

5

10

**GEOMALLAS INTEGRALES DE MULTICAPA EXPANDIDA
Y MÉTODOS DE FABRICACIÓN Y USO DE ESTAS**

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

La solicitud tiene relación con (y reclama el beneficio de prioridad de) la Solicitud Provisional de EE. UU. No. 63/291,624 presentada el 20 de diciembre de 2021.

15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la invención

La presente invención se refiere generalmente a geomallas integrales y otras mallas orientadas utilizadas para el refuerzo y estabilización estructural o de construcción, y otros fines geotécnicos. Más particularmente, la presente invención hace referencia a las geomallas integrales que

20 tienen una construcción tipo multicapa expandida que proporciona una compresibilidad mejorada de la geomalla integral. La presente invención también se refiere a las geomallas integrales que tienen características de una rigidez mejorada y la capacidad de interactuar y estabilizar una mayor variedad y rango de calidad de agregados, así como también otras características deseables como se divulga en este documento.

La presente invención también hace referencia al método de producir dichas geomallas integrales de multicapa expandida. Por último, la presente invención se refiere al uso de dichas geomallas integrales de multicapa expandida para el refuerzo y estabilización de suelos y partículas, y a los métodos de dicho refuerzo y estabilización.

5 A los efectos de esta invención, el término “geomalla integral” está destinado a incluir geomallas integrales y otras estructuras de malla integral hechas orientando (es decir, estirando) un material inicial polimérico en forma de lámina o una forma de lámina de un espesor requerido y teniendo agujeros o depresiones hechos o formados en su interior.

2. Descripción del Arte Relacionado

10 Las estructuras de malla integral polimérica que tienen aberturas de red definidas por varios patrones geométricos de hebras y uniones orientadas sustancialmente paralelas entre ellas, como las geomallas integrales, se han fabricado y vendido durante más de 35 años. Dichas mallas se fabrican extruyendo y formando una lámina inicial de fundición integral con un patrón específico de agujeros o depresiones seguido por el estiramiento uniaxial o biaxial controlado y la orientación de la lámina en

15 hebras muy orientadas y uniones parcialmente orientadas que definen las aberturas de red formadas por los agujeros o depresiones. Este estiramiento y orientación de la lámina en una dirección uniaxial o biaxial desarrolla la resistencia a la tracción y el módulo de las hebras en la dirección de estiramiento correspondiente. Estas estructuras de malla de polímero orientadas integrales se pueden utilizar para retener o estabilizar material particulado de cualquier forma adecuada, por ejemplo, suelo, tierra, arena,

20 arcilla, grava, etc. y en cualquier lugar adecuado, como al costado de una carretera u otro corte o terraplén, debajo de la superficie de una carretera, superficie de pista, etc.

Se han experimentado varias formas y patrones de agujeros para lograr niveles más altos de relación resistencia-peso, o para lograr velocidades de procesamiento más rápidas durante el

proceso de fabricación. La orientación se realiza bajo temperaturas y velocidades de deformación controladas. Algunas de las variables en este proceso incluyen la relación de estiramiento, el peso molecular, la distribución del peso molecular y el grado de ramificación o reticulación del polímero.

La fabricación y el uso de estas geomallas integrales y otras estructuras de malla integral se pueden lograr mediante técnicas bien conocidas. Como se describe en detalle en las Patentes de EE. UU. Nos.

4,374,798 de Mercer, 4,590,029 de Mercer, 4,743,486 de Mercer y Martin, 4,756,946 de Mercer y 5,419,659 de Mercer, un material de lámina de polímero inicial primero se extruye y luego se perfora para formar el patrón definido requerido de agujeros o depresiones. La geomalla integral se forma entonces por el estiramiento y la orientación necesarios del material de lámina perforada.

Estas geomallas integrales, tanto geomallas integrales uniaxiales como geomallas integrales biaxiales (denominadas conjuntamente “geomallas integrales”, o por separado “geomallas integrales uniaxiales” o “geomallas integrales biaxiales”) fueron inventadas por el mencionado Mercer a fines de la década de 1970 y han sido un gran éxito comercial en los últimos 35 años, revolucionando totalmente la tecnología de refuerzo de suelos, subpavimentos de calzadas y otras estructuras de ingeniería civil hechas de materiales granulares o particulados.

Mercer descubrió que comenzando con una lámina inicial de polímero relativamente gruesa y sustancialmente uniplanar, preferiblemente del orden de 1,5 mm (0,059055 pulgadas) a 4,0 mm (0,15748 pulgadas) de espesor, con un patrón de agujeros o depresiones cuyos centros se encuentran en una malla imaginaria sustancialmente cuadrada o rectangular de filas y columnas, y estirando la lámina inicial unilateral o biaxialmente de modo que la orientación de las hebras se extienda hacia las uniones; se podría formar una geomalla integral sustancialmente uniplanar totalmente nueva. Según lo descrito por Mercer, “uniplanar” significa que todas las zonas del material similar a una lámina son

simétricas alrededor del plano medio del material similar a una lámina.

En las Patentes de E.E. U.U Nos. 3,252,181 de Hureau, 3,317,951 de Hureau, 3,496,965 de Hureau, 4,470,942 de Beretta, 4,808,358 de Beretta y 5,053,264 de Beretta, el material inicial con el patrón requerido de agujeros o depresiones se forma junto con una extrusión cilíndrica de polímero y se logra una uniplanaridad sustancial al pasar la extrusión sobre un mandril en expansión. El cilindro expandido se corta longitudinalmente para producir una lámina inicial plana sustancialmente uniplanar.

Otra geomalla integral se describe en la Patente de EE. UU. No. 7,001,112 de Walsh (en adelante, la “patente Walsh '112”), asignada a Tensar International Limited, una compañía asociada del cesionario de la solicitud de patente, Tensar International Corporation, Inc. (en adelante "Tensar") de Atlanta, Georgia. La patente Walsh '112 revela geomallas integrales de polímeros orientados, incluida una geomalla integral estirada biaxialmente en la que las hebras orientadas forman aberturas de red triangular con una unión parcialmente orientada en cada esquina, y con seis hebras altamente orientadas que se encuentran en cada unión (en adelante, a veces denominadas en el presente documento “geomalla integral triaxial”). Las geomallas integrales triaxiales de la patente Walsh '112 han sido comercializadas por Tensar con un éxito sustancial.

Otra geomalla integral se divulga en las Patentes de EE. UU. No. 9,556,580 de Walsh, 10,024,002 de Walsh y 10,501,896 de Walsh, todas las cuales están asignadas a Tensar Technologies Limited, otra compañía asociada del cesionario de la solicitud de patente. Las Patentes de EE. UU. de Walsh antes mencionadas No. 9,556,580, 10,024,002 y 10,501,896 revelan una geomalla integral que tiene lo que se conoce para un experto en la técnica como una relación de aspecto alta, es decir, una relación entre el espesor o la altura de la sección transversal de la hebra y el ancho de la sección transversal de la hebra, que es mayor que 1,0. Si bien se ha demostrado que el rendimiento de las geomallas integrales multiaxiales se puede mejorar mediante el uso de una estructura de geomalla que

tiene nervaduras con una relación de aspecto mayor que 1.0, el aumento en la relación de aspecto viene con aumentos en la cantidad total de polímero requerido, lo que aumenta el peso y el costo de la geomalla.

5 Tradicionalmente, los materiales poliméricos utilizados en la producción de geomallas integrales han sido homopolímero de alto peso molecular o polipropileno de copolímero, y polietileno de alta densidad y alto peso molecular. Varios aditivos, como inhibidores de luz ultravioleta, negro de carbón, coadyuvantes de procesamiento, etc., se agregan a estos polímeros para lograr los efectos deseados en el producto terminado y/o la eficiencia de fabricación.

10 Y, también tradicionalmente, el material inicial para la producción de estas geomallas integrales ha sido típicamente una lámina sustancialmente uniplanar que tiene una construcción monoplanar,

i. es decir, es una sola capa homogénea de un material polimérico

15 Si bien una geomalla integral producida a partir de los materiales iniciales convencionales descritos antes exhibe propiedades generalmente satisfactorias, es estructural y económicamente ventajoso producir geomallas integrales que tienen un grado relativamente mayor de rigidez adecuado para las demandas de servicios tal como el refuerzo geosintético o que tienen otras propiedades deseables para aplicaciones geosintéticas particulares.

20 Por lo tanto, ha existido la necesidad de un material inicial no solo que sea adecuado para las restricciones del proceso asociadas con la producción de geomallas integrales, sino también que una vez que la geomalla integral se ha producido y está en servicio, proporciona un mayor grado de rigidez que el asociado con los materiales iniciales de la geomalla convencional, o proporciona otras propiedades deseables no disponibles con las geomallas integrales monocapa actuales.

Además, si bien una geomalla integral producida a partir de los materiales iniciales convencionales descritos anteriormente y en configuraciones convencionales puede exhibir propiedades

generalmente satisfactorias, es estructural y económicamente ventajoso producir una geomalla integral que tenga una estructura y geometría con la capacidad de acoplarse y estabilizarse con una mayor variedad y rango de calidad de agregados que sea adecuada para las demandas de servicios como lo son el refuerzo geosintético o que tenga otras propiedades deseables para aplicaciones geosintéticas particulares.

Se pretende que la presente invención sea aplicable a todas las mallas integrales, independientemente del método de formación de la lámina inicial o del método de orientación del material inicial en la geomalla integral o estructura de la malla. El objeto de las anteriores Patentes de EE. UU. Nos. 3,252,181, 3,317,951, 3,496,965, 4,470,942, 4,808,358, 5,053,264, 7,001,112, 9,556,580, 10,024,002 y 10,501,896 se incorporan expresamente a esta solicitud como referencia como si las divulgaciones se establecieran aquí en su totalidad. Estas patentes se citan como ilustrativas, y no se consideran inclusivas, o para excluir otras técnicas conocidas en la materia para la producción de materiales de malla de polímeros integrales.

A pesar de las características funcionales disponibles con las geomallas integrales monocapa actuales, hay mejoras de rendimiento que aún no se han logrado con respecto a las geomallas integrales del arte previo. Una de esas mejoras se divulga en la Solicitud de EE.UU. No. 15/766,960 (en adelante, "la solicitud 960"; publicada como Publicación de Solicitud de Patente de EE. UU. No. 2018/0298582 A1), también asignada a Tensar International Limited. La solicitud '960 describe varias realizaciones para láminas poliméricas multicapa coextruidas como material inicial para la fabricación de geomallas integrales. En virtud de la construcción del material inicial multicapa coextruido, los componentes de lámina multicapa coextruida, después de la extrusión y orientación, producen geomallas integrales que tienen propiedades de material mejoradas que proporcionan beneficios de rendimiento en el refuerzo geosintético del suelo.

Una de las realizaciones reveladas en la solicitud '960 es una geomalla integral de tres

capas producida a partir de una lámina inicial de tres capas coextruida en la que la capa intermedia de la geomalla integral orientada tiene una estructura expandida o “espumada”. Según otra la solicitud '960, las únicas ventajas de la estructura multicapa expandida o espumada son la reducción del costo de la materia prima y la reducción del peso de la geomalla y “pueden incluir propiedades físicas y químicas deseables de la capa espumada per se”. No se divulgan otros beneficios. El objeto de la solicitud '960 se incorpora expresamente a esta solicitud por referencia como si la divulgación se estableciera en el presente documento en su totalidad.

A la fecha, los productos de geomalla integral actuales fabricados a partir de las tecnologías actuales de producción/proceso pueden generar productos de geomalla multiaxial con atributos y características deseables; Sin embargo, la tecnología actual de proceso/producción no permite cambios en el tipo de material dentro de la sección transversal de la geomalla en general. Como resultado, para mejorar las propiedades físicas, mecánicas y geométricas deseadas que mejoran el rendimiento, se requieren aumentos significativos en la cantidad de polímero.

Además, la tecnología actual de proceso/producción limita la capacidad de aumentar o mejorar ciertos parámetros que impulsan el rendimiento, mientras que al mismo tiempo controla o no cambia otros parámetros que, si se cambian, reducen el rendimiento.

Además, la tecnología actual de proceso/producción no aborda el uso de diferentes materiales poliméricos en diferentes partes de la estructura de la geomalla como un medio para maximizar el rendimiento.

Por consiguiente, existe la necesidad de geomallas integrales que permitan una mejor “compatibilidad inicial” entre el agregado y la geomalla, maximizando así la densidad del agregado después de que se complete la compactación y, por lo tanto, minimizando cualquier posible movimiento o reposicionamiento del agregado restante que normalmente ocurriría después de la compactación y en las fases iniciales de cargas “en servicio”. Aún más específicamente, existe la necesidad de una

geomalla integral que tenga los atributos antes mencionados al proporcionar una mayor compresibilidad de la capa bajo carga. El término “compatibilidad inicial” se utiliza en el presente documento para significar una maximización de la densidad del agregado después de que se completa la compactación para minimizar así el movimiento o posicionamiento potencial del agregado que normalmente ocurriría después de la compactación y después de las fases iniciales de las cargas “en servicio”.

RESUMEN DE LA INVENCION

Un objeto de la presente invención, por lo tanto, es ofrecer un rendimiento funcional mejorado a partir de geomallas integrales multiaxiales mediante la mejora de ciertas propiedades físicas, mecánicas y geométricas de la estructura de geomalla integral multiaxial que mejora el rendimiento funcional, como mediante la modificación y/o incorporación de otras nuevas propiedades físicas, mecánicas y geométricas. Mediante el posicionamiento físico cuidadoso y la manipulación de la cantidad de diferentes materiales poliméricos que tienen las propiedades mecánicas y físicas deseadas en ubicaciones específicas de estructuras de geomalla integral, y optimizando todos los demás parámetros físicos de la estructura de geomalla, se pueden lograr mejoras significativas en el rendimiento.

Más específicamente, después de la presentación de la solicitud '960, se ha descubierto sorprendentemente que se puede lograr una compatibilidad inicial significativamente mejorada entre el agregado y la geomalla integral de multicapa expandida si se incluyen ciertos parámetros para la capa espumada o expandida en la geomalla, como se describe en el presente documento. Estos parámetros incluyen los siguientes:

1. la altura total o el espesor vertical de la hebra (o nervadura) de la geomalla integral multicapa en la altura más delgada de la hebra (probablemente el punto medio de la hebra) es, para una capa intermedia espumada, de 1 mm a 4 mm, y, para una capa intermedia expandida,

de 1 mm a 5 mm, y preferiblemente, para una capa intermedia espumada, de 1,874 mm a 3,095 mm, y, para una capa intermedia expandida, de 1,97 mm a 3,36 mm;

2. los vacíos de la capa intermedia espumada o expandida comprenden de 5 % a 60 % en volumen de la capa espumada o expandida, y preferiblemente, de 20 % a 40 %;

5 3. la capa intermedia espumada o expandida tiene una compresibilidad mínima o “aplastamiento” o reducción de altura después de que se completa la compactación de 5 % hasta tanto como 75 %, con un rango de compresibilidad preferido de 20 % a 60 %, y un rango de compresibilidad más preferido de 30 % a 50 %;

10 4. la capa intermedia espumada o expandida tiene una relación de aspecto tal que su altura, es decir, el espesor vertical, es de 1,0:1 a 3,5:1 con respecto a la altura o espesor vertical de la capa exterior más delgada, y preferiblemente, para una capa intermedia espumada, es de 1,0:1 a 1,16:1, y para una capa intermedia expandida, es de 1,7:1 a 2,46:1; y

15 5. la capa intermedia espumada o expandida tiene una altura o espesor vertical que es al menos el cuarenta por ciento (40 %) de la altura total de la geomalla integral final, y preferiblemente, al menos el setenta por ciento (70 %).

Al incluir las propiedades físicas anteriores en la geomalla integral de multicapa expandida de acuerdo con la presente invención, se maximiza la compatibilidad inicial entre el agregado y la geomalla después de que se completa la compactación. Y, al maximizar la compatibilidad inicial, se minimiza cualquier posible movimiento o reposicionamiento de agregados restantes que normalmente
20 ocurriría después de la compactación en las fases iniciales de carga "en servicio". Por lo tanto, la calzada otra superficie de transporte se estabiliza y se refuerza mejor para el futuro tráfico sobre ella.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar beneficios económicos para el uso de una geomalla integral que tenga la estructura multicapa expandida. Si se desea una geomalla integral que tenga hebras con una relación de aspecto más alta, la capa expandida según la presente invención puede proporcionar esa relación de aspecto más alta mientras se utiliza el mismo contenido de polímero total (es decir, “cantidad” de polímero) que una geomalla integral configurada de manera similar que no tenga una capa expandida. O, si se desea una geomalla integral que tenga hebras con una misma relación de aspecto que una geomalla integral configurada de manera similar, la capa expandida según la presente invención puede proporcionar esa misma relación de aspecto mientras se utiliza un contenido de polímero total menor (es decir, “cantidad” de polímero). Por consiguiente, las geomallas integrales de multicapa expandida de la presente invención, además de las mejoras estructurales y de rendimiento asociadas con ellas, pueden proporcionar beneficios económicos significativos, es decir, lograr una relación de aspecto más alta a un mismo costo, o lograr una misma relación de aspecto a un costo menor.

En consecuencia, para alcanzar el objetivo mencionado anteriormente, la presente invención se refiere a geomallas integrales que tienen una construcción multicapa, con al menos una capa de estas que tiene una estructura que se expande con respecto a al menos otra capa de las múltiples capas. Estas geomallas multicapa se denominan a menudo en el presente documento geomallas integrales que tienen al menos una capa de estas con una estructura que se expande con respecto a al menos otra capa de las múltiples capas, o, de forma más sencilla, una “geomalla integral de multicapa expandida” o “geomallas integrales de multicapa expandida”. En virtud de la estructura de capas expandidas, las geomallas integrales de multicapa expandida de la presente invención proporcionan una mayor compresibilidad de la capa bajo carga y otras características deseables.

Más específicamente, la capa que tiene la estructura expandida contiene una distribución de vacíos en la misma. Los vacíos pueden estar asociados con una construcción espumada de la

capa, o pueden estar asociados con un relleno particulado que se distribuye por toda la capa para crear la expansión de la capa.

Además, la construcción multicapa de las geomallas integrales de multicapa expandida puede incluir capas que están coextruidas o capas que están laminadas. La expansión de la capa expandida puede ocurrir durante la extrusión/laminación o el estiramiento/orientación, o ambos.

Y, las geomallas integrales de multicapa expandida resultantes que tiene la pluralidad de hebras multicapa orientadas interconectadas por las uniones multicapa parcialmente orientadas y que tienen una serie de aberturas entre ellas pueden configurarse en cualquiera de una de las variedades de patrones geométricos repetitivos, como los descritos en el presente documento.

De acuerdo con la presente invención, un material inicial para hacer geomallas integrales de multicapa expandida incluye una lámina inicial de polímero multicapa que tiene agujeros o depresiones en la misma que proporcionan una serie de aberturas formadas cuando el material inicial se estira biaxialmente. La lámina de partida de polímero multicapa incluye una capa interna expandible que tiene una construcción espumada o que tiene un relleno particulado disperso en la misma para crear la expansión de la capa. De acuerdo con las realizaciones preferidas, las capas de la lámina inicial de polímero multicapa pueden ser coextruidas o laminadas entre sí.

Según realizaciones específicas de la presente invención, las geomallas integrales multicapa expandidas incluyen una pluralidad de hebras multicapa orientadas interconectadas por uniones orientadas multicapa parcialmente orientadas y que tienen una matriz de aberturas entre ellas que tiene al menos una capa expandida interpuesta entre dos capas no expandidas. De acuerdo con una realización, la geomalla integral multicapa expandida es una geomalla rectangular que tiene un patrón geométrico repetitivo de uniones parcialmente orientadas que interconectan hebras orientadas que definen aberturas rectangulares. De acuerdo con otra

realización, la geomalla integral de multicapa expandida es una geomalla triaxial que tiene un patrón geométrico hexagonal repetitivo de uniones parcialmente orientadas que interconectan hebras orientadas que definen aberturas triangulares. Y, de acuerdo con otra realización, la geomalla integral de multicapa expandida es una geomalla que tiene un patrón geométrico repetitivo de uniones

5 parcialmente orientadas que interconectan hebras, las cuales forman hexágonos externos, cada uno de los cuales rodean y soportan seis hebras orientadas interconectadas internas formadas en forma de un hexágono interno y definiendo una abertura hexagonal más pequeña, referido en el presente documento como un “hexágono flotante repetitivo dentro de un patrón hexagonal”.

Según otra realización más de la presente invención, una construcción de suelo incluye

10 una masa de material particulado reforzado y estabilizado mediante la incrustación en la misma de una geomalla integral de multicapa expandida que tiene un patrón geométrico repetitivo y que tiene una capa interna expandida.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, un método de fabricación de un material inicial para una geomalla integral de multicapa expandida incluye proporcionar una lámina

15 inicial de polímero multicapa que tiene una capa interna expandible, y proporcionar agujeros o depresiones en la misma que proporcionan un patrón geométrico repetitivo de uniones parcialmente orientadas que interconectan hebras orientadas, y definir aberturas cuando el material inicial se estira biaxialmente.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, un método para fabricar una

20 geomalla integral de multicapa expandida incluye proporcionar una lámina inicial de polímero multicapa que tiene una capa interna expandible, proporcionar agujeros o depresiones en la misma y estirar biaxialmente la lámina de polímero multicapa de capa expandible que tiene los agujeros o depresiones en la misma para proporcionar un patrón geométrico repetitivo de uniones parcialmente orientadas que interconectan hebras orientadas y definen aberturas en la misma.

Y, según otra realización más de la presente invención, un método para reforzar una masa de material particulado incluye incrustar en la masa de material particulado una geomalla integral de multicapa expandida que tiene un patrón geométrico repetitivo de uniones parcialmente orientadas que interconectan hebras orientadas que definen aberturas y que tiene una capa interna expandida.

5 Por consiguiente, es un objeto de la presente invención proporcionar una geomalla integral multicapa con al menos una capa interna de la misma que tiene una estructura que se expande en relación con al menos otra capa de las múltiples capas, para proporcionar una geomalla integral que tiene una compresibilidad de capa aumentada bajo carga.

 Por lo tanto, otro objeto de la presente invención es proporcionar un material inicial para
10 fabricar una geomalla integral de multicapa expandida. El material inicial incluye una lámina inicial de polímero multicapa que tiene una capa interna expandible y agujeros o depresiones en la misma que proporcionan una serie de aberturas conformadas cuando el material inicial se estira biaxialmente. La capa expandible de la lámina inicial de polímero multicapa incluye una construcción espumada o un relleno particulado disperso en la misma para crear la expansión de la capa interna, y las capas de la
15 lámina inicial de polímero multicapa pueden coextruirse o pueden laminarse entre sí.

 Otro objeto de la presente invención es proporcionar geomallas integrales de multicapa expandidas que tienen una pluralidad de hebras multicapa orientadas interconectadas por uniones multicapa parcialmente orientadas y que tienen una serie de aberturas entre ellas que se produce a partir de una lámina inicial de polímero multicapa que tiene una capa interna expandible. La geomalla integral
20 de multicapa expandida puede ser una geomalla rectangular que tiene un patrón geométrico repetitivo de uniones parcialmente orientadas que interconectan hebras orientadas que definen aberturas rectangulares, una geomalla triaxial que tiene un patrón geométrico repetitivo de uniones parcialmente orientadas que interconectan hebras orientadas que definen aberturas triangulares, o una geomalla que tiene un patrón geométrico repetitivo de uniones parcialmente orientadas

que interconectan hebras orientadas que definen hexágonos externos, cada uno de los cuales rodea y sostiene un hexágono orientado interno, es decir, el “hexágono flotante repetitivo dentro de un patrón hexagonal”.

5 Un objeto asociado de la presente invención es proporcionar una geometría que se pueda unir y estabilizar una mayor variedad y rango de calidad de agregados que las geometrías asociadas con estructuras de geomalla anteriores, al mismo tiempo que proporciona una mayor compresibilidad, y otras características deseables.

10 Otro objeto más de la presente invención es proporcionar una construcción de suelo que incluye una masa de material particulado reforzado y estabilizado al incrustar en ella una geomalla integral multicapa expandida que tiene un patrón geométrico repetitivo y que tiene una capa interna expandida.

15 Otro objeto más de la presente invención es proporcionar un método para fabricar un material de partida para geomallas integrales multicapa expandidas que incluye proporcionar una lámina de partida de polímero multicapa que tiene una capa interna expandible, y proporcionar agujeros o depresiones en la misma que proporcionan un patrón geométrico repetitivo de uniones parcialmente orientadas que interconectan hebras orientadas, y aberturas cuando el material inicial se estira biaxialmente. La capa interna expandible se puede producir proporcionando una construcción de espuma o dispersando un relleno particulado en la misma. La lámina inicial de polímero multicapa puede producirse coextruyendo la pluralidad de capas o laminando la pluralidad de capas entre sí.

20 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método para fabricar geomallas integrales de multicapa expandida, que incluye proporcionar una lámina de partida de polímero multicapa que tiene una capa interna expandible, proporcionar agujeros o depresiones en ella y

estirar biaxialmente la lámina de partida de polímero multicapa de modo de proporcionar un patrón geométrico repetitivo de uniones parcialmente orientadas que interconectan hebras orientadas y aberturas. El método de fabricación de las geomallas integrales de abertura rectangular o de abertura triangular descritas anteriormente puede emplear métodos de fabricación de geomallas conocidos, como los descritos en las Patentes de EE. UU. mencionadas anteriormente números 4,374,798, 4,590,029, 4,743,486, 5,419,659, 7,001,112, 9,556,580, 10,024,002 y 10,501,896, así como en otras patentes. El método de fabricación de la geomalla integral descrita anteriormente que tiene un patrón geométrico repetitivo de uniones parcialmente orientadas que interconectan hebras orientadas, y que define hexágonos externos, cada uno de los cuales rodea y soporta un hexágono interno orientado, puede utilizar un método de fabricación como el que se describe a continuación.

Más específicamente, un objeto de la presente invención es proporcionar un método para fabricar geomallas integrales de multicapa expandida en las que la capa interna expandida se produce proporcionando primero una construcción espumada en una capa de la lámina inicial de polímero multicapa, y luego orientando biaxialmente la lámina inicial de polímero multicapa para estirar el material espumado y crear una distribución de vacíos de la espuma.

En consecuencia, es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para fabricar geomallas integrales de multicapa expandida en las que la capa interna expandida se produce dispersando primero un relleno particulado en una capa de la lámina inicial de polímero multicapa, y luego se orienta biaxialmente la lámina inicial de polímero multicapa para estirar la dispersión del relleno particulado y crear una distribución de vacíos a medida que el relleno particulado se separa parcialmente del material de la capa polimérica.

Y, otro objeto más de la presente invención es proporcionar un método de refuerzo de una masa de material particulado que incluye incrustar en la masa de material particulado una geomalla integral de multicapa expandida que tiene un patrón geométrico repetitivo

de uniones parcialmente orientadas que interconectan hebras y aberturas orientadas y que tiene una capa interna expandida.

Y, aún otro objeto de la presente invención, además de las mejoras estructurales y de rendimiento asociadas a la misma, es proporcionar beneficios económicos significativos para el uso de las geomallas integrales multicapa de la invención, es decir, logrando una relación de aspecto más alta con el mismo costo, o logrando una misma relación de aspecto con un costo menor. Las numerosas ventajas asociadas con la geomalla integral de multicapa expandida de acuerdo con la presente invención son de naturaleza variada.

En virtud de que las geomallas integrales de multicapa expandida de la presente invención que tienen no solo una construcción multicapa, sino que al menos una capa interna de las mismas que tiene una estructura que se expande en relación con al menos otra capa de las múltiples capas como resultado de la distribución de vacíos en las mismas, las geomallas proporcionan una compresibilidad aumentada de las capas bajo carga.

Además, la naturaleza multicapa de las geomallas integrales de multicapa expandida de la presente invención imparte una mayor rigidez general a la geomalla integral en relación con la de las geomallas integrales monocapa anteriores. Además, en virtud de la capa interna expandida, las geomallas integrales multicapa expandidas de la presente invención se caracterizan por cumplir con una elasticidad o flexibilidad inicial que conduce a una mejor compactación y una mayor densidad, pero con una rigidez compuesta de geomalla de agregado horizontal final que es mayor como resultado de la elasticidad inicial.

Además, las geomallas integrales de multicapa expandida de la presente invención proporcionan relaciones de aspecto más altas en todas las hebras en comparación con las de las geomallas integrales anteriores. Debido a que la alta relación de aspecto de las geomallas integrales de la presente invención aumenta

el entrelazado de los agregados, las geomallas integrales de multicapa expandida de la presente invención pueden adaptarse mejor a las relaciones de aspecto variables de los agregados.

Más específicamente, con respecto a la relación de aspecto más alta que se puede lograr con las geomallas integrales de multicapa expandida de la presente invención, la relación de aspecto más alta proporciona al menos los siguientes beneficios distintivos e importantes. En primer lugar, si se desea una geomalla integral que tenga hebras con una relación de aspecto más alta, la capa expandida según la presente invención puede proporcionar esa relación de aspecto más alta mientras se utiliza el mismo contenido de polímero total (es decir, “cantidad” de polímero) que una geomalla integral configurada de manera similar que no tenga una capa expandida. En segundo lugar, si se desea una geomalla integral que tenga hebras con una misma relación de aspecto que una geomalla integral configurada de manera similar, la capa expandida según la presente invención puede proporcionar esa misma relación de aspecto mientras se utiliza un contenido de polímero total menor (es decir, “cantidad” de polímero). Por consiguiente, las geomallas integrales de multicapa expandida de la presente invención, además de las mejoras estructurales y de rendimiento asociadas con ellas, pueden proporcionar beneficios económicos significativos, es decir, lograr una relación de aspecto más alta a un mismo costo, o lograr una misma relación de aspecto a un costo menor.

En resumen, en virtud de la capa interna expandida que contiene vacíos, las geomallas integrales de multicapa expandida de la presente invención proporcionan una mayor compresibilidad de la capa bajo carga y una mayor resistencia como refuerzo del agregado, al mismo tiempo que también proporcionan beneficios económicos para su uso basados únicamente en la cantidad de polímero utilizado.

Estos, junto con otros objetos y ventajas que se harán evidentes posteriormente, residen en los detalles de construcción y operación que se describen más detalladamente a continuación, haciendo referencia a los dibujos adjuntos que forman parte del presente documento, en los que números

de referencia similares se refieren a partes similares en todo momento. Los dibujos adjuntos están destinados a ilustrar la invención, pero no son necesariamente a escala.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es una vista en perspectiva de sección transversal de una sección de una geomalla integral de multicapa expandida triaxial de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 2 ilustra una lámina inicial de polímero multicapa uniplanar para la geomalla integral de multicapa expandida triaxial que se muestra en la Figura 1, antes de que se formen agujeros o depresiones en la misma.

La Figura 3 es una vista en perspectiva superior de la lámina inicial que se muestra en la Figura 2 que tiene agujeros perforados para formar una geomalla integral de multicapa expandida triaxial.

La Figura 4 es una vista transversal en perspectiva de una sección de la lámina inicial que se muestra en la Figura 3.

La Figura 5 ilustra una lámina inicial de polímero multicapa uniplanar para una geomalla integral multicapa expandida triaxial, antes de que se formen agujeros o depresiones en la misma de acuerdo con otra realización de la presente invención.

La Figura 6 es una vista en perspectiva de sección transversal de una sección de una geomalla integral de multicapa triaxial asociada con la lámina inicial que se muestra en la Figura 5.

La Figura 7 es una vista en planta de una geomalla integral de multicapa expandida rectangular de acuerdo con otra realización más de la presente invención.

La Figura 8 es una vista en perspectiva de la geomalla integral de multicapa expandida rectangular que se muestra en la Figura 7.

La Figura 9 es una vista en perspectiva superior de la lámina inicial que tiene depresiones o agujeros formados para formar la geomalla integral de multicapa expandida rectangular

que se muestra en la Figura 7.

La Figura 10 es una vista en planta de una geomalla integral de multicapa expandida hexagonal de acuerdo con otra realización de la presente invención.

5 La Figura 11 es una vista en perspectiva de la geomalla integral de multicapa expandida hexagonal que se muestra en la Figura 10.

La Figura 12 es una vista en perspectiva superior de la lámina inicial que tiene depresiones o agujeros formados para formar la geomalla integral de multicapa expandida hexagonal que se muestra en la Figura 10.

10 La Figura 13 es una vista en planta de un posible tamaño y espaciado para los agujeros que se muestran en la lámina inicial de la Figura 12.

Las Figuras 14A-14E ilustran una hipótesis de mecanismo de compresión de una geomalla integral de multicapa expandida de tres capas que está asociada con vacíos en la capa interna expandida bajo carga aplicada.

15 Las Figuras 15A-15C ilustran una hipótesis de mecanismo de nervaduras plegables de la capa interna expandida de una geomalla integral de multicapa expandida de tres capas que también está asociada con vacíos en la capa interna expandida, y demuestra la flexibilidad tanto vertical como horizontal de la geomalla integral bajo carga aplicada.

20 La Figura 16 presenta gráficos que ilustran una comparación del comportamiento de las nervaduras no elásticas con base en una lámina inicial de una geomalla integral convencional, con el comportamiento de las nervaduras elásticas de una lámina inicial de la geomalla integral de multicapa expandida de la presente invención que tiene la capa interna expandida.

La Figura 17 presenta una tabla que compara los beneficios de la geomalla integral de multicapa expandida de la presente invención frente a una geomalla monocapa que no tiene una capa expandida.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

Aunque sólo se explican detalladamente las realizaciones preferidas de la invención, debe entenderse que la invención no se limita en su alcance a los detalles de construcción y disposición de los componentes presentados en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos. Como se describe a continuación, la presente invención puede comprender otras realizaciones y puede ser practicada o llevada a cabo de diversas maneras.

Además, al describir las realizaciones preferidas, se recurrirá a la terminología en aras de la claridad. Se pretende que cada término contemple su significado más amplio tal como lo entienden los expertos en la materia e incluya todos los equivalentes técnicos que operan de manera similar para lograr un propósito similar.

Y, tal como se utilizan en este documento, los términos "coextruido", "coextrusión" y "que se coextruye" se utilizan de acuerdo con su definición comúnmente aceptada, es decir, pertenecientes a un proceso de una sola etapa que comienza con dos o más materiales poliméricos que se extruyen juntos y se forman en un solo troquel para formar una lámina multicapa.

Tal como se utilizan también en este documento, los términos "laminado", "de laminado" y "laminación" se utilizan según su definición comúnmente aceptada, es decir, pertenecientes a un proceso que comienza con dos o más láminas de material polimérico que se producen individualmente y luego se unen entre sí para formar una lámina multicapa de tres o más capas.

La presente invención se refiere a geomallas integrales que tienen una construcción multicapa, preferiblemente de tres capas o más, con al menos una capa interna de las mismas que tiene una estructura que se expande con respecto a al menos otra capa de las múltiples capas, es decir, una "geomalla integral de multicapa expandida" o "geomallas integrales de multicapa expandida". En virtud de la estructura de capa interna expandida, las geomallas integrales de multicapa expandida proporcionan una mayor compresibilidad de la capa bajo carga y otras características deseables.

Más específicamente, las geomallas integrales multicapa expandidas incluyen una pluralidad de hebras multicapa orientadas interconectadas por uniones multicapa parcialmente orientadas y que tienen una serie de aberturas entre ellas, con cada una de las hebras multicapa orientadas y cada una de las uniones multicapa parcialmente orientadas que tienen una pluralidad de capas que incluyen una capa interna con una estructura que se expande con respecto a al menos otra capa de dicha pluralidad de capas, y con la pluralidad de capas que están en contacto tanto a lo largo de cada una de las hebras multicapa orientadas como de cada una de las uniones multicapa parcialmente orientadas.

Aún más específicamente, la capa interna que tiene la estructura expandida contiene una distribución de vacíos en ella. Los vacíos pueden estar asociados con una construcción espumada de la capa, o pueden estar asociados con un relleno particulado que se distribuye a lo largo de la capa para crear la expansión de la capa.

Y, como también se utiliza en el presente documento, el término "expandible" cuando se utiliza para describir la capa interna antes mencionada se refiere a la capacidad de la capa interna para expandirse durante la formación de la geomalla integral de multicapa expandida. El término "expandido" cuando se utiliza para describir la capa interna antes mencionada significa la estructura de la capa interna después de la formación de la geomalla integral multicapa expandida a través del estiramiento para orientar la geomalla, incluyendo la ampliación asociada de los huecos presentes en la capa interna expandible.

Además, la construcción multicapa puede incluir capas que están coextruidas o capas que están laminadas. La expansión de la capa interna expandida puede ocurrir durante la extrusión/laminación o el estiramiento/orientación, o ambos. Y, la geomalla integral de multicapa expandida resultante que tiene la pluralidad de hebras multicapa orientadas interconectadas por las uniones multicapa parcialmente orientadas y que tienen una serie de aberturas entre ellas pueden

configurarse en cualquiera de una de las variedades de patrones geométricos repetitivos descritos en el presente documento.

Como se muestra en la Figura 1, una geomalla integral de multicapa expandida 200 de acuerdo con una realización de la presente invención (en el presente documento, una geomalla integral triaxial) incluye, dispuesta entre una primera capa externa 210 y una segunda capa externa 230, una tercera capa, es decir, una capa interna expandida 220.

Como se indicó anteriormente, la capa interna expandida 220 tiene una distribución de vacíos 250 en ella. Los vacíos 250 pueden estar asociados con una construcción espumada de la capa interna expandida 220, o pueden estar asociados con un relleno particulado que se distribuye en la capa interna expandida 220 para crear la expansión de la capa interna.

De acuerdo con la realización espumada de la capa interna expandida 220, la presente invención puede incluir el uso de un agente espumante para proporcionar una capa interna expandible 220, es decir, que tenga una estructura espumada que tenga vacíos. Es decir, de acuerdo con una realización de la invención que produce las capas de la geomalla integral mediante coextrusión (como se discute a continuación), un proceso posible es mezclar un agente espumante químico con el polímero que se extruye para formar la capa interna expandible 220. El calor que se genera para fundir el polímero descompone el agente espumante químico, lo que resulta en la liberación de un gas. El gas se dispersa en el material fundido del polímero y se expande al salir del troquel. Como resultado, la capa interna expandible 220 se espuma. De manera similar a la formación de espuma química, la inyección de un gas en una o más capas expandibles también se considera un proceso de formación de espuma según la presente realización de la invención.

Más específicamente, el aditivo de espuma, es decir, el agente espumante, constituye preferiblemente del 0,5 % al 2 % en peso de la capa expandida, y más preferiblemente, constituye del 0,75 % al 1,25 % en peso de la capa expandida. En general, como se indicó anteriormente, el aditivo de

espuma crea vacíos durante el proceso de extrusión al producir gases volátiles. El volumen de los vacíos se controla mediante el porcentaje de aditivo de espuma, la temperatura de fusión y el control de la presión a lo largo de la vía de extrusión del polímero. Además, se utiliza un polímero de alta resistencia de fusión para controlar adecuadamente la forma y el tamaño de los vacíos durante el proceso de extrusión.

De acuerdo con la realización del relleno particulado de la capa interna expandida 220, la presente invención utiliza una dispersión de un relleno particulado para proporcionar una capa interna expandible 220, es decir, que tiene una estructura que contiene vacíos. La inclusión de dicho relleno particulado en la capa interna expandida 220 crea un producto que tiene un perfil más grueso, es decir, más alto, lo que puede conducir a un mejor rendimiento de la geomalla integral en ciertas aplicaciones de servicio. Dependiendo de la aplicación de servicio en la que se vaya a emplear la geomalla integral de multicapa expandida, dichos rellenos particulados pueden incluir, por ejemplo, uno o más de los siguientes compuestos: CaCO_3 (carbonato de calcio), silicatos de magnesio hidratado (por ejemplo, talco), CaSiO_3 (wollastonita), sulfato de calcio (por ejemplo, yeso), tierra de diatomeas, dióxido de titanio, nanocargas, nanotubo de carbono de pared múltiple ("MWCNT"), nanotubo de carbono de pared simple ("SWCNT"), fibras naturales o sintéticas (por ejemplo, fibras metálicas, fibras de vidrio), dolomita, sílice, mica e hidrato de aluminio.

Más específicamente, el relleno particulado constituye preferiblemente del 10 % al 40 % en peso de la capa expandida, y más preferiblemente, constituye del 15 % al 25 % en peso de la capa expandida. La realización del relleno particulado de la invención crea vacíos no durante el proceso de extrusión en sí, sino durante la orientación (estiramiento) de la lámina de inicio que da lugar a la geomalla integral. Es decir, el proceso de estiramiento crea vacíos mediante cavitación detrás de las partículas individuales del relleno particulado, en otras palabras, a medida que las fuerzas de corte actúan sobre la matriz de polímeros.

De acuerdo con la realización espumada y la realización de relleno particulado, el material de construcción de la primera capa externa (aquí, 210) y el material de construcción de la segunda capa externa (aquí, 230) pueden ser iguales entre sí, o pueden ser diferentes entre sí, aunque se prefiere el mismo material. En general, el material de construcción de la capa interna expandible 220 es diferente del material de construcción de la primera capa externa 210 y del material de construcción de la segunda capa externa 230.

Las realizaciones contempladas de la presente invención incluyen aquellas en las que una o más de las capas espumadas se utilizan en conjunto con una o más capas que incluyen el relleno particulado.

La Figura 2 ilustra una lámina inicial de polímero de multicapa uniplanar 100 para la geomalla integral multicapa expandida 200 como se muestra en la Figura 1, antes de que se formen agujeros o depresiones en ella.

Como se muestra en la Figura 2, la lámina inicial de polímero multicapa 100 es una realización de una lámina de tres capas de la invención. Es decir, preferiblemente, la lámina 100 incluye una primera capa externa 110, una segunda capa externa 130 y una capa interna 120, que es la capa expansible que contiene los vacíos 150. La primera capa externa 110 y la segunda capa externa 130 están dispuestas en superficies planas opuestas de la capa interna 120, preferiblemente, en una configuración uniplanar o sustancialmente uniplanar. Además, mientras que la configuración de tres capas de la lámina 100 se muestra con fines ilustrativos, la invención contempla el uso de una lámina que tiene múltiples capas dispuestas en varias configuraciones, múltiples capas que tienen varias combinaciones de espesores y múltiples capas que tienen diversos materiales de construcción, todo según lo dictado por la aplicación particular en la que se empleará la geomalla integral. Por ejemplo, mientras que la configuración de tres capas de la lámina 100 se muestra con fines ilustrativos, la invención también contempla el uso de láminas que tienen más de tres capas. En general, la

configuración de las capas, los espesores de las capas y los materiales de construcción de las capas se seleccionan para proporcionar no solo facilidad de fabricación de la geomalla integral, sino también una geomalla integral que tenga el grado de compresibilidad deseado, rigidez y otras propiedades de rendimiento.

5 Como se ha descrito anteriormente, la lámina inicial de polímero multicapa 100 utilizada como material inicial para una geomalla integral de multicapa expandida de acuerdo con la presente invención es preferiblemente perforada, aunque puede ser posible utilizar en su lugar depresiones formadas en la misma. De acuerdo con la realización en la que se forman las depresiones en la lámina, las depresiones se proporcionan en cada lado de la lámina 100, es decir, tanto en la parte superior como
10 en la inferior de la lámina. Además, las depresiones se extienden a cada capa de la lámina multicapa.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, el espesor total de la lámina de inicio de polímero multicapa 100 es de aproximadamente 2 mm a aproximadamente 12 mm y, de acuerdo con una realización más preferida de la invención, el espesor total de la lámina 100 es de aproximadamente 2 mm a aproximadamente 6 mm.

15 Con respecto a los espesores individuales de las capas de lámina, de acuerdo con una realización preferida de la invención, el espesor de la primera capa externa 110 es de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 4,5 mm, el espesor de la capa interna expandible 120 es de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 9 mm, y el espesor de la segunda capa externa 130 es de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 4,5 mm, teniendo en cuenta que el espesor total de la
20 lámina inicial 100 es de aproximadamente 2 mm a aproximadamente 12 mm. Y, de acuerdo con una realización más preferida de la invención, el espesor de la primera capa externa 110 es de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 2 mm, el espesor de la capa interna expandible 120 es de aproximadamente 2 mm a aproximadamente 5 mm, y el espesor de la segunda capa externa 130 es de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 2 mm.

Por lo general, el material de construcción de la primera capa exterior 110, la capa interior expansible 120 y la segunda capa exterior 130 pueden ser iguales entre sí, o pueden ser diferentes entre sí. Preferiblemente, el material de construcción de la primera capa externa 110 y el material de construcción de la segunda capa externa 130 son los mismos entre sí. Más preferiblemente, el material de construcción de la capa interna expandible 120 es diferente del material de construcción de la primera capa externa 110 y del material de construcción de la segunda capa externa 130.

Y, en general, las capas de la lámina inicial son de naturaleza polimérica. Por ejemplo, los materiales de construcción pueden incluir poliolefinas de alto peso molecular y polímeros de amplia especificación. Además, los materiales poliméricos pueden ser existencias vírgenes o pueden ser materiales reciclados, como, por ejemplo, materiales poliméricos reciclados postindustriales o posconsumo. Y, también se contempla el uso de una o más capas poliméricas que tengan un costo menor que el de las poliolefinas de alto peso molecular y polímeros de amplia especificación antes mencionados.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, el material de construcción de la primera capa externa 110 y la segunda capa externa 130 es una poliolefina de alto peso molecular, tal como, por ejemplo, un polipropileno ("PP"). Y, de acuerdo con la misma realización preferida, el material de construcción de la capa interna expansible 120 es un polímero de amplia especificación, tal como, por ejemplo, un PP virgen o un PP reciclado, tal como, por ejemplo, un PP postindustrial u otro PP reciclado. Sin embargo, dependiendo de la aplicación particular de la geomalla integral, los componentes poliméricos que tengan un material de construcción distinto del polipropileno pueden incluirse en la lámina inicial de polímero multicapa 100.

De acuerdo con la presente invención, la lámina inicial de polímero multicapa 100 puede producirse por coextrusión de las capas, tal como se revela en la aplicación '960 antes mencionada, o por laminación de capas producidas por separado.

La Figura 3 es una vista en perspectiva superior de la lámina inicial de polímero multicapa 100 que se muestra en la Figura 2 que tiene los agujeros 140 perforados para formar la geomalla integral de multicapa expandida triaxial 200 que se muestra en la Figura 1. La Figura 4 es una vista en perspectiva transversal de una sección de la lámina inicial de polímero multicapa 100 que se muestra en la Figura 3.

El tamaño y el espaciado de los agujeros 140 son los divulgados en la patente Walsh '112. La geomalla integral de multicapa expandida triaxial 200 incluye hebras muy orientadas 205 y uniones parcialmente orientadas 235, también como se divulga en la patente Walsh '112. La segunda capa externa o superior 130 de la lámina inicial de polímero multicapa 100 se ha estirado y orientado hacia la capa superior 230 de las hebras 205 y las uniones 235. De manera similar, la primera capa externa o inferior 110 de la lámina inicial de polímero multicapa 100 se ha estirado y orientado hacia la capa baja o inferior 210 de las hebras 205 y las uniones 235. A medida que la segunda capa 130 y la primera capa 110 se estiran y se orientan, la segunda capa o segunda capa interna expandida 120 también se estira y se orienta hacia la capa intermedia 220 de las hebras 205 y las uniones 235.

Tal como se indicó anteriormente, mientras que la configuración de tres capas de la lámina inicial de polímero multicapa 100 se ha mostrado con fines ilustrativos, la invención también contempla el uso de láminas que tienen más de tres capas.

Por ejemplo, la lámina inicial puede ser una configuración de cinco capas, como la lámina inicial de polímero multicapa 400 que se muestra en la Figura 5. La lámina 400 incluye una capa intermedia 420, una primera capa interna expandida 410, una segunda capa interna expandida 430, una primera capa externa 440 y una segunda capa externa 450. La primera capa interna expandida 410 y la segunda capa interna expandida 430 están dispuestas en superficies planas opuestas de la capa media 420, preferiblemente, en una configuración uniplanar o sustancialmente uniplanar. La primera capa externa 440 y la segunda capa externa 450 están dispuestas en superficies planas opuestas de la primera

respectivamente.

capa interna expandida 410 y la segunda capa interna expandida 430, preferiblemente en una configuración uniplanar o sustancialmente uniplanar.

5 En la realización particular de la invención que se muestra en la Figura 5, la lámina inicial de polímero multicapa 400 se realiza mediante coextrusión o laminación de un primer material que forma la capa media 420, un segundo material que forma la primera capa interna expandida 410, un tercer material que forma la segunda capa interna expandida 430, un cuarto material que forma la primera capa externa 440 y un quinto material que forma la segunda capa externa 450.

10 En general, el material de construcción de la capa intermedia 420, la primera capa interna expandida 410, la segunda capa interna expandida 430, la primera capa externa 440 y la segunda capa externa 450 pueden ser iguales entre sí o pueden ser diferentes entre sí. Por ejemplo, la capa de expansión media 420 puede tener un primer material de construcción, la primera capa interna expandida 410 y la segunda capa interna expandida 430 pueden tener un segundo material de construcción, y la primera capa externa 440 y la segunda capa externa 450 pueden tener un tercer material de construcción.

15 En resumen, dependiendo de la aplicación de servicio particular en la que se vaya a emplear la geomalla integral de multicapa expandida hecha a partir de la lámina 400, se pueden utilizar varias combinaciones de materiales de construcción para las cinco capas descritas anteriormente.

20 La Figura 6 es una vista en perspectiva de una sección de una geomalla integral de multicapa expandida triaxial 500 asociada con la lámina inicial de polímero multicapa 400 que se muestra en la Figura 5. La geomalla integral de multicapa expandida triaxial 500 incluye hebras altamente orientadas 505 y uniones parcialmente orientadas 535. Después de haber perforado los agujeros en la lámina 400, la primera capa externa 440 y la segunda capa externa 450 de la lámina 400 se han estirado y orientado, respectivamente, hacia la primera capa externa 540 y la segunda capa externa 550 de las hebras 505 y de las uniones 535. De manera similar, la primera capa interna

expandida 410 y la segunda capa interna expandida 430 de la lámina 400 se han estirado y orientado, respectivamente, en la primera capa interna expandida 510 y la segunda capa interna expandida 530 de las hebras 505 y las uniones 535. Y, a medida que la primera capa externa 440 y la segunda capa externa 450, y la primera capa interna expandida 410 y la segunda capa interna expandida 430 se estiran y orientan, la capa media 420 también se estira y orienta hacia la capa media 520 de las hebras 505 y de las uniones 535.

Y nuevamente, al igual que con la lámina inicial de polímero multicapa 100 (es decir, la realización de tres capas), la lámina inicial de polímero multicapa 400 que tiene cinco capas puede tener capas expandidas que están espumadas o que tienen relleno particulado, y pueden formarse por coextrusión o laminación.

Ahora, en cuanto a la geometría de las geomallas integrales de multicapa expandida, la invención contempla al menos tres categorías generales: triangular (como “triaxial”), rectangular y hexagonal.

La geometría de la geomalla integral de multicapa expandida triaxial 200 es tal como se muestra en las Figuras 1 y 6.

La geometría de la geomalla integral de multicapa expandida rectangular 700 se muestra en la Figura 7. La geomalla integral de multicapa expandida rectangular 700 incluye hebras altamente orientadas 705 y uniones parcialmente orientadas 735. Como se muestra en la Figura 8, la geomalla integral de multicapa expandida rectangular 700 incluye, dispuesta entre una primera capa externa 710 y una segunda capa externa 730, una tercera capa, es decir, una capa interna expandida 720. Al igual que con la geometría triangular descrita en este documento, la capa interna expandida 720 contiene una distribución de vacíos 750 en ella. Los vacíos 750 pueden estar asociados con una construcción espumada de la capa interna expandida 720, o pueden estar asociados con un relleno particulado

que se distribuye en la capa interna expandida 720 para crear la expansión de la capa interna.

La segunda capa externa o superior 730 de una lámina inicial de polímero multicapa 600 (descrita a continuación) se ha estirado y orientado hacia la capa superior 730 de las hebras 705 y las uniones 735. De manera similar, la primera capa externa o inferior 710 de la lámina inicial de polímero multicapa 600 se ha estirado y orientado hacia la capa baja o inferior 710 de las hebras 705 y las uniones 735. A medida que la segunda capa 730 y la primera capa 710 se estiran y se orientan, la segunda capa o segunda capa interna expandida 720 también se estira y se orienta hacia la capa intermedia 720 de las hebras 705 y las uniones 735.

La Figura 9 es una vista en perspectiva superior de una lámina inicial de polímero multicapa 600 que tiene los agujeros 640 perforados para formar la geomalla integral de multicapa expandida rectangular 700 que se muestra en las Figuras 7 y 8 La lámina inicial de polímero multicapa 600 incluye, dispuesta entre una primera capa externa 610 y una segunda capa externa 630, una tercera capa, es decir, una capa interna expandible 620 Al igual que con la geometría triangular descrita en este documento, la capa interna expandible 620 contiene una distribución de vacíos 650 en la misma.

Y, al igual que con la realización triangular de la geomalla integral de multicapa expandida, la realización rectangular de la geomalla integral de multicapa expandida tiene una capa expandida que está espumada o contiene un relleno particulado. Y, la lámina inicial de la realización rectangular de la geomalla integral de multicapa expandida es la misma que la divulgada previamente en el presente documento para la realización triangular y puede tener una construcción coextruida o una construcción laminada.

Y finalmente, la geometría de la geomalla integral multicapa de expandida hexagonal es la que se muestra en las Figuras 10 y 11. Un impulso para el desarrollo de la geomalla integral de multicapa expandida hexagonal es que es estructural y económicamente ventajoso

para producir una geomalla integral que tenga una estructura y geometría con la capacidad de acoplarse y estabilizar una amplia variedad y rango de calidad de agregados que sea adecuada para las demandas de servicios tales como refuerzo geosintético o que tenga otras propiedades deseables para aplicaciones geosintéticas particulares.

5 Para lograr la capacidad antes mencionada de unir y estabilizar una mayor variedad y rango de calidad de agregados que las geometrías asociadas con estructuras de geomalla anteriores, mientras que proporciona una variedad de grados de rigidez localizada fuera del plano y en el plano, la geomalla integral geomalla integral de multicapa expandida hexagonal de la presente invención tiene un patrón repetitivo de hebras orientadas interconectadas y uniones parcialmente orientadas que forman
10 un patrón repetitivo de hexágonos externos, cada uno de los cuales soporta y rodea un hexágono interno orientado para definir tres aberturas de formas diferentes de una geomalla integral multiaxial. Adicionalmente, para proporcionar resistencia y estabilidad adicionales, la geometría de los hexágonos externos forma hebras lineales que se extienden continuamente a lo largo de la totalidad de la geomalla integral multiaxial.

15 Tal como está formado, el hexágono interno se compone de seis hebras orientadas y está soportado por seis hebras orientadas de conexión que se extienden desde las uniones parcialmente orientadas del hexágono externo hasta una esquina respectiva del hexágono interno para formar trinodos orientados. Los trinodos tienen un nivel de orientación mucho más alto que las uniones, y tienden a estar completamente orientados. Esta configuración crea un hexágono interno que está suspendido, es
20 decir, que flota, en relación con la estructura hexagonal externa. Esta estructura permite que el hexágono interno se desplace hacia arriba o hacia abajo para “flotar” o flexionarse (es decir, deformarse) en relación con el plano primario de la geomalla, durante la colocación y compactación del agregado, lo que mejora la capacidad de la geomalla para unir y estabilizar el agregado. La estructura de geomalla anterior se denomina en este documento un "hexágono flotante repetitivo dentro de un patrón

hexagonal".

Refiriéndonos ahora a las Figuras 10 y 11, la geomalla integral de multicapa expandida hexagonal 1100 incluye una pluralidad de hebras interconectadas y orientadas que tienen una serie de aberturas en ellas, un hexágono flotante repetitivo dentro de un patrón hexagonal de las hebras interconectadas y orientadas y las aberturas, e incluyendo hebras lineales que se extienden continuamente a lo largo de una totalidad de la geomalla integral multiaxial. Más específicamente, la geomalla integral de multicapa expandida hexagonal 1100 incluye un patrón repetitivo de hexágonos internos flotantes 1130 dentro de cada hexágono externo 1110. El hexágono externo 1110 incluye una pluralidad de hebras orientadas externas o nervaduras 1120 interconectadas por uniones parcialmente orientadas 1115. El hexágono interior 1130 incluye una pluralidad de hebras de conexión orientadas 1145 y 1150 interconectadas por trinodos 1135, y define una abertura central en forma de hexágono 1170. El hexágono externo 1110 está conectado al hexágono interno más pequeño 1130 mediante una pluralidad de hebras de soporte 1140 y 1160, que definen una pluralidad de aberturas de forma trapezoidal 1180. En el centro de cada patrón de tres hexágonos externos adyacentes 1110 hay una abertura de forma triangular 1190. Como se muestra, las uniones 1115 son mucho más grandes que los trinodos 1135.

Como es evidente en la Figura 10, otra característica de la geomalla integral de multicapa expandida hexagonal de la presente invención es la naturaleza linealmente continua de las hebras externas 1120 del patrón hexagonal externo repetitivo. Es decir, las hebras orientadas 1120 son linealmente continuas, a través de uniones parcialmente orientadas 1115, ya que se extienden continuamente a lo largo de la totalidad de la geomalla integral multiaxial en tres direcciones diferentes separadas entre sí por aproximadamente 120 °, e indicadas por las flechas 120A, 120B y 120C en las Figuras 10 y 11. Los expertos en la técnica apreciarán que diferentes orientaciones de la misma geometría básica son posibles después del estiramiento, si se realiza una rotación correspondiente

adecuada de la geometría de la lámina de inicio perforada. La naturaleza continua linealmente de las hebras 1120 proporciona una resistencia mejorada y rigidez en el plano a la geomalla integral de multicapa expandida hexagonal de la presente invención.

Preferiblemente, el espesor de la geomalla integral de multicapa expandida hexagonal 1100 en su dimensión más gruesa (en las uniones 1115) es de aproximadamente 2 mm a aproximadamente 9 mm y, más preferiblemente, dicho espesor de la geomalla integral de multicapa expandida multiaxial 1100 es de aproximadamente 4 mm a aproximadamente 7 mm.

La Figura 12 es una vista en perspectiva superior de una lámina inicial de polímero multicapa 1300 que tiene orificios o depresiones formados en la misma para formar la geomalla integral de multicapa expandida hexagonal que se muestra en las Figuras 10 y 11. La lámina inicial de polímero multicapa 1300 incluye, dispuesta entre una primera capa externa 1310 y una segunda capa externa 1330, una tercera capa, es decir, una capa interna expandible 1320. Al igual que con las geometrías triangulares y rectangulares descritas en este documento, la capa interna expandible 1320 contiene una distribución de vacíos 1350 en la misma.

La lámina inicial de polímero multicapa 1300 utilizada como material inicial para una geomalla integral multicapa expandida hexagonal de acuerdo con la presente invención es preferiblemente perforada, aunque puede ser posible utilizar en su lugar depresiones formadas en la misma. De acuerdo con la realización del material inicial en el que se forman las depresiones en la lámina, las depresiones se proporcionan en cada lado de la lámina, es decir, tanto en la parte superior como en la inferior de la lámina.

Como se muestra en la Figura 13, la lámina inicial de polímero multicapa 1300 de la Figura 12 incluye un patrón repetitivo 1410 de los agujeros 1420 y el espaciado 1430 que, cuando se orienta, proporcionan el hexágono flotante dentro de un patrón hexagonal de la geomalla integral de multicapa expandida hexagonal que se muestra en las Figuras 10 y 11. De acuerdo con una posible

realización de la presente invención, el diámetro de los agujeros 1420 es de 3,68 mm y el espaciado de los agujeros 1420 es según las dimensiones que se muestran en la Figura 13.

Preferiblemente, el espesor total de la lámina inicial de polímero multicapa 1300 es de aproximadamente 3 mm a aproximadamente 10 mm y, más preferiblemente, el espesor total de la lámina inicial de polímero multicapa 1300 es de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 8 mm.

Y, en general, la lámina inicial de polímero multicapa 1300 es de naturaleza polimérica. Por ejemplo, el material de construcción puede incluir poliolefinas de alto peso molecular y polímeros de amplia especificación. Además, los materiales poliméricos pueden ser existencias vírgenes o pueden ser materiales reciclados, como, por ejemplo, materiales poliméricos reciclados postindustriales o posconsumo. Y, también se contempla el uso de una o más capas poliméricas que tengan un costo menor que el de las poliolefinas de alto peso molecular y polímeros de amplia especificación antes mencionados. De acuerdo con la realización preferida de la invención, la poliolefina de alto peso molecular es un polipropileno.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, las hebras 1120, 1140, 1145, 1150 y 1160 de la geomalla integral de multicapa expandida hexagonal 1100 tienen lo que se conoce para un experto en la técnica como una relación de aspecto alta, es decir, una relación del espesor o la altura de la sección transversal de las hebras y el ancho de la sección transversal de las hebras que es mayor que 1,0 de acuerdo con las patentes de Walsh antes mencionadas, es decir, las Patentes Estadounidenses Nos. 9,556,580, 10,024,002 y 10,501,896. Aunque no es absolutamente necesario para la presente invención, se prefiere una relación de aspecto alta para las hebras o nervaduras. Por lo tanto, la geomalla integral multiaxial de la presente invención proporciona una compatibilidad mejorada entre la geomalla y el agregado, lo que resulta en un entrelazado mejorado, la restricción lateral y el confinamiento del agregado.

Al igual que con las realizaciones rectangulares y triaxiales de la geomalla integral de

multicapa expandida, la realización multiaxial de “hexágono flotante repetitivo dentro de un patrón hexagonal” de la geomalla integral de multicapa expandida tiene una capa expandida que está espumada o contiene un relleno particulado. Y, la lámina inicial de la realización multiaxial de “hexágono flotante repetitivo dentro de un patrón hexagonal” de la geomalla integral multicapa expandida es la misma que la divulgada previamente en este documento para las realizaciones triangular y rectangular y puede tener una construcción coextruida o una construcción laminada.

La invención también se refiere a métodos para fabricar las diversas realizaciones descritas anteriormente de las geomallas integrales de multicapa expandida. Por ejemplo, el método para fabricar la geomalla integral de multicapa expandida triaxial 200 descrita anteriormente incluye: proporcionar la lámina inicial de polímero multicapa 100; formar una pluralidad de agujeros o depresiones en la lámina inicial de polímero multicapa 100 en un patrón seleccionado, tal como aquel de acuerdo con la divulgación de la patente Walsh '112; y estirar y orientar biaxialmente la lámina inicial de polímero multicapa que tiene la pluralidad con un patrón de agujeros o depresiones en ella para formar una geomalla integral multicapa que tiene una pluralidad de hebras interconectadas y orientadas entre uniones parcialmente orientadas, y configurar los agujeros o depresiones como aberturas de la malla.

En general, una vez que la lámina inicial de polímero multicapa 100 ha sido preparada con agujeros o depresiones, la geomalla integral de multicapa expandida triaxial 200 se puede producir a partir de la lámina 100 de acuerdo con los métodos descritos en las patentes identificadas anteriormente y conocidos por los expertos en la materia.

Además, con respecto al método para realizar la realización multiaxial de "hexágono flotante repetitivo dentro de un patrón hexagonal" de la geomalla integral de multicapa expandida, el método incluye proporcionar una lámina de polímero 1300; proporcionar una pluralidad de agujeros o depresiones con patrón 1310 en la lámina de polímero 1300; y orientar la lámina de polímero 1300

que tiene la pluralidad con patrones de agujeros o depresiones 1310 en la misma para proporcionar una pluralidad de hebras orientadas e interconectadas 1120, 1140, 1145, 1150 y 1160 que tienen una matriz de aberturas 1170, 1180 y 1190 en las mismas, un hexágono flotante repetitivo 1130 dentro de un patrón de hexágono exterior 1110 de las hebras orientadas e interconectadas y las aberturas, que incluyen tres hebras lineales que se extienden de manera continua a lo largo de la totalidad de la geomalla integral de multicapa expandida multiaxial 1100.

En general, una vez que la lámina inicial 1300 ha sido preparada con agujeros o depresiones, la geomalla integral de multicapa expandida multiaxial 1100 se puede producir a partir de la lámina inicial 1300 de acuerdo con los métodos descritos en las patentes identificadas anteriormente y conocidos por los expertos en la materia.

Como se indicó anteriormente, la forma geométrica hexagonal del hexágono externo 1110 y el hexágono interior más pequeño 1130 son una realización preferida para proporcionar la configuración geométrica flotante de la presente invención. Sin embargo, otras formas geométricas son posibles dentro del alcance de la presente invención. Por ejemplo, las formas geométricas podrían ser rectangulares o cuadradas con cuatro hebras de soporte o conexión que conectan cada esquina interior del rectángulo externo o cuadrado con la esquina externa correspondiente del rectángulo o cuadrado interior más pequeño. O bien, las formas geométricas podrían ser triangulares con solo tres hebras de soporte o conexión entre las esquinas internas adyacentes del triángulo externo y las esquinas externas del triángulo interior más pequeño.

En la realización rectangular o cuadrada de la presente invención, descrita en el párrafo anterior, preferiblemente habría dos hebras lineales que se extienden continuamente a lo largo de la totalidad de la geomalla para cada rectángulo externo o cuadrado, estas hebras continuas se extienden en un ángulo de aproximadamente 90 ° entre sí. En la realización triangular, probablemente habrá tres hebras lineales para cada triángulo exterior que

se extienden una de la otra aproximadamente 120 °, de manera similar a las hebras lineales 1120 de la realización hexagonal preferida descrita en detalle en el presente documento.

Además, diferentes formas geométricas pueden ser posibles sin apartarse de la presente invención. Por ejemplo, la forma geométrica interior podría ser un anillo circular apoyado dentro de la forma hexagonal externa preferida con seis hebras de soporte similares a la realización preferida divulgada en el presente documento. Por lo tanto, se pretende que las formas geométricas de la estructura de repetición externa y la estructura flotante interna o interior no se limiten a formas geométricas idénticas.

Las Figuras 14A-14E ilustran una hipótesis de mecanismo de compresión de una geomalla integral de multicapa expandida de tres capas que está asociada con vacíos en la capa interna expandida bajo carga aplicada. Como se muestra en la Figura 14A, antes de una carga aplicada, los vacíos y el polímero a su alrededor no se alteran. A medida que comienza la carga (Figura 14B), el polímero alrededor de los vacíos comienza a comprimirse. A medida que continúa la carga (Figura 14C), el polímero alrededor de los vacíos deja de ceder y los huecos comienzan a comprimirse. A medida que continúa la carga (Figura 14D), los vacíos se comprimen por completo y el polímero alrededor de los vacíos comienza a ceder nuevamente. Y finalmente, como se muestra en la Figura 14E, a medida que se elimina la carga, la nervadura de la geomalla integral de multicapa expandida se descomprime, quedando una deformación permanente de los vacíos debido a que estos se han colapsado hasta cierto grado, junto con una deformación permanente del polímero alrededor de los vacíos.

Las Figuras 15A-15C ilustran una hipótesis de mecanismo de nervaduras plegables de la capa interna expandida de una geomalla integral de multicapa expandida de tres capas que también está asociada con vacíos en la capa interna expandida, y demuestra la flexibilidad tanto vertical como horizontal de la geomalla integral bajo carga aplicada. Como se muestra en la Figura 15A, antes de una carga aplicada, los vacíos y el polímero alrededor de los vacíos no se alteran. A medida que se

aplica una carga (Figura 15B), el sistema comienza a sufrir una compresión elástica a medida que los vacíos comienzan a colapsar. Finalmente, como se muestra en la Figura 15C, el sistema deja de ceder a medida que los vacíos comienzan a comprimirse y densificarse. Por lo tanto, en virtud de los vacíos presentes en la capa interna expandida de la geomalla integral de multicapa expandida, se logra una

5 flexibilidad tanto vertical como horizontal de la geomalla bajo carga.

La Figura 16 presenta gráficos que ilustran una comparación del comportamiento de las nervaduras no elásticas con base en una lámina inicial de una geomalla integral convencional, con el comportamiento de las nervaduras elásticas de una lámina inicial de la presente geomalla integral multicapa expandida que tiene la capa interna expandida. Como es evidente, las nervaduras de la

10 geomalla integral de multicapa expandida que son flexibles vertical y horizontalmente facilitan un posicionamiento y una densificación de agregados más óptimos. Esta característica de la geomalla integral multicapa expandida permite usar nervaduras “grandes” sin que las nervaduras sean “alteradoras” del sistema de agregados.

La Figura 17 presenta una tabla que compara los beneficios de la geomalla integral de

15 multicapa expandida de la presente invención frente a una geomalla monocapa que no tiene una capa expandida. La Muestra 1 es una geomalla integral que tiene una geometría triangular hecha de una lámina inicial de polipropileno monocapa que tiene un espesor de lámina inicial total de 4,15 mm. La muestra 1 tiene un peso de producto de geomalla integral terminada de 200 g/m². La Muestra 2 es una geomalla integral que tiene una geometría triangular hecha de una lámina inicial multicapa expandida

20 de acuerdo con la presente invención que tiene un espesor de lámina inicial total de 4,2 mm. La estructura multicapa de la Muestra 2 comprende una primera capa externa (es decir, superior) de polipropileno con un espesor de 0,5 mm, una capa interna de polipropileno expandido con un espesor de 3,2 mm y una segunda capa externa (es decir, inferior) de polipropileno con un espesor de 0,5 mm. La Muestra 2 tiene un peso del producto de geomalla integral terminada de 171 g/m². Las Muestras 1 y

2 se sometieron a pruebas de tráfico simulado en las que se determinó la deformación de superficie media de la geomalla integral de las últimas 500 pasadas, midiendo el rendimiento en mm de deformación de superficie. La deformación de superficie media de la Muestra 1 fue de 61,8 mm, y la deformación de superficie media de la Muestra 2 fue esencialmente la misma, es decir, 61,6 mm.

5 Como se evidencia a partir de la Figura 17, la muestra 2, la geomalla integral multicapa expandida de acuerdo con la presente invención, es un 14,5 % más liviana que la Muestra 1, la geomalla integral monocapa no expandida. Sin embargo, con base en la prueba de tráfico, la Muestra 2 logra un rendimiento de deformación superficial equivalente al de la muestra más pesada 1. En consecuencia, al utilizar la tecnología de geomalla integral de multicapa expandida de la presente invención, se puede
10 reducir el peso del producto, al mismo tiempo que se logra un rendimiento de deformación superficial equivalente al de un producto monocapa no expandido, más pesado.

 Asimismo, según la Figura 17, la Muestra 3 es una geomalla integral que tiene una geometría triangular hecha a partir de una lámina inicial de polipropileno monocapa que tiene un espesor total de lámina inicial de 4,55 mm. La Muestra 3 tiene un peso de producto de geomalla integral
15 terminada de 217 g/m². La Muestra 4 es una geomalla integral que tiene una geometría triangular hecha de una lámina inicial multicapa expandida según la presente invención que tiene un espesor total de lámina inicial de 6,2 mm. La estructura multicapa de la muestra 4 comprende una primera capa externa (es decir, superior) de polipropileno que tiene un espesor de 1 mm, una capa interna de polipropileno expandido que tiene un espesor de 4,2 mm y una segunda capa externa (es decir, inferior) de
20 polipropileno que tiene un espesor de 1 mm. La Muestra 4 tiene un peso de producto de geomalla integral terminada de 215 g/m², es decir, esencialmente el mismo peso que el de la Muestra 3. Las Muestras 3 y 4 también se sometieron a pruebas de tráfico simulado en las que se determinó la deformación de superficie promedio de la geomalla integral para 500 pasadas, midiéndose el rendimiento como mm de deformación de superficie. La deformación de superficie promedio de la

Muestra 3 fue de 46,4 mm, mientras que la deformación de superficie promedio de la Muestra 4 fue sustancialmente menor, es decir, 37,2 mm.

Como se evidencia a partir de la Figura 17, la Muestra 4, la geomalla integral de multicapa expandida de acuerdo con la presente invención tiene un peso que es esencialmente el mismo que el de la Muestra 3, la geomalla integral monocapa no expandida. Aún con base en las pruebas de tráfico, la Muestra 4 logra un rendimiento de la deformación de superficie que es un 19,8 % mejor (es decir, menos deformación de la superficie) que la Muestra 3. Por consiguiente, al utilizar la tecnología de geomalla integral de multicapa expandida de la presente invención, se puede mantener el peso del producto, al mismo tiempo que se logra un rendimiento de deformación de superficie equivalente al de un producto monocapa no expandido.

En resumen, en virtud de que las geomallas integrales de multicapa expandida de la presente invención que tienen no solo una construcción multicapa, sino al menos una capa interna de las mismas que tiene una estructura que se expande en relación con al menos otra capa de las múltiples capas como resultado de la distribución de vacíos en las mismas, las geomallas proporcionan una compresibilidad aumentada de las capas bajo carga.

Además, la naturaleza multicapa de las geomallas integrales de multicapa expandida de la presente invención imparte una mayor rigidez general a la geomalla integral en relación con la de las geomallas integrales monocapa anteriores. Además, en virtud de la capa interna expandida, las geomallas integrales multicapa expandidas de la presente invención se caracterizan por cumplir con una elasticidad o flexibilidad inicial que conduce a una mejor compactación y una mayor densidad, pero con una rigidez compuesta de geomalla de agregado horizontal final que es mayor como resultado de la elasticidad inicial.

Además, las geomallas integrales de multicapa expandida de la presente invención proporcionan relaciones de aspecto más altas en todas las hebras en comparación con las de las

geomallas integrales anteriores. Debido a que la alta relación de aspecto de las geomallas integrales de la presente invención aumenta el entrelazado de los agregados, las geomallas integrales de multicapa expandida de la presente invención pueden adaptarse mejor a las relaciones de aspecto variables de los agregados.

5 Y, por último, las geomallas integrales de multicapa expandida de la presente invención, además de proporcionar mejoras en cuanto a estructura y rendimiento descritas en el presente documento, tienen beneficios económicos significativos. Si se desea una geomalla integral que tenga hebras con una relación de aspecto más alta, la capa expandida según la presente invención puede proporcionar esa relación de aspecto más alta mientras se utiliza el mismo contenido de polímero total
10 (es decir, “cantidad” de polímero) que una geomalla integral configurada de manera similar que no tenga una capa expandida. O, si se desea una geomalla integral que tenga hebras con una misma relación de aspecto que una geomalla integral configurada de manera similar, la capa expandida según la presente invención puede proporcionar esa misma relación de aspecto mientras se utiliza un contenido de polímero total menor (es decir, “cantidad” de polímero). Por consiguiente, las geomallas integrales
15 de multicapa expandida de la presente invención, además de las mejoras estructurales y de rendimiento asociadas con ellas, pueden proporcionar beneficios económicos significativos, es decir, lograr una relación de aspecto más alta a un mismo costo, o lograr una misma relación de aspecto a un costo menor.

 Un primer aspecto de la presente invención se refiere a una geomalla integral de multicapa expandida para entrelazarse con, y reforzar, el agregado que comprende una pluralidad de
20 hebras orientadas interconectadas por uniones parcialmente orientadas y que tienen una serie de aberturas entre ellas, dicha geomalla integral tiene una pluralidad de capas, cada una de un material polimérico, con al menos una capa interna de dicha pluralidad de capas que tienen una estructura expandida que contiene una distribución de vacíos en ellas a fin de mejorar la compatibilidad inicial entre el agregado y la geomalla integral para maximizar una densidad del agregado después de la

compactación del agregado y la geomalla.

La al menos una capa interna que tiene una estructura expandida puede tener un volumen de vacíos entre un 5 % y un 60 %. La al menos una capa interna que tiene una estructura expandida puede tener un factor de compresibilidad entre un 5 % y un 75 %. La al menos una capa interna que

5 tiene la estructura expandida puede incluir una espuma, la espuma comprende un polipropileno y un aditivo espumante. La al menos una capa interna que tiene la estructura expandida puede incluir un relleno particulado. El relleno particulado puede seleccionarse del grupo que consiste en un carbonato de calcio, un silicato de magnesio hidratado, un sulfato de calcio, tierra de diatomeas, un dióxido de titanio, un nano-relleno, un nanotubo de carbono de pared múltiple, un nanotubo de carbono de pared

10 simple, una fibra natural, una fibra sintética, dolomita, una sílice, mica y un hidrato de aluminio. La geomalla integral multicapa expandida se puede producir a partir de una lámina de polímero de multicapa coextruida. La geomalla integral multicapa expandida se puede producir a partir de una lámina de polímero de multicapa laminada. Las hebras orientas pueden haber sido estiradas uniaxial o biaxialmente. La geomalla integral de multicapa expandida de acuerdo con la reivindicación 8, en la

15 que la lámina de polímero multicapa incluye una primera capa, una capa interna expandida y una tercera capa, estando dispuestas la primera y la tercera capa sobre superficies planas opuestas de la capa interna expandida. La lámina de polímero multicapa puede tener un espesor de aproximadamente 2 mm a aproximadamente 12 mm. La primera capa de la lámina de polímero multicapa puede tener un espesor de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 4,5 mm, la capa interna expandida puede tener un

20 espesor de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 9 mm y la tercera capa puede tener un espesor de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 4,5 mm. La geomalla integral de multicapa expandida puede ser una geomalla integral triaxial o una geomalla integral rectangular.

Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un material inicial para fabricar una geomalla integral de multicapa expandida que tiene una pluralidad de capas, cada una de un material polimérico, siendo al menos una capa interna de dicha pluralidad de capas capaz de formar una estructura expandida que contiene una distribución de vacíos en la misma, dicho material inicial
5 comprende una lámina de polímero multicapa que tiene agujeros o depresiones que proporcionan aberturas cuando la lámina se estira biaxialmente.

La lámina de polímero multicapa puede ser coextruida. La lámina de polímero multicapa puede ser laminada. La lámina de polímero multicapa puede incluir una primera capa, una capa interna expandida y una tercera capa, estando dispuestas la primera y la tercera capa sobre superficies planas
10 opuestas de la capa interna expandida. La lámina de polímero multicapa puede tener un espesor inicial de al menos 2 mm.

Un tercer aspecto de la presente invención se refiere a una construcción de suelo que comprende una masa de material particulado reforzado mediante la incrustación de una geomalla integral de multicapa expandida para entrelazarse con, y reforzar, el agregado que comprende una
15 pluralidad de hebras orientadas interconectadas por uniones parcialmente orientadas y que tienen una serie de aberturas entre ellas, dicha geomalla integral tiene una pluralidad de capas, cada una de un material polimérico, con al menos una capa interna de dicha pluralidad de capas que tienen una estructura expandida que contiene una distribución de vacíos en ellas a fin de mejorar la compatibilidad inicial entre el agregado y la geomalla integral para maximizar una densidad del agregado después de
20 la compactación del agregado y la geomalla.

Un cuarto aspecto de la presente invención se refiere a un método de fortalecimiento de una masa de material particulado, que comprende incrustar en la masa de material particulado la geomalla integral de multicapa expandida para entrelazarse con, y reforzar, el agregado que comprende una pluralidad de hebras orientadas interconectadas mediante uniones parcialmente orientadas y

que tienen una serie de aberturas entre ellas, dicha geomalla integral tiene una pluralidad de capas, cada una de un material polimérico, con al menos una capa interna de dicha pluralidad de capas que tienen una estructura expandida que contiene una distribución de vacíos en ellas a fin de mejorar la compatibilidad inicial entre el agregado y la geomalla integral para maximizar una densidad del agregado después de la compactación del agregado y la geomalla.

Un quinto aspecto de la presente invención se refiere a un método para fabricar una geomalla integral de multicapa expandida, que comprende proporcionar una lámina de polímero multicapa que tiene una pluralidad de capas, cada una de ellas de un material polimérico, con al menos una capa interna de dicha pluralidad de capas capaz de formar una estructura expandida que contiene una distribución de vacíos en ella; proporcionar una pluralidad con patrón de agujeros o depresiones en la lámina de polímero multicapa; y orientar la lámina de polímero multicapa que tiene la pluralidad con patrón de agujeros o depresiones en ella para proporcionar una pluralidad de hebras orientadas interconectadas por uniones parcialmente orientadas y para configurar los agujeros o depresiones como aberturas de la malla, teniendo dicha al menos una capa interna la estructura expandida que contiene la distribución de vacíos en la geomalla integral multicapa.

De acuerdo con la realización del método de la invención, la al menos una capa interna que tiene la estructura expandida puede incluir una espuma. La al menos una capa interna que tiene la estructura expandida puede incluir un relleno particulado. El paso de proporcionar la lámina de polímero multicapa puede ser un paso de coextrusión. El paso de proporcionar la lámina de polímero multicapa puede ser un paso de laminación. La lámina de polímero multicapa que tiene la pluralidad con patrón de agujeros o depresiones en ella puede estar orientada por un estiramiento uniaxial o biaxial. La lámina de polímero multicapa puede incluir una primera capa, una capa interna expandida y una tercera capa, estando dispuestas la primera y la tercera capa sobre superficies planas opuestas de la capa interna expandida. La lámina de polímero multicapa puede tener un espesor inicial de al menos 2 mm.

La primera capa de la lámina de polímero multicapa puede tener un espesor de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 4,5 mm, la capa interna expandida puede tener un espesor de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 9 mm, y la tercera capa puede tener un espesor de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 4,5 mm. La primera capa puede tener un material de construcción de una poliolefina de alto peso molecular, la capa interna expandida puede tener un material de construcción de un polímero de amplia especificación, y la tercera capa puede tener un material de construcción de una poliolefina de alto peso molecular. La geomalla integral de multicapa expandida puede ser una geomalla integral triaxial o una geomalla integral rectangular.

Un sexto aspecto de la presente invención se refiere a un método para proporcionar una construcción de una geomalla integral de multicapa expandida, que comprende estirar uniaxial o biaxialmente un material inicial que es una lámina de polímero multicapa que tiene una pluralidad con patrón de orificios o depresiones en ella para proporcionar una geomalla integral de multicapa expandida que tiene una pluralidad de hebras orientadas interconectadas por uniones parcialmente orientadas y una pluralidad de aberturas de malla; e incrustar la geomalla integral en una masa de material particulado.

Y, un séptimo aspecto de la presente invención se refiere a una geomalla integral de multicapa expandida que comprende: una pluralidad de hebras orientadas interconectadas y uniones parcialmente orientadas que forman un patrón repetitivo de hexágonos externos que tienen una serie de aberturas en ellos; cada uno de dichos hexágonos externos que soportan y rodean un hexágono interno más pequeño que tiene hebras orientadas, dichas hebras orientadas y dichas uniones parcialmente orientadas de dicho hexágono externo forman una pluralidad de hebras lineales que se extienden continuamente a lo largo de la totalidad de la geomalla integral de multicapa expandida, dicha geomalla integral tiene una pluralidad de capas cada una de un material polimérico que se extiende a lo largo de dicha geomalla, y al menos una capa interna de

dicha pluralidad de capas que tienen una estructura expandida que contiene una distribución de vacíos en ella.

5 Lo anterior se considera como ilustrativo únicamente de los principios de la invención. Además, dado que a los expertos en la técnica fácilmente se les puede idear numerosas modificaciones y cambios, no se desea limitar la invención a la construcción y operación exactas descritas y mostradas