	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007		A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(118)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	ESTEBAN HERMIDES RIZO PICÓN MARÍA ELENA VERGEL GRECO		
FACULTAD	INGENIERIAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL		
DIRECTOR	JOSE ARMANDO MOLINA ZAMORA		
TÍTULO DE LA TESIS	USO DEL ELEMENTO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN DE TERRAPLENES DENTRO DE LA GEOTECNIA VIAL		
RESUMEN			
<p>ESTA MONOGRAFÍA SE DESARROLLA EN BASE A UN ANÁLISIS DE INFORMACIÓN QUE SE REALIZÓ UTILIZANDO UNA COMPILACIÓN DE VARIAS REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS, QUE PROVIENEN DE BIBLIOTECAS, PERIÓDICOS, LIBROS, PÁGINAS WEB, BASES DE DATOS Y TRABAJOS DOCUMENTALES COMO TESIS, REVISTAS ESPECIALIZADAS, ARTÍCULOS CIENTÍFICOS E INFORMES TÉCNICOS, ASÍ COMO COMO INVESTIGACIÓN REALIZADA A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL, PARA PROPORCIONAR UN DOCUMENTO ACADÉMICO QUE CUMPLE UNA FUNCIÓN INFORMATIVA Y ARGUMENTATIVA EN LA QUE SE PRESENTAN Y ORGANIZAN DATOS SOBRE EL USO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LOS TERRAPLENES.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 102	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 0	CD-ROM: 1



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

**USO DEL ELEMENTO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO
MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN DE TERRAPLENES
DENTRO DE LA GEOTECNIA VIAL**

AUTORES

ESTEBAN HERMIDES RIZO PICÓN

MARÍA ELENA VERGEL GRECO

Monografía presentada como requisito para optar por el título de Ingeniero Civil.

Director

ING. JOSE ARMANDO MOLINA ZAMORA

Magíster en Alta Dirección

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERIA CIVIL

Ocaña, Colombia

Junio de 2020

Índice

Capítulo 1. Generalidades	1
1.1. Los suelos.....	1
1.1.1 Tipología de suelos en la construcción	3
1.2. Suelos susceptibles a fallas	5
1.2.1 Clasificación normativa.	5
1.2.2 Tipos de fallas.	6
1.3. Terraplenes.....	9
1.3.1 Materiales para la construcción de terraplenes.	10
1.3.2 Proceso constructivo de un terraplén.	15
1.4. La geotecnia vial	16
1.5 Alternativas en la construcción vial	21
1.6. Implementación del poliestireno expandido	25
Capítulo 2. Descripción de las propiedades y aplicaciones del poliestireno expandido dentro del campo de la geotecnia vial.	34
2.1. Propiedades del EPS	36
2.1.1 Propiedades físicas.....	36
2.1.2. Propiedades químicas	41
2.1.3. Propiedades biológicas	41
2.2. Aplicaciones del poliestireno expandido dentro del campo de la geotecnia vial.....	42
2.2.1. Antecedentes del uso del poli estireno en el mundo.....	43
2.3. Aplicaciones del poli estireno expandido (geotecnia vial.)	44
2.3.1. Rellenos livianos sobre suelos blandos.....	44
2.3.2. Disminución de presión lateral de tierras sobre estructuras de contención.	45
2.3.3. Disminución de cargas sobre alcantarillas de cajón (ductos de hormigón) y otras estructuras subterráneas.	45
2.3.4. Reparación de vías en zonas de ladera.....	46
2.3.5. Estructuras de Bajo Asentamiento.....	47
2.3.6. Ausencia de Daños por Heladas.	48
2.3.7. Ampliación de carreteras.	48
2.3.8. Relleno de estribos de puentes.....	49
2.3.9. Control de vibraciones.	49

2.4 Proceso constructivo.	50
2.5 Proyecto desarrollados con EPS.....	53
Capítulo 3. Especificaciones técnicas para rellenos con poliestireno expandido en terraplenes	66
3.2. Montaje y fijación de los bloques	72
3.3. Talud del relleno con bloques de EPS.....	74
Capítulo 4. Comparativo entre el uso de los bloques de poliestireno expandido con los rellenos convencionales en terraplenes.	76
4.1. Beneficios de EPS sobre vertederos convencionales	77
4.2. Algunas conclusiones de investigaciones anteriores.....	83
Conclusiones.....	91
Referencias	98

Lista de tablas

Tabla 1. Propiedades elásticas de la geospuma EPS (Modificada del Ground improvement Methods, agosto 2006).....	69
Tabla 2. Valores de diseño para la geospuma EPS (Modificada del Ground improvement Methods, agosto 2006).....	69
Tabla 3. Análisis comparativo entre el uso de los bloques de poliestireno expandido con los rellenos convencionales en terraplenes.....	84

Lista de figuras

Figura 1. Falla de una sección de relleno.....	17
Figura 2. Falla de una sección de relleno.....	18
Figura 3. Falla de una sección de relleno.....	18
Figura 4. Perlas de poliestireno expandido.....	35
Figura 5. Bloques de poliestireno expandido.....	35
Figura 6. Relación tensión – deformación en el EPS.....	38
Figura 7. Estructura del terreno reduciendo asentamiento.....	44
Figura 8. Diseños estructurales menos exigentes y por lo tanto más económicos.	45
Figura 9. Ductos y estructuras adyacentes o embebidas.....	46
Figura 10. Taludes verticales cuando hay poca disponibilidad de espacio.....	47
Figura 11. Aplicación del poliestireno expandido evita la rotura de la estructura.	48
Figura 12. Taludes verticales cuando hay poca disponibilidad de espacio.....	48
Figura 13. Fuerzas horizontales sobre la estructura.....	49
Figura 14. Control de vibraciones.....	49
Figura 15. Localización del Proyecto.	55
Figura 16. Esquema de ubicación de las rampas.	56
Figura 17. Análisis de carga por m ² de terraplen a utilizar vs carga admisible por m ² del suelo.	57
Figura 18. Análisis por m ² del EPS a utilizar en conjunto con el material de arroyo y carga real transmitida al terreno.	58
Figura 19. Comparativo entre un relleno convencional y el uso del EPS.....	58
Figura 20. Nivelación del terreno natural.	60
Figura 21. Instalación de correas de amarre.	60
Figura 22. Anclajes metálicos y nivelación de bloques.....	61
Figura 23. Instalación de bloques escalonados.....	61
Figura 24. Arena de sello entre bloques y juntas.....	62
Figura 25. Figurado de acero.	63
Figura 26. Colado de concreto y vibrado.....	63
Figura 27. Tierra armada y detalles de Geostrap.....	64
Figura 28. Terraplen sobre tierra armada y EPS.....	64
Figura 29. Rasante.	64
Figura 30. Paso a desnivel culminado.....	65
Figura 31. Propiedades del EPS tenidas en cuenta en la aplicación de soluciones constructivas.....	71

Introducción

El desarrollo de sistemas de construcción convencionales, que en cierta medida están asociados con tecnología innovadora, tiene como objetivo generar sistemas livianos que permitan una ejecución más rápida a través del ensamblaje, así como el poliestireno expandido como material de relleno.

Dependiendo de la clase de suelo contenido en las obras viales y sus propiedades respectivas, se verifica si se requiere un perfeccionamiento del suelo, llevando a consideración que esta es la opción más rápida presentada en el lugar para la usanza de rellenos sanitarios convencionales como piedra o material de excavación que cumpla con las diversas especificaciones, ante esto, se deben verificar las posibilidades en la realización de carreteras, por ejemplo, el manejo de espuma de EPS (poliestireno expandido).

Su objetivo es recopilar información sobre el poliestireno expandido, su uso para la mejora del suelo en terraplenes y también para hacer una comparación con materiales convencionales.

Se buscará información relevante sobre el comportamiento de los bloques de poliestireno expandido en las murallas, de manera que se considerarán 5 capítulos en el progreso de este documento.

En las obras de infraestructura vial, se presentan distintas clases de terreno debido a sus propiedades o la consolidación de terraplenes es requerido, a menudo tienen que mejorarse, su diseño debe obedecer a materiales con varios requisitos que concretan en la obra que se utilizarán para garantizar estabilidad y resistencia que un terraplén debe tener, ya que su propósito es asegurar que no se originen asentamientos diferenciales durante el tiempo de

consolidación o cuando se somete a cargas de vehículos. También proporciona comodidad y seguridad vial durante el período para el que fue diseñado (Almeida, 2014).

En tal caso en la Universidad de Montevideo en Uruguay, el ingeniero profesor de mecánica Brun , (2001), subraya el fenómeno de los asentamientos, generado de la compresibilidad del suelo blando, bajo la tensión del dique, obteniendo la estructuración de estos suelos que no solo es complicada en la compresión de la generación del terraplén sino en el transcurso de su vida, ya que es un dilema complicado llevar el fenómeno de los asentamientos que cubren una cantidad significativa de tiempo y no se manejan fácilmente (Brun, 2009).

En Colombia, localizamos suelos con baja capacidad de carga es un denominador común, lo que se traduce en que no pueden soportar cargas sin sufrir grandes deformaciones, en construcción de terraplenes en esta clase de suelo sin ningún tratamiento previo. En la ejecución de carreteras se han utilizado varios métodos durante muchos años para resolver esta clase de disyuntivas y hasta ahora no han dado resultado. La sustitución de suelos o la realización de aguas residuales producen la ejecución de algún método, no obstante, el sobre costo en el desempeño consolida la precarga, con crecimiento de incertidumbre, para el proyecto (Chavarro, 2015)

La disyuntiva aquí es que los logros que se obtienen son inciertos, porque nunca se tiene el respaldo de haber suprimido por completo el material blando y siempre existe la oportunidad de que quede algo de residuo. Según Barrera, (2004) asevera que: "la eliminación de material por desplazamiento es una técnica que a su vez se ha utilizado varias veces cuando los depósitos son muy blandos". (p.20)

A este contexto se le suma la acción de que en la geotecnología vial, se continua implementando elementos de relleno sanitario convencionales, que, aunque son eficientes, no son procesos de construcción económicos y más lentos, produciendo una carga adicional en la tierra donde se implanta, y si piensa en la dimensión implicada en la efectuación de este clase de construcción, se puede conseguir información sobre el sostenimiento y los costos operativos de reparar inmensas deformaciones vinculadas a esta clase de trabajo en su período de servicio.

Por lo tanto, entre de las disyuntivas en la geotecnología vial es el crecimiento de los costos operativos gracias al suelo en la que trabaja, implementando métodos tradicionales (Barrera, 2004)

Después de lo anterior expuesto se da la siguiente pregunta de investigación ¿Se puede usar el poliestireno expandido como material alternativo en la construcción de terraplenes dentro de la geotecnia vial?

Esta monografía se desarrolla en base a un análisis de información que se realizó utilizando una compilación de varias referencias bibliográficas, que provienen de bibliotecas, periódicos, libros, páginas web, bases de datos y trabajos documentales como tesis, revistas especializadas, artículos científicos e informes técnicos, así como como investigación realizada a nivel nacional e internacional, para proporcionar un documento académico que cumple una función informativa y argumentativa en la que se presentan y organizan datos sobre el uso de poliestireno expandido en los terraplenes.

El análisis del uso del elemento de EPS (poliestireno expandido), como material alternativo en la construcción de terraplenes dentro de la geotecnia vial. En la geotecnología vial, el uso de EPS, resulta significativo como una opción en las deficiencias y dilemas en la infraestructura vial relacionada con el suelo y las piedras como una manera de apoyar las obras viales como puentes y aceras y compone de la misma en túneles, laderas y terraplenes que se cruzan, en un área predominante de la ingeniería civil (Bustos, 2015).

Además para la geotecnología vial, este clase de elementos , es relevante para el buen tratamiento con el ambiente asegurando la misma resistencia, incluso mayor, a la compresión, flexión y corte , que los materiales convencionales, un claro ejemplo de esto es el uso de bloques de poliestireno expandido en terraplenes; Cuando se usa este material, según algunos autores, el camino se reduce significativamente, lo que reduce la posibilidad de caídas, el poliestireno es un material alternativo, económico y ecológico, que brinda enormes beneficios en la geotecnología vial (Acuña, 2017).

En el siglo XXI, representa un avance de las recientes tecnologías y la revolución en los sistemas de construcción que dejan atrás lo convencional , abre la puerta a una demanda y oferta de productos que, aunque básicamente creados para ciertos fines, su incorporación al diseño, han superado las barreras, lo que demuestra que hay materiales con ciertas propiedades físicas y mecánicas que llegan a ofrecer resistencia y capacidad de carga, de allí lo importante de saber el alcance del uso del poliestireno expandido como material alternativo en la realización de terraplenes en la geotecnia vial, ya que es un elemento que muestra provechos innovadores que dan un resultado positivo en la asociación costo-beneficio y facilita así sistemas de diseño desarrollados, que establecen nuevos criterios analíticos, desarrollan procesos con mayor

agilidad en la implementación y un mejor rendimiento para los trabajadores, lo que permite que el trabajo se realice más rápido porque es una de las cualidades más ventajosas es que estos materiales innovadores tienen propiedades como un manejo fácil y pesos más livianos; como es el caso de los bloques de EPS, que requieren no más de dos personas para transportarlos de un lugar a otro dentro del trabajo, pero también su fácil uso permite ejecuciones de ensamblaje más rápidas, y eso sin mencionar las propiedades de tipo constructivo como la resistencia contra cargas y larga vida útil, que en último momento es lo que buscan todos los diseñadores en cualquier rama de la geotecnología vial (Quiroz, 2019)

Dado que el mundo está avanzando, la geo tecnología vial, no ser un área extraña para esto, es por ello que el EPS como elemento alternativo en la ejecución de terraplenes dentro de la geotecnia vial ha logrado, lo que ningún otro material en la antigüedad podría haber superado, generando un enfoque en la construcción de vías, sistemas que materialicen la deceleración de los asentamientos diferenciales, generalmente presentes en el suelo (Almeida, 2014)

Al proponer el manejo de EPS, se garantiza que la transformación en la carretera se reduzca, además, este sistema tiene la ganancia de no transmitir tensiones verticales y, por lo tanto, evita la sangría ya que la carga aplicada al metro es mucho menor. Esto se logra gracias al hecho de que "la espuma rígida de poliestireno expandido en densidades entre 20 y 30 kg / m³ tiene una alta resistencia a la compresión, flexión y corte" (Medina, 2014)

La aplicación de EPS como material innovador en diseños civiles ha tenido un desarrollo más rápido, por consiguiente, no solo excede los materiales convencionales, en la asociación peso-resistencia, igualmente tiene otras propiedades mecánicas como el valor de la relación Poisson, que es casi cero. Este método de diseño se fundamenta en la estabilidad las cargas del

terraplén y reemplazar el material de relleno muy pesado con bloques de EPS asegurando que solo el peso de la estructura del pavimento accione encima del suelo blando (Medina, 2014).

La creación de EPS genera una extensa gama de aplicaciones, que incluyen suelos ligeros encima de suelos blandos, reducción de la presión lateral de los dientes en las estructuras de contención, reducción de alcantarillas y otras estructuras rígidas, reducción en el llenado de bancos de casas, reparación de carreteras en áreas inclinadas, áreas de compresión. Capacidad de contención y amortiguación (Bustos, 2015).

La usanza de bloques de EPS hace referencia al método que comenzó a usarse en el norte de Europa en la década de 1960 y ya se implementó en los U.U.E.E. en la época de 1980. Se conocen casos aislados de su aplicación en América Latina, uno en Chile y el otro en Ecuador, mencionados por el especialista Carlos Brun (2001), pero actualmente sabemos de otros países que han presentado este tema y en el uso de Bloques de EPS como México, Brasil y Colombia (Brun, 2009).

Continuando con la idea anterior, otros autores coinciden en que este método para bloques de EPS se ha probado durante más de 3 décadas en todo el planeta tierra y ha sido bueno para muchos proyectos exitosos; se han construido miles de kilómetros de carretera con esta metodología, que siempre se efectúa en cada proyecto de carretera, la evaluación técnica correcta es la que decide qué procedimiento es el más adecuado con referente al costo final del trabajo, pero adquiere la oportunidad de incluir una nueva alternativa que le da al ingeniero de carreteras más opciones cuando se enfrentan problemas de carretera (Salcan, 2017).

Dado que el problema, como se mencionó anteriormente, es el asentamiento en suelos blandos, el crecimiento de la carga pesada por los rellenos de vertederos, la saturación de costos en el sostenimiento y la operación del trabajo y los procesos de construcción que retrasan los horarios de trabajo, presentan la metodología de implementación de bloques de EPS, es una excelente opción, como la sustitución de los elementos antiguos utilizados en terraplenes, con otros que tienen mejores propiedades mecánicas y también tienen un peso considerablemente menor, dan resultados exitosos, devaluación en el costo y fácil montaje constructivo (Quiroz J. , 2019)

Con esta monografía se pretende recopilar información acerca del poliestireno expandido, su uso para el mejoramiento de suelos en terraplenes y así mismo realizar un comparativo con respecto a los materiales convencionales. Los conceptos que se aplicarán durante el desarrollo de la monografía son: Geotecnia, vía, terraplén, suelos, asentamientos, estructura de poliestireno expandido (EPS), resistencia a la compresión, a la flexión, al cizallamiento en suelos estratigrafía, relleno, rasante, subrasante, base, carpeta asfáltica, carretera, deformación, subsuelo. La presente monografía tendrá una duración aproximada de 12 semanas a partir de la fecha de aprobación del anteproyecto.

Para el desarrollo de la siguiente monografía, se buscó información relevante del comportamiento de los bloques de poliestireno expandido en terraplenes, dando como resultado el desglose de esta información en cinco (5) capítulos que se componen de la siguiente manera:

Capítulo 1: Generalidades. En este capítulo se recopila información posible sobre temas de geotecnia vial enfocados en el uso de materiales alternativos, como es el caso específico de los bloques de poliestireno expandido en referentes bibliográficos procedente de bases de datos, tesis, artículos, libros, páginas web y trabajos documentales como trabajos de grado, revistas especializadas, artículos científicos e informes técnicos.

Capítulo 2: Descripción de las propiedades y aplicaciones del Poliestireno Expandido dentro del campo de la geotecnia vial. Una vez seleccionada la información de acuerdo con los parámetros establecidos se analiza los aspectos relevantes, para empezar a detallar las propiedades, aplicaciones y beneficios del poliestireno expandido en terraplenes.

Capítulo 3: Especificaciones técnicas para rellenos con poliestireno expandido en terraplenes. Aquí se expone la normativa conocida para este tipo de material, con enfoque en la construcción de terraplenes en geotecnia vial.

Capítulo 4: Comparativo entre el uso de los bloques de poliestireno expandido con los rellenos convencionales en terraplenes. Con el uso de un cuadro comparativo, se confrontan las cualidades, beneficios, propiedades y condiciones entre este material alternativo denominado poliestireno expandido y los rellenos convencionales.

Capítulo 5: Conclusiones referentes al tema.

Capítulo 1. Generalidades

1.1. Los suelos

Basado en el hecho de que la tierra es uno de los elementos de gran importancia en la ingeniería civil y especialmente en la geotecnia vial, varios autores acuerdan describirla como la base física sobre la cual se desarrollarán las obras civiles, según Duque, (2016): " material de construcción extenso en ingeniería civil y proporciona soporte para estructuras tales como edificios, carreteras, puentes, canales, torres, entre otros, y también se utiliza como material en carreteras, muros en terrenos reforzados con geotextiles, zanjas, aterrizajes de adaptación de terrenos en relieve excepcional para áreas urbanas ". (p. 12)

Desde la rama de ingeniería, el suelo se define como el agregado libre de cemento de granos minerales y materia orgánica descompuesta junto con el líquido y el gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas. Dado que la tierra es el elemento más extenso y abundante que debe encontrar todo ingeniero civil, se deben conocer todos los aspectos de ella, su composición y propiedades, físicas, químicas, mineralógicas, mecánicas, hidráulicas, etc, para saber cómo abordar cada situación en un trabajo .Por lo tanto, la carencia de saber del suelo surge desde diferentes ángulos, ya que el suelo no solo es el elemento que sostiene estructuras como edificios, carreteras, puentes, canales, torres, entre otros, a su vez es el material utilizado en carreteras, muros geotextiles, vertederos , estado de la tierra y pendientes. Conocer la tierra, como materia prima para el uso de murallas y cómo se comporta en esta actividad, ayuda a

comprender el rendimiento de otros materiales en comparación, que en algún momento es lo que se pretende en esta monografía (Duque, 2016)

Para evaluar el suelo y su comportamiento, es importante saber qué tipos hay, su comportamiento hacia la humedad (agua), que en la mayoría de los casos es lo que causa su inestabilidad.

Así, según Duque, (2016) explica: “situaciones como la estabilidad volumétrica de una tierra, donde las altas deformaciones o la estabilidad de la tierra contra los procesos de erosión hídrica o sus cambios en el volumen y la resistencia no están permitidas cuando se deshidratan, son conductas que estudian la mecánica de la tierra y por lo tanto sugieren soluciones a problemas que son tan frecuentes con materiales terrestres, o en este caso para implementar nuevos materiales que satisfagan procesos técnicos o mitiguen los problemas descritos anteriormente. "(p.15)

Luego, según Duque (2016), afirma: "La clasificación de los suelos está respaldada en los laboratorios de granulometría y plasticidad, porque con ellos se determina si los suelos son granulados, es decir, sus partículas no se adhieren entre sí y son suelos relativamente grandes o finos"; (p.20), es decir, sus partículas son muy pequeñas y, por lo tanto, su comportamiento es plástico. Los primeros también se conocen como gravas y arena y los segundos como arcillas y limos. En la tecnología de la construcción, es importante saber qué tipo de terreno, dónde se

implementarán los proyectos, desde pequeñas casas en áreas urbanas, hasta megaconstrucciones dentro del territorio de un país. Como se mencionó en los párrafos anteriores, para determinar el tipo de suelo a tratar, se deben realizar pruebas, desde el tamaño de partícula y el índice de plasticidad, hasta pruebas más complejas, como la prueba de compactación de proctor modificada, la gravedad específica, la densidad y el peso unitario y la resistencia a la compactación, que son los estudios que debe llevarse a cabo con respecto a los proyectos viales. Mediante el cribado, se puede identificar la muestra de suelo y, según el tamaño de las partículas, lo importante que debe saber, en qué tipo de suelo funcionará, es poder generar una respuesta a lo desconocido al tipo de mejora que debe llevarse a cabo, ya sea base, subsuelo o, en el peor de los casos, una mejora que garantiza la estabilidad de la estructura de soporte antes del tráfico al que está expuesta una carretera (Duque, 2016)

1.1.1 Tipología de suelos en la construcción. La composición del suelo está dada por partículas sólidas que forman la estructura física de un elemento que en su unidad también tiene espacios entre estas partículas, lo que permite que contengan aire y agua. Estas partículas permiten, dependiendo del tamaño, diferenciar el suelo en dos grandes grupos, suelos granulares o suelos contiguos. Posteriormente, los tipos de suelos que se encuentran en la arcilla son arenosos y fangosos, dependiendo de sus características y propiedades (Alvarado, 2011).

1.1.1.1. Suelos arcillosos. Estos suelos se caracterizan por tener un espacio poroso total que es más grande que otros suelos, lo que hace que este tipo de suelo absorba y retenga más

agua y su drenaje es deficiente. Por esta razón, experimentan cambios húmedos, hinchazón en presencia de agua o contracción a medida que disminuye, lo que representa un problema en la realización de cualquier tipo de proyecto de ingeniería; Como algunos autores mencionan "la arcilla altamente permeable y húmeda tiene una gran plasticidad" (Alvarado, 2011), este es un factor importante al decidir o elegir qué tipo de mejora usar, especialmente en proyectos de carreteras donde el drenaje de agua es una de las principales prioridades , y si los suelos arcillosos están saturados, se necesita drenaje para que estas aguas tengan un flujo que evite la infiltración, asegurando la resistencia del suelo en el suelo a tratar (Alvarado, 2011).

1.1.1.2 Suelos arenosos. Estos suelos están formados por partículas con una estructura simple, que a diferencia de los suelos arcillosos tienen un mejor manejo de la humedad. Según el Instituto Mexicano del Transporte, (2002), afirma: "En muchos tipos de suelo arenoso, grava y en la mayoría de las rocas duras, las propiedades de fricción y cohesión no se ven muy afectadas por la presencia de agua, la presión intermedia y no el contenido de agua, la causa de esta disminución en la resistencia de los materiales ". (p. 123), el problema que tienen estos suelos, y es el mayor problema al tomar una solución dentro de un proyecto de carretera, es su tendencia a la erosión del agua y el viento (Instituto Mexicano del Transporte., 2002).

1.1.1.3. Suelos limosos. El tamaño de sus partículas es muy pequeño, aunque un poco más grande que la arcilla, pero más pequeño que la arena fina, su identificación a simple vista a expensas de la naturaleza física del color, ya que varía de gris muy claro a muy oscuro. La

humedad es la estructura suave y maleable y comparte esta propiedad con arcilla, pero en un ambiente seco es como un estanque fino. Otros autores acuerdan definir el suelo limoso porque el término limoso se usa en la fracción fina del suelo que tiene un índice de plasticidad de 10 o menos (Cruz, 2018).

1.2. Suelos susceptibles a fallas

Para reconocer estos suelos susceptibles, se considerará la siguiente clasificación normativa y las diversas fallas presentadas.

1.2.1 Clasificación normativa. Grava: Partículas de roca que atraviesan el tamiz de 3" (75 mm) y quedan reprimidas en el tamiz N° 4 (4.75 mm), con las siguientes subdivisiones: Gruesa. Partículas que pasan el tamiz de 3" (75 mm) y quedan retenidas en el tamiz de ¾" (19 mm.). Fina. Partículas que pasan el tamiz de ¾" (19 mm) y quedan retenidas en el tamiz N° 4 (4.75 mm) (Cruz, 2018).

Arena: Partículas de roca que entran en el tamiz N° 4 (4.75 mm) y son contenidas en el tamiz N° 200 (0.075mm), con las siguientes subdivisiones: Gruesa. Partículas que pasan el tamiz N° 4 (4.75 mm) y son retenidas en el tamiz N° 10 (2 mm). Media. Estas partículas pasan por el tamiz N° 10 (2 mm.) y en el tamiz N° 40 (0.425 mm), son retenidas. 25 Fina. En estas partículas sucede que son retenidas en el tamiz N° 200 (0.075 mm) y pasan por el tamiz N° 40 (0.425 mm) (Cruz, 2018).

Limo: Este suelo de naturaleza no-plástica o ligeramente plástica, atraviesa el tamiz N° 200 (0.075 mm), y que exhibe poca o ninguna resistencia cuando se seca al aire (Cruz, 2018).

Arcillas: este suelo exhibe plasticidad con un cierto intervalo de humedad, pasa por el tamiz N° 200 (0.075 mm), se seca al aire, muestra considerable resistencia cuando (Cruz, 2018).

1.2.2 Tipos de fallas. Sujeto a la zona donde se implementará algún tipo de proyecto de ingeniería, se debe conocer la estructura geotécnica del área, facilitando claridad al hacer los diseños y, por lo tanto, evita cualquier clase de falla, pero no es más que ser golpeado de cualquier desastre. Para este fin investigativo, se observarán dos clases de fallas, adquiriendo en consideración los fines de la misma y centradas en la geotecnología vial y la construcción de terraplenes, se toman los siguientes: condensación y desmantelamiento (Pérez, 2018)

Se considerarán dos clases de suelos colapsables y expansivos:

1.2.2.1. Los suelos colapsables. Según Pérez, (2018) afirma que: "El suelo plegable en particular tienen un asentamiento sin la solicitud de aplicar ninguna clase de carga, alto índice de relación de vacío y su tamaño de partícula dado en una mayor proporción de arcillas y limos".
(p.29)

1.2.2.2. Los suelos expansivos. Se caracteriza porque se expande y se acumula de acuerdo con las condiciones a las que está expuesto, es decir, cuando está seco tiene buena resistencia, pero cuando está en presencia de agua se expande y pierde su capacidad de resistencia, por lo que es pertinente analizar y evaluar esta clase de suelo, especialmente durante la temporada de lluvias para reemplazarlo por otros que tengan mejores condiciones granulométricas y de resistencia en caso de que el suelo sea necesario para soportar cargas estáticas o dinámicas (Pérez, 2018).

1.2.2.3. Licuefacción. Este fenómeno no se da de forma repetida y generalmente es producto de fuerte movimiento telúrico. Las tierras saturadas, no concretadas y no contiguas liberan su resistencia al corte por la vibración del suelo. Estos suelos se conocen como condensación, la conducta de estos suelos se debe al acto de que están sujetos a una fuerza externa, causando inestabilidad, este fenómeno es uno de los más destructivos y dramáticos en una construcción. “En el proceso, la tierra experimenta una pérdida temporal de resistencia que generalmente causa desplazamiento o falla de tierra. Hay cuatro tipos básicos de faltas de tierra asociadas con la condensación:

- El suelo está fluyendo. El material del suelo se mueve rápidamente hacia abajo en estado líquido.
- Flujo lateral. Es el desplazamiento restringido de las capas superficiales en el suelo con pendientes suaves o hacia superficies libres, como ríos.

- Flotación. Los objetos enterrados que son menos pesados que la tierra condensada desplazada, como tanques, buzones o tuberías de gravedad, flotan en la superficie.
- Pérdida de resistencia de soporte. Disminución de la capacidad de soporte debido al debilitamiento del material del suelo subyacente o adyacente que puede causar el colapso de las estructuras (Pardon, 2002).

1.2.2.4. Asentamiento. En mecánica del suelo, se conoce como sedimentación a la depresión vertical que sufre un suelo que está sujeto a algún tipo de carga o, en algunos casos, su propio peso. El asentamiento es la deformación como un el terreno pasa verticalmente después de ser sometido a cargas o, en algunos casos, debido a su propio peso”. Existen varios tipos de asentamientos, incluidos los inmediatos causados por la deformación elástica, la densificación, el flujo lateral, las cargas estáticas, las cargas dinámicas, la erosión del subsuelo y las variaciones del nivel del agua, y es a esto a lo que cada diseñador debe enfrentarse al construir Se requiere una carretera (Pardon, 2002).

Según Pardon, (2002), afirma: “Los asentamientos son generalmente mínimos en comparación con la deformación permanente del suelo causada por la condensación o el flujo lateral. Las medidas correctivas para evitar la sedimentación o la densificación son similares a ciertas medidas utilizadas en la condensación para aumentar la densidad o resistencia del suelo.

1.3. Terraplenes

En obras de geotecnología vial se presentan distintas situaciones donde es necesario la ejecución de terraplenes, que se definen:

Según Ullca, (2006) asevera que: “Los rellenos sanitarios son acumulaciones de tierra debidamente tratadas y compactadas para garantizar su estabilidad y servir como soporte para el camino, se construyen en áreas de menor altitud de lo planeado en la tierra mediante de contribuciones terrestres, pudiendo aprovechar las extraídas en las regiones de deforestación cuando sea necesario, son adecuados o usan tierra prestada traída de zonas cercanas”. (p. 17)

En muchos casos, se ubican en tierras de depreciable carga, que exhiben muchas deformaciones cuando son dependientes a distintas cargas, en dominio de este tipo de suelo sin ningún tratamiento previo, según Brun, (2001) expresa que: "el fenómeno de asentamiento, producto De la compresibilidad de la tierra blanda, bajo la carga en el terraplén la tierra blanda se comprime y en el terraplén hay descensos que a veces son muy grandes que causan el pavimento.

Un terraplén consta de tres partes o zonas de construcción prescritas por el Instituto Nacional de Carreteras (INVIAS), que se describirán a continuación:

a) Corona: Apoyo de la estructura de pavimento, es la capa subrasante de la parte superior del terraplén posee un espesor de treinta centímetros (30 cm), teniendo en estimación, un espesor distinto si se presentan en los documentos del proyecto (Invias., 2013).

b) Núcleo: Parte del terraplén comprendida entre el cimiento y la corona (Invias., 2013).

c) Cimiento: el cimiento pertenece al fragmento trasero del terraplén, es la parte que tiene variación por el material inadecuado separado de la superficie original del terreno (Invias., 2013).

1.3.1 Materiales para la construcción de terraplenes. Generalmente sucedes que cuando se efectúa una excavación, los materiales extraídos, no todos son adecuados para su uso, es para ellos que las áreas donde se deben obtener los materiales para la construcción del trabajo deben analizarse y establecerse. Estos materiales también deben cumplir ciertos requisitos y especificaciones, el desempeño a realizar representa un proyecto vial y en estos, como en otros proyectos, el sustento de un relleno debe estar protegido y garantizado. Las características geotécnicas del material, sus reservas conocidas, su ubicación relativa del proyecto, las instalaciones para la ocupación y extracción del material, el efecto en el ambiente son aspectos fundamentales que intervienen en el análisis técnico - económico que es necesario para la elección final (Almeida, 2014).

Los elementos provenientes de depósitos o bancos preestablecidos, y que es exclusivo de vertederos y terraplenes, se denomina "material importado". Sin embargo, lo mejor de la obra es que los materiales obtenidos de los cortes de corte se manejan en el proyecto de la carretera, pero a veces este no es el primer recurso, ya que se haya en un área con topografía plana que no requiere muchos cortes o que el suelo soporta La estructura merece una mejora. Almeida (2014) afirma que estos suelos utilizados en la construcción de rellenos sanitarios deben cumplir condiciones y propiedades especiales, como una capacidad de carga adecuada y no deben reflejar extensiones superiores al 4% (Almeida, 2014).

Continuando con la idea, Almeida (2014) menciona que: "el uso de suelos no está permitido, en tal sentido subraya la prueba de compresión realizada de convenio con las normas del estándar AASTHTO T-180 proporciona densidades máximas inferiores a 1.400 kg / m³". (p.17). Los mejores pisos disponibles garantizan la eficiencia de los vertederos o vertederos, por lo que en las últimas capas será necesario que la capacidad de expansión sea inferior al 2% y que su capacidad de soporte sea igual o mayor que la utilizada en la instalación, diseño del pavimento (Almeida, 2014).

Pedraplenes y Enrocados. En el caso de Pedraplenes, las especificaciones cambian, ya que los tamaños de partículas y la resistencia a la absorción deben cumplir con otros parámetros dependiendo de la disponibilidad del sitio. "Los pedraplenes se construirán en capas de hasta 80

cm. de espesor, comprimirlos con un rollo suave y vibrante que pesa más de 25 toneladas. No se utilizarán bloques o bordes cuyo diámetro sea mayor a 1/3 del grosor de la capa ” (Invias., 2013).

Ensayos de Control. Como con cualquier trabajo, la prueba es una de las actividades más importantes y, en el caso de los vertederos, no hay excepción; Estas pruebas consisten en calcular la densidad que se hace en las capas a mejorar, utilizando el método más apropiado. Según el artículo 220 del Instituto Nacional de Carreteras, en el capítulo 2, en referencia a las explanadas, menciona las pruebas que deben realizarse en los elementos utilizados en un vertedero, entre ellas: tamaño máximo, porcentaje que pasa por el tamiz de 2 mm (nº 10) en masa, porcentaje que pasa a través del tamiz No. 200 en masa (INV-E-123), contenido máximo de materia orgánica (INV-E-121), límite de líquido (INV-E-125), índice de plasticidad (INV-E-126), RBC mínimo de laboratorio (INV-E-148), expansión en la prueba de RBC máxima (INV-E-148), índice de colapso (INV-E-157), contenido de sal soluble (INV -E-158) (Invias, 2013).

Colocación. “En la realización de terraplenes, el material de tierra, grava, fragmentos de roca y otro componente relativamente fino deberá ser colocado en capas aproximadamente horizontales” (Almeida., 2014). Para la puesta de los elementos en un terraplén se siguen unos pasos pertinentes para garantizar que el resultado final de dicha obra sea lo esperado; según las metas esperadas que se obtengan de las investigaciones a priori y de los ensayos realizados se dispondrán las capas y se determinará el espesor de ellas, también es importante saber con qué clase de equipo que se disponga en obra. El humedecer cada capa es un paso importante, porque

de esta forma se logrará un contexto de humedad en los rangos establecidos y así proseguir en emparejar el terreno, conformado y compactado, en cada una de las capas. Los materiales que se usaran en el terraplén deben estar abalados por interventoría. “Cuando sea factible la selección de materiales provenientes de la excavación, el elemento adecuado a los estándares se utilizará en las capas superiores de los terraplenes” (Almeida, 2014).

Al usar en la obra un un 25% en la ejecución de capas las piedras tienen que en tamaño estar en 15 cm. de diámetro mayor, será puesto en capas de suficiente espesor para contener el material de tamaño mayor; pero, en ningún caso, se colocarán capas de espesor mayor a 60 cm, en material suelto para ser compactadas. Cuando se utilice el material pedregoso de esta forma, cada segmento será equilibrado con compuesto fino adicional, adecuado para llenar los espacios nulos entre las rocas y luego compactada, todo lo cual se hará con maquinaria adecuada. Se seguirá este método de construcción hasta una altura por debajo de 60 cm. bajo el nivel de la subrasante del camino, y el completamiento del resto del terraplén se hará con compuesto relativamente fino y en capas de hasta 20 cm. de espesor (Almeida, 2014).

Además, en su trabajo, Almeida (2014) sugiere que no se utilicen piedras crecidamente de 10 cm al colocar un terraplén debajo del límite y que la maquinaria de transporte y distribución se moverá sobre el área del sedimento para no formar rastros de movimiento continuo y para impedir el empaquetamiento irregular de la capa.

Compactación. Para producir la compactación que cumpla con las especificaciones mismas, se tiene en avance que: “Cada sedimento de concreto colocada en el dique debe humedecerse o lubricarse hasta que se alcance el comprendido de infiltración suficiente para lograr la compresión requerida" (Almeida, 2014) y luego se comprimirá con aprobación rollos, de arreglo con las reglas de la sección 305-2 (Almeida, 2014), hasta conseguir la densidad especificada.

Inmediatamente de realizada esta compactación se realiza un chequeo mirando que sección del concreto no alcanzó la consistencia mínima requerida, en estos “el concreto deberá ser escarificado, agitado, equilibrado, permeable u oreado para rápidamente ser compactado de nuevo incluso conseguir la compactación especificada” (Almeida, 2014).

Cuando se construyan terraplenes para plataformas sobre el material de contorno originario que sea comparativamente inseguro y cuya separación no haya sido ordenada por el Fiscalizador, la primera sedimento de concreto para muro podrá colocarse a un espesor que no exceda de 60 cm., moderado a excepción de compactar, a circunstancia de que la área superior de tal sedimento sea por lo menos 50 cm por debajo de la rasante final de la vía (Almeida, 2014).

Primera capa de relleno. Más tarde de realizada la compactación y teniendo en operación que este concreto en todos sus sectores cumple con las especificaciones requeridas, se procede a amplificar la primera sedimento de sobrante, Cuando se coloque la primera sedimento de

concreto de terraplén por aparte de un sedimento básico que ha sido colocada fuera de que se requiera el acatamiento de la proporción de compactación normalmente requerido, cuyo concreto, siempre que tenga un coeficiente de infiltración interiormente del 3% del coeficiente absoluto, “deberá compactarse con la práctica de un impulso de compactación proporcionado a 8 pasadas completas de un cilindro neumático con un peso de por lo menos 20 toneladas” (Almeida, 2014).

1.3.2 Proceso constructivo de un terraplén. Se debe asumir en importancia los diferentes lineamientos para la edificación de un terraplén, la eficacia de un terraplén depende en gran medida de su correcta interpretación, es decir, de la apropiada distribución y subsecuente método de los distintos materiales adoptados en su construcción, en consecuencia como la edificación de un terraplén conlleva varias etapas y procedimientos en que se pretende obtener las características resistentes y estructurales exigidas a intervalos de sedimento, asegurando de esta manera el cumplimiento de la maniobra del mismo (Almeida, 2014).

La mala calidad puede influir en varios problemas que afectan la funcionalidad de la vía. Por ejemplo, una mala infiltración o compactación provocará una turbiedad excesiva del terraplén que agrietará y torcerá la exterioridad de rodadura; el cumplimiento incorrecto de los requisitos en una pendiente puede determinar problemas de desequilibrio y colapsar la obra.

Dentro del proceso de obra para esta clase de trabajo, se pueden distinguir varias etapas de ejecución:

- Operaciones previas para limpiar la vegetación existente.
- Eliminación de la capa superficial en el suelo, juntas y empaques.
- Construcción del propio terraplén, compuesto por tres operaciones cíclicas, aplicables a cada sedimento o sedimento de agua (expandido por el sedimento del suelo, Proctor, humedad óptima, compresión del sedimento)
- Finalización del terraplén, que incluye operaciones para el perfilado y acabado de pendientes y del sedimento sobre la cual se colocará el pavimento (Almeida, 2014).

1.4. La geotecnia vial

La geotecnia vial, es la especialización de la técnica en vías , encargada de corregir “la deyección y problemas de la infraestructura vial afines con la superficie y las rocas como intermedio de confirmación de las obras viales tales como puentes y pavimentos y como

mecanismo de la misma en túneles, taludes de incisión y terraplenes”. Uno de los primordiales factores en el buen funcionamiento de una carretera es su geotecnología vial, por lo que debe ser priorizada antes de cualquier otra etapa (Cordero., 2011).

Problemas geotécnicos de la infraestructura vial. “Algunas problemáticas típicas que atiende la geotecnia vial son la capacidad portante de subrasante, los cuales por medio de compactación, estabilización, sustitución, análisis de estabilidad de laderas y taludes, diseño de obras de estabilización, diseño de rellenos” (Cordero, 2011) (Ver Figuras 1,2 y 3), análisis de compresibilidad, consolidación y asentamiento de rellenos, licuación de suelos y diseño de estructuras, como cimentaciones de puentes y pantallas de pilotes; buscan aumentar la integridad del suelo de fundación en el que se construirá la vía. (Cordero., 2011).

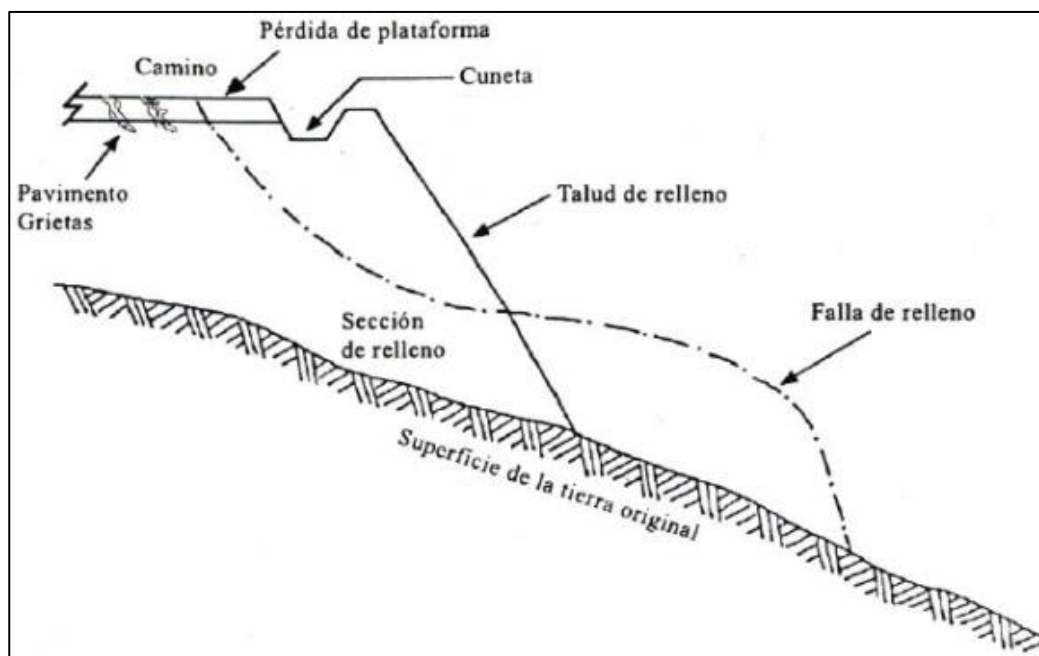


Figura 1. Falla de una sección de relleno.

Fuente: Keller, G., Bauer, G. & Aldana, M. (1995). Caminos rurales con impactos mínimo



Figura 2. Falla de una sección de relleno.
Fuente: Suárez, J. (2011).

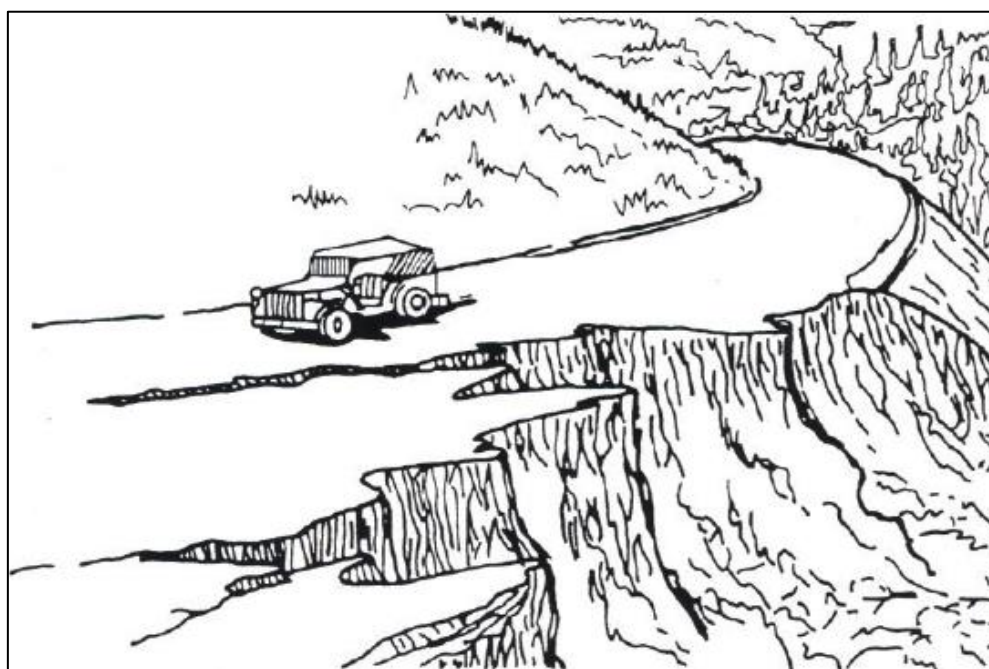


Figura 3. Falla de una sección de relleno.
Fuente: Keller, G., Bauer, G. & Aldana, M. (1995). Caminos rurales con impactos mínimo s. C

Cuando se va a edificar una ruta en un terreno del que se tiene escaso discernimiento, se hace necesaria la formación de estudios previos y ensayos de laboratorio que nos indiquen las circunstancias del terreno, la penuria de estos, es la que genera la mayor cuantía de problemas en la infraestructura de la carretera, limitaciones financieras y mala representación de proyectos; a la edificación geotécnica e hidráulica incompetente, a la práctica contraria o insignificante de nuevas tecnologías y a la reiteración de un diseño con soluciones propuestas para otro, fuera de exploración, razonamiento y diseño que respalde esta industria (Cordero., 2011).

Restricciones geotécnicas y geológicas de los proyectos viales. En el entorno donde se desarrolla una obra vial, es muy probable que cumpla con las condiciones naturales que limitan la geología y la geotecnología de un proyecto. Dado que los proyectos viales forma proyectos lineales, en la totalidad de los casos de gran amplitud, es estándar que la dirección se vea afectada por varias amenazas, identificando una o más para la misma sección. Algunos de los problemas que se pueden percibir en esta perspectiva son:

- **Subsidencia:** cuando se aplican cargas a una determinada masa de suelo, esta reacciona expulsando el agua contenida entre sus partículas lo cual, ocasiona que este se comprima y es a esto a lo que llamamos subsidencia.

• **Asentamientos:** habitualmente se da cuando se encuentran depósitos de concreto recientes, los cuales necesitan duración para la adaptación de las partículas, ocasionando una desvalorización del grosor de la categoría del terreno.

• **Baja dimensión de soporte del suelo:** la integridad de una estructura se ve afectada principalmente por la baja posibilidad portante del terreno que la va a respaldar.

• **Deslizamientos de tierra:** se da en laderas cuyos materiales presentan poca solidez o una penetrante supuración de agua voluble, lo cual ocasiona una separación de concreto.

• **Suelos expansivos:** algunas arcillas presentan altas capacidades de impregnación de agua, esto ocasiona un agregación en su masa; volumen que decrece reiteradamente al desvanecerse la desproporción de agua.

• **Suelos colapsables:** es una muestra de superficie que, al absorber una determinada cuantía de agua, pierde la dimensión de cimiento y colapsa.

• **Karsticidad:** fruto de la presentación de cuevas mediante de la disolución de rocas calcáreas que se hayan debajo del camino.

• **Erosión eólica e hidráulica:** que puede presentarse en manera laminar o en surcos, lo que, si no se trata, puede provocar lagunas.

Los factores anteriormente nombrados son las causas del conjunto de las limitaciones que se hayan en la edificación de una vía, aunque según Cordero, si “La mayoría de restricciones, si son identificadas a tiempo, pueden manejarse realizando diseños viales que las consideren desde el inicio, esto para evitar en etapas finales del proyecto la necesidad de atender problemas que pudieron haberse evitado desde un principio” (Cordero., 2011).

1.5 Alternativas en la construcción vial

Estabilización con cemento Portland. Para optimizar las capacidades de algunos suelos, existe la alternativa de mezclar el material con cemento, lo cual, además de controlar la humedad ayuda a incrementar la dimensión de sustento de este. Para el adecuado uso de este método se debe cumplir un proceso constructivo definido en el cual se proporcionará la dimensión de cemento y suelo que llevará la mezcla, además, la cantidad de agua requerida para que este alcance la máxima compactación. En este caso el cemento actúa como agente catalizador de una reacción química que modifica tanto como las características del cemento como las del material del suelo, formando así un producto que conserva las capacidades de ambos, pero brindando un producto con mayor eficiencia (Chavarro, 2015).

“Este conocimiento se emplea principalmente para el mejoramiento de sub-rasantes o de capas estructurales en pavimentos asfálticos, es una de las más difundidas a grado universal en pavimentación de carreteras de BVT, debido a las múltiples ventajas” (Chavarro, 2015).

Estabilización con productos asfálticos. Cuando se encuentran suelos granulares con tamaño de partículas relativamente pequeñas y poco porcentaje de suelo fino se usa productos asfálticos con el propósito de sellar el área del suelo. Para estudiar los desenlaces de estos productos se realizan prácticas en campo y pruebas de laboratorio con el propósito de usar estos resultados para estimar el funcionamiento del mismo. Habitualmente se utiliza en suelos con partículas grandes esto para brindarle al suelo la adherencia que este no puede obtener por sí mismo (Chavarro, 2015).

Adoquines en arcilla cocida. Los ladrillos de adobe son un elemento estructural que se ha manejado a partir de años, dando como resultado una evolución de este elemento conforme se fueron adoptando modernas prácticas y aplicaciones para el mismo (Chavarro, 2015).

En esta técnica mediante un patrón previamente analizado se colocan ladrillos de arcilla sobre una cama de arena confinada para formar lo que comúnmente se le reconoce como pavimento articulado, el perfil de esta vía se comporta de la misma manera que el de un pavimento flexible, haciéndose necesario utilizar material de base y sub-base como segmento de la estructura de este (Chavarro, 2015).

Conformación de capas asfálticas con asfaltos naturales. Como resultado de la sublimación oriunda de los crudos pesados, surgen los asfaltos naturales. Otras búsquedas académicas, llegaron a la conclusión que la representación de derivados asfálticos en ciertas zonas de Colombia que cumplen con las mismas funciones que el asfalto de refinería, puesto que cuentan con las mismas propiedades geológicas y además comparten el equivalente actuación involuntario (Acuña, 2017).

Materiales no tradicionales y no estándar. La exuberancia de desperdicio en la fabricación en una graduación de diferentes alimentos ha llevado a algunos investigadores a ejecutar pruebas concerniente el uso y de tales residuos en diferentes sectores y concluyeron que los materiales manufacturados (los fabricados por humanos), pueden ser efectivamente reprocesados como materiales de carretera. , generalmente cuando se tratan capas de base o sustratos granulares. En general, estos materiales se dividen en tres grupos, subproductos del sector metalúrgico, desechos de la industria del acero, escoria de alto horno, escoria de acero y cenizas volantes; subproductos de centrales térmicas, residuos de procesamiento térmico combustión de residuos sólidos y subproductos de la industria química, como el cemento y la cal, materiales resultantes de la ignición de mineral y otros de origen orgánico, saco de caña de azúcar, fibra de coco, celulosa, lignina, aceite de palma, cáscara de arroz, refuerzo no tradicional de hormigón, bambú, etc., materiales utilizados actualmente como aditivo estabilizador y para impedir el asfalto de cemento o hidráulicamente, drene durante la mezcla y la aplicación del material.

De la misma manera, los subproductos de desplome de estructuras y aceras convencionales, cuyo uso ya es común en muchos países, pueden incluirse en esta categoría (Almeida, 2014).

Productos patentados. En este grupo de productos se encuentran los que generalmente necesitan para su desempeño la concentración de cal o cemento, conocidos como productos de origen enzimático, en Colombia, esta clase de productos vienen de países con tecnologías más avanzadas, que son fácilmente adaptables a los problemas del territorio nacional, uno de estos es Australia, donde los procesos e implementaciones a nivel vial son más avanzados, donde la aplicación de aditivos en superficies de grava fina, mejora el sedimento de rodadura con consecuencias que exceden en duración y resistencia a los métodos convencionales (Almeida, 2014).

Nuevos materiales plásticos para construcción. Otro producto que se incorpora en este catálogo de nuevos materiales, es el desarrollado en el proyecto POLYMIX, ya que esta presenta múltiples ventajas, que no solos favorecen el entorno natural, sino que también son económicos. Este producto, por un lado, hace posible reducir el volumen de material directo empleada en su fabricación, como los áridos naturales, y por otra proporciona nuevas vías de reutilización para numerosos volúmenes de residuos plásticos mediante de una técnica natural que se puede englobar a cualquier planta asfáltica. Lograr que un producto como este se distribuya y generalice en el territorio colombiano generaría grandes cambios favorables, puesto que se

estaría apostando a una tecnología ambientalmente saludable y de bajo costo, se puede decir que la incorporación de residuos poliméricos dará como resultado carreteras más sostenibles (Almeida, 2014).

1.6. Implementación del poliestireno expandido

Para poder abarcar el tema de la implementación del EPS, como un excelente sustituto al instante de ejecutar rellenos para terraplenes viales, es importante conocer de este material, partiendo que “EPS” son las siglas en inglés para expandable poly Styrene, que es un termoplástico patentado por BASF AG, en 1950. La metamorfosis de los sistemas constructivos convencionales asociados en cierta medida a tecnologías innovadoras, pretenden prosperar sistemas livianos que dan la alternativa de un diseño de ensamblaje más vertiginoso, esta implementación se abre paso en las obras de ingeniería, por el hecho que siempre se debe buscar, la relación costo/beneficio y esta respuesta a usar materiales livianos en sistemas constructivos tan complejos y que de cierta manera reduce los gastos y a su vez el tiempo de ejecución permite sustentar como el progreso y las nuevas tecnologías también son aprovechables en el campo de la ingeniería. Por sus grandes cualidades, los ojos del mundo voltean ante el poliestireno expandido (EPS), como el material idóneo para aliviar las cargas y disminuir las fuerzas inerciales producidas en las edificaciones, por su masa propia y la aceleración que se puede liberar ante una inclinación geológica. “En una zona de actividad sísmica alta es importante construir edificaciones sísmo resistentes y el EPS aporta con muchos beneficios para deflación de peso evitando los daños severos en las edificación”. (p.25) (Salcan, 2017).

¿Qué es el poliestireno expandido?

Según Salcan, (2017) afirma que: “El EPS es un plástico en modo de pequeñas perlas que se consigue por motivo del estireno y un generador de circulación notable como pentano, explica que este sólido recorre por procesos de dilatación, madurez, cocción con vapor, bloqueo, reposo y supremamente se realizan los cortes de los productos; concluyendo así que “las perlas se constituyen por células cerradas llenas de presión 98 % y 2% polímero.” (p.18)

Este material se molda con un agente expenso, que se lleva a ebullición, hasta que este incrementa su volumen, para ello se aplica energía térmica, causando en el compuesto un proceso de plastificación, de pre- expansión de las perlitas contenidas en el material, las cuales se llevan a vapor de agua a temperaturas entre aprox. 80 y 110 ° C, fundido el generador tratable (pentano), se traslada a establecer el grosor en las planchas de los pre-expensares donde se define la alimentación de materia prima y vapor continuo o discontinua (cerrada y con dosificación definida de materia prima), es en estas máquinas que por efecto del calor, hinchazón las partículas se ablandan y el material directo llega a una dimensión normal estando de 10 a 30 kg / m³, posibilitando un periodo intermedio en las pequeñas partículas cerradas que en su interior se encuentra aire, llevando que luego se proceda según se quiera la densidad siguiendo hasta alcanzar una densidad aparente determinada persistentemente y cuando se realice el nombramiento de la corriente de aire de táctica elevada.

En la siguiente etapa (reposo intermedio y estabilización), sucede, que las partículas ya están expandidas, pero requieren enfriarse para que luego se dé la compensación por propagación por la compresión de aire , cuya estabilidad mecánica, capacidad de expansión depende del vacío interno , de las partículas sujetas a expansión, lo que da inicio a los procedimientos de transformación radicada en provecho , en el trascurso de progreso de la difusión de las membranas de las celdillas , incluido el aire interno , aparece la estabilidad mecánica, sucesivamente se da la liberación de la infiltración facilitando ,el transporte de las moléculas y con esto el llenado de los moldes, continuamente la desproporción de fondos de expansión se esparce disminuyendo la cantidad de moléculas solo seleccionando las necesarias . Para la siguiente etapa (expansión y moldeo final), se da nuevamente el intercambio entre la vaporización de agua y las perlas, mecanizadas la estructura poliédrica mediante de soldadura llegando a un acabado en el elemento final con una nueva expansión, determinando las formas esperadas (láminas, bóvedas, cilindros) (Castro, 2015).

Beneficios del (EPS) Como se ha analizado en este documento, el poliestireno expandido, es un excelente material, que puede traer significativos cambios al momento de su implementación, es por esto que se citan algunos beneficios, que ratifican sus cualidades.

Mayor seguridad frente a sismos vs los sistemas convencionales.

Ahorro en estructura al tener un menor peso que los demás sistemas constructivos convencionales.

Ahorro en mano de obra por ser un producto ligero.

Rapidez en obra ya que es de fácil aplicación.

Eliminación del mantenimiento en obra a largo plazo por su larga vida útil.

Ahorro energético al contar con excelentes propiedades térmicas.

Reciclable

No contiene CFC amigable con el ambiente.

Durable en el paso de los años (Salcan, 2017).

Propiedades del poliestireno expandido (EPS). Son muchas las propiedades que acompañan a este producto, catalogándolo como un material perfecto para desempeños dentro de obras civiles, en especial de procesos que se ejecutan en vías. Dentro de esas cualidades se encuentra la densidad, principal característica que posiciona al poliestireno en primer lugar frente a otros materiales usados en terraplenes. Otras propiedades son: el comportamiento ante el agua, la estabilidad frente a la temperatura, comportamiento ante el fuego, entre otras que se describirán en próximos capítulos de este documento.

Aplicaciones en obras civiles. Desde los años sesenta hasta el presente, se ha utilizado el poliestireno para alivianar cargas dentro de estructuras armadas como placas aligeradas, es utilizado también en cubiertas como elementos separados o con aplicación de mortero, pero el uso de este elemento dentro de la geotecnia, como posible aplicación en terraplenes aun no es tan extendida. Según Dávila (2013): “Desde hace unos años, en geotecnia se ha empleado el

poliestireno expandido como elemento protector en terrenos potencialmente expansivos y de forma esporádica en rellenos de terraplenados”. (p.23)

Colombia cuenta en toda su extensión territorial con suelos compresibles de capacidad portante, representando no solo un gran inconveniente al momento de realizar la construcción de terraplenes, sino en toda la vida útil del mismo, por ellos disponer de un material que cumpla con la resistencia requerida y que al mismo tiempo tenga baja densidad, ayudará en la ingeniería del terreno (Dávila, 2013).

Al considerar el tamaño de los proyectos que implican el uso de terraplenes (carreteras, ferrocarriles, puentes, protecciones de tuberías, etc.), puede tener una idea de los costos de mantenimiento y operación generados al reparar las grandes deformaciones involucradas en este tipo. de obras a lo largo de su período de servicio. Procesos de construcción y soluciones como el uso de pilas, drenaje subterráneo, reemplazo parcial o total de terrenos existentes, procesos de congestión gradual; drenaje vertical; etc. normalmente se usan y / o consideran para resolver este tipo de problema, no siempre con los mejores consecuencias .Por consiguiente, plantear la idea de generar soluciones constructivas a base de bloques de poliestireno expandido en el campo de la geotecnia, es tan solo un pequeño peldaño dentro de las investigaciones y aportes que se pueden hacer a la rama de la geotecnia, a modo de esta monografía (Dávila, 2013).

Una opción a esta clase de solución constructiva es reemplazar este material con una baja

capacidad de carga por otro con mejores propiedades mecánicas y cuyo peso es considerablemente menor que el material tradicional, que se llama terraplén ligero. Existen diversas alternativas de materiales y / o mezclas de los que pueden constituirlo, una de las cuales consiste en el uso de bloques de poliestireno expandido, una técnica conocida como Geofom (Formapol., 2012).

Terraplenes ligeros. Cuando se construye una carretera en un terreno de baja resistencia, es necesario considerar primero el hecho de que cada carga deforma los cojinetes blandos del suelo, cuanto más pesada sea la carga. Dependiendo del grosor de estas capas suaves, el proceso de deformación puede extenderse por varios años. La baja resistencia al esfuerzo cortante en este tipo de suelo también significa la necesidad de evitar cargas concentradas tanto como sea posible, de lo contrario, estos rodamientos pueden moverse lateralmente.

Para construir una estructura que sufra la inyección más baja en un país en malas condiciones, es necesario que prácticamente no se aplique carga adicional, es decir, el peso del material utilizado para el suero se reduce extremadamente, como por ejemplo. Poliestireno expandido o Geofom como relleno (Formapol., 2012).

Este método constructivo se basa en equilibrar las cargas del terraplén, reemplazando el material de relleno muy pesado con bloques Geofom, lo que garantiza que solo el peso de la estructura del pavimento actúe sobre el suelo blando (Formapol., 2012).

La estructura generalmente consiste en capas de Geofom de 50 cm de espesor, eventualmente separadas por losas rígidias de hormigón armado, de acuerdo con el cálculo técnico, que no siempre es necesario. La estructura base, la subbase y el directorio variable varían según el tráfico que debe tener la carretera. Al incluir Geofom en las fundaciones, debido a la baja capacidad de soporte, se reducen tanto el asentamiento como el riesgo de errores básicos y la estructura que soportan. La introducción de Geofom en un terraplén de terreno blando aumenta su estabilidad y reduce su propio peso (Formapol., 2012).

Reducción del asentamiento: El propósito de usar un material de menor densidad que los utilizados comúnmente en el desarrollo de un dique es reducir el asentamiento después de su construcción, la consolidación es inevitable bajo el efecto de una sobrecarga, por lo tanto, la implementación de un bloque Geofom, reducir este acuerdo al final. Para reducir el asentamiento después del terraplén, la consolidación puede acelerarse con una gran sobrecarga, que no debe eliminarse hasta poco antes de colocar el bloque Geofom. Sin embargo, la misma reducción final en la capacidad neta se puede obtener mediante una excavación anterior y el reemplazo de la tierra por bloques Geofom (Formapol., 2012).

En cualquier caso, el peso del material retirado (de la sobrecarga o del terreno excavado) debe ser mayor que la carga bruta, que es el resultado de la suma de la carga de tráfico, el peso de los bloques Geofom y los materiales cubiertos (aquí es necesario tener en cuenta expansión del suelo) debido al alivio del estrés como una consolidación secundaria. Para evitar que el

material se levante por flotación en áreas inundables, la ubicación de la capa más profunda de Geofom debe estar a la profundidad que ayude a mitigar lo que se describe anteriormente (Formapol., 2012).

Estabilidad: Dado que lo significativo, del uso de poliestireno expandido es poder garantizar una estabilidad se considera para el cálculo de flotabilidad una densidad máxima de 20 kg/m³, por otro parte las determinaciones de asentamiento el valor de absorción de agua debe ser elevado, es decir, con valores de densidad hasta de 100 kg/m³. Según las especificaciones dadas por Formapol, empresa encargada de la fabricación y distribución de plásticos y poliestireno en Colombia, los coeficientes de fricción Geofom/Geofom y Geofom/suelo pueden ser estimadas con un valor aproximado de 0.5 (Formapol., 2012).

Llegando al final, de esta monografía y conociendo hasta este punto, las propiedades, cualidades y comparaciones con otros materiales en terraplenes, mencionar los beneficios de su implementación, es lo concluyente de este capítulo.

Las ventajas de usar una selección de EPS (geobloque) son varias, aquí mencionamos algunas de ellas:

1. Simplicidad y velocidad de construcción;
2. Introducción de condiciones climáticas adversas.
3. cualquier eliminación de la necesidad de precarga, adiciones y pasos de diseño

4. reducción de los costos de mantenimiento.
5. mitigar la necesidad de obtener una ruta adicional para la construcción de pistas planas debido a la baja densidad del bloque EPS o el uso de un terraplén vertical debido a la forma de los bloques EPS.
6. Reducción de tensiones laterales en los pilares del puente de aproximación.
7. Excelente durabilidad.

En una situación de eliminación y reemplazo de tierra sin el uso de un aditivo, el uso de EPS puede resultar en ahorros de costos en comparación con otros tipos de materiales de relleno livianos y materiales de relleno convencionales, ya que la densidad del geobloque es de 1/10 a 1/30 de la densidad para el concreto celular y 1/100 de la densidad del material de relleno granular convencional. Por lo tanto, el costo de eliminar terrenos blandos puede reducirse, ya que cuanto menor es la densidad de EPS, mayor es la posibilidad de evitar un sistema de soporte para la excavación, extensión y recuperación de agua temporal (Medina, 2014).

Capítulo 2. Descripción de las propiedades y aplicaciones del poliestireno expandido dentro del campo de la geotecnia vial.

Las tecnologías innovadoras y los nuevos materiales han llevado a sistemas modernos de construcción que nos permiten obtener un mayor rendimiento, así como sistemas livianos, estas características hacen que los materiales se utilicen de una mejor forma y se reduzca la mano de obra, ya que se puede tener un alcance más preciso, lo cual facilita la planeación y permite definir mejor tanto el tiempo como los recursos económicos (Anape, 2013).

Con el paso del tiempo los sistemas constructivos se han ido modificando debido a las nuevas necesidades que van surgiendo, así como los nuevos materiales que mediante estudios se ha demostrado que tienen un mejor funcionamiento, y es ahí donde entra en juego el uso del poliestireno expandido, que es un material, que en pocas palabras son pequeñas perlas que contienen un gas o agente expansor denominado pentano. “Por medio de presión, vapor y temperatura, esta perla se expande hasta 50 veces su diámetro inicial”, el conjunto de estas perlas forma láminas o bloques que son los utilizados en los nuevos sistemas constructivos (Dávila, 2013).



Figura 4. Perlas de poliestireno expandido.
Fuente: <https://aislatermic.com.co>



Figura 5. Bloques de poliestireno expandido.
Fuente: Geofoam Formapol, (2018)

2.1. Propiedades del EPS

2.1.1 Propiedades físicas. Las principales propiedades físico mecánicas del EPS, están descritas a continuación haciendo un detallado recuento de las principales características de este material (Anape, 2013).

2.1.1.1 Densidad. Es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, y puede utilizarse en términos absolutos o relativos. La principal característica es la baja densidad que presenta el EPS. Cuando se usa en geotecnia, los bloques tienen una densidad de entre 15 kg/m³ y 30 kg/m³, lo que equivale a un 1% de los materiales que normalmente se utilizan (Anape, 2013).

A la hora de realizar un diseño, usando los bloques de EPS se debe tener en cuenta que el valor promedio de la densidad del material seco no puede ser inferior a la densidad nominal. Valores aislados no pueden variar más del 10% sobre este valor (Almeida, 2014).

2.1.1.2. Resistencia Mecánica. Los siguientes ítems definen la resistencia mecánica del poliestireno expandido:

- Resistencia a la tracción.
- Resistencia a la flexión.
- Resistencia a la compresión para una deformación del 10%.
- Resistencia a la cizalladura o esfuerzo cortante (Anape, 2013).

2.1.1.2.1. Resistencia a compresión. Es la capacidad del material para resistir las fuerzas que intentan comprimirlo. La espuma de poliestireno expandido no funciona como un material elástico sino como un viscoelástico. Por lo tanto, los bloques de poliestireno no se miden con respecto a la resistencia a la compresión, el esfuerzo de compresión se mide con una deformación del 10%, pero esta deformación implica una deformación plástica, por lo tanto, este valor no se utiliza en tamaño (Almeida, 2014).

Observando la gráfica de tensión vs deformación del EPS se encuentra que tiene una forma diferente a la que se ve habitualmente. El límite elástico lineal (o límite de proporcionalidad) existe para un valor de deformación entre 1 y 1.5% (Formapol., 2018).

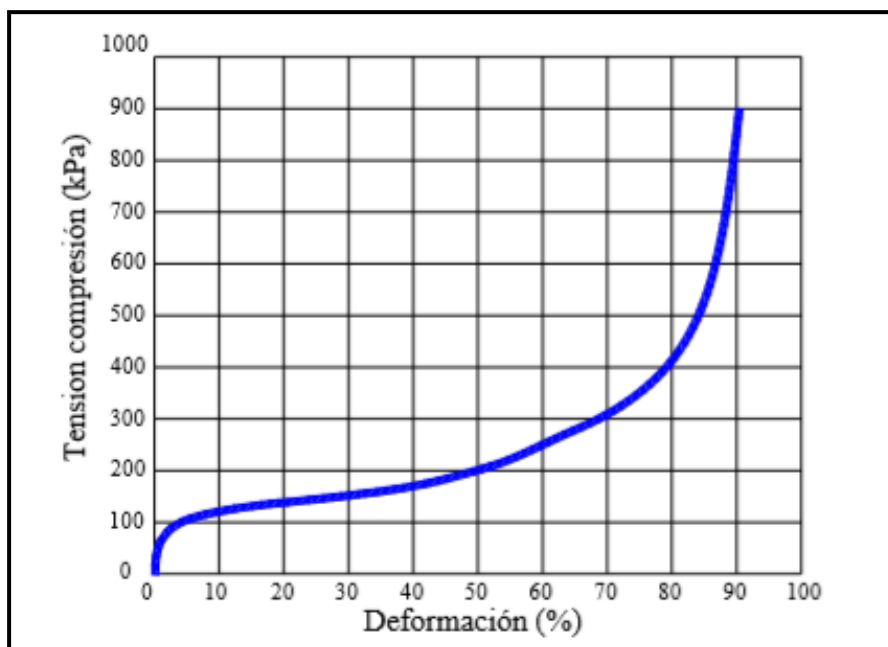


Figura 6. Relación tensión – deformación en el EPS.

Fuente: utilización de poliestireno expandido en obras de geotecnia (Dávila, 2013).

Como característica principal de los bloques de espuma rígida EPS está la resistencia a la compresión, pero esta depende principalmente de la densidad, puesto que son directamente proporcionales, del mismo modo la edad del EPS, la temperatura y la forma de las partículas también tienen parte de la responsabilidad. Normalmente el material produce resistencias de entre 50KPa y 150KPa, aunque esto varía según la densidad del mismo. Gracias a la forma esférica de las partículas que componen los bloques de muestras, estos se comportan de la misma forma y todas las direcciones (Almeida, 2014).

2.1.1.2.2. Resistencia a la flexión. Es la propiedad de los materiales sometidos a cargas que se aplican perpendicularmente y hace que el elemento se doble. La resistencia a la flexión y la

densidad aparente son directamente proporcionales, mientras que la flexión refractiva y la densidad aparente son inversamente proporcionales (Almeida, 2014).

2.1.1.2.3. Resistencia a la tracción. La resistencia a la tracción es necesaria cuando el EPS está sometido a tensiones adhesivas y cuando el peso o la succión adecuados debido al viento, el EPS está sometido a una tensión de tracción. La densidad aparente de los bloques de EPS es directamente proporcional a su resistencia a la tracción (Quiroz J. , 2019)

2.1.1.3. Contracción transversal. También conocido como coeficiente de Poisson, cuando se trata de EPS, se toma como cero en algunos países porque es muy pequeño. Se toma un valor $\nu = 0.1$ para tener un rango de tolerancia. Este valor solo se puede usar en la zona de deformación elástica ya que el valor sobre esta zona disminuye significativamente (Canoba, 2004).

2.1.1.4 Aislamiento térmico. El poliestireno expandido tiene una gran capacidad para aislar tanto el enfriamiento como el calor, por lo que se realizan una gran cantidad de aplicaciones de este material para este propósito. La gran cantidad de aire atrapado en las partículas de este material es lo que hace posible esta capacidad de aislar la temperatura. Al igual que toda la estructura del material, solo el 2% es polímero y el 98% restante es aire (Dávila, 2013).

2.1.1.5 Impermeabilidad. La propiedad de que las superficies de los materiales deben repeler el agua sin permitir que la atraviesen. El poliestireno expandido, a diferencia de muchos otros materiales, no es higroscópico (absorbente). Aunque se sumergen en agua, absorben solo una pequeña cantidad de humedad. Como las paredes celulares son impermeables, solo pueden penetrar los canales entre los cordones soldados entre sí. Esto significa que la cantidad de agua absorbida depende tanto del comportamiento de la preparación de la materia prima de EPS como de las condiciones de conversión, especialmente de la expansión (Almeida, 2014).

Incluso al sumergir el material completamente en agua, los niveles de absorción son mínimos con valores entre 1 y 3% en volumen (prueba de inmersión después de 28 días) (Anape, 2013).

2.1.1.6. Estabilidad dimensional. Debido a los cambios de temperatura, como suele pasar en todos los materiales, el EPS también se dilata y se contrae con estos mismos. Estas deformaciones varían entre 0,05 y 0,07 mm por metro y grado centígrado según el coeficiente de dilatación térmica (Anape, 2013).

2.1.1.7. Estabilidad frente a la temperatura. Este material se puede usar de forma segura dentro de ciertos límites de temperatura, a bajas temperaturas no hay prácticamente ninguna limitación, pero cuando se expone a temperaturas superiores a los 100°C se puede ver afectada la integridad del mismo, cuando el uso del material es por tiempo prolongado se recomienda mantener la temperatura por debajo de los 80°C (Anape, 2013).

2.1.1.8. Estabilidad frente a los factores atmosféricos. El único factor relevante en este aspecto es la exposición del material a la radiación solar, puesto que esta afecta y debilita la superficie del EPS dado como resultado el deterioro del mismo (Anape, 2013).

2.1.2. Propiedades químicas. El EPS es uno de los productos donde se puede probar la estabilidad de sus propiedades químicas, está claro que cuando se usan adhesivos, pinturas solventes y vapores concentrados, no reaccionan de inmediato, requieren un cierto tiempo para que entren en vigor y muestran la durabilidad de sus propiedades. Otro factor importante a considerar al hacer objetos con este material es su estabilidad química. Como factores importantes a considerar con respecto a las propiedades químicas, se puede describir que el EPS se mantiene estable frente a un efecto duradero de la solución salina, como agua de mar, jabones y tensioactivos, lejía, ácidos diluidos, ácido clorhídrico al 35%, ácido nítrico al 50%, soluciones alcalinas y alcoholes. tales como metanol y etanol. Contra los ácidos concentrados sin 100% de agua, solventes orgánicos como acetona y ésteres, aceite diesel y combustibles, no permanece estable, se combina ni disminuye. Al entrar en contacto con aceites de parafina, vaselina, aceites de silicona, mantienen una relación relativa estable, lo que significa que el EPS contra ciertos productos puede tener propiedades como la contracción o afectar su superficie (Anape, 2013).

2.1.3. Propiedades biológicas. El poliestireno expandido no proporciona una base de nutrientes para los microorganismos, hay poco impacto negativo que este material tiene en el agua, ni en la superficie ni bajo tierra. Este material no se descompone y no se enmohece, por lo

que garantiza un porcentaje mínimo casi cero de daño ambiental. Dado que el contacto con animales y plantas en el proceso de construcción es alto, debe evitarse que el poliestireno expandido no sea dañado por su presencia. Además, los CFC (hidroclorofluorocarbonos) no se utilizan en el proceso de fabricación de EPS y sus residuos se reciclan (Hernandez, 2015).

2.2. Aplicaciones del poliestireno expandido dentro del campo de la geotecnia vial.

La deformación de estratos es uno de los problemas que se observan en la construcción de vías, esto es debido a la poca resistencia del suelo donde se trazara la vía, el cual al ser sometido a esfuerzos grandes da lugar a la deformación. El tiempo de deformación está ligado al espesor de la capa. La acumulación de cargas en estos suelos debe ser evitada, pues su baja resistencia al corte genera hundimientos visibles en la superficie de la estructura, es por esto que en lugares como cruces de carreteras encontremos deformaciones debido al peso propio de los vehículos transitados. Las capas de los suelos blandos tienden a desplazarse lateralmente por la presencia de esfuerzos. El mejoramiento convencional que se le realiza a estos suelos bien sea para su totalidad o para una parte del suelo requiere de tiempo, debido al proceso de compactación que se emplea en la estabilización de este tipo de suelos. Si utilizamos menor peso en el terraplén se logra disminuir el esfuerzo transmitido al subsuelo, esto se lograría con un material más ligero.

Podríamos deducir entonces que bloques de EPS, transmitiría un menor esfuerzo al subsuelo, debido a su liviano peso propio. Una estructura estabilizada con este material no

aplicaría cargas adicionales al suelo malo disminuyendo de esta manera la probabilidad de hundimiento. Este proceso es conocido en la actualidad como GEOFOAM (Ordoñez, 2014).

2.2.1. Antecedentes del uso del poli estireno en el mundo. El poliestireno expandido EPS es un material celular que pertenece al grupo de geospumeros (Negussey, 1998). El término geospuma o geofoam fue propuesto por Horvath (1995) para describir todo el material producido por un proceso de expansión que puede usarse en aplicaciones geotécnicas. Noruega ha sido uno de los países que anteriormente usaba EPS en bloques, la primera vez que se implementó como un dique en un suelo muy comprensible. Japón también está en la lista de países que previamente han incorporado este material en sus procesos de construcción de carreteras debido a la estabilidad de sus propiedades en condiciones estáticas y dinámicas. También podemos encontrar que diferentes países ya han implementado EPS de construcción de carreteras en bloques, países como Estados Unidos, Malasia y Alemania. En Estados Unidos este material fue utilizado en la autopista interestatal I-15 en Salt Lake City situada sobre suelos altamente comprensible, 27 kilómetros de distancia debían ser estabilizados y se necesitaba poco tiempo para realizarlo, por medio de EPS se logró mejorar 100 mil metros cúbicos de construcción de terraplenes (López, 2009).

2.3. Aplicaciones del poli estireno expandido (geotecnia vial.)

El EPS se puede emplear en muchas aplicaciones constructivas como, por ejemplo, aligerante en proyectos de ingeniería civil o como relleno ligero en la construcción de carreteras y ferrocarriles.

2.3.1. Rellenos livianos sobre suelos blandos. La forma de reducir los asentamientos en los suelos blandos es aliviar las cargas sobre él, por esta razón esta aplicación reemplaza el material de relleno con bloques de poliestireno expandido (GEOFOAM), vea la Figura 9. De esta manera, las únicas cargas que se transferirán al suelo blando son aquellas que es producido por la construcción del pavimento. (Ordoñez, 2014).

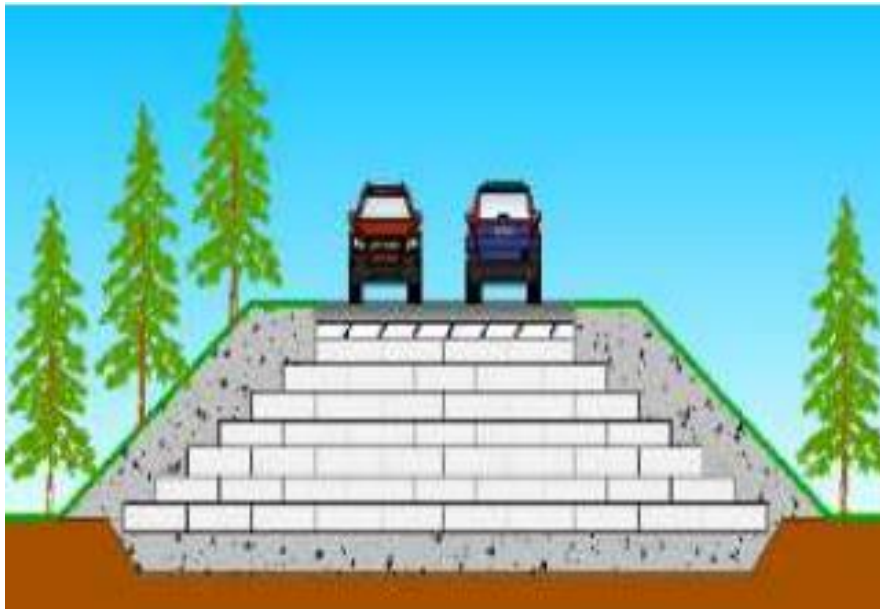


Figura 7. Estructura del terreno reduciendo asentamiento.

Fuente: Uso de bloques de poliestileno expandido en terraplenes (Ordoñez, 2014).

2.3.2. Disminución de presión lateral de tierras sobre estructuras de contención. Para el diseño de una pared de soporte, se toman en cuenta los choques pasivos y activos, la baja relación de Poisson y la mínima transmisión de voltaje a la pared, lo que hace que la fuerza impulsora que el llenado con GEOFOAM hace relativamente cero, lo que resulta en diseños más baratos y menos rigurosos, ver Figura 10 (Ordoñez, 2014).

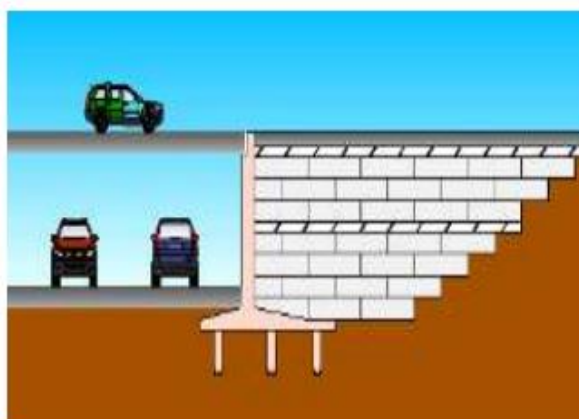


Figura 8. Diseños estructurales menos exigentes y por lo tanto más económicos.
Fuente: Uso de bloques de poliestileno expandido en terraplenes (Ordoñez, 2014).

2.3.3. Disminución de cargas sobre alcantarillas de cajón (ductos de hormigón) y otras estructuras subterráneas. La reducción de las cargas transmitidas a las alcantarillas y otras estructuras subterráneas se reduce mediante el uso de bloques de EPS, lo que resulta en una reducción de los materiales necesarios para la construcción y cambios menores en la expansión de la luz o las alturas para garantizar su estabilidad. La estructura de las dimensiones del bloque EPS para adaptarse a las necesidades del trabajo y un mejor manejo, ver figura 11 (Ordoñez, 2014).



Figura 9. Ductos y estructuras adyacentes o embebidas.

Fuente: Uso de bloques de poliestileno expandido en terraplenes (Ordoñez, 2014).

Mediante este material, el esfuerzo recibido por las tuberías será menor en comparación con otros, este material también permite controlar las deformaciones de la estructura del suelo enterrado, ya que esto distribuye las cargas recibidas de tal manera que cuando llega a la estructura es menor (Ordoñez, 2014).

2.3.4. Reparación de vías en zonas de ladera. Una de las dificultades para reparar carreteras en un área montañosa es el espacio insuficiente para la construcción de carreteras, movimientos de tierras y asentamientos diferenciales. los bloques de poliestireno expandido facilitan cada uno de ellos; reducir el impacto ambiental, a través del cual es posible construir fácilmente pendientes verticales, ensanchando caminos en áreas estrechas. (ver Figura 12). Además, GEOFOAM evita los riesgos de diferenciación (Ordoñez, 2014).

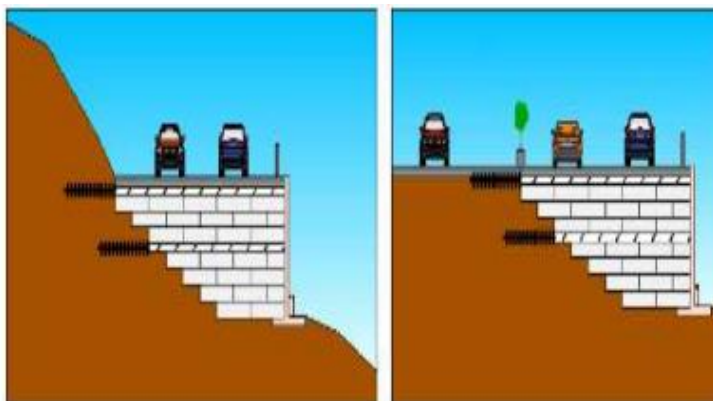


Figura 10. Taludes verticales cuando hay poca disponibilidad de espacio.
Fuente: Obtenido de Uso de bloques de poliestileno expandido en terraplenes

2.3.5. Estructuras de Bajo Asentamiento. El poliestireno puede mantener su forma cuando se somete a esfuerzos de compresión porque no tiene mucho peso, además, su uso adecuado permite asentamientos más pequeños. La instalación es rápida y a un costo menor, si comparamos una estructura vial convencional con una vida útil de 20 años, con una estructura en la que se aplica EPS con la misma vida útil, la implementación de EPS continuará siendo más ventajosa. Los materiales convencionales pueden cambiar las propiedades de la subrasante, lo que no se vería con la aplicación de este nuevo material. Los beneficios del uso de bloques de EPS en la estabilización de terraplenes están en que el peso del terreno excavado es igual al nuevo material de EPS instalado, generando de esta manera un gran equilibrio (Morales, 2019).

2.3.6 Ausencia de Daños por Heladas. Una de sus características es actuar como aislante térmico, un pequeño grosor de 5 a 6 cm es suficiente para mantener una temperatura por encima de 0°C. Este material aislante impide la pérdida de calor en la subrasante del terreno garantizando de esta manera que la estructura ubicada arriba no tenga ruptura por la helada (Morales, 2019).



Figura 11. Aplicación del poliestireno expandido evita la rotura de la estructura.
Fuente: <http://www.anape.es/>

2.3.7. Ampliación de carreteras. La gestión simple de los bloques de EPS permite hacer pendientes verticales cuando no hay espacio disponible, y este material también tiene las propiedades necesarias para evitar el riesgo de conjuntos diferenciales. Ver Figura 14 (Morales, 2019).

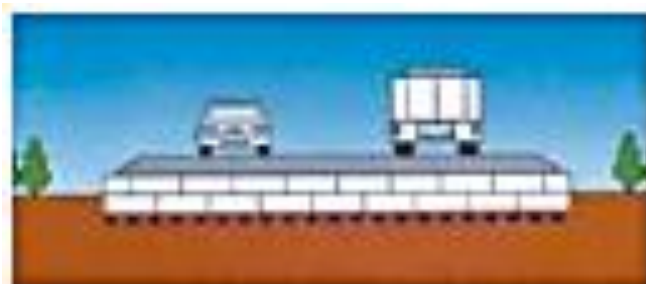


Figura 12. Taludes verticales cuando hay poca disponibilidad de espacio.
Fuente: <http://www.anape.es/>

2.3.8. Relleno de estribos de puentes. Los impulsos activos y pasivos generados por el terreno son uno de los datos más importantes en el diseño de estribos de puentes. EPS reduce considerablemente la presión sobre la estructura y reduce los asentamientos diferenciales. Ver figura 15 (Morales, 2019).



Figura 13. Fuerzas horizontales sobre la estructura.

Fuente: <http://www.anape.es/>

2.3.9. Control de vibraciones. Aunque no es una aplicación estudiada en detalle, las propiedades de EPS reducen significativamente las vibraciones producidas por los vehículos que pasan (Morales, 2019).

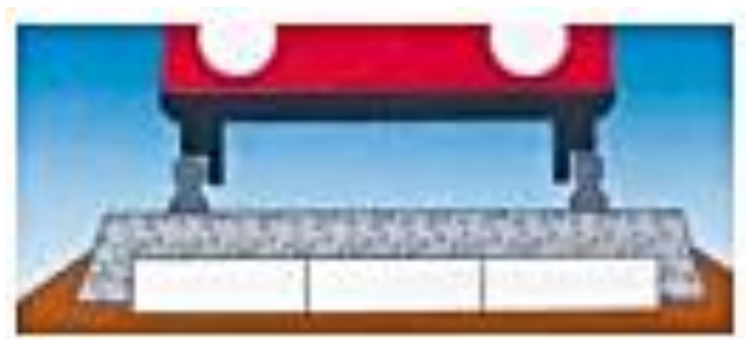


Figura 14. Control de vibraciones.

Fuente: Obtenido de <http://www.anape.es/>

2.4 Proceso constructivo.

El empleo de poli estireno expandido cada día crece más es por esto que tener claridad del proceso constructivo es de vital importancia, pues a partir de este se asegura la calidad y la proyección de una mayor vida útil en el tiempo (Morales, 2019).

Preparación del sitio. Uno de los procesos más importantes al instalar bloques de EPS en terraplenes es la preparación del sitio, ya que se ha demostrado que una buena preparación proporciona una mayor estabilidad y facilita la nivelación de los bloques. Al instalar los bloques de EPS, se debe tener en cuenta que ninguna acumulación de agua u otros residuos afecta su estabilidad. Para reducir la concentración de agua en el sitio donde se instalarán los bloques de EPS, se recomienda utilizar sistemas de drenaje, de lo contrario, flotarían y este factor de flotación debe tenerse en cuenta. Para evitar daños a la superficie de los bloques al perforarlos, deben colocarse sobre un piso de manto con partículas de no más de 19 mm, excepto que se elimina el material orgánico que se puede encontrar. Después de instalar los bloques que entran en contacto con el suelo, es difícil saber cuánto daño recibirán, por lo que es conveniente evitar estos daños adaptando la superficie del suelo y, en algunos casos, utilizando geotextil como material de transición. Ya sea que se use o no el lecho de arena, es importante que el terreno sea plano. La instalación de los bloques se puede iniciar después de que el terreno se haya preparado adecuadamente (Medina, 2014).

Colocación de los bloques EPS. La instalación adecuada de los bloques se debe principalmente a la colocación correcta del patrón que se ha especificado en el diseño, además de evitar espacios entre los bloques y asegurarse de que estén colocados horizontalmente para evitar grandes juntas verticales. Cuando sea necesario cortar los bloques, se puede hacer fácilmente con un cierre ya que la superficie final puede soportar un margen de error.

Después del proceso de construcción relacionado con la instalación de los bloques, se evitará el transporte de vehículos o máquinas directamente sobre ellos para evitar que se vean afectados por la carga directa (Medina, 2014).

Construcción del sistema de pavimento. En algunos casos, se usa una capa de transición que debe ser uniforme, seca y limpia, y se debe verificar que no haya bloques dañados en la superficie. La construcción del pavimento se realiza prácticamente de la misma manera que una convencional, sin olvidar la presencia del bloque y tener cuidado con ellos. El uso de maquinaria pesada también debe limitarse para evitar exceder las tensiones máximas del material. Normalmente se recomienda extender una capa de 30 cm de material granular fino antes de comprimirlo para evitar dañar los bloques. También es aconsejable utilizar placas de acero para introducir el material en los vehículos y evitar así la carga directa en los bloques (Medina, 2014).

Post Construcción. Las propiedades del material significan que el monitoreo no es necesario después del final de la construcción, pero dado que el material no se ha utilizado durante mucho tiempo, un control posterior a la construcción tendría ventajas para verificar el comportamiento del material a lo largo del tiempo. Entre los aspectos técnicos presentados por los bloques de poliestireno se encuentran las siguientes propiedades que deben proporcionar los fabricantes del producto: Estructura, geometría del bloque, ángulo recto, precisión de las mediciones, densidad, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión. Estas propiedades representan la esencia del producto a instalar porque con el cumplimiento De los valores descritos anteriormente para las áreas que deben presentarse, se pueden otorgar obras civiles que utilicen este material como relleno para apoyar la estabilidad en la construcción de carpetas de carreteras y la reducción de las fuerzas laterales que pueden ejercerse en estructuras de contención como paredes de gravedad, lo que es una contribución importante en las construcciones estructurales porque reduce considerablemente las secciones de dichos elementos de contención estructural y, por lo tanto, kilogramos de acero, que a menudo es un costo adicional para este tipo de construcción, pero el uso de este material solo es posible si los procesos de diseño se llevan a cabo correctamente genuino y se proporciona la cantidad exacta de material, aquí es donde entra el papel del auditor que debe ser capacitado en esta nueva tecnología para requerir estándares de calidad para este tipo de rellenos, en función del hecho de que debe colocarse en una superficie limpia y plana, esto depende que este elemento no funciona correctamente en superficies inclinadas porque el esfuerzo no se distribuye uniformemente sobre su estructura a menos que en una parte que reduzca su capacidad de soporte, se debe proporcionar que los elementos permanezcan juntos entre ellos y que no haya espacios o separación entre los bloques para ser instalado porque puede haber casos en estas áreas que

afecten la estructura de las siguientes capas de pavimento o que permitan que el bloque de soporte de ruptura de agua sea afilado, ya que daña el material en cierta medida ya que no está bien erigido con respecto a la absorción de agua, por lo tanto, alfileres metálicos con adhesivo de poliuretano garantizada, Finalmente, el material debe protegerse preferiblemente con un geotextil o geomembrana que permita la separación del material y no contamine un material con el otro, lo que garantiza la estabilidad entre ambos materiales, luego proceda con el sistema de construcción que está estandarizado para la construcción de pavimentos y elementos de contención. Dicho proceso constructivo y técnico debe ser vigilado meticulosamente pues se ha evidenciado caso en que el inadecuado proceso constructivo de ciertas actividades de obra acarrear no solamente la deficiencia de la obra civil, si no la disminución de la vida útil de la misma, representando un problema de gran magnitud pues debido a los costes elevados de la implementación de este tipo de material y el colapso o hundimientos ya sea de vías o estructuras de contención es una perdida significativa no solo para los responsables directos de la obra si no para la comunidad en sí que necesita de ellas para poder realizar sus labores diarias o llevar una mejor calidad de vida (Medina, 2014).

2.5 Proyecto desarrollados con EPS.

Caso de aplicación de bloques de poliestireno en paso a desnivel en la carretera villa hermosa-nacajuca, estado de tabasco.

Aspectos generales del proyecto

Obra: Construcción de la ampliación de la carretera Villahermosa-Nacajuca.

Fecha de arranque: 5 de diciembre.

Fecha estimada de conclusión: mes de abril de 2015, la primera etapa de la carretera.

Inversión total: 262.5 millones de pesos.

Flujo Vehicular: 20 mil unidades.

Esta obra da inicio el 5 de diciembre del 2014, por parte del órgano de control de infraestructura (Secretaría de Ordenamiento Territorial y Obras públicas), la cual posee una inversión de 262,5 millones de pesos mexicanos, teniendo como población beneficiaria 600 mil habitantes, siendo un cruce de gran relevancia pues conecta los municipios de Villahermosa-Nacajuca-Jalpa-Comalcalco en el que transitan aproximadamente a diario 20 mil vehículos. El proyecto en análisis se encuentra localizado entre los municipios de Villa hermosa y Nacajuca. Villa hermosa es la capital del estado de Tabasco México, esta se encuentra rodeada de tres sectores del municipio vecino de Nacajuca: Pomoca, Bosques de Saloya y la selva. Los cuales se verán beneficiados con la construcción del proyecto en mención (Esquivel, 2015).

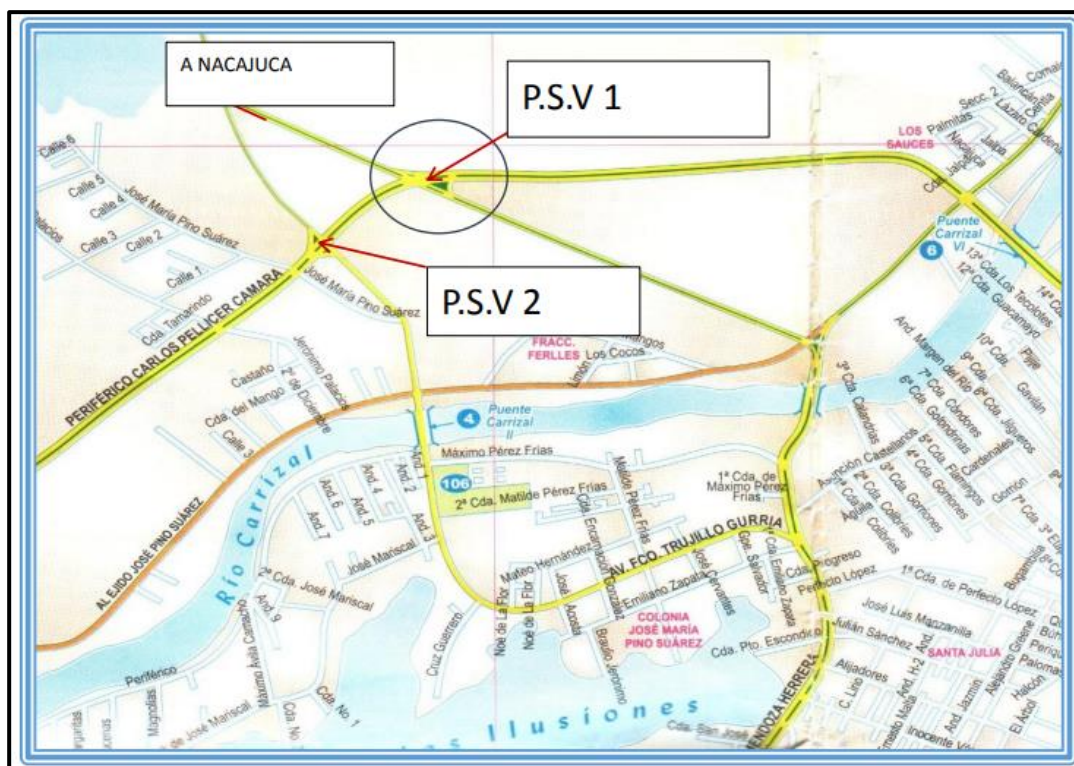


Figura 15. Localización del Proyecto.

Fuente: Molina, 2015

Sistema Estructural. Los pasos vehiculares superiores que se construyeron tienen la particularidad de contar con muros de contención que confinan el EPS, el terreno de arroyo en conjunto con la vía, de igual manera se construyeron pilares in situ de 1,2 m de diámetro a una profundidad de 39 m teniendo un soporte de 165 toneladas que le permite soportar la carga dinámica generada por los vehículos que transita por el puente elevado que comunica ambos municipios (Molina, 2015).

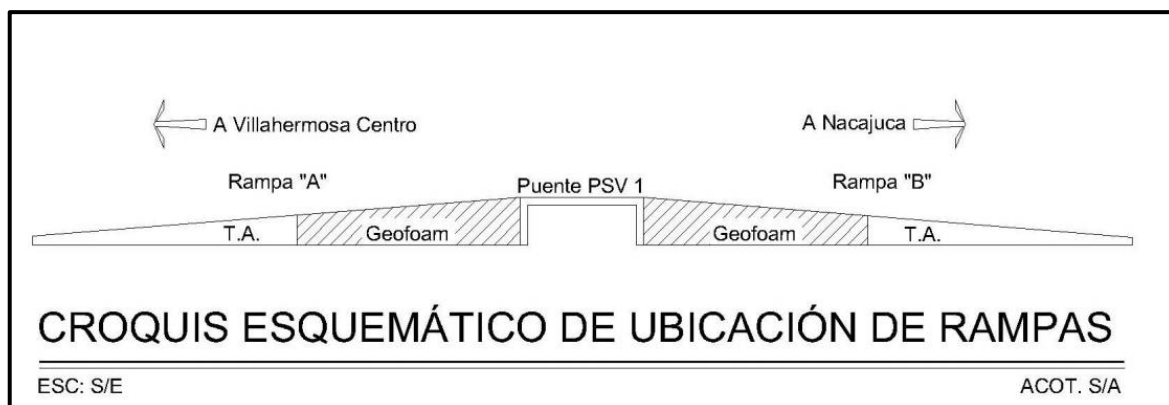


Figura 16. Esquema de ubicación de las rampas.
Fuente: Molina, 2015

En la ejecución del proyecto se encontró una limitante con respecto a la capacidad admisible del suelo, determinado por medio de un estudio geotécnico que calculo la capacidad de soporte que este posee, dando como resultado una capacidad de carga admisible estimada de 2,5 ton/m² con un factor de seguridad de 2,0, por ello se ve la necesidad de implementar el EPS para disminuir el esfuerzo que el material de relleno convencional aporta al suelo de fundación que es significativamente mayor, causante de asentamientos diferenciales (Molina, 2015).

Se analiza un m² del área del proyecto, para determinar el volumen de material de arroyo que se sustituye por bloques de poliestireno expandido y disminuir los esfuerzos hacia el terreno natural, en la figura 3 se puede observar con detalle el análisis realizado (Molina, 2015).

Capacidad última de carga	5.00 ton./m ² .
Capacidad de carga admisible estimada F.S.= 2	24.50 Kpa.
Capacidad de carga admisible estimada	2,498.30 kg/m ²
Capacidad de carga admisible estimada	0.25 kg./cm ² .
Capacidad de carga admisible estimada	2.50 Ton/m ²
Peso volumetrico estimado del material de arroyo sobre el T.N.	1,750.00 kg/m ³
Peso volumetrico estimado del material de arroyo sobre el T.N.	1.75 Ton/m ³
Altura maxima del relleno para el terraplen	7.56 m.
Peso total del relleno / m ²	13,230 Kg.
Peso total del relleno / m ²	13.23 Ton/m ²
El peso sobre el T.N., es mayor a la capacidad de carga admisible	

Figura 17. Análisis de carga por m² de terraplén a utilizar vs carga admisible por m² del suelo.

Fuente: Molina, 2015

En referencia al analisis realizado con respecto al EPS se resume en la figura 4 , en la cual se toma como referencia la implementación de bloques de este material con material de arroyo para brindar a la estructura de pavimento una estructura de soporte que cupla con las densidades optimas para no causar hundimientos en las rampas que se contruyeron. Brindando al terreno un esfuerzo de 2,43 ton/m² menor al admisible lo cual es una ventaja representativa que ayuda a salvaguardar la integridad y estabilidad del proyecto realizado (Esquivel, 2015). En la figura 5. Se puede apreciar la diferencia que existe entre ambos procesos constructivos que son validos, pero presentan diferencias en referncia con las cargas que se transmiten al terreno, las cuales deben ser detalladas y estudiadas por los profesionales pertinentes en cada area en este caso sería la geotecnia vial que analiza el comportamiento del suelo con respecto a su capacidad de soporte.

MATERIAL ALIGERANTE		PESO VOLUMÉTRICO DEL MATERIAL DE ARROPE	
Area de relleno de EPS 1er. NIVEL	1.00 m ²	Peso volumétrico estimado del material de arrope sobre el EPS	1,750.00 kg/m ²
Area de relleno de EPS 2do. NIVEL	1.00 m ²	Peso volumétrico estimado del material de arrope sobre el EPS	1.75 Ton/m ²
Area de relleno de EPS 3er. NIVEL	1.00 m ²		
Area de relleno de EPS 4to. NIVEL	1.00 m ²		
Area de relleno de EPS 5to. NIVEL	1.00 m ²		
Area de relleno de EPS 6to. NIVEL	1.00 m ²		
Area de relleno de EPS 7to. NIVEL	1.00 m ²		
Altura de relleno de EPS 1er. NIVEL		CARGAS VIVAS	
Altura de relleno de EPS 2do. NIVEL	1.04 m.	Se considera un tránsito vehicular del tipo T3-S2-R4	
Altura de relleno de EPS 3er. NIVEL	1.04 m.	De 9 ejes, 4 neumáticos por eje	
Altura de relleno de EPS 4to. NIVEL	1.04 m.	Para tipo de camino A, con una carga máxima de :	72.5 Ton.
Altura de relleno de EPS 5to. NIVEL	1.04 m.	Carga por eje:	8.06 Ton.
Altura de relleno de EPS 6to. NIVEL	1.04 m.	Carga por neumático:	2.014 Ton.
Altura de relleno de EPS 7to. NIVEL	0.52 m.	Transferencia de carga a la base del terreno:	0.503 Ton./m².
PESO DEL VOLUMEN DE EPS		PESO MUERTO SOBRE EL T.N.:	1.55 Ton/m ²
Volúmen de EPS 1er. NIVEL	1.04 m ³	ALTURA TOTAL ADMISIBLE DEL MATERIAL DE ARROPE:	1.43 m.
Volúmen de EPS 2do. NIVEL	1.04 m ³	ALTURA TOTAL ESTIMADA DEL MATERIAL DE ARROPE:	0.80 m.
Volúmen de EPS 3er. NIVEL	1.04 m ³		
Volúmen de EPS 4to. NIVEL	1.04 m ³		
Volúmen de EPS 5to. NIVEL	1.04 m ³		
Volúmen de EPS 6to. NIVEL	1.04 m ³		
Volúmen de EPS 7to. NIVEL	0.52 m ³		
Volúmen total de EPS / m ²	6.76 m ³	PESO TOTAL SOBRE EL T.N.:	2.05 Ton/m²
Peso volumétrico del EPS	22 kg/m ³	F.S.REAL:	
Peso total del vol. de EPS / m ²	148.72 Kg/m ²	2.43	
Peso total del vol. de EPS / m ²	0.149 Ton/m ²	El esfuerzo actuante sobre el terreno natural es menor a la capacidad de carga admisible	

Figura 18. Análisis por m2 del EPS a utilizar en conjunto con el material de arrope y carga real transmitida al terreno.
Fuente: Molina, 2015.

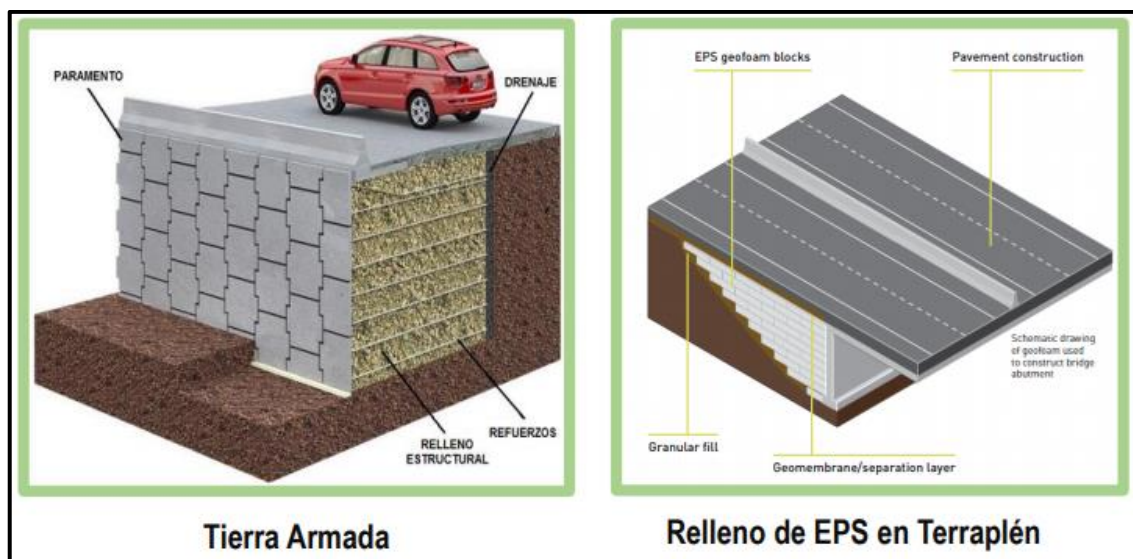


Figura 19. Comparativo entre un relleno convencional y el uso del EPS.
Fuente: Molina, 2015.

El proceso constructivo que se llevó a cabo en el paso superior vehicular realizado, consta de una nivelación del terreno natural, seguido a ello se instala la primera capa de bloques EPS, para seguir avanzando de manera escalada, se instalan anclajes metálicos entre estos bloques para dar una mayor adherencia entre estos, de igual manera se instalan coreas de amarre que impidan el movimiento lateral entre este material proporcionando la estabilidad del mismo, consecutivamente se realiza un sellado con arena fina entre las juntas verticales y la superficie horizontal del EPS. Ya instalado se procede a colocar las vigas de amarre y el refuerzo longitudinal posteriormente se vierte el concreto y se vibra. Se realiza la instalación de tierra armada por medio de Geo Strap que consiste en bandas sintéticas que simulen las condiciones de refuerzo longitudinal entre el terreno a utilizar y así brindarle mayor resistencia a las deflexiones que se puedan ocasionar, obteniendo un mejor comportamiento ante las constantes cargas dinámicas que puede estar sometida la estructura, seguidamente se procede a realizar la instalación del terraplen, material seleccionado como rasante y la construcción de los carriles del paso vehicular superior. A continuación, se detalla el proceso ya descrito por medio de una secuencia de figuras (Esquivel, 2015).



Figura 20. Nivelación del terreno natural.
Fuente: Molina, 2015



Figura 21. Instalación de correas de amarre.
Fuente: Molina, 2015



Figura 22. Anclajes metálicos y nivelación de bloques.
Fuente: Molina, 2015



Figura 23. Instalación de bloques escalonados.
Fuente: Molina, 2015



Figura 24. Arena de sello entre bloques y juntas.
Fuente: Molina, 2015



Figura 25. Figurado de acero.
Fuente: Molina, 2015



Figura 26. Colado de concreto y vibrado.
Fuente: Molina, 2015



Figura 27. Tierra armada y detalles de Geostrap.
Fuente: Molina, 2015



Figura 28. Terraplen sobre tierra armada y EPS.
Fuente: Molina, 2015



Figura 29. Rasante.
Fuente: Molina, 2015



Figura 30. Paso a desnivel culminado.

Fuente: Molina, 2015

El descenso de asientos y presiones en el suelo de apoyo con el uso de bloques EPS, con el uso de este material de relleno, se encuentra en un alrededor de 302 mm frente al anterior que se evidenciaba un 58mm en los terraplenes, debido a su casi nulo peso. En los plazos de ejecución se presentaron dentro de un 30%, condicionado a la reducción que se debe tener en esta clase de elementos, focalizando que no se existieran asientos en la puesta de los bloques, con disipación en la presión intersticial, finalizando un 40% del total granular empleando este material de relleno. El material de relleno, redujo distorsiones en el centro y el extremo en las diferentes etapas de los bloques, contrayendo de manera radical la explanada en los terraplenes (Dávila, 2013).

Capítulo 3. Especificaciones técnicas para rellenos con poliestireno expandido en terraplenes

Al implementar EPS para mejorar los terraplenes, se tienen en cuenta diferentes especificaciones y prácticas para el progreso favorable de las actividades. Según las diversas normas consultadas, se ha descubierto que tienen propiedades a consideración al implementar espuma de EPS en soluciones de carreteras, teniendo en cuenta que "cada Geoblock posee un grosor y una estructura homogénea de celdas cerradas junto a la superficie, con bordes rectos, paralelas y con superficies planas (Acuña, 2017).

Autor como: LIU JinYuan en "Comportamiento de la fluencia del suelo compuesto de EPS", Javier J. Arias Acebo en "Uso de poliestireno expandido en pistas", Ing. Carlos Brown en "GEOFAM en tecnología vial: una alternativa a considerar", Carlos Geovanny Almeida Ávila en la aplicación de bloques de EPS en terraplenes "cree que todas las partes de las propiedades de EPS, la manera de adaptación del terreno y la forma y propiedades requeridas para lugar. Con las propiedades de EPS y las propiedades descritas en el capítulo predecesor, se posee una concepción de lo que se necesita en la zona y así transportar a cabo el diseño anterior que garantiza el perfeccionamiento de la subrasante para el proyecto viario. De esto, se toman las circunspecciones necesarias para su práctica. Según Almeida, 2014 en la tesis "Uso de bloques de poliestireno expandido en terraplenes" como una característica general para el uso y instalación de EPS in situ, se deben reflexionar los niveles de agua subterránea, el momento

hidrostático y el drenaje en terreno inclinado, forma de acuerdo con la lecho de sostén " el primer revestimiento de bloques de EPS debe estar completamente apoyada en toda la extensión". Por lo tanto tiene un revestimiento completamente anverso (Almeida, 2014).

El poliestireno expandido utilizado en la construcción de carreteras tiene como característica principal el buen comportamiento bajo carga permanente y dinámica (Formapol., 2018).

Cabe mencionar que se debe tener a consideración, en la aplicación de piezas moldadas de poliestireno expandido, que este en sus espesores no deben estar menores a 8mm, el productor a consideración de ello se necesita de pentano que es el agente que logra acción de las partículas de las perlas para que se produzca la espuma y esta se incrementen hasta 60 veces en tamaño en la exposición al vapor del agua , al tener esto en cuenta , se manejaran rangos de 0,7- 0,9 entre perlas donde se tiene que saber que esto será el 93% de las perlas en el elemento ,pero presentando excepción entre el 5% y el 2% , el primero debe ser mayores a 1mm, y los segundos menores a 0,5mm. Por tanto este material mantiene un porcentaje para la humedad de 0,5% superior. En el caso de almacenamiento máximo se tiene que es de un 1 mes y a temperatura de 20°C, promedio (Castro, 2015).

De acuerdo con el Manual para el diseño de cimientos superficiales y profundos para carreteras (Invias, 2013), se aprueba el uso de EPS como método de mejora del terreno,

proporcionando las pautas necesarias para diseñar cimientos de carreteras, compilar teorías y aprobar criterios (Formapol., 2018).

Luego se consideran las siguientes pautas:

La construcción de terraplenes de bajo peso se usa para reducir las fuerzas de acción que causan sedimentación e inestabilidad. Dentro de los materiales adecuados implementados en esta solución, el poliestireno se encuentra en bloques que, a pesar de su bajo peso, no se usan para altos costos de material (Invias., 2013).

Se deben usar materiales de baja densidad, que varían entre $0.16 \text{Kn} / \text{m}^3$ ($1 \text{Lb} / \text{ft}^3$ para poliestireno en bloques, en relación con los materiales convencionales que tienen densidades de 18 a $22 \text{Kn} / \text{m}^3$ (115 - $140 \text{Lb} / \text{ft}^3$) (Formapol., 2018).

El EPS tomado como material de relleno tiene un rango de densidad de 0.12 - $0.32 \text{Kn} / \text{m}^3$ (0.75 - $2.009 \text{Lb} / \text{ft}^3$) y un rango de gravedad específica de 0.01 a 0.03 , tomado de la Tabla 10.4 Material más ligero a llenar el manual de diseño para recubrimientos y cimientos profundos (Invias., 2013).

La primicia en el que se fundamenta el cimiento para la edificación de EPS no es descomponer la ecuanimidad presente en el terreno, ya que la ponderosidad del terreno cóncavo es conforme al peso del nuevo concreto de EPS situado más la edificación de la vía. En el diseño de Poliestireno Expandido (EPS), considere el estabilizador para asentamientos, solidez de taludes y dimensión de carga, teniendo en cuenta el repartimiento de voltajes en un terraplén no homogéneo, reconstrucción bajo condiciones no controladas. LA NCHRP recomienda usar la resistencia EPS como 0.25 de resistencia a la compresión (Invias., 2013).

Tabla 1

Propiedades elásticas de la geoespuma EPS (Modificada del Ground improvement Methods, agosto 2006).

Designación del material	Designación ASTM	Densidad seca de cada bloque (Lb/pie³)	Ensayo de densidad seca del espécimen (Lb/pie³)	Esfuerzo límite elástico (Lb/pulgada²)	Módulo de Young inicial tangente (Lb/pulg²)
EPS 40	I	1,00	0,90	5,8	580
EPS 50	VIII	1,25	1,15	7,2	725
EPS 70	II	1,50	1,35	10,1	1015
EPS 100	IX	2,00	1,80	14,5	1450

Nota: Importante al escoger el tipo de material a utilizar.

Fuente: <http://www.ce.memphis.edu/7137/PDFs/Seismic%20Manual/South%20Carolina/Chapter%2019%20Ground%20Improvement%20-%202002242010.pdf>

Tabla 2.

Valores de diseño para la geoespuma EPS (Modificada del Ground improvement Methods, agosto 2006).

Densidad seca (Lb/pie³)	1-2
Resistencia a la compresión y a la flexión (Lb/pulg³)	6 – 14 (Varia con la densidad)
Módulo de elasticidad (Lb/pulg²)	580 – 1450
CBR (%)	2 – 4
Coefficiente de presión lateral	El esfuerzo lateral que ejerce la masa adyacente puede reducirse en una relación de 0,1 de la presión horizontal respecto de la presión vertical.

Nota: Importante al escoger el tipo de material a utilizar.

Fuente: <http://www.ce.memphis.edu/7137/PDFs/Seismic%20Manual/South%20Carolina/Chapter%2019%20Ground%20Improvement%20-%202002242010.pdf>

Se tiene entonces en las tablas 1 y 2 según el manual del Invías los parámetros necesarios de diseño que se requiere utilizando el EPS, de igual forma según Isotex 2011 en *la figura 15* se tiene las siguientes propiedades:



Figura 31. Propiedades del EPS tenidas en cuenta en la aplicación de soluciones constructivas.

Fuente: <https://grupoisotex.com/wp-content/uploads/2015/04/USO-DEL-EPS-EN-OBRAS-DE-INGENIERIA-CIVIL.pdf>

Estas son propiedades que se tienen en cuenta para el diseño de EPS como material base en estructuras de baja estructura con el principio de equilibrio de carga.

Según (Invias, 2013) afirma que: "los bloques de EPS pueden absorber agua cuando se colocan debajo de ella, después de 10 años pueden tener una densidad de 4.8 a 6.4 Lb / ft³, mientras que durante el mismo período de tiempo, sobre el agua tienen densidades entre 1.9 y 3.2 Lb / ft³". Para la construcción, los valores de densidad más altos se usan en vista de la absorción de agua, la filtración en bloque ubicada debajo del perfil del agua, ya que esto proporciona una cobertura que define un factor de resistencia de 0.75". Utilice pendientes planas o con pendiente 2H: 1V y una cobertura mínima de 0,30 m. Si se requiere una pendiente vertical, la superficie expuesta de los bloques puede cubrirse con hormigón colado u otro material que tenga protección UV duradera".

3.2. Montaje y fijación de los bloques

Los bloques de EPS deben ser soportados en toda la superficie sin superficies vacías y sin espacios" De acuerdo con (Almeida, 2014) las juntas deben tener una separación mínima de 0.5 mm para tratar de hacer que los bloques sean completos, rellenar dos capas teniendo en cuenta el perímetro y zonas de transición que evitan deslizamientos de tierra (Almeida, 2014).

Está prohibido fumar y disparar hasta que los bloques estén completamente cubiertos, así como el agua debe extraerse durante la construcción hasta que se haya colocado un peso

suficiente para evitar la flotación, los bloques instalados deben cubrirse inmediatamente (Almeida, 2014).

Cada sección a través del bloque Geofom debe tener una apariencia uniforme y mostrar una buena soldadura de las partículas, se debe colocar un rodamiento que se encargue de distribuir las cargas que protegen los bloques EPS. La superficie actúa como base para las capas superiores. Durante la construcción, la carga de tráfico no debe exceder los límites determinados por el grosor del material colocado en Geofom (Formapol., 2018).

Las cargas se distribuyen con una losa de hormigón armado con un espesor de 12 a 15 cm, vaciadas en su lugar. En el caso de los bloques ubicados cerca del fondo del terraplén, se puede evitar este tipo de capa de refuerzo. El grosor del material en contacto con la superficie superior del bloque de EPS o la losa de concreto no debe ser inferior a 30 cm para permitir una compresión suficiente (Formapol., 2018).

Se solicita que los bloques Geofom se coloquen en dos fases y los cojinetes se coloquen en juntas descentralizadas para curar el ensamblaje. Se transporta lateralmente con tierra para que los bloques no corran el riesgo de ser movidos por un tipo involuntario de maquinaria pesada que funciona (Formapol., 2018).

Una vez que se ha colocado el último, el material granular que servirá de base para el recubrimiento de asfalto comienza en él. En algunos proyectos, se coloca una manta de geotextil en la última capa de EPS para que las partículas más gruesas no dañen el EPS (Invias., 2013).

3.3. Talud del relleno con bloques de EPS

La pendiente de la pendiente se elige con respecto a la seguridad, el perfil, el terreno cubierto y la planta, la cobertura lateral de los bloques de EPS revueltos debe hacerse con un espesor mínimo de 25 cm de capa de tierra medida perpendicular a la pendiente. "Del mismo modo, los rellenos de alta pendiente (mayor que 1: 1.5) deben diseñarse con respecto al deslizamiento con medidas apropiadas, revestimiento geoplástico o gaviones (Almeida, 2014).

El EPS en densidades entre 20 y 30 kg / m³ tiene una alta resistencia a la compresión, flexión y corte, lo que permite la distribución de cargas vivas y pesos muertos, lo que proporciona una mayor eficiencia. Los bloques de geofoam comúnmente utilizados para la construcción de bancos de luz son prismáticos y tienen dimensiones de: 500 x 100 x 50 cm (Vivanco, 2003).

De acuerdo con las propiedades y propiedades presentadas por la espuma de poliestireno expandido (EPS), a pesar de su alto costo, es muy aplicable para la mejora de cimientos de carreteras, la reducción de mano de obra generalmente minimiza el funcionamiento de las máquinas, el período de construcción, ya que facilita la instalación en todo clima y horarios, La

alta resistencia y la baja densidad que permiten relacionar cargas y fuerzas a través de esto lo convierten en una mejora recomendada y aplicada de la geotecnología. Las reglas en diferentes países comparten similitudes en la espuma de poliestireno expandido con EPS como relleno de mejora de carreteras, teniendo en cuenta la densidad, la resistencia, el clima y el comportamiento de los agentes químicos, y el grado de absorción y resistencia de cada bloque. El equilibrio de carga que se busca en el método de construcción para el terraplén favorece la implementación de los bloques de poliestireno expandido porque el peso de estos actúa libremente en el suelo, las capas que se calcinan en este prefieren la estructura básica para soportar el tráfico. El EPS que cumple suficientemente con el sistema de construcción especificado es una forma de mejorar las subvenciones que proporcionan resultados favorables de construcción de carreteras, resuelven problemas geotécnicos, evitan la instalación en suelos blandos y mejoran la movilidad debido a su alta resistencia. El peso notablemente más bajo de los bloques de poliestireno expandido EPS, las propiedades mecánicas y la alta capacidad de soporte hacen que la implementación del banco de luz se vea mucho más sabrosa como un sistema de construcción para mejorar la base de las carreteras, las propiedades EPS no se ven afectadas por el agua, esto proporciona una mejor manejo y proporciona deformaciones insignificantes. En el país, la implementación de este método debe ser más amplia, teniendo en cuenta todas las ventajas y características necesarias para su uso como mejora vial (Vivanco, 2003).

Capítulo 4. Comparativo entre el uso de los bloques de poliestireno expandido con los rellenos convencionales en terraplenes.

La industria de la construcción ha sido uno de los sectores con mayor participación financiera en nuestra sociedad, por lo tanto, la implementación de nuevos materiales amigables con el medio ambiente, fácil adquisición y extracción es uno de los desafíos en el campo de la construcción, ingeniería civil, en todas las ramas que la componen especialmente en geotecnia vial.

El suelo sobre el que se construirá cada estructura de soporte, ya sea asfalto u hormigón rígido, define las propiedades y los materiales que se utilizarán para su mejora y / o estabilización. “Uno de los aspectos más importantes es la compresibilidad del suelo, lo que significa que el suelo se deformará fácilmente, por lo que requerirá algún tipo de relleno sanitario antes de poder ser utilizado” (Quiroz, 2019).

Colombia se caracteriza por tener tres cadenas montañosas que cruzan todo su territorio con terreno empinado, que en invierno tiene caminos en las carreteras que no tienen una estructura de soporte que pueda soportar la congestión del tráfico y la evacuación rápida del agua de lluvia, lo que afecta el aumento de los tiempos de transporte y crea uno de los El mayor daño que puede sufrir una nación, que es el aumento en los costos del producto, es crucial que las

soluciones relacionadas con la red de carreteras del país sean soluciones concretas, duraderas, de implementación simple y la construcción es, por lo tanto, la posibilidad de rellenos ligeros en construcción (láminas de poliestireno expandido) a una de las alternativas más importantes para la mejora geotécnica de muchas de las carreteras del país (Ministerio de Ambiente de Colombia, 2015)

El uso de esta alternativa es muy ventajoso porque acelera los tiempos de diseño, un factor dominante en el trabajo, su colocación es inmediata y fácil de realizar, una de las características más importantes de su rendimiento en comparación con las tradiciones llenas es la baja densidad disponible, que es un factor significativo factor en el diseño de carreteras porque permite reducir la fuerza vertical en comparación con los vertederos actuales; Una de sus principales aplicaciones es en suelos blandos, que, habiendo hecho su estabilización adecuada ya sea en cal o cemento, son notables para usar rellenos ligeros como láminas de EPS, lo que reduce la probabilidad de sedimentación en el futuro (Quiroz, 2019).

4.1. Beneficios de EPS sobre vertederos convencionales

El uso de EPS en los terraplenes en comparación con los vertederos tradicionales proporciona una solución eficiente y rápida en el diseño, que es una alternativa que se ha implementado en países europeos y asiáticos que logran resultados satisfactorios debido a las

muchas ventajas que resultan del diseño estructural del espesor del pavimento gracias a él. La gran resistencia a la compresión que ofrece soporta significativamente el tráfico vehicular que circula en carreteras y caminos secundarios por un tiempo casi inmediato hasta su colocación, en cambio, los rellenos tradicionales deben someterse a un proceso de consolidación previa. se pueden llenar con materiales de reemplazo. Después de esto, el proceso de construcción se lleva a cabo mediante las losas en concreto rígido o el que se extiende en asfalto dependiendo de cuál sea el caso (Quiroz, 2019).

Los rellenos tradicionales se realizan teniendo en cuenta ciertas características que hacen de ellos mejoramientos óptimos para terraplenes, y deben cumplirse a cabalidad con el objeto de proporcionar a la estructura de soporte ya sea base, sub-base, mejoramiento en roca, una adecuada capacidad portante que no incurra en fallos o hundimientos siempre asegurando la estabilidad del terreno para lograr estas condiciones se deben cumplir una serie de requisitos técnicos en los que se encuentra la utilización de piedra y roca que no puede ser mayor a una dimensión de dos tercios de la altura de capa una de las capas que se van a compactar, el mayor espesor que pueden adquirir es de 0,5m en capas medianas o iniciales ya en la capa de terminación la piedra empleada no puede ser mayor a 0.05m; con respecto a los suelos que sean limosos o arcillosos cabe la posibilidad de emplearse en la capa mediana del terraplén; con la condición de no emplearse si se presentan arcillas plásticas (muy deformables) o limos que se puedan comprimir cuando se encuentren en estado líquido, siempre teniendo como principio que los materiales que se instalaran en la base el pavimento proyectado debe poseer mayores

características granulométricas que permitan garantizar el soporte de la carpeta de rodadura a implementar (Acuña, 2017).

Cabe señalar que los suelos que contienen material orgánico no pueden utilizarse para la construcción de terraplenes, ya que no garantizan las condiciones óptimas de soporte ofrecidas por otros suelos granulométricos; sin embargo, las bases y sub-bases utilizadas deben tener un CBR mayor que tres, siempre que cumplan con las condiciones de drenaje apropiadas, de manera similar, para el nivel de terminación de la base o sub-base del terraplén que es. El uso puede ser mayor que 5 siempre que tenga una mejora adecuada que certifique Su capacidad de carga (Acuña, 2017).

El relleno con EPS implica un proceso constructivo que debe seguirse cuidadosamente para proporcionar suficiente estabilidad para la superficie de rodadura, cavando a las profundidades especificadas en el plan de diseño o con la altura que desea llenar, cortando y colocando cada una de las capas de poliestireno expandido hecho Finalmente, puede comenzar con el trabajo de recubrimiento, que reduce las horas de trabajo en comparación con los rellenos convencionales (Quiroz, 2019).

El sistema EPS tiene muchos beneficios de aplicaciones constructivas, económicas y diversas que lo convierten en una herramienta que debe ser priorizada, estudiada e implementada

en América Latina, ya que se adapta al alivio presentado en la región, esta es una descripción de varios autores sobre la implementación de Este material como relleno desde una perspectiva académica y constructiva. Este relleno liviano tiene un alto costo de adquisición en comparación con los rellenos tradicionales utilizados para las bases -su, pero proporcionan una manipulación y colocación inmediata, debido a su peso, adaptación a las irregularidades geométricas que se pueden presentar en el suelo y facilitan su corte e instalación. , que facilita la ejecución de las operaciones de construcción planificadas para la construcción de murallas, además no requiere la implementación de maquinaria pesada como vibrocompresores o niveladoras, ya que el proceso de nivelación está de acuerdo con la geometría de la pista y no necesita compresión para su implementación, de alguna manera compensa los costos en comparación con usualmente usamos los rellenos (Vivanco, 2003).

Esto ahorra tiempo, que se percibe como un ahorro significativo en mano de obra y equipo, que es uno de los componentes que constituyen el mayor costo en la parte administrativa de cualquier proyecto de construcción de carreteras, que obtiene empleos en menos tiempo de lo acordado originalmente, lo que representa ganancias en proyectos de carreteras (Vivanco, 2003).

Un claro ejemplo de ahorro de tiempo que se puede presentar con la colocación de este material en su lugar los presenta Shong, (2012) establece que: "es posible establecer que un grupo de 6 personas trabajen 5 horas al día durante un período de una semana puede instalar aproximadamente 535 metros cúbicos de poliestireno expandido. Este precedente puede ser

bastante significativo porque la misma cantidad de volumen estabilizado con el llenado convencional tomaría más tiempo en realizarse”. (p.150)

Del mismo modo, el uso de EPS es uno de los materiales que es muy ligero, por lo tanto, el costo de los volúmenes de transporte se reduce significativamente en comparación con los vertederos tradicionales. Según Shong, (2012) determinó que: “para igualar el volumen de bloques de poliestireno expandido que llegaron al sitio en un camión con una plataforma, se necesitaban aproximadamente 12 vagones con material de relleno convencional”.(p.200)

Los aspectos beneficiosos presentados en comparación con los vertederos tradicionales, que lograron guardar las siguientes secciones como una contribución significativa a sus respectivas adquisiciones: La disminución notable en la cantidad de viajes, que afecta inmediatamente la disminución en el precio del transporte, que es, por lo tanto, una variable significativa, ya que los retrasos en las actividades planificadas en el trabajo debido al menor transporte del material no se ven afectados porque el material está disponible de inmediato en el sitio para colocación y puesta en servicio (Vivanco, 2003).

Este ejercicio fue confirmado por el departamento de ventas del grupo MECO, que informa que el hecho de mover 40 m³ de EPS es el espacio provisto por un vertedero tradicional de 6 m³ para poder transportar la misma cantidad con respecto al vertedero convencional que una

cantidad se utilizaría para 7 viajes. que reduce significativamente los costos en este aspecto, es un aspecto para estudiar e implementar desde la parte administrativa de un proyecto vial (Vivanco, 2003).

Una de las características que lo hace tan especial es que no exhibe cambios cuando se expone a la humedad debido a la fuga de agua de lluvia en el terreno, lo cual es una ventaja muy útil cuando está en presencia de suelos con una capa freática, ni hace ejercicio. Los esfuerzos de estabilización lateral de taludes o taludes adyacentes a los terraplenes a construir, esto representa una ventaja bastante significativa, al estudiar estas variables hace de este material la solución necesaria para las carreteras en nuestro país que en la mayoría de los casos son susceptibles a fallas y más cuando está en el proceso de comprimir rellenos convencionales (Vivanco, 2003).

Desde una perspectiva geotécnica, la generación de asentamientos dentro de la geotecnia vial es uno de los principales desafíos a los que se enfrenta, ya que la cantidad de agua entregada en el proceso de compactación a partir de la calidad del vertedero garantiza suelos estables que pueden soportar el espesor de rodadura propuesto en el diseño, pero el uso de EPS reduce la generación del acuerdo como se muestra en base a la baja resistencia al inserto que exhiben algunos pisos cuando están sujetos a cargas adicionales para las cuales están diseñados, los desplazamientos laterales que pueden causar interiores pueden ser causados por el peso de la estructura construida, un claro ejemplo de esto que ocurre en la intersección de las calles. lo que significa que la implementación de EPS reduce significativamente la importancia del relleno

ligero, lo que reduce la probabilidad de asentamientos significativos con el tiempo (Almeida, 2014).

En el caso de suelos de baja carga, lo ideal es la implementación de rellenos ligeros que permitan reducir la carga que actúa en el suelo y proporcione suficiente estabilidad para el terraplén para el uso respectivo del tráfico de vehículos, la estructura se llama GEOFAM. (Almeida, 2014).

4.2. Algunas conclusiones de investigaciones anteriores

Dado el diseño geotécnico, las siguientes conclusiones se pueden rescatar de la investigación realizada en la Ciudad de México, que destaca las características de la carga de soporte. Entre estos se encuentra que el límite elástico presentado por EPS se presenta a 50 Kpa bajo una carga operativa distribuida de 13 KPa, se presentan asentamientos de 0.5 cm que no tienen una deformación permanente, sino que recuperan su forma y dimensiones cuando se retira la carga , lo que lo convierte en un material con condiciones óptimas, ya que no se requiere la preparación del relleno en comparación con el relleno convencional al que se deben realizar pruebas de densidad que ratifican su estabilidad en función de la prueba de supervisor modificado al 95% (Vivanco, 2003).

El EPS es un material que exhibe un comportamiento óptimo después de la exposición al agua, lo cual es muy ventajoso en los niveles de agua subterránea, ya que tiene una característica de impermeabilización caracterizada por su no absorción. Según (Almeida, 2014) "al sumergir el material completamente en agua, los niveles de absorción son mínimos con valores entre 1% y 3% en volumen (prueba de inmersión después de 28 días)". Del mismo modo, no presenta descomposición química, lo que garantiza su estabilidad después de estar bajo tierra, no se ve afectado por el material vegetal que puede desgastar el elemento, que es una propiedad muy útil debido a la propagación de la capa de la planta. (Almeida, 2014).

Tabla 3.

Análisis comparativo entre el uso de los bloques de poliestireno expandido con los rellenos convencionales en terraplenes.

ANALISIS COMPARATIVO ENTRE EL USO DE LOS BLOQUES DE POLIESTIRENO EXPANDIDO CON LOS RELLENOS CONVENCIONALES EN TERRAPLENES.

FACTOR	EPS	MATERIAL COMUN
Densidad y Resistencia a la Compresión.	En aplicaciones geotécnicas se emplean bloques cuya densidad varía entre los 15 y 30 kg/m ³	Los rellenos convencionales utilizados para la elaboración de terraplenes deben presentar como mínimo un CBR de 10% para ser seleccionado y empleado.

Continuación tabla 3.

Asentamiento.	<p>Los bloques de EPS debido a sus condiciones de impermeabilidad y gran soporte de carga a compresión lo hacen nulo a presentar asentamientos.</p>	<p>Los materiales convencionales por lo general presentan asentamientos diferenciales con el paso del tiempo, dependiendo del tipo de suelo a emplearse, además, si se presentan infiltraciones se puede presentar asentamientos en un menor tiempo o procesos de licuefacción dependiendo de la cantidad de agua infiltrada.</p>
Proceso de instalación.	<p>El EPS presenta una gran ventaja en su colocación en obra pues se adapta fácilmente a las condiciones que el terreno presente, sin necesidad de realizar ensayos que brinden la estabilidad del mismo pues soporta grandes cargas a compresión ofreciendo estabilidad al terreno de manera casi inmediata, además su asentamiento es muy mínimo lo cual representa una ventaja para la construcción de terraplenes.</p>	<p>Los rellenos convencionales requieren la utilización de agregados los cuales deben cumplir una serie de ensayos entre ellos están: Granulometría, índice de plasticidad, CBR, entre otros, que garanticen su estabilidad, por ende su utilización debe realizarse de una manera más técnica pues para obtener los resultados esperados por dichos ensayo se debe incurrir en utilizar maquinaria pesada (Vibro compactador) para garantizar los aspectos anteriormente mencionados</p>

Continuación tabla 3.

Impermeabilidad.	<p>El EPS es un material no higroscópico, es decir, que no absorbe agua, aun si está sumergido en ella, solo absorbe una cantidad muy baja de humedad, esto se debe a que las paredes de las células son impermeables, el agua solo puede penetrar en los canales de las perlas soldadas entre sí. Esto significa que la cantidad de agua absorbida depende tanto del comportamiento en la elaboración de la materia prima de EPS, como de las condiciones de transformación, especialmente de la expansión</p>	<p>Los rellenos convencionales deben cumplir con el límite líquido exigido por el artículo 220-13 del INVIAS, el cual establece que el material a utilizar debe tener este aspecto menor o igual al 30% para su implementación en terraplenes.</p>
Heladas.	<p>Como aislante caldeado hacen que el EPS limite los daños por heladas en las estructuras de mecánica urbana inclusive con el minúsculo grosor. Un sedimento de EPS de 5 a 6 cm es bastante para obviar que la temperatura de la cimentación de la vía descienda por debajo de °C</p>	<p>La mayor parte de los rellenos que son propensos a heladas, tienden a crear capas de hielo en su interior que al ser derretido aumenta el porcentaje de humedad por tanto es más susceptible a presentar asentamientos y licuefacción.</p>

Continuación tabla 3.

Factor Económico.	<p>El coste por medida cúbica de este concreto es considerablemente más costoso que el de los materiales que convencionalmente se utilizan para la edificación de cimiento y sub-base de un suelo. Sin incautación, las ventajas que brinda este concreto compensa el habitudo de que sea comparativamente inasequible.</p>	<p>Su costo económico por metro cubico es económico, pero implica un gasto adicional en la implementación de maquinaria para cumplir con los requisitos de normatividad exigidos por el artículo 220-13 de INVIAS.</p>
Sismicidad.	<p>El EPS ante efectos sísmicos presenta un gran comportamiento pues su estructura hecha a base de polímeros le brinda una gran elasticidad lateral y recuperación inmediata de su estado anterior, lo cual es muy útil para las vías pues evita la generación de fallas en la coronación de los terraplenes.</p>	<p>Los rellenos convencionales no tienen una respuesta ventajosa ante los efectos sísmicos pues debido a la compactación que experimentan en el proceso de construcción le permite soportar las cargas verticales, pero ante las laterales (cortante) su comportamiento es menor, generando en la mayoría de los casos fallas en la coronación de los terraplenes.</p>

Continuación tabla 3.

Tiempo de reparación.	El montaje para las reparaciones en terraplenes con bloques de EPS, se hace de manera más rápido, aunque este sistema está diseñado para una vida útil más larga que la obtenida con los materiales comunes.	Los procedimientos convencionales utilizados para mejorar el terreno mediante una renovación completa o parcial del mismo, usando material común, por lo general exigen mucho tiempo
Protección para estructuras complementarias.	EPS para disminuir las cargas finales sobre estructuras enterradas (Alcantarillas, Cajas de Inspección, entre otros), permitiendo un ahorro directo de materiales, al permitir estructuras menos exigentes, o modificaciones especiales, (ampliación de luces o alturas), en la estructura.	Los rellenos convencionales incrementan los costos y aumentan la presión de tierras sobre estructuras enterradas (Alcantarillas, Cajas de Inspección, entre otros) siendo una desventaja, pues propenda el desgaste de este tipo de elementos a lo largo del tiempo.

Nota: Análisis comparativo entre el uso de los bloques de poliestireno expandido con los rellenos convencionales en terraplenes.

Fuente: Autores de la monografía

La tecnología vial es uno de los ejes transformadores de nuestra sociedad, por lo que el caso es que el gobierno colombiano ha realizado grandes inversiones en esta área en los últimos años para dar al país nuevas rutas para conectarse de manera rápida y eficiente para todo el país,

generando la reducción de tiempos en las rutas que duraron muchas horas, por esa razón, parte del proceso de construcción se utilizó como la construcción que el país enfrenta grandes desafíos, especialmente debido al alivio que tiene y los pisos tan inestables que tenemos en algunos departamentos, el primer desafío representado del proyecto llevado a cabo por varios consorcios, como la ruta del sol, es idealizar su mejora para proporcionar estructuras de soporte estables no solo para las carreteras, sino también para los viaductos realizados, este trabajo se acompaña de un análisis geotécnico que, en el peor de los casos, proporciona como una solución alternativa mejoras en el terreno con pedómetros de piedra como tramo se mueve entre 4 "y 6" para facilitar el proceso de construcción y proporcionar resistencia al enjuague de las carpetas del pavimento, que es un procedimiento costoso, difícil de adquirir debido a la distancia entre la cantera y el lugar donde se realiza el trabajo, el país tiene que abrir las puertas para la implementación de nueva tecnología lo que garantiza la estabilidad de nuestros suelos y, a su vez, nos permite movernos rápidamente en cada uno de los procesos de construcción, la implementación de poliestireno expandido por esta razón es una alternativa que no existe hoy en día, pero que ha permitido a Europa estabilizarse con el tiempo sus pavimentos y protegerlos de diversas heladas, lo cual es una gran ventaja debido a su condición geográfica, pero no solo estos países han implementado dicha tecnología sino también en América Latina, México se ha aplicado como precursor de esta nueva modalidad, como en la ciudad de Tabasco, el relleno de bloques de este material se realiza para un cruce en la carretera Villahermosa-Nacajuca, como una cuerda resulta en un progreso significativo en el trabajo, ahorrando tiempo de instalación del producto, ya que es muy práctico, fácil de ejecutar, ahorra tiempo y costos, ya que los rellenos convencionales implican un volumen excesivo de recebo o material seleccionado que debe procesarse específicamente al comprimir diferentes capas usando Las máquinas que aumentan

significativamente los costos económicos del trabajo en nuestro país también son un problema porque nuestras lluvias climáticas tan variadas ocurren en cualquier momento que hacen que falte el material de saturación y deben reemplazarse por otro, lo que aumenta el costo de las obras públicas que en muchas ocasiones. se contratan por un valor específico y terminan costando más de lo calculado a partir de este tipo de eventos imprevistos, el trabajo se retrasa y no se cumplen los tiempos originalmente contratados, por estas razones la implementación de poliestireno expandido es una de las tecnologías que debe hacerse cargo e implementarse en todo momento y en todo territorio para proporcionar optimización de obras civiles de los tres aspectos básicos de la gestión de proyectos coste, tiempo, trabajo, sin agregar la calidad y la longevidad que se debe proporcionar para las carreteras realizadas en nuestro país, que es en última instancia, uno de los Los parámetros más importantes que emergen del tercer mundo en el que nos encontramos y esto se logra con una infraestructura que garantiza la dinámica de nuestro comercio nacional e internacional (Vivanco, 2003).

Conclusiones

El poliestireno expandido es uno de los materiales que deben usarse en la construcción de terraplenes y carreteras debido a los diversos usos que tiene y su economía lo convierte en un material óptimo para estabilizar suelos blandos y rellenos, por lo tanto, su uso debe implementarse en grandes ampliamente en países latinoamericanos que comienzan con Colombia, que ha realizado poca investigación en esta área con referencia a México, que es un punto de partida para la implementación de este material en los diversos trabajos de ingeniería vial (Anape, 2013).

Gracias a su densidad y en base a la cantidad de EPS este material posee una densidad entre 10 a 50 kg/m³, que genera un material ligero, además presenta átomos de hidrógeno y carbono debido a la falta de grupos polares. Hay una ausencia de capilaridad y en caso de ser empapado en agua su absorción es ínfima. Su nivel de absorción a los 28 días varía entre el 1% y el 3%, existiendo una resistencia la difusión del vapor del agua, provocando una difusión del vapor de agua de cualquiera material comparado con una capa de aire de un mismo espesor, para el caso del aire el valor, consecuentemente se observa una resistencia química, el EPS es un polímero no polar, esto significa que es vulnerable a los solventes orgánicos comunes como la acetona. Por otro lado, el EPS tiene una excelente resistencia contra medios acuosos ácidos o básicos, es así como aunado a ello el EPS tiene una gran capacidad para soportar las fuerzas que buscan comprimirlo (Almeida, 2014).

La espuma EPS es termoplástica que, cuando está bajo carga, se vuelve viscoelástica diferente de otros materiales elásticos. Por esta razón, su resistencia se mide con tensión de compresión con una deformación dentro de los porcentajes, en lugar de medir la resistencia a la presión. La deformación mencionada anteriormente porque es una deformación plástica no se considera para el diseño. El material, debido a su densidad, tiene una forma esférica de células gracias a su resistencia, se realizó un bloque con comportamiento isotrópico, es la resistencia a la compresión que depende de la temperatura, las partículas y la edad de la espuma. En detalle, fue posible demostrar la resistencia a la tracción de este material, ya que a medida que aumentaba la densidad, la resistencia a la tracción también aumentaba porque se prolongaba una ruptura en la prueba de tracción, cuyas propiedades dependían de la calidad de la soldadura, cuya amplitud variaba de acuerdo con la materia prima utilizada y los parámetros de transformación, que eran más uniformes a las condiciones de contorno, entonces eran más ajustados a la banda (Duque, 2016).

Debido a su resistencia a la flexión, este material facilitó la flexión cuando se vio afectado por cargas en la dirección perpendicular a su eje longitudinal. Con esta resistencia, se evaluó la manipulación y el control de calidad en relación con la soldadura EPS o la fusión, lo que resultó en que la densidad fuera mayor que la resistencia en términos de flexión de ruptura, se redujo mientras que la densidad aparente aumentó y el grado de soldadura (Almeida, 2014).

Sin embargo, en la resistencia al fuego debido al bajo punto de ebullición utilizado como agente de expansión, en el proceso de transformación, el agente de expansión comenzó a volatilizarse gradualmente, dando como resultado un residuo equivalente dentro de los porcentajes que facilitó el almacenamiento temporal. dependiendo de la densidad, dimensiones y otras características del producto (Dávila, 2013).

Para conceptualizar las especificaciones técnicas para el poliestireno expandido en la construcción de fuentes viales utilizando materiales alternativos, se presentó una prueba del aislamiento térmico donde se presentó una excelente capacidad de aislamiento térmico contra el calor y el enfriamiento. De hecho, muchas de sus aplicaciones están directamente relacionadas con esta propiedad, esta buena capacidad de aislamiento térmico se debió a la estructura del material en sí, que está esencialmente compuesta de aire encerrado en una estructura celular formada de poliestireno (Almeida, 2014).

Alrededor del 98% del volumen del material es aire y solo el 2% de sólidos (poliestireno). Todos saben que el aire en reposo es un excelente aislante térmico. La capacidad de aislamiento térmico de este material se definió por su coeficiente de conductividad térmica. Este poliestireno expandido era estable a muchos productos químicos. Ambos utilizando adhesivos, pinturas solventes y vapores concentrados hasta el producto final con estabilidad química con sustrato. El poliestireno expandido no forma un sustrato nutritivo para ninguno de los microorganismos. Era imputrescible, no se formó y no se descompuso. Sin embargo, en presencia de mucha suciedad,

el EPS puede convertirse en un portador de microorganismos sin participar en el proceso biológico. Tampoco fue atacado por las bacterias del suelo (Dávila, 2013).

Por otro lado, fue posible demostrar que este producto EPS cumple con los requisitos establecidos de salud, seguridad e higiene y, por lo tanto, se logró su uso con total seguridad en la fabricación de carreteras. El EPS no tiene un impacto ambiental nocivo, no es peligroso para el agua. Se pueden unir a la basura doméstica o cremarse. En cuanto al efecto de la temperatura, mantiene dimensiones estables de hasta 85 ° C. Sin descomposición ni formación de gases nocivos (Invias., 2013).

EPS facilita los métodos de diseño que proporcionan versatilidad y facilidad de instalación, lo que también reduce la tracción en las estructuras de contención, amortigua las cargas y reduce la densidad de llenado, absorbe la deformación producida por la estructura del pavimento.

Según estudios y comparaciones, los geobloques de EPS son materiales caros en comparación con los diversos rellenos convencionales, pero esto es funcional en términos de instalación, ajuste geométrico y rendimiento de diseño. El método utilizado debe garantizar la optimización de todos los factores que rodean el proyecto que cumplen con los criterios de evaluación necesarios.

Al usar poliestireno expandido, la carretera se reduce significativamente, este sistema tiene la ventaja de no transmitir tensiones verticales y esto reduce la carga en el metro, por lo tanto, la posibilidad de bajar (Almeida, 2014).

El poliestireno expandido actualmente no tiene ninguna regulación técnica que permita determinar de manera clara y concisa los parámetros que deben ser requeridos para su respectiva implementación en el sitio, solo tiene experiencia del fabricante y algunos ingenieros que han usado este elemento. Por lo tanto, INVIAS debe desarrollar un base técnica más profunda que permite la implementación técnica de dicho material en la construcción de terraplenes en nuestro país (Invias., 2013).

El uso de rellenos sanitarios convencionales, a pesar de ser menos costoso que el uso de poliestireno expandido, presenta defectos técnicos importantes si no se realiza correctamente durante el proceso de construcción, ya que debe ser muy exigente para capturar la densidad y el tipo de material proporcionado, por ejemplo, por lo tanto, la implementación del poliestireno es más viable, ya que reduce los procesos de instalación, no requiere el requisito del proceso de compactación y muestra un excelente comportamiento frente a los esfuerzos a los que puede someterse a cargas de tráfico dinámicas (Almeida, 2014).

Como es un material con características de aislamiento térmico, proporciona un gran ahorro de energía al edificio, que se gastaría en su aire acondicionado. Además de tener un buen

nivel de protección contra el ruido. Los geobloques se usan como relleno sanitario y, para afirmar terrenos inestables, son una muy buena solución para la construcción de rellenos sanitarios, para reponer estribos o pendientes o cualquier necesidad existente de mejorar las propiedades del suelo. Se pueden usar específicamente como relleno de luz, como aislante térmico, para una inclusión comprensible (Almeida, 2014).

En el caso de usarlo como relleno ligero, gracias al hecho de que el EPS es un material ligero, su peso por metro cúbico es aproximadamente cien veces menor que el del suelo, lo que lo convierte en el sustituto perfecto para los vertederos de puentes. Si se usa para una inclusión comprensible, aprovecha la compresibilidad de los bloques para construir cimientos profundos, así como estructuras de contención. También se pueden usar en cimientos superficiales que se encuentran en suelos expansivos. En el caso de utilizarlo para controlar vibraciones de alta frecuencia y baja amplitud debido a su practicidad, gracias a sus cualidades de amortiguación. Colocar bloques en una estructura de pavimento puede causar una disminución considerable de las vibraciones causadas por los automóviles. El uso como aislante térmico fue el primero que se le dio a los bloques de EPS, que se colocaron debajo de la estructura del pavimento para evitar la congelación de sus capas, debido a que está parcialmente compuesto de aire y su baja permeabilidad. Esto evita el agua migrar a la parte superior de la estructura y congelar allí. Para la venta de obras civiles son los siguientes tamaños: 100 cm de ancho; 200 cm de largo con 50 cm de espesor. Con densidades entre 15 y 30 Kg / m³ (Dávila, 2013).

Finalmente debido al poco tiempo de estudio del EPS en estructuras viales, es muy importante realizar un proceso de post-construcción el cual nos ayuda a adquirir una experiencia en el comportamiento de los geo bloques en estructuras funcionales, ya que, observando diferentes obras realizadas con este material se encontraron fallas producidas por agentes externos y esto no se vio evidenciado en los laboratorios cuando se realizaron los procesos de investigación; otro punto a tener en cuenta es la estabilidad de las estructuras de contención que confinan los bloques de EPS, pues de ello depende la estabilidad y durabilidad de la obra. Dicho esto, se podría extender la investigación enfocándose en el comportamiento tanto en las estructuras de confinamiento como de los mismos bloques después de su instalación.

Referencias

- Acuña, (2017). *Matereriales geologicos para la construccion de carreteras, terraplenes y presas*. (Trabajo de graduación universidad de los Andes), Peru. Obtenido de:
<https://es.slideshare.net/VladyAcas/meteriales-para-carreteras-terraplenes-y-presas>
- Almeida, (2014). *Uso de Bloques de Poliestireno Expandido en Terraplenes*. (Trabajo de graduación universidad central de Ecuador) . Quito, Ecuador.Obtenido de:
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2972>
- Alvarado, T. (2011). *Calibración de cono miniatura de laboratorio para determinar el limite liquido de los suelos*.Obtenido de:
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS0653.pdf>
- Anape. (2013). *Propiedades del EPS, Información Técnica*. Obtenido de
<http://www.anape.es/pdf/ficha73.pdf>
- Barrera, M. (2004). *Influencia de la succión en los cambios volumétricos de un suelo compactado*. Obtenido de:
<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt238.pdf>
- Brun, (2009)., *GEOFAM en ingenieria civil: Una alternativa a considerar* . Obtenido de:
http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_161_geofoam.pdf
- Brun, C. (2001). *GEOFOAM en la ingeniería vial: Una alternativa a considerar*. Obtenido de:
http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_161_geofoam.pdf
- Bustos, (2015). *Uso de rellenos livianos para carreteras de Costa Rica*. Obtenido de:
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/6094/1/39130.pdf>

Canoba, C. (2004). *Propiedades de las Rocas* Obtenido de:

https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Elasticidad_de_rocas.pdf

Castro, B. (2015). *Diseño de un sistema de producción y operaciones para la empresa induplac que permita optimizar el proceso de poliestireno expandido* (Especialización gerencia de producción y operaciones). Obtenido de:

<https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/772/Dise%c3%b1o%20de%20un%20sistema%20de%20produccion%20y%20operaciones%20para%20la%20em%20presa%20INDUPLAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Chavarro, (2015). *Evaluación alternativas pavimentación vías bajos volúmenes de tránsito*.

Obtenido de:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2617/1/Evaluaci%C3%B3n-alternativas-pavimentaci%C3%B3n-v%C3%ADas-bajos-vol%C3%BAmenes-de-tr%C3%A1nsito.pdf>

Cordero, (2011). *Costa Rican Ecosystems*. Obtenido de:

[https://books.google.com.co/books?id=Lv3TCwAAQBAJ&pg=PA89&lpg=PA89&dq=Cordero.+<2011>.+Bolet%C3%ADn+t%C3%A9cnico.+costa+rica.&source=bl&ots=AK_MT5Ic5L&sig=ACfU3U3S840ZT5oXgvImNYvbl-vSgVF3sg&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjmvO3WjPboAhXMnuAKHQo2A7QQ6AEwAXoECAsQMg#v=onepage&q=Cordero.%20\(2011\).%20Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico.%20costa%20rica.&f=false.pdf](https://books.google.com.co/books?id=Lv3TCwAAQBAJ&pg=PA89&lpg=PA89&dq=Cordero.+<2011>.+Bolet%C3%ADn+t%C3%A9cnico.+costa+rica.&source=bl&ots=AK_MT5Ic5L&sig=ACfU3U3S840ZT5oXgvImNYvbl-vSgVF3sg&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjmvO3WjPboAhXMnuAKHQo2A7QQ6AEwAXoECAsQMg#v=onepage&q=Cordero.%20(2011).%20Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico.%20costa%20rica.&f=false.pdf)

Cruz, D. (2018). *Zonificación de la capacidad portante del suelo de la localidad de soritor del distrito de soritor – provincia de moyobamba – región san martín.* (Trabajo de

- Graduación previo la obtención del Título de Ingeniero Civil). Obtenido de:
<http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2928>
- Dávila, J. (2013). *La utilización de poliestireno expandido en obras de geotecnia*. (Tesis doctoral, Universidad de Sevilla, Departamento de construcciones arquitectónicas I, Sevilla). Obtenido de: <https://idus.us.es/handle/11441/74934>
- Duque, E. (2016). *Geomecánica*. Obtenido de: <http://bdigital.unal.edu.co/1864/17/contenido.pdf>
- Esquivel, V. (2015). Al 30% avances de pasos a desnivel hacia Nacajuca. Obtenido de:
<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/tab/estudios/2008/27TA2008V0014.pdf>
- Formapol. (2012). *Geofoam*. Obtenido de: https://www.fanosa.com/productos/FT_Geofoam.pdf
- Hernandez, A. (2015). *Bacterias hidrocarbonoclasticas biodegradantes de poliestireno expandido*. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/497/49743956003.pdf>
- Instituto Mexicano del Transporte, (2002). *Introducción a la mecánica de suelos no saturados en vías terrestres*. Obtenido de:
<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt198.pdf>
- Invias. (2013). *Manual de diseño de cimentaciones superficiales y profundas para carreteras*. Obtenido de Invias: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manual-de-diseno-de-cimentaciones-superficiales-y-profundas-para-carreteras/1117-manual-de-diseno-de-cimentaciones-superficiales-y-profundas-para-carreteras/file.pdf>.
- López, A. (2009). Comportamiento mecánico del poliestireno expandido (eps) bajo carga de compresión. (Trabajo de Graduación previo la obtención del Título de Ingeniero Civil).

Obtenido de:

http://www.lareferencia.info/vufind/Record/MX_175d61850fcadf5d4d11c43bf904e14d

Medina, D. (2014). *Análisis de viabilidad para el uso del mortero celular en Colombia a partir de la revisión del estado del arte.* (Trabajo de Graduación previo la obtención del Título de Ingeniero Civil) Obtenido de:

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/16798/YanezLopezShirleyPao1a2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Molina, J. (2015). *Caso de aplicación de bloques de poliestireno en pasos a desnivel en la carretera villahermosa-nacajuca, estado de tabasco. II Encuentro Internacional de Innovación Tecnológica y III Simposio de Ingeniería Civil 2015" Universidad Francisco de Paula Santander .* Obtenido de:

<https://ufpso.edu.co/ftp/pdf/memorias/fing/encuentro/II-EIIT2015.pdf>

Morales, R. (2013). Deformaciones de las estructura. *revista de la universidad de mendoza,* (17), 1-14. Obtenido de: <http://www.um.edu.ar/ojs2019/index.php/RUM/article/view/107>

Ordoñez, I. C. (2014). *Uso de bloques de poliestileno expandido en terraplenes.* (Trabajo de Graduación previo la obtención del Título de Ingeniero Civil.). Obtenido de:

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2972?mode=full>

Pardon, M.(2002). *Reducción del daño sísmico.* Obtenido de:

<http://cidbimena.desastres.hn/docum/ops/libros/ReduccDaSismo.pdf>

Pérez, J. (2018). *Análisis experimental de la expansividad en suelos bentoníticos.* Obtenido de:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22861/1/%281%29%20Tesis%20Análisis%20Experimental%20de%20la%20expansividad%20en%20suelos%20bentoniticos.pdf>

Quiroz, (2019). *Análisis del uso de geobloques para aligerar el relleno en cimentaciones de edificios*. Obtenido de:

<http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/2911/1/Geobloques%20FINAL.pdf>

Salcan, N. (2017). *Plan estrategico para la comercialización del poliestireno expandido (eps) en la construcción de viviendas livianas y térmicas para la empresa plastro S.A.*”. Obtenido de:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16996/1/TESIS%20NOHEMI%20SALCAN%20GUAMAN.pdf>

Shong. (2012). *7ª Jornadas de Ciencia y Tecnología CyTAL 2016*. Obtenido de:

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/76966/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ullca, J. (2006). *Los rellenos sanitarios*. Obtenido de:

<https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047388001.pdf>

Vivanco, H. (2003). *“Bovedillas de eps (poliestireno expandido): una alternativa para la construcción de losas prefabricadas”*. Obtenido de:

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/bmfcic675b/doc/bmfcic675b.pdf>