geoceldas es utilizado para diversas aplicaciones, que va desde mejorar la capacidad de carga de los cimientos de carreteras, edificios, ferrocarriles y como protección contra la erosión. Para la funcionalidad de una vía es de estabilizar y reforzar en suelo mejorando así la capacidad de carga, reduce los asentamientos de suelos blandos y saturados, reducen las cantidad de material de relleno necesario (Hegde & Sitharam, 2015).

Diseño de pavimento con placa huella

La placa huella es una técnica utilizada para la pavimentación de una vía terciaria debido a la baja circulación de tránsito vehicular, en la que solo se pavimenta en hormigón, con refuerzo continua en la franja por donde circula las ruedas de los vehículos (INVIAS, 2016), es necesario que se tengan algunos aspectos básico de diseño de pavimento con placa huella.

Tabla 4.*Descripción del pavimento con placa huella*

Criterios básicos de diseño del pavimento con placa huella	El mecanismo de falla del pavimento con Placa-huella	Fatiga del material por carga
	Efecto del clima	Temperatura y precipitación
	El tránsito	Adecuación geométrica
	La subrasante y la subbase granular	
	Espesor de la Placa-huella	15 cm
	Criterios para el diseño de la sección transversal en tangente	5 metros de ancho Las Placas huella de 90 cm separada
	Criterios para el diseño de la sección transversal en las curvas	Ancho 45 cm y 90 cm
	Resistencia del concreto	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Periodo de diseño		No menor a 20 Años
Vehículo de diseño	Camión C-3	 <p>Camión C-3 Ancho = 2.50 Medidas en metros</p>
Elemento que integran el pavimento de placa huella	Subrasante	CBR igual o mayor a 3%
	Subbase	Espesor de 15 cm
	Placa Huella y riostra	Riostra: 20 cm Peralte 30 cm Solado 3 cm
	Piedra Pegada	Concreto ciclópeo 15 cm
	Berma-cuneta y bordillo	Recolección de agua
	Otros elementos de drenaje superficial y subdrenaje	Alcantarilla y aliviadero

Fuente: Adactado de INVIAS (2016)

Estado del Arte

A continuación, se presentan las consultas que se realizaron con respecto a los recursos electrónicos que facilita la Universidad Antonio Nariño, donde se examinaron los avances tecnológicos sobre la aplicación de los geosintéticos en vías sin pavimentar de una vía terciaria, estas consultas se realizaron, utilizando la herramienta de análisis bibliométrico, de bases de datos como Spocus, Springer, Taylor & Francis y entre otros. En la diferente herramienta bibliométrica se ingresó como palabras claves geosynthetics in unpaved roads, geotextiles in unpaved roads, geogrid in unpaved roads and geocell in unpaved roads. Donde se tomó en cuenta los artículos que se relaciona con mi tema monográfico.

Implementación de los geosintéticos

Los materiales geosintéticos se han estudiado y utilizado como materiales de refuerzo durante muchas décadas. Estudios de campo y laboratorios han podido demostrar que los materiales de geotextiles, geomallas, geocompuestos, geoceldas y georedes. mejoran la capacidad carga, la resistencia del suelo, la aplicaciones de estas tecnologías en vías pavimentadas y no pavimentas, prolonga la vida útil y reduce los costos al reducir los espesores de pavimento (Ingle & Bhosale, 2017); (Abu-Farsakh et al., 2016). Se ha demostrado que reforzar los suelo con geosintéticos también puede mejorar las carreteras cuando se construye sobre subrasante débiles se reducen los espesores de pavimento entre un 20% y 50% (Palmeira & Antunes, 2010).

Los geotextiles no se limitan a las obras viales, también se han estudiado para mejorar obras ferroviarias, túneles, vertederos, estructuras de contención, control de erosión del suelo, sistemas de drenaje, construcción de canchas deportivas, balsa, presas, canales y en otras obras de ingeniería civil (Haque Nizam & Chandra Das, 2014).

Implementación del geosintético en las vías en Colombia

Las implementaciones de los geosintéticos para obras viales en Colombia numerosas y la experiencia adquirida a lo largo del tiempo han demostrado estos materiales sus ventajas, pero también sus limitaciones (Mejía & Caro, 2005). Asimismo, en la ciudad de Barranquilla por su gran volumen de tránsito se utilizaron geomallas en los pavimentos flexibles. El uso de esta geomalla sobre el pavimento flexible es económico en cuanto a mezcla asfáltica y construcción de la carretera, asegurando así la durabilidad de la estructura, minimizando la aparición de grietas en la superficie de la capa de rodadura (Mendoza, 2020).

Por otro lado, Mojica & Palomares (2022), llevaron a cabo un proyecto en Colombia sobre un análisis con la implementación de geosintéticos como una posible solución y medida de estabilización para suelos arcillosos que son muy deformables. Este suelo se desempeña como terreno para pavimentos flexibles. El estudio de Palomares y Mojica tuvo como objetivo determinar la posibilidad de utilizar los geosintéticos o de trabajar con los espesores de diseño básicos. A través de la investigación teórica y la recopilación de información, obtuvieron los parámetros de diseño como el CBR y procedieron a generar alternativas mecánicas viables en términos de relación con el costo beneficio, al reducir los espesores de las diferentes capas de las granulares.

Sobre la base de los datos obtenidos, al procesar los datos a través del software Pavco, pudieron demostrar la contribución mecánica que ofrecen los geosintéticos mediante su implementación en suelos de baja capacidad de carga. En estos suelos se redujo un 48% del espesor original; Además, se ha demostrado un gran aporte en la disipación de las cargas dinámicas que actúan sobre la estructura, ya que el mayor espesor de la estructura indica que el suelo no puede soportar las cargas esperadas para el diseño (Mojica & Palomares, 2022).

Por su parte, Aroca (2015), realizó un proyecto de trabajo de grado sobre como remplazar la capa de drenaje de una vía, con el material de geocompuesto y el resultado que pudo demostrar fue que se redujo la explotación de materiales pétreos, reducir el impacto ambiental; así mismo, también se demuestra que el sistema de drenaje triplanar es un sistema hidráulico alto porque supera de 3 a 4 veces en comparación con otros sistema, la eficiencia de la obra ha aumentado y del mismo modo.

La combinación del geodren de 7.5 mm con un geotextil no tejido, se obtuvo un flujo en sentido maquina 0.9 l/s-3 a una presión de 10 Kpa y de 0.3 l/s-m a una presión de 200 Kpa; asimismo, el flujo sentido horizontal presentó un mejor rendimiento para el sistema de subdrenaje (Aroca, 2015).

La carretera Ibagué – Cajamarca ver figura 4, se construyó una vía de doble calzada donde conecta con la capital del país y el puerto de Buenaventura, para realizar la segunda calzada fue necesario adecuar el terreno con un muro en suelo reforzado, este muro cuenta con longitud de 400 metros y una altura máxima de 10 metros. Las alternativas económica y técnicamente efectivas a la construcción de muros en suelo reforzado fueron necesario geotextil tejido, geodren vial, y geodren planar. Con este sistema es posible superar y controlar las condiciones topográficas y geotécnicas, optimizando el desempeño de las obras de estabilización de taludes. (WAVIN, 2021).

Figura 4.

Vía Ibagué – Cajamarca – Muro – 8 y 9

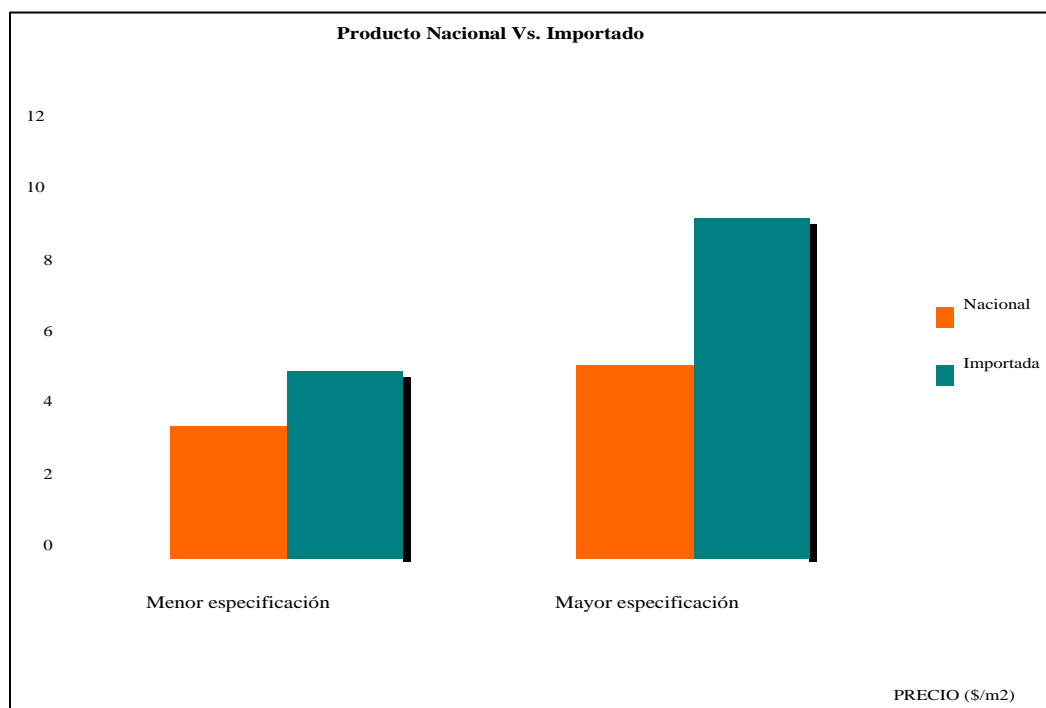


Fuente: WAVIN, 2021.

En cuanto a las geomallas, este producto es relativamente nuevo en el mercado colombiano, aunque en la actualidad se importan, producen y comercializan al interior del país. cómo se puede observar en la Figura 5, comparando los precios de las geomallas nacionales e importadas, (Mejia & Caro, 2005). Se puede concluir que su uso en Colombia ha mantenido un aumento constante desde su introducción en el país alrededor de 1990 hasta el año 2000. Desde entonces, el crecimiento ha disminuido debido al diseño de producto nacional aplicado, menos la participación de mercado de los productos importados.

Figura 5.

Comparación de geomallas nacionales Vs. importadas en Colombia.



Fuente: Mejia & Caro (2005).

Por otra parte, en Colombia, de acuerdo a (Guataquira & Gaona, 2020), es apto para la infraestructura vial el uso de geotextiles con yute en vías terciarias de bajo volumen. Los geotextiles con yute implican ventajas debido a su fabricación, su costo y su vida útil, además, son ecológicos. En la construcción de la vía Malecón en Colombia, se realizó un estudio en 1999 para la aplicaron geotextiles. Estos facilitaron la compactación y labores de relleno, además de manera rápida, lo cual generó ahorro de tiempo, además, lograron densidades óptimas. De esta manera se brindaron, las soluciones establecidas y se cumplió con los parámetros de diseño.

Vías terciarias de San Juan del Cesar

Al 2020, del total de las vías terciarias del municipio de San Juan del Cesar, el 85% se encontraba en mal estado. A nivel nacional, hasta el año 2019, 96% también se encontraba en mal condiciones (Gil Ramirez, 2021). Como hemos visto, el uso de geosintéticos ha venido revolucionando la construcción de las carreteras, y sus principales ventajas son la facilidad de instalación, reducción de los costos y mejoras de las propiedades mecánicas del suelo. Por lo tanto, creo que el uso de geosintéticos sería una buena solución para el problema vial que se presenta en el municipio de San Juan del Cesar. En los países en vía de desarrollo la aplicación de los geosintéticos en vías no pavimentadas o vías terciarias es muy limitado. Esto se debe a factores como los bajos presupuestos de inversión de las vías y la falta de experiencia por parte de los diseñadores o constructores del proyecto (Keller, 2016).

Sin embargo, si pensamos en la construcción y mejoramiento de caminos a lo largo de la historia fuera del contexto específico de Colombia y de San Juan del Cesar, encontramos que los caminos han mejorado en termino de refuerzo y separación. Los primeros esfuerzos de mejorar una vía se hicieron para estabilizar los suelos blandos o pantanoso, utilizando materiales como escombros, rocas, ramas o troncos de árboles, paja y una variedad material fácilmente disponibles

en su entorno. En este sentido, los esfuerzos por estabilizar los caminos se pueden encontrar incluso antes de la era cristiana. El refuerzo de los suelos de baja capacidad de carga ha mejorado a lo largo de la historia y continúa hasta nuestros días. Además, el uso de textiles en la construcción de carreteras fue documentado por primera vez en los Estados Unidos por la administración de Carreteras de Carolina del Sur en 1926 (Koerner, 2006).

Las innovaciones que se han implementado a lo largo de la historia han llevado a la aplicación de los diferentes geosintéticos. Varias organizaciones, conferencias, revistas y libros, amplia investigación sobre estos materiales, libros como *Geosynthetics* y *Geosynthetics in Civil Engineering* han ayudado a acelerar el uso de geosintéticos en obras de construcción. Los geosintéticos utilizados en carreteras de poco tráfico son principalmente geotextiles, geomallas y geoceldas, pero se usan de forma limitada (Calvarano et al., 2016). En este trabajo, la atención se centra en el uso de estas tecnologías como refuerzo y separación en vías de bajo flujo vehicular.

Utilización de geomallas en vías no pavimentadas

Según Alkaissi & Al-Soud (2021), la aplicación de las geomallas como refuerzo mejora la deformación, aumentando aproximadamente entre 34% y 52% según la rigidez de la geomalla y las reducciones de los espesores de los materiales de las bases granulares. Los resultados obtenidos por este artículo mostraron una reducción de daño por ahuellamiento de aproximadamente 58%, mientras que la capa de subrasante solo proporcionó una reducción del daño del 10 %

Utilización de geotextiles en vías no pavimentadas

En los años sesenta, la aplicación de los geotextiles comenzó a ser utilizada como refuerzos para el suelo, muros de contención, separación y también para reducir el grosor de agregado. Asimismo, la utilización de geotextil en la construcción de drenajes permite que sea sencilla y rápida (Keller, 2016). De esta forma, los geotextiles ofrecen solución a múltiples problemas de

manera rentable. Por consiguiente, hay una amplia variedad de aplicación de los geotextiles, que son usados como aplicación en estructuras y como medio de deshidratar residuos contaminados.

En cuanto a los tipos de contención, estos se distribuyen según su volumen y geometría, entre ellos están el tubo de geotextil, contenedores de geotextil y bolsas de geotextil, que son las más usadas para que los suelos arenosos sean encapsulados. Con ello, cumplen con brindar una estructura flexible y resistente para controlar la erosión del suelo (Lawson, 2008). Asimismo, nuevas combinaciones de materiales, como geotextil con yute, son aplicadas en carretera de bajo flujo vehicular sin pavimentar. Con estas combinaciones se encuentran resultados positivos como lo son una superficie reparada, sin marcas de hundimiento (Basu et al., 2009), Estos resultados demuestran la eficiencia de esta aplicación.

Utilización de geocelda en vías no pavimentadas

El campo de la ingeniería geotécnica ha revolucionado con el tiempo por las diferentes aplicaciones de los geosintéticos, como los tejidos y continuando con los geocompuestos más complejos. el sistema de geoceldas se ha utilizado en diferentes aplicaciones que van desde mejorar la capacidad de carga de las carreteras, edificios y vías férreas hasta proporcionar muros de protección evitando los problemas de erosión. Los beneficios de la geocelda es la de utilizar material de menor calidad, ha atraído la atención para realizar investigaciones y estudios para una mejor comprensión del comportamiento y desempeño de la geocelda en sus diferentes aplicaciones (Avesani Neto, 2019).

Planteamiento del Problema

El Ministerio de Transporte de la República de Colombia, en cumplimiento de la Ley 1228 de 2008, estipula que las vías que conforman la Red Vial Nacional se componen en 3 categorías, las arteriales, las intermunicipales y las vías veredales, conocidas como vías de primer, segundo y tercer orden. Para la categorización, el Ministerio de Transporte es el único que determina a qué categoría pertenece. Para categorizarlas, tiene en cuenta la funcionalidad de la vía, el tránsito promedio diario – TPD, el diseño y la densidad poblacional, de acuerdo con la Resolución 1530 (2017).

- Vías de primer orden: Las vías primarias tienen un volumen de tránsito igual o superior a 700 vehículos diarios, conectan los departamentos y tienen como función principal unir los principales centros del consumo y producción del país
- Vías de segundo orden: Las vías secundarias tienen un volumen igual o superior a 150 y menor a 700 vehículos por día y tienen como función unir uno o más municipios y conectar con una vía de primer orden.
- Vías de tercer orden: Son vías de acceso que conectan con las cabeceras municipales con sus veredas o se unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como terciarias deben funcionar en afirmado, en caso de ser pavimentado se deberá cumplir con las condiciones geométricas (Resolución 1530, 2017).

Las aplicaciones de los geosintéticos son empleadas en el mejoramiento y pavimentación de una vía, aportando durabilidad, reducción de mantenimientos futuros y ahorro en materiales granulares. Estos aportes pueden ser utilizados en el tramo la vía terciaria, que cuenta con una longitud de 17 kilómetros. Esta zona de estudio está ubicada entre el centro poblado los Cardones y la vereda el Machín, en el municipio de San Juan del Cesar, departamento de la Guajira.

Al respecto, el municipio cuenta con una población que alberga alrededor de 49.594 habitantes, que conforman varios grupos étnico (Plan Vial Municipal, 2020). La mayor parte del tramo de estudio, la vía tiene por código de vía 44650 – 8, que inicia desde la vereda platanal y finaliza en el Machín contando con una longitud de 30 km.

Actualmente esta vía se encuentra en malas condiciones y las afectaciones se incrementa en cada evento de precipitación, generando así remoción de la capa del suelo de la vía, afectando de manera negativa a las veredas debido al difícil acceso para llegar al municipio, disminuyendo la calidad de vida de los habitantes e incurriendo directamente en la productividad y competitividad en la región (Alcaldía Municipal de San Juan del cesar - La Guajira, 2020). Por consiguiente, las afectaciones que ha tenido estas veredas, es la reducción de productividad debido a los incrementos de los costos de transporte de mercancía como de pasajero, el difícil ingreso de las ambulancias dificultando los traslados de las personas, hasta un centro de salud como se puede ver la figura 6, se hace necesario utilizar vehículo con capacidad de traslado aunque no sea adecuado para el paciente y poner en riesgo a los estudiantes que se transporta al centro educativo más cercano.

Figura 6.
Vehículos alternativos para el traslado de paciente



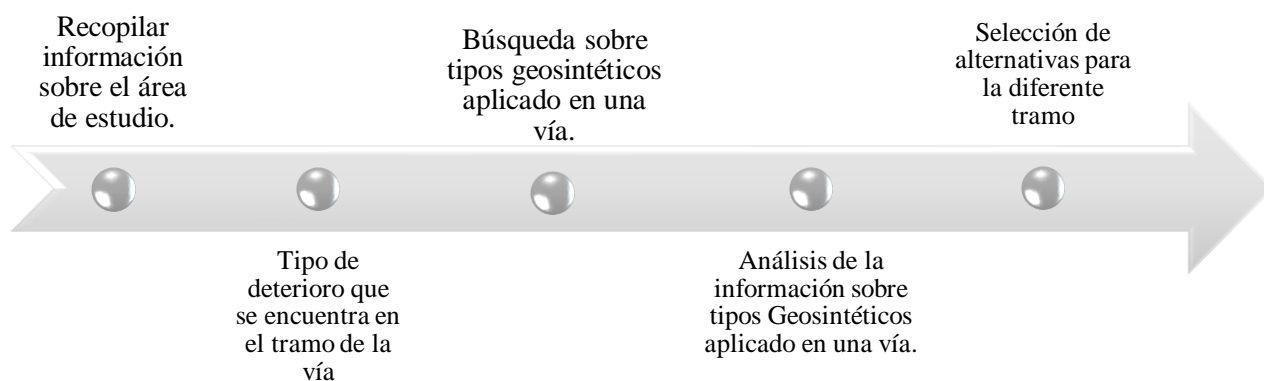
Fuente: Elaboración propia

Metodología

El propósito de esta monografía es presentar una alternativa efectiva a una vía de bajo flujo vehicular. Para ello, este estudio se propuso en realizarlo en un método cualitativo y descriptivo. Como se muestra en la Figura 7, la metodología a implementar inicialmente se requiere una inversión de tiempo ya que es necesario obtener fuentes primarias y secundarias. La fuente primaria corresponde a la observación del tramo de 17 kilómetros, donde se realizará una inspección visual del estado actual de la vía y que tipo de deterioro se ve afectado en dicho recorrido que se encuentra ubicado en el municipio de San Juan del Cesar – La Guajira. En relación al trabajo con las fuentes secundarias, este corresponde a la revisión de textos referentes al mejoramiento de las vías terciarias aplicando los diferentes tipos de geosintéticos; esta revisión bibliográfica se realizó con el fin de proponer una alternativa es más eficiente para el mejoramiento del tramo de dicha vía.

Figura 7.

Metodología a implementar



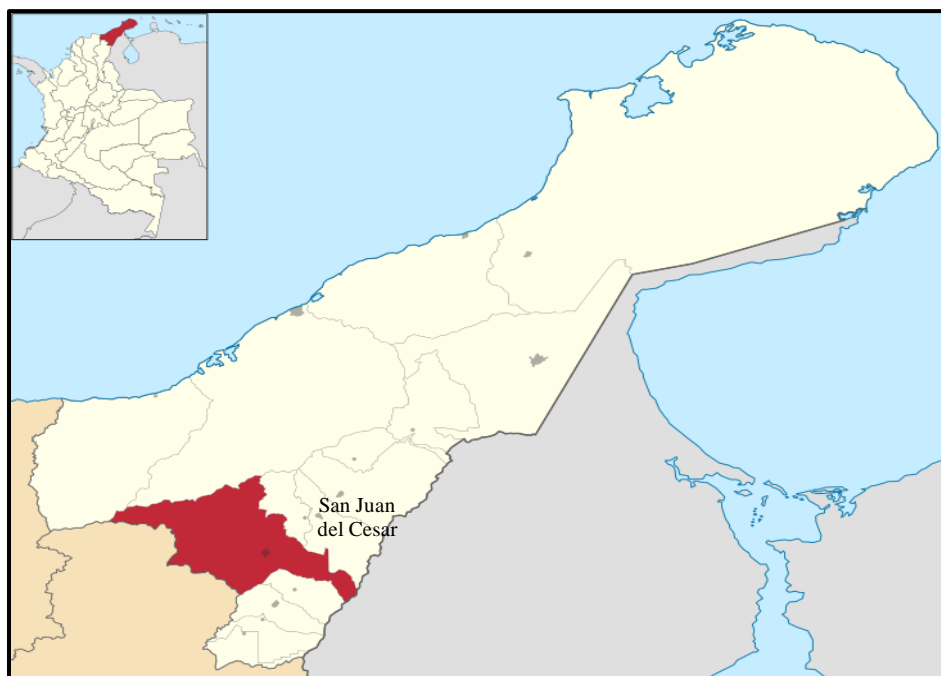
Fuente: Elaboración Propia

Área de estudio

El municipio de San Juan del Cesar, está ubicado en el departamento de la Guajira como se puede observar en la Figura 8, donde limita al norte con los municipios de Riohacha y Distracción, al sur limita con los municipios de Villanueva, el Molino y el departamento del Cesar y hacia el oriente limita con la República Bolivariana de Venezuela. El municipio cuenta con una extensión territorial de 1415 km², lo que representa el 6.78 % del área del departamento de la Guajira. La extensión de área urbana representa el 10 % y el área rural el 90%. Su división política administrativa consta de 10 corregimientos, 14 centros poblados y 22 veredas. De acuerdo con el DANE (2019), para 2018, el municipio de San Juan del Cesar, contó con una población de 46.077 habitantes, representando el 5.6 % de la población total del departamento de la Guajira.

Figura 8.

Ubicación geográfica del municipio de San Juan del Cesar.



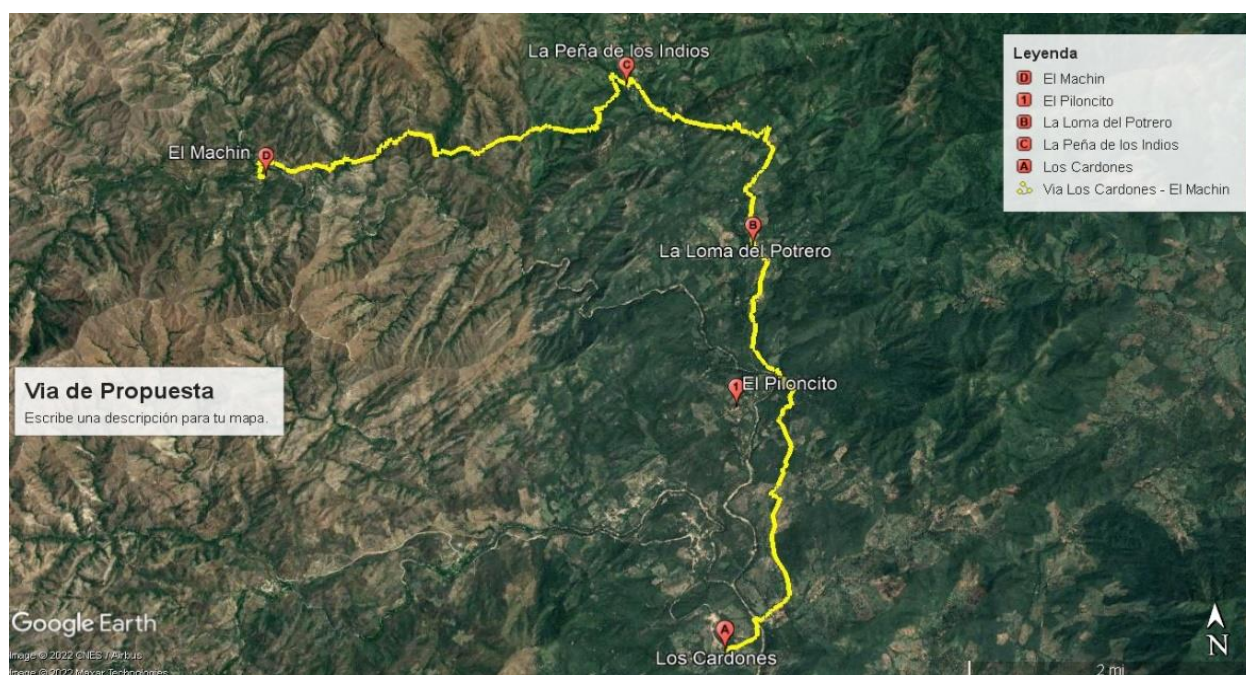
Fuente: Wikipedia website

Generalidades del tramo de estudio

El tramo de estudio tiene una longitud de 17 Km, como se puede observar en la Figura 9. Inicia en el centro poblado los cardones, con coordenadas $10^{\circ} 50' 36.83''$ Norte y $73^{\circ} 6' 17.17''$ Oeste y finaliza en la vereda el Machín en las coordenadas $10^{\circ} 53' 47.9''$ Norte y $73^{\circ} 9' 8.11''$ Oeste, los cardones, se encuentra aproximadamente a 17 Kilómetros del municipio de San Juan del Cesar.

Figura 9.

Localización específica del tramo de estudio.



Fuente: Elaboración Propia, Google Earth, 2022.

Análisis climático del área de estudio

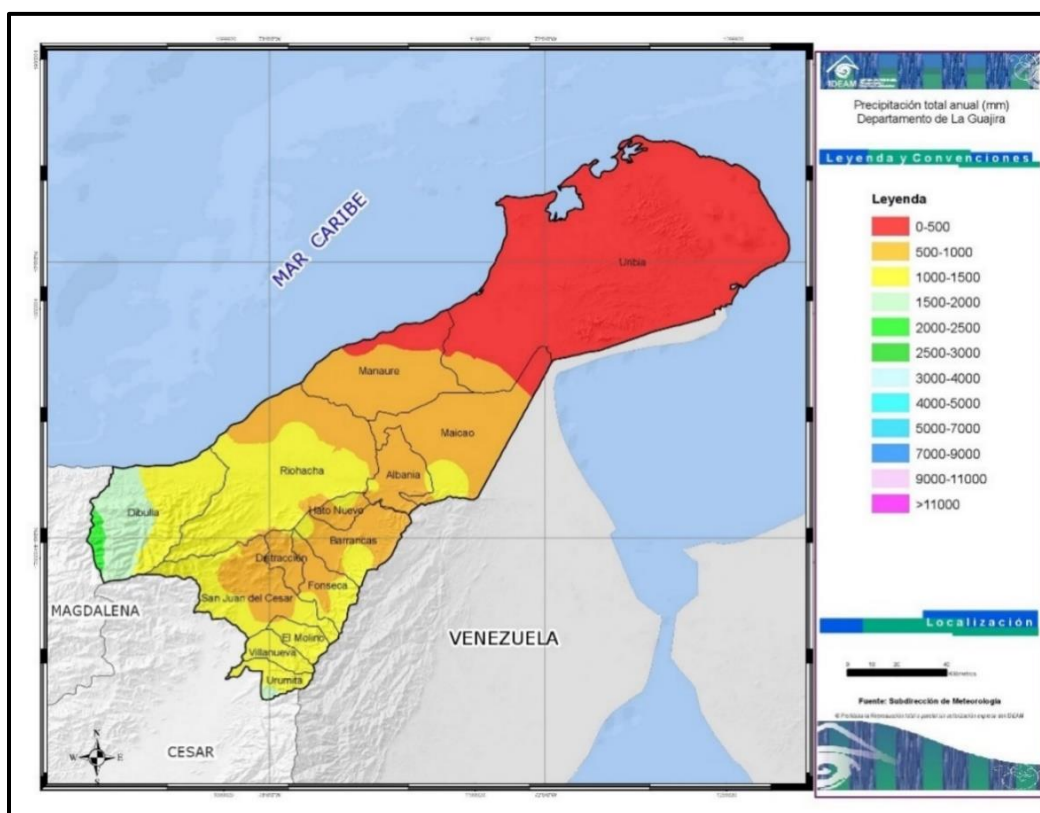
Precipitación

En Colombia, el departamento de la Guajira registra el menor volumen de lluvias, lo que provoca una sequía estacional la mayor parte del año, mientras que el municipio de San Juan del César presenta precipitaciones multimodales (alternado por épocas secas y lluviosas). Los periodos

secos ocurren entre diciembre, enero, febrero y marzo; y el período más lluvioso es de abril a junio. Según los datos suministrados por el informe del plan básico de ordenamiento territorial [PBOT] de la Alcaldía Municipal de San Juan del Cesar - La Guajira, (2020), Como se puede observar en la Figura 10, la precipitación media anual se encuentra entre los rangos de 1.000 a 1.500 mm que suministra el IDEAM, por parte del PBOT la precipitación media anual promedio de 26 años es de 1.118,4 mm. Y en el municipio aproximadamente llueve entre 50 o 100 días.

Figura 10.

Mapa de precipitación anual del Departamento de la Guajira.



Fuente: IDEAM

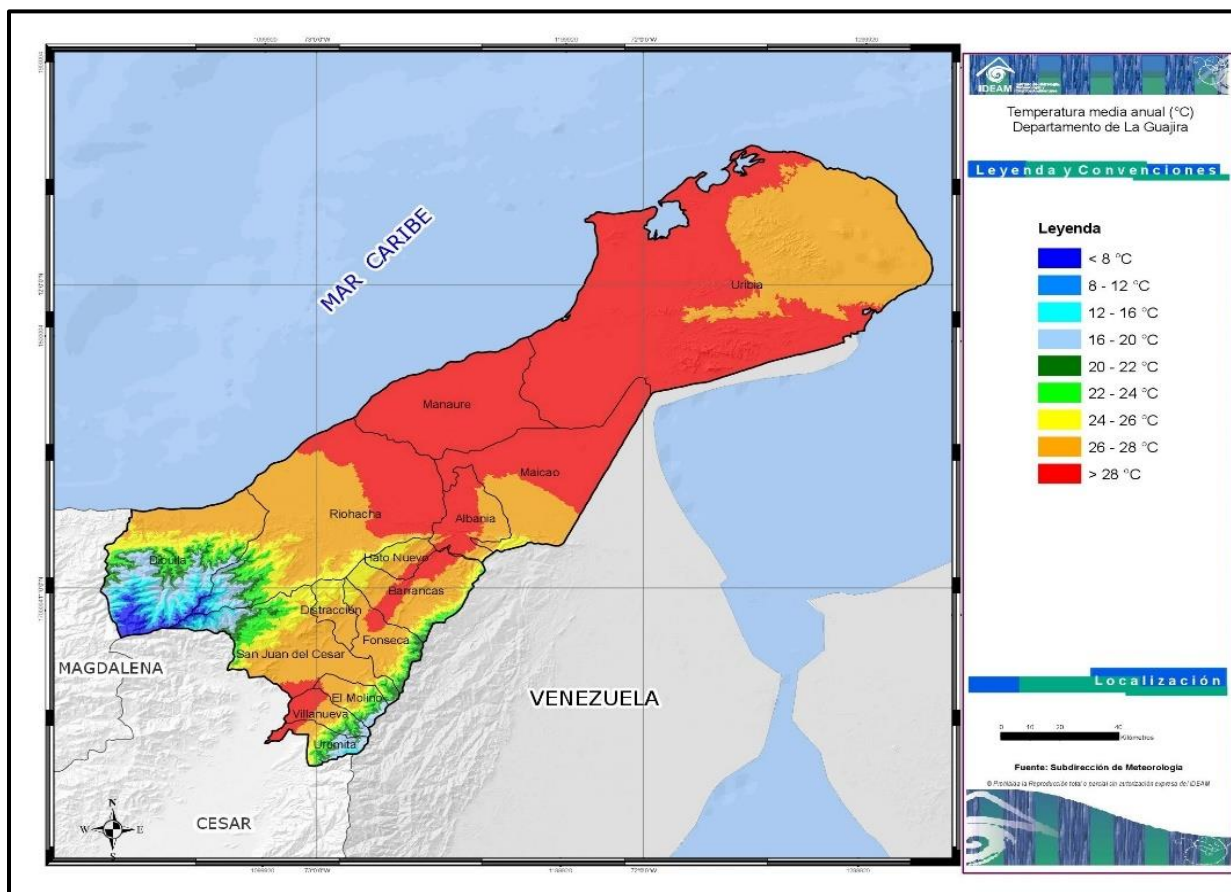
Temperatura

Como se muestra en la figura 11, por su posición geográfica y relieve el municipio de San Juan del Cesar, presenta una temperatura media anual de 27.8°C, la cual es bastante uniforme y con

mínimas variaciones durante el transcurso del año. Las temperaturas mínimas y máximas varían entre los 21°C y 35°C, y rara vez descienden de los 20 °C o superan los 38 °C.

Figura 11.

Mapa de temperatura anual del Departamento de la Guajira.



Fuente: IDEAM

Uso del Suelo

Agricultura

El municipio de San Juan del Cesar, cuenta con áreas de desarrollo agrícola en la cuenca de Cañaverales, se encuentra ubicadas en suelos arcillosos con buena provisión de agua; La cuenca del río Ranchería tiene un clima templado con pendientes moderadas siendo suelos aptas para el cultivo de maíz, la yuca y el ñame; en el valle medio del río Cesar, de clima cálido y templado,

con relieves ondulados aptas para el cultivo de maíz, sandía, etc.; y la cuenca del río San Francisco, de clima cálido y terreno ondulado apto para el cultivo de frijol y sandía (Alcaldía Municipal de San Juan del Cesar - La Guajira, 2020).

Como se puede observar en la Tabla 5, San Juan del Cesar, para el año 2018 los cultivos permanentes tenía un área sembrada alrededor de 988 hectáreas; los cultivo con mayor producción fueron los plátanos con 945 toneladas lo que representa el 45 % de la producción, con un rendimiento de 5 toneladas por hectáreas, el café es el cultivo con mayor área sembrada en el municipio ocupando el 50 % del total de área cultivada, pero representa el 14 % de la producción con 297 toneladas, con baja eficiencia relacionada con otros cultivos, es decir, 0.6 toneladas por hectáreas, la palma de aceite con 267 toneladas representa el 13 % de la capacidad de producción, con un rendimiento de 3.8 toneladas por hectáreas y el mango con 215 toneladas lo que representa el 10 % de producción, con un rendimiento de 5 toneladas por hectáreas. El cultivo más productivo es la caña panelera ya que requiere menor superficie sembrada, ocupando el 3 % del total del área de cultivo permanente y representa el 9% de la producción con 192 toneladas, con un rendimiento de 6 toneladas por hectárea (AGRONET, 2019).

Tabla 5.

Cultivo Permanente - San Juan del Cesar 2018

Cultivo	Área Sembrada (ha)	Área Cosechada (ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ha)
Aguacate	87	27	108	4
Café	494	478	297	0.6
Caña panelera	34	32	192	6
Limón	27	7	21	3
Mango	53	43	215	5
Naranja	15	10	40	4

Palma (Aceite)	70	70	267	3.8
Plátano	208	189	945	5

Fuente: Modificado de Evaluaciones Agropecuarias Municipales [EVA].

Como se observa en la Tabla 6. Los cultivos anuales que se dan en el municipio de San Juan del Cesar, son malanga, ñame y yuca. Siendo la yuca el cultivo con mayor área sembrada con el 70 % que corresponde a 515 hectáreas y en comparación con los otros dos cultivos, la producción de yuca es del 78%, correspondiente a 7.725 toneladas. De los anteriores, el más representativo a nivel departamental es el ñame, con una producción total de 10% correspondientes a 1020 toneladas utilizando un área de siembra menor.

Tabla 6.

Cultivo Anuales – San Juan del Cesar 2018

Cultivo	Área Sembrada (ha)	Área Cosechada (ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ha)
Malanga	150	150	1200	8
Ñame	68	68	1020	15
Yuca	515	515	7725	15

Fuente: Modificado de Evaluaciones Agropecuarias Municipales [EVA].

Geología

Según el PBOT (2020), San Juan del Cesar es un municipio que se encuentra ubicado en dos importantes sistemas montañosos, la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá. El área comprendida en la Sierra Nevada, es de formación ígneo y metamórfico y esto es provocado por las fuerzas distróficas que definen sus rasgos comunes (ver Anexo Figura 12). Sus orígenes se remontan a un basamento metamórfico que data del predemonico, hace unos 400 millones de años. Posteriores procesos tectoorogénicos a principios del mesozoico en los periodos Triasicomy Jurasico (225-135 millones de años), y finalmente Plio-Pleistocenic (11-1 millones de años)

determinaron su altura. La estructura geológica del área de estudio se encuentra al nor-oeste de municipio, cerca de la Sierra Nevada de Santa Marta, el Sector es Pem (Mignamitita, anfibolita, granulita, paraesquisito y paraneis).

Perfil del área de estudio

Según el tipo de terreno determinado por la topografía principalmente en la sección donde se realizó la inspección visual, en todo el trayecto pueden existir secciones transversales homogéneos de diferentes tipos de terreno. En el terreno plano tienen pendientes transversales al eje de la vía menor de cinco grados. Requiere un movimiento mínimo de tierras durante el mejoramiento, ya que no representa dificultad en su trazado o nivelación. Su pendiente longitudinal suele ser inferior al tres por ciento. Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como una combinación de direcciones longitudinales y transversales que permiten que los vehículos pesados mantengan velocidades aproximadamente iguales a las de los vehículos livianos y el terreno ondulado tiene pendientes transversales al eje de la vía entre seis y trece grados. Para este tipo de pendiente se requiere un relleno moderado durante el mejoramiento de la vía, lo que permite alineaciones más o menos rectas, sin mayores dificultades en el desarrollo y nivelación. Su pendiente longitudinal es entre tres y seis por ciento (3% - 6%). Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que requieren que los vehículos pesados disminuyan su velocidad significativamente por debajo de las velocidades de los vehículos livianos.

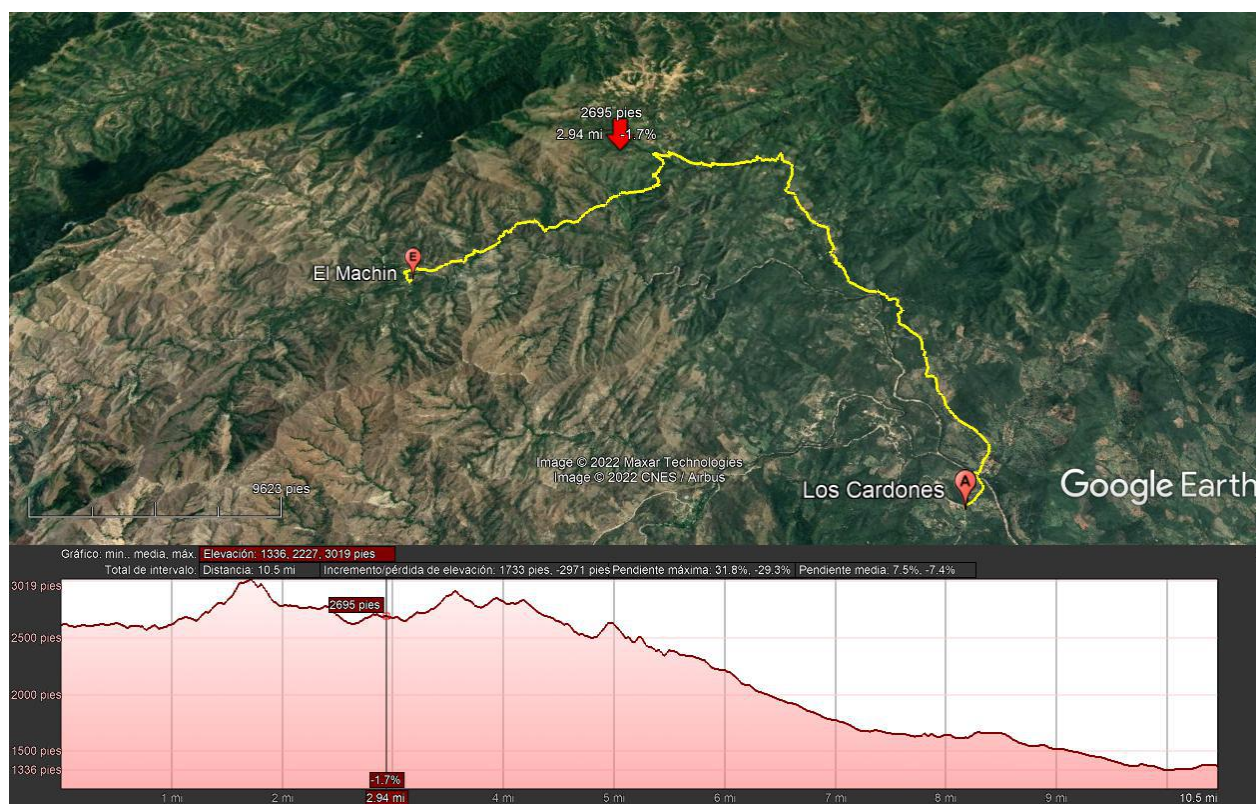
El terreno montañoso tiene una pendiente que cruzan la vía entre trece y cuarenta grados (13° - 40°). A menudo se requiere grandes movimientos de tierra durante la construcción o mejoramiento en afirmado, por lo que dificulta la instalación y nivelación del suelo. Su pendiente vertical predomina entre seis y ocho por ciento (6% - 8%). Conceptualmente, este tipo de carreteras

se definen como una combinación de sentido longitudinal y transversal que obligan a los vehículos pesados a circular a velocidades constante sobre una rampa durante distancias considerables y en oportunidades frecuentes. Terreno escarpado Tiene pendientes transversales al eje de la vía generalmente mayores a cuarenta grados (40°).

De acuerdo a la ruta que se realizó en Google Earth, que inicia del centro poblado los Cardones y finaliza en la vereda el Machín, se tomó el perfil de elevación como se observa en la figura 12, en la cual tiene una pendiente media de 7.5% y pendiente máxima de 31.8%.

Figura 12.

Perfil de elevación



Fuente: Elaboración Propia, Google Earth, 2022.

Resultados y Discusión

Luego, los resultados obtenidos a través del proceso de recopilación de información para la construir el estado de conocimiento sobre las diferentes aplicaciones de los geosintéticos para la construcción de una vía sin pavimentar, esto con el fin de proponer una alternativa eficiente y económicamente viable para el tramo de la vía que conecta con el centro poblado los Cardones y la vereda el Machín, que cuenta con una longitud de 17 Kilómetros, ubicado en el municipio de San Juan del Cesar, Departamento de la Guajira.

Estado en que se encuentra el tramo de estudio de la vía que conecta con la vereda del Machín.

En la figura se presenta a continuación se refleja el estado actual en el que se encuentra la vía; esta información se obtuvo a través de un recorrido que se realizó en el tramo de estudio, en la cual se logró identificar los deterioros que se presenta en los 17 kilómetros. cómo se observa en la Fotografía 1, se presenta ahuellamiento por acción de carga, en la Fotografía 2, se presenta problema de falta de drenaje lo que provoca que en la época invernal se dificulte el acceso a las veredas y por último en la Fotografía 3, se presenta ahuellamiento y selección transversal, en la Fotografía 4, se presenta corrugaciones y sección trasversal inadecuada Por lo que se hace necesario solucionar los diferentes deterioros con las tecnologías de geosintético.

Fotografía 1.*Deterioro por Ahuellamiento***Fotografía 2.***Deterioro por sección transversal inadecuada***Fotografía 4.***Deterioro por ahuellamiento y Sección transversal inadecuada***Fotografía 3.***Corrugación y sección transversal inadecuada*

Fuente: Elaboración propia.

Tipo de suelo en el área de estudio

Con el recorrido que se realizó en el tramo de estudio que se encuentra ubicado en el municipio de San Juan del Cesar se dividió en 3 tramos, La parte baja media y alta del tramo de estudio, uno con característica que resulta importante conocer para la selección de un geosintético.

Parte baja – tramo 1

El suelo de esta sección se caracteriza por ser franco arenoso, con presencia de gravilla, inicia del centro poblado los Cardones y finaliza en vereda la Loma del Potrero.

Parte media – tramo 2

El suelo de esta sección se caracteriza por ser arenoso y limoso, con presencia de gravilla de textura gruesa, inicia desde la vereda la Loma del Potrero y finaliza en el centro poblado la Peña de los Indios.

Parte alta – tramo 3

El suelo de esta sección se caracteriza por ser arenas y arcilla, un relieve plano con pendientes menores a 7%, inicia en el centro poblado la Peña de los Indios y finaliza en la vereda el Machín.

Estos resultados fueron obtenidos de acuerdo con los mapas rurales del PBOT por parte de la alcaldía de San Juan del Cesar, Ver Anexos 1 Figura 15 y mediante la observación del suelo cuando se realizaba el recorrido.

Selección de alternativa

En el tramo de estudio de 17 kilómetros que se encuentra en la parte rural del municipio de San Juan del Cesar, se presenta precipitación de tipo bimodal, con pendientes pronunciadas, esto afecta directamente los suelos empeorando los daños presentes o crear nuevos daños. El suelo en la parte baja, media y alta el tramo de estudio, favorece al drenaje, gracias a que de las texturas del suelo son con gravilla moderadamente gruesa, pero por la pendiente se presenta escorrentía.

Por lo tanto, los altos niveles de precipitación afectan directamente los suelos y en las vías sin pavimentar, provoca ahuellamiento, pérdida de agregado y sección transversal inadecuada, ya que el agua empeora los daños existentes. En las secciones de la vía que se presente problemas por un mal desagüe se recomienda utilizar materiales geosintéticos que favorezca al drenaje. Los métodos convencionales se utilizan agregados clasificado y aplicar estos métodos en áreas rurales son difícil obtenerlo lo que incrementa los costos, por lo tanto los geotextiles, tanto tejidos y no tejidos ofrecerían una solución rentable, y mejorado así la vida útil del diseño (Keller, 2016). Otro material que beneficia al drenaje son los geocompuesto, estudios realizados en laboratorios y en campo han demostrado que la combinación de las dos capas exteriores de geotextil y una capa de geored reducen los daños relacionado con el drenaje en vías pavimentadas y no pavimentadas (Li et al., 2017); (Smeet, 2005). En los últimos años han realizado pruebas a gran escala e incluso de campo para verificar la efectividad y desempeño de la geoceldas como refuerzo y se a demostrado que mejoran la capacidad de carga de suelo de menor calidad, proporcionando así un buena compactación y buen drenaje (Avesani Neto, 2019).

En Parte baja – tramo 1, parte media tramo 2 y parte alta tramo 3, se presenta suelo de material granular por lo tanto se recomienda dos aplicaciones el primero sería el uso de la geocelda, para reemplazar los materiales granulares seleccionados y utilizar materiales del sitio y mejorando a si el problema de drenaje. El segundo sería el uso geotextil con el fin de separar la subrasante y la subbase esto con el fin de evita la pérdida de agregados. De acuerdo a Sarmiento (2015), los geotextiles tiene una función de refuerzo y se aprovecharía el comportamiento a tracción de los geotextiles utilizados para trabajar además de las propiedades mecánicas del suelo. Cumple la función de captar y conducir los fluidos a través de su plano. La eficiencia de drenaje depende de

material de geotextil y del gradiente de presión a lo largo de la línea de drenaje. los espesores del material debe ser suficiente para aumentar la tensión en el plano de conducción.

De acuerdo con (Keller, 2016), una de las mayores áreas de aplicación de los geosintéticos es en las carreteras, considerando varios aspectos relacionados con su aplicación son la separación, estabilización del suelo, filtración y drenaje. Uno de los métodos para evaluar el impacto del refuerzo geotextil sobre la subrasante, consiste en reducir el espesor de la capa granular que conforma la estructura del sistema. El propósito de esta capa es distribuir las fuerzas generadas por la aplicación de cargas en la superficie del pavimento sobre un área más grande para que en el pavimento, las fuerzas no excedan la resistencia a tensión admisible del geotextil con el propósito de estabilizar en general la estructura de pavimento.

De acuerdo a (Naeini & Gholampoor, 2014), el uso de geotextil como refuerzo en la subrasante, aumenta la capacidad de carga, reduce los espesor de la capa granular sin que se presente deformaciones. Los geotextiles son utilizados como refuerzo en las carreteras ya que mejoran el rendimiento de la estructura de pavimento, se han realizado estudios comparando los espesores de capas con geotextil y sin geotextil para las mismas condiciones de tráfico, se ha podido demostrar que el espesor se reduce cuando se utilizan geotextiles para las mismas condiciones de tráfico, el análisis también se puede realizar para ciertos espesores de materiales granulares y el aumento del tráfico pesado.

Conclusión

Ahora que hemos visto todo lo anterior en cuanto a las aplicaciones de los geosintéticos en la vías terciarias, se presentará las conclusiones sobre el diagnóstico de la vía que se inicia en el centro poblado los Cardones y finaliza en la vereda el Machín, que cuenta con una longitud de 17 kilómetros, ubicado en municipio de San Juan del Cesar; descripción de los geosintéticos aplicados en vías terciarias y finalmente una selección de geosintético que brinde una solución en la zona de estudio.

- En la zona de estudio cuenta con una longitud de 17 kilómetros donde se dividió en 3 partes; parte baja tramo 1, parte media tramo 2 y parte alta tramo 3, el recorrido que se realizó se pudo diagnosticar de manera visual el estado en el que se encuentra la vía, se caracterizar por tener los defectos de tipo superficial y estructural. Los defectos de tipos superficial se presentan por ahuellamiento y pérdida de agregado; los defectos de tipo estructural se caracterizan por daños secciones transversales inadecuadas, estos deterioros que se presenta en la vía son debido por la acción del tránsito o de carga, condiciones climáticas y ausencia de drenaje, lo que dificulta el acceso a las veredas en las temporadas de mayor precipitación.
- La parte media – tramo 2, es donde se presenta mayores afectaciones, donde predomina la pérdida de agregado, de manera longitudinal y transversal dificultando la conexión entre veredas.
- Entre los diversos materiales de geosintéticos aplicados en las vías rurales, aplicados en las vías de bajo flujo vehicular los geotextiles que puede favorecer a 4 funciones que son la de reforzar, separar, filtrar y drenar. En comparación de lo demás geosintéticos

se limitan a cumplir a una o dos funciones, pero comparte que los mantenimientos periódicos sean de forma limitada.

Tras el análisis bibliográfico sobre las aplicaciones de lo geosintéticos, podemos interpretar que el uso de geotextil beneficia a un buen drenaje y se puede utilizar para separar la cada capa granular, reduciendo así los costó de construcción, las diferentes alternativas mediante el uso del geosintético que brinde una solución en la zona de estudio, ubicada entre el centro poblado los Cardones y la vereda el Machín. Se destaca que mejora una estructura de bases granulares por medio de geotextiles, es una práctica importante para evitar la migración de material fino presentándose cárcavas.

Teniendo en cuenta al planteamiento del problema por la dificultad de acceso a las veredas por el estado de su vía, mejoraría la competitividad en el sector agrícola, reducción los costos de transporte, reducción de tiempo de desplazamiento con llevando a que los productos agrícolas lleguen a su destino en buen estado, el transporte de estudiantes hasta su centro educativo sea de manera segura y el traslado de los pacientes en mejores condiciones.

Recomendaciones

Se recomienda el buen uso de los geosintéticos en el estudio previo y su método de uso, para un buen acabado de la obra. es fundamental el factor ecológico, por lo que recomiendo realizar estudio de impacto ambiental en los procesos donde se aplican los geosintéticos en vías no pavimentadas, y verificar el menor impacto en este para el ecosistema.

Al diseñar con geotextiles, es necesario tener en cuenta la reducción ya sea económica, ambiental, reducción, tiempo de construcción; asimismo, las mejoras que se logran con cualquier aplicación de geosintéticos en vías terciarias, dependen de sus condiciones particulares, por lo que es necesario conocer bien el entorno por medio de una investigación prudente en la región objeto de estudio de interés.

Los avances de estudios de los geosintéticos en la construcción de carreteras deben limitarse a extender la vida útil de la vía y reducción de tiempo de construcción, de igual manera debe mitigar los impactos negativos durante la construcción en comparación de los métodos convencionales.

Se necesitan más investigaciones sobre las aplicaciones de los geosintéticos sobre vías de bajo flujo vehicular, para comprender y mejor la influencia de estos materiales en su uso en el diseño de pavimentos en afirmado para poder sugerir soluciones alternativas para el mal estado de las carreteras.

Referencias

- Abu-Farsakh, M., Hanandeh, S., Mohammad, L., & Chen, Q. (2016). Performance of geosynthetic reinforced/stabilized paved roads built over soft soil under cyclic plate loads. *Geotextiles and Geomembranes*, 44(6), 845–853. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2016.06.009>
- AGRONET. (2019). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA / Datos Abiertos Colombia*. Datos Abiertos. <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Evaluaciones-Agropecuarias-Municipales-EVA/2pnw-mmge/data>
- Alcaldía Municipal de San Juan del cesar - La Guajira. (2020). *Plan Basico de Ordenamiento Territorial Municipio San Juan del Cesar*. https://sanjuandelcesarlaguajira.micolombiadigital.gov.co/sites/sanjuandelcesarlaguajira/content/files/000423/21131_informe--san-juan-del-cesar.pdf
- Alkaissi, Z. A., & Al-Soud, M. S. (2021). Effect of Geogrid Reinforcement on Behavior of Unpaved Roads. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 856(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/856/1/012007>
- Aroca, M. (2015). *Estudiar el drenaje triplanar en un sistema de subdrenaje en vías como reemplazo o complemento de capas drenantes*. Universidad Católica de Colombia.
- Arya, D., Maeda, H., Ghosh, S. K., Toshniwal, D., Mraz, A., Kashiya, T., & Sekimoto, Y. (2021). Deep learning-based road damage detection and classification for multiple countries. *Automation in Construction*, 132, 103935. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103935>
- Avesani Neto, J. O. (2019). Application of the two-layer system theory to calculate the settlements and vertical stress propagation in soil reinforcement with geocell. *Geotextiles and Geomembranes*, 47(1), 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2018.09.003>
- Basu, G., Roy, A. N., Bhattacharyya, S. K., & Ghosh, S. K. (2009). Construction of unpaved rural

- road using jute-synthetic blended woven geotextile - A case study. *Geotextiles and Geomembranes*, 27(6), 506–512. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2009.03.004>
- Calvarano, L. S., Palamara, R., Leonardi, G., & Moraci, N. (2016). Unpaved Road Reinforced with Geosynthetics. *Procedia Engineering*, 158, 296–301. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.445>
- DANE. (2019). *Resultados Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 - Riohacha, La Guajira*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2021). Mejoramiento de vías terciarias - Vías de tercer orden. *Proyectos Tipo. Soluciones Ágiles Para Un Nuevo País*. https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/viasterciarias/PT_Mejoramiento_en_vias_terciarias-Aval-2021.pdf
- Díaz Cepeda, E. A. (2020). *Uso de Geomallas Multiaxiales Como Refuerzo en Vías sin Pavimentar con Suelos Blandos o Subrasantes Débiles* (Issue 12) [Universidad Antonio Nariño]. <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/2130/1/2020EduardoAndresDiazCepeda.pdf>
- Díaz, J., Escobar, O., & Olivo, E. (2009). *APLICACIÓN DE LOS GEOSINTÉTICOS EN LA ESTRUCTURA DE LOS PAVIMENTOS Y EN OBRAS DE DRENAJE PARA CARRETERAS*. <https://core.ac.uk/download/pdf/11227741.pdf>
- Ding, Z., Babar, A. A., Wang, C., Zhang, P., Wang, X., Yu, J., & Ding, B. (2021). Spunbonded needle-punched nonwoven geotextiles for filtration and drainage applications: Manufacturing and structural design. *Composites Communications*, 25, 100481. <https://doi.org/10.1016/j.coco.2020.100481>
- Ghosh, T. K. (1998). Puncture resistance of pre-strained geotextiles and its relation to uniaxial tensile strain at failure. *Geotextiles and Geomembranes*, 16(5), 293–302.

[https://doi.org/10.1016/S0266-1144\(98\)00011-9](https://doi.org/10.1016/S0266-1144(98)00011-9)

Gil Ramirez, M. (2021). *ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PRELIMINAR PARA DEFINIR INTERVENCIONES TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE VÍAS TERCIARIAS DE COLOMBIA* [Universidad de los Andes].

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/55546/25784.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Giroud, J. P., & Noiray, L. (1981). GEOTEXTILE-REINFORCED UNPAVED ROAD DESIGN. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 107(9), 1233–1254.

Guataquira, M., & Gaona, O. (2020). *Análisis comparativo entre el geotextil convencional y el geotextil de yute químicamente tratado empleado para mejorar la capacidad portante en obras viales, y su evaluación como alternativa de uso en Colombia* [Universidad Católica de Colombia]. [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25828/1/DOCUMENTO TRABAJO DE GRADO.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25828/1/DOCUMENTO%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf)

Haque Nizam, E., & Chandra Das, S. (2014). Geo Textile -A Tremendous Invention of Geo Technical Engineering. *International Journal of Advanced Structures and Geotechnical Engineering ISSN, 03(03)*, 2319–5347. <http://www.drexel.edu/gri/gmat.htm>

Hegde, A., & Sitharam, T. G. (2015). 3-Dimensional numerical modelling of geocell reinforced sand beds. *Geotextiles and Geomembranes*, 43(2), 171–181. <https://doi.org/10.1016/J.GEOTEXMEM.2014.11.009>

Heibaum, M. (2016). Geotextiles used in filtration. *Geotextiles: From Design to Applications*, 257–275. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100221-6.00012-7>

Ingle, G. S., & Bhosale, S. S. (2017). Full-Scale Laboratory Accelerated Test on Geotextile Reinforced Unpaved Road. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*,

3(4), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s40891-017-0110-x>

- Inti, S., & Tandon, V. (2021). Design of geocell reinforced roads through fragility modeling. *Geotextiles and Geomembranes*, 49(5), 1085–1094. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2021.03.003>
- INVIAS. (2016). Guía de diseño de pavimentos con placa-huella. In *Pavimentos* (p. 244). <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/6644-guia-de-disenoo-de-pavimentos-con-placa-huella/file>
- Kamel, M. A., Chandra, S., & Kumar, P. (2004). Behaviour of subgrade soil reinforced with geogrid. *International Journal of Pavement Engineering*, 5(4), 201–209. <https://doi.org/10.1080/1029843042000327122>
- Keller, G. R. (2016). Application of geosynthetics on low-volume roads. *Transportation Geotechnics*, 8, 119–131. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2016.04.002>
- Kermani, B., Xiao, M., & Stoffels, S. M. (2019). Analytical study on quantifying the magnitude and rate of subgrade fines migration into subbase under flexible pavement. *Transportation Geotechnics*, 18, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2018.11.003>
- Khan, M. W., Dawson, A. R., & Marshall, A. M. (2022). Filtration performance of non-woven geotextiles with internally-stable and -unstable soils under dynamic loading. *Geotextiles and Geomembranes*, 50(2), 293–311. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2021.11.007>
- Koerner, G. R. (2016). Geotextiles used in separation. In *Geotextiles: From Design to Applications* (pp. 239–256). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100221-6.00011-5>
- Lawson, C. R. (2008). Geotextile containment for hydraulic and environmental engineering. *Geosynthetics International*, 15(6), 384–427. <https://doi.org/10.1680/gein.2008.15.6.384>
- Li, C., Ashlock, J., White, D., & Vennapusa, P. (2017). Permeability and stiffness assessment of

- paved and unpaved roads with geocomposite drainage layers. *Applied Sciences (Switzerland)*, 7(7), 718. <https://doi.org/10.3390/app7070718>
- Liu, J., Feng, L., & Li, Z. (2021). Optimal road grade design based on stochastic speed trajectories for minimising transportation energy consumption. *IET Intelligent Transport Systems*, 15(11), 1414–1428. <https://doi.org/10.1049/itr2.12111>
- Mejia, L., & Caro, S. (2005). *Factores que determinan el uso de geosintéticos en proyectos de pavimentación en colombia*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/22585>
- Mendoza, M. Á. (2020). Aplicación del Geotextil NT NW019M para evitar la aparición de fallas estructurales en el Pavimento Flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019 [Universidad César Vallejo]. In *Universidad César Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27123?locale-attribute=es#.YoxT2bx9NCs.mendeley>
- Mojica, V. M., & Palomares, J. P. (2022). *Implementación de geosintéticos en la ingeniería de pavimentos como solución de mejoramiento para la subrasante de pavimentos flexibles*. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/27101#.YomglT4O7b0.mendeley>
- Naeini, S. A., & Gholampoor, N. (2014). Cyclic behaviour of dry silty sand reinforced with a geotextile. *Geotextiles and Geomembranes*, 42(6), 611–619. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2014.10.003>
- Palmeira, E. M., & Antunes, L. G. S. (2010). Large scale tests on geosynthetic reinforced unpaved roads subjected to surface maintenance. *Geotextiles and Geomembranes*, 28(6), 547–558. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2010.03.002>
- Pedroso, G. O. M., Ramos, G., & Lins da Silva, J. (2022). Evaluating geosynthetic base stabilization on lateritic gravel and granular material under cyclic moving wheel loads. *Case*

- Studies in Construction Materials*, 16, e00880. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00880>
- Rawal, A., Shah, T., & Anand, S. (2010). Geotextiles: Production, properties and performance. *Textile Progress*, 42(3), 181–226. <https://doi.org/10.1080/00405160903509803>
- Rodriguez Salcedo, C. (2019). Del total de la red vial terciaria con la que cuenta Colombia, 96% está en mal estado. *LA REPÚBLICA*. <https://www.larepublica.co/infraestructura/del-total-de-la-red-vial-terciaria-con-la-quecuenta-colombia-96-esta-en-mal-estado-2828335>
- Sarmiento, B. (2015). *Evaluación de la Migración de Finos Alrededor de Subdrenes*. Universidad de Cuenca.
- Smeet, J. G. (2005). *Vertical stiffness characterization of a geocomposite drainage layer for PCC highway pavements* [West Virginia University]. <https://researchrepository.wvu.edu/etd/1947>
- Tanasă, F., Nechifor, M., Ignat, M.-E., & Teacă, C.-A. (2022). Geotextiles—A Versatile Tool for Environmental Sensitive Applications in Geotechnical Engineering. *Textiles*, 2(2), 189–208. <https://doi.org/10.3390/textiles2020011>
- Tang, X., Chehab, G. R., & Palomino, A. (2008). Evaluation of geogrids for stabilising weak pavement subgrade. *International Journal of Pavement Engineering*, 9(6), 413–429. <https://doi.org/10.1080/10298430802279827>
- Urrego, A. (2021). Avanza el plan de mejora de 10.670 kilómetros de vías terciarias. *Diario La Republica*. <https://www.larepublica.co/especiales/megaconstrucciones/avanza-el-plan-de-mejora-de-10670-kilometros-de-vias-terciarias-3130781>
- Vargas Jiménez, J., Moncayo Theurer, M., Córdova Rizo, J., Maza, C., Barzola Zambrano, I., Velasco Cevallos, G., Salcedo, I., Guzgñay, J., & Lucio, S. (2017). La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles. *Ingeniería*, 21(1), 61. <https://www.redalyc.org/journal/467/46752305006/html/>

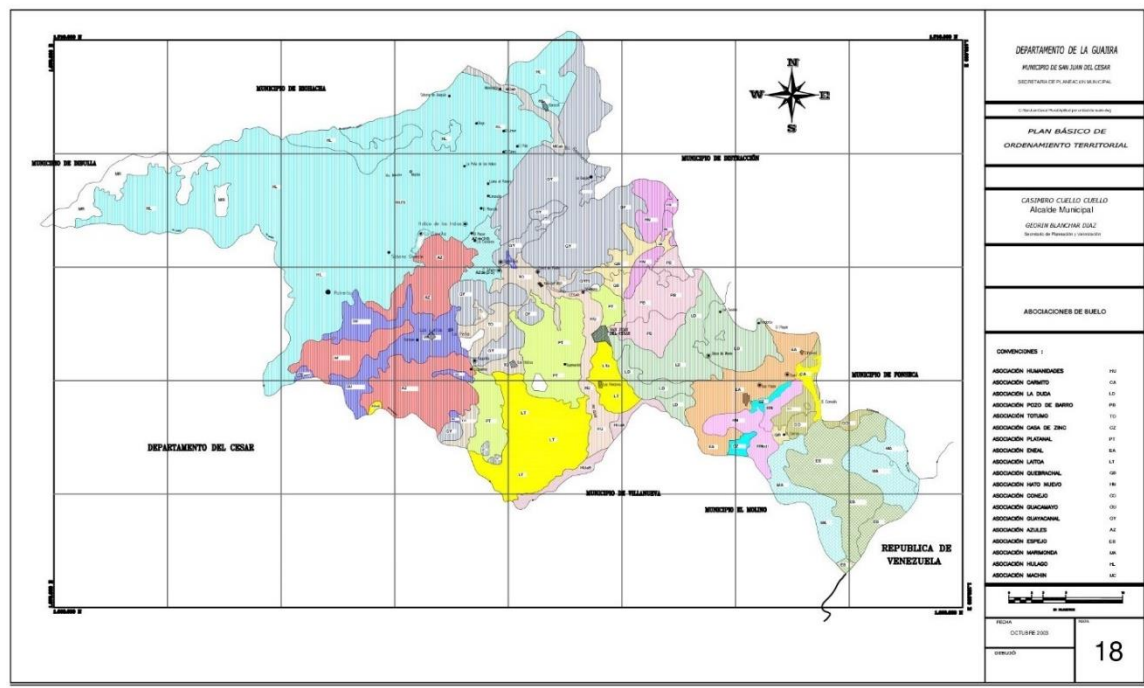
WAVIN. (2021). *Diseño de infraestructura con geosintéticos - Décima edición.*

https://pavcowavingeosinteticos.com/wp-content/uploads/2018/09/CO_MSR_2017_Muro-8-y-9-APP-GICA.pdf

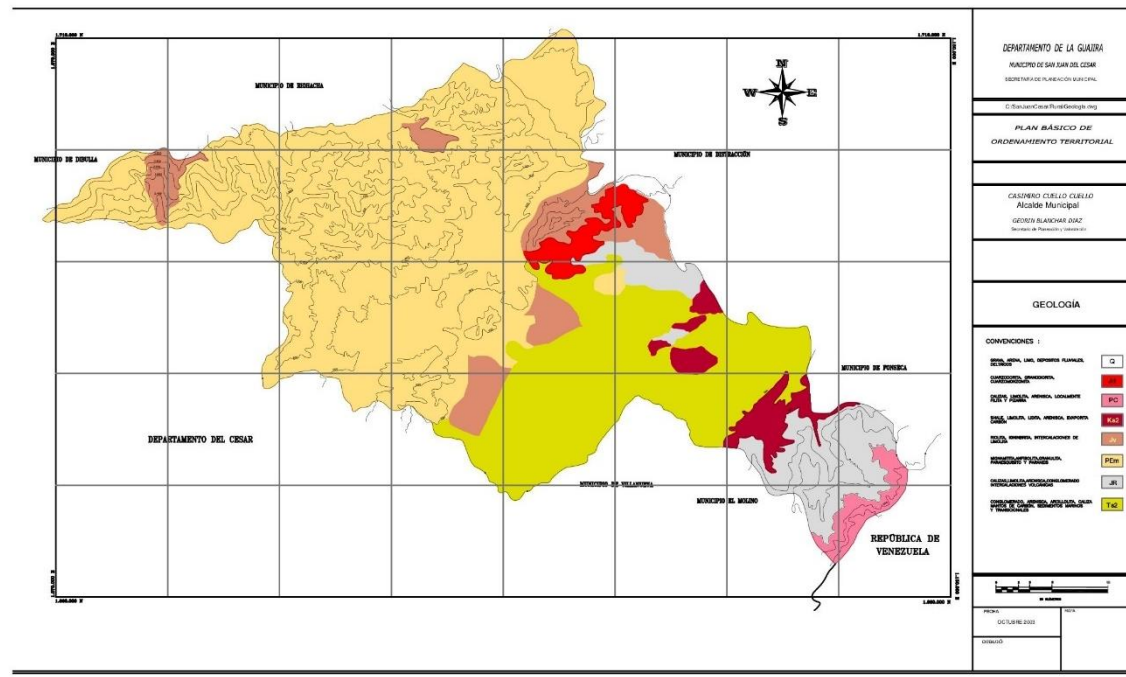
Zornberg, J. G., Azevedo, M., Sikkema, M., & Odgers, B. (2017). Geosynthetics with enhanced lateral drainage capabilities in roadway systems. In *Transportation Geotechnics* (Vol. 12, pp. 85–100). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2017.08.008>

Zornberg, J. G., Hossein Roodi, G., Sankaranarayanan, S., & Hernandez-Urbe, L. A. (2018). Geosynthetics in roadways: Impact in sustainable development. *11th International Conference on Geosynthetics 2018, ICG 2018, 1*, 289–303. https://sites.utexas.edu/zornberg/files/2022/03/Zornberg_Roodi_Subramanian_Hernandez-Urbe_2018.pdf

Anexos



Anexo 1 Figura 13. Tipos de suelo por asociación en el Municipio de San Juan del Cesar



Anexo 2 Figura 14. Geología

Geosintéticos

PAVCO wavin

MEXICHEM COLOMBIA S.A.S.
 GEOSINTETICOS
 LISTA DE PRECIOS
 VIGENTE: ENERO 03 DE 2022

GEOTEXTILES NO TEJIDOS							
Referencia	Descripción	Material	Dimensiones del Rollo			Precio Vta Clientes \$/m2	
			Ancho (m)	Longitud (m)	Area (m2)		
2904240	Geotextil NT 1600 S	PP	3.50	160	560	3,094	
2904241	Geotextil NT 1600 S	PP	3.80	160	608	3,094	
2904236	Geotextil NT 1600	PP	3.50	160	560	4,979	
2904237	Geotextil NT 1600	PP	3.80	160	608	4,979	
2904244	Geotextil NT 1800	PP	3.50	150	525	6,261	
2904245	Geotextil NT 1800	PP	3.80	150	570	6,261	
2904248	Geotextil NT 2000	PP	3.50	130	455	7,416	
2904249	Geotextil NT 2000	PP	3.80	130	494	7,416	
2904255	Geotextil NT 2500	PP	3.50	120	420	7,779	
2904256	Geotextil NT 2500	PP	3.80	120	456	7,779	
2904261	Geotextil NT 3000	PP	3.50	120	420	9,773	
2904262	Geotextil NT 3000	PP	3.80	120	456	9,773	
2904265	Geotextil NT 4000	PP	3.50	130	455	12,641	
2904266	Geotextil NT 4000	PP	3.80	130	494	12,641	
2904270	Geotextil NT 5000	PP	3.50	120	420	15,689	
2904271	Geotextil NT 5000	PP	3.80	120	456	15,689	
2904276	Geotextil NT 6000	PP	3.50	100	350	17,941	
2904277	Geotextil NT 6000	PP	3.80	100	380	17,941	
2904283	Geotextil NT 7000	PP	3.50	80	280	22,407	
2904299	Geotextil NT 7000	PP	3.80	80	304	22,407	
2904313	Geotextil NT REPAV 400	PP	3.80	180	684	5,370	
2904316	Geotextil NT REPAV 450	PP	3.80	150	570	6,379	

GEOTEXTILES TEJIDOS							
Referencia	Descripción	Material	Dimensiones del Rollo			Precio Vta Clientes \$/m2	
			Ancho (m)	Longitud (m)	Area (m2)		
2904325	Geotextil TEJ 1050	PP	3.85	200	770	3,885	
2904327	Geotextil TEJ 1400	PP	3.85	160	616	5,144	
2904328	Geotextil TEJ 1700	PP	3.85	160	616	6,363	
2904330	Geotextil TEJ 2100	PP	3.85	140	539	7,568	
2904331	Geotextil TEJ 2400	PP	3.85	120	462	8,538	
2904332	Geotextil TR 3000	PP	3.85	100	385	11,612	
2904333	Geotextil TR 4000	PP	3.83	100	383	14,032	
2907686	Geotextil TR 5000	PP	3.80	100	380	16,401	
2910907	Geotextil TR 5000HF	PP-PET	3.85	100	385	17,221	
2904336	Geotextil TR 6000	PET	3.75	100	375	19,069	
2910846	Geotextil TR 6000HF	PP-PET	3.85	80	308	20,023	
2911074	Geotextil TR 7000HF	PP-PET	3.85	80	308	20,977	
2908900	Geotextil Alta Resistencia HR 160	PET	3.75	100	375	22,196	
2908901	Geotextil Alta Resistencia HR 220	PET	3.75	80	300	26,307	
2908902	Geotextil Alta Resistencia HR 300	PET	3.75	60	225	29,921	
2908903	Geotextil Alta Resistencia HR 400	PET	3.75	50	188	38,643	

CONTROL DE EROSION							
Referencia	Descripción	Material	Dimensiones			Precio Vta Clientes \$/UN	
			Ancho (m)	Longitud (m)	Capacidad (m3)		
2904093	Bolsacreto 1101	PP	1.20	2.4	1	24,638	
2904092	Bolsacreto 1102	PP	1.85	2.7	2	36,056	
2904094	Bolsacreto 1401	PP	1.20	2.4	1	30,573	
2904095	Bolsacreto 1402	PP	1.85	2.7	2	46,019	

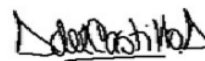
Referencia	Descripción	Material	Dimensiones			Precio Vta Clientes \$/m2
			Ancho (m)	Longitud (m)	Area (m2)	
2911840	Flexocreto 12000	Políéster de alta tenacidad	2.88	100	288	32,076
2905624	Manto Permanente TRM 500	PP	2.00	25	50	14,331
2906892	Manto Permanente TRM 550	PP	2.00	25	50	15,183
2904101	Ecomatrix Verde	PP	3.80	300	1140	4,353
2904044	Agromanto 3000F-P	Matriz de fibras naturales-Fique-Malla PP	2.00	50	100	5,586
2904045	Agromanto 3200FC-F	Matriz de fibras naturales-Fique y Coco - Malla Fique	2.00	50	100	7,556
2904050	Agromanto 4600FC-FP	Matriz de fibras naturales-Fique y Coco - Malla PP	2.00	50	100	8,928

NOTAS:

En los anteriores precios no está incluido el impuesto al valor agregado I.V.A. vigente a la fecha.
 Forma de pago: Cupo de crédito y plazo aprobado por el Departamento Financiero de Mexichem Colombia SAS.
 Descuento financiero por pago anticipado de 3%.
 Los anteriores precios pueden ser modificados en cualquier momento, de acuerdo a los precios internacionales de la resina de PP y PET
 PP: Polipropileno, PET: Poliéster
 Reemplaza la lista de precios del 13 de agosto de 2021



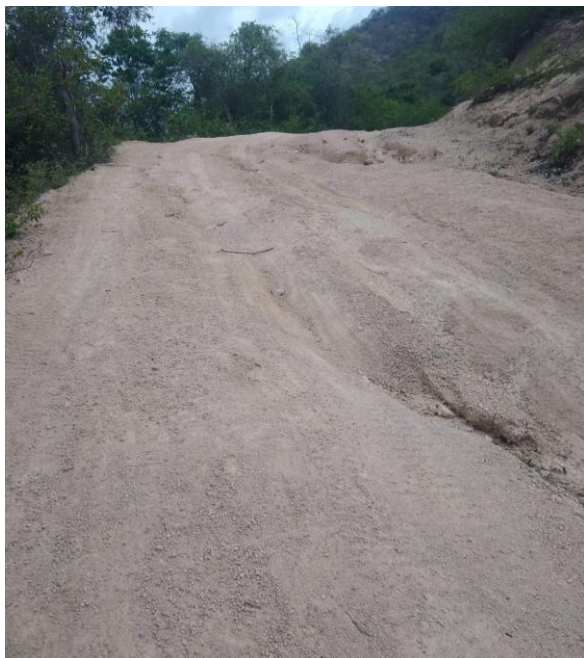
Aprobación por la Gerencia General.



Aprobación por la Gerencia Comercial.



Anexo 3 Figura 15. Precios de los geotextiles

Registro Fotográfico

Fotografía 5. *Deterioro por ahuellamiento y cárcava*



Fotografía 6. *Deterioro por pérdida de agregado*



Fotografía 7. *Deterioro por ahuellamiento y pérdida de agregado*



Fotografía 8. *Deterioro por pérdida de agregado*



Fotografía 9. *Deterioro por sección transversal inadecuada y pérdida de agregado*



Fotografía 10. *Deterioro por pérdida de agregado*



Fotografía 11. *Deterioro por pérdida de agregado*



Fotografía 12. *Deterioro por sección transversal inadecuada y pérdida de agregado*



Fotografía 13. *Deterioro por perdida de agregado*



Fotografía 14. *Deterioro por ahuellamiento y perdida de agregado*