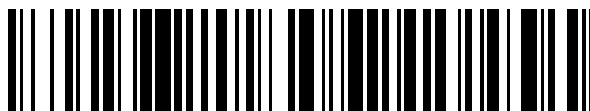


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 873**

51 Int. Cl.:

B29D 28/00 (2006.01)

B29C 55/02 (2006.01)

E02D 3/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.10.2012 PCT/GB2012/052630**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.05.2013 WO13061049**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2012 E 12784044 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2018 EP 2771178**

54 Título: **Estructura de malla, producción y usos de la misma**

30 Prioridad:

28.10.2011 GB 201118659
28.10.2011 US 201161552717 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.05.2018

73 Titular/es:

TENSAR TECHNOLOGIES LIMITED (100.0%)
Sett End Road Shadsworth Business Park
Shadsworth
Blackburn, Lancashire BB1 2PU, GB

72 Inventor/es:

WALSH, ANTHONY THOMAS

74 Agente/Representante:

RIZZO, Sergio

ES 2 666 873 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Estructura de malla, producción y usos de la misma

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a estructuras de malla de plásticos (y en concreto pero no exclusivamente geomallas), del tipo producidas mediante estiramiento de un material de partida de lámina de plástico con un conjunto de orificios de forma que la estructura de malla obtenida comprende una pluralidad de estructuras de costilla generalmente paralelas que se extienden longitudinalmente en la dirección de estiramiento y una pluralidad de estructuras de barra generalmente paralelas que se extienden transversalmente hacia las estructuras de costilla, estando dichas estructuras de costilla interconectadas con dichas estructuras de barra mediante uniones en posiciones distanciadas a lo largo de sus respectivas longitudes, conforme a lo cual las estructuras de costilla se subdividen a lo largo de su longitud en uniones y tramos de costilla (o tiras) alternantes y las estructuras de barra se subdividen a lo largo de sus longitudes en tramos de barra y uniones alternantes. Para mayor comodidad, esta estructura de malla también se denomina en el presente documento "una estructura de malla del tipo descrito". La invención también se refiere a métodos de producción y usos de dichas estructuras.
- 10 **[0002]** Las geomallas se utilizan para fortalecer o reforzar un material particulado (p. ej., tierra o agregado) en construcciones de ingeniería geotécnica. Más concretamente, la geomalla está incrustada en el material particulado de la construcción de forma que este material puede entonces ceñirse a las mallas abiertas de la geomalla. El grosor de una geomalla, medido en la unión, es normalmente superior a 0,5 mm, o 0,75 mm y también puede ser superior a 1,00 mm o 1,5 mm o 2,00 mm.
- 20 **[0003]** Las geomallas pueden fabricarse de muchas formas distintas, por ejemplo cosiendo con puntadas tejidos hechos por ejemplo de filamentos de poliéster y aplicando un revestimiento flexible, como un recubrimiento de PVC o un revestimiento bituminoso, o tejiendo, tricotando, o incluso uniendo tiras de plástico orientadas entre sí. No obstante, la presente invención se corresponde con geomallas (y otras estructuras de malla) formadas mediante el estiramiento de un material de partida de lámina de plástico que se ha proporcionado con un conjunto de orificios (p. ej., en un patrón de malla rectangular o de otro tipo apropiado) que forma mallas en el producto final.
- 25 **[0004]** La operación de estiramiento proporciona una orientación molecular del polímero en la dirección de estiramiento. El grado de orientación se representa normalmente mediante el "ratio de estiramiento", que es el ratio de la distancia entre dos puntos en la superficie de la geomalla en comparación con la distancia entre los puntos correspondientes en los materiales de partida (es decir, antes del estiramiento). Los ratios de estiramiento pueden determinarse por medio de "líneas verdaderas", que son líneas aplicadas (normalmente mediante impresión o trazado) en el material de partida, habitualmente en dos direcciones perpendiculares. La orientación en una posición en concreto puede determinarse como el ratio de estiramiento entre dos puntos de referencia, uno en cada una de las dos líneas verdaderas situadas en ambos lados de la posición donde va a medirse la orientación, estando dichos puntos de referencia muy próximos y adyacentes a dicha posición. Normalmente, las líneas verdaderas suelen utilizarse únicamente para realizar trabajo experimental y no para series de producción.
- 30 **[0005]** Las geomallas producidas mediante el estiramiento de dichos materiales de partida de lámina de plástico pueden estar orientadas uniaxialmente o biaxialmente. En el caso de una geomalla orientada uniaxialmente ("uni-ax"), el estiramiento se ha realizado en una única dirección, mientras que una malla orientada biaxialmente ("bi-ax") se ha producido mediante el empleo de dos operaciones de estiramiento transversales entre sí, siendo normalmente estas operaciones perpendiculares entre sí y generalmente secuenciales. Estas técnicas de producción de estructuras de malla uni-ax y bi-ax mediante el estiramiento de un material de partida de lámina de plástico en una dirección (para un producto uni-ax) o en dos direcciones (para un producto bi-ax) se dan a conocer, por ejemplo, en GB-A-2 035 191 (equivalente a US 4 374 798) y EP-A-0 374 365 (equivalente a US 5 053 264).
- 40 **[0006]** Como antecedentes adicionales, en GB-A-2 124 965 se da a conocer la producción de una estructura de malla orientada biaxialmente empleando una operación de estiramiento en una única dirección. El material de partida para este proceso tiene zonas de estirado paralelas una al lado de la otra separadas por filas de orificios o surcos. El material de partida está trazado de forma paralela a las zonas de estirado sin contracción lateral con el fin de estirar las zonas de estirado para formar tiras estiradas y orientadas continuas (que se extienden longitudinalmente en la estructura de malla) interconectadas mediante tiras transversales de sección transversal más pequeñas que se han formado a partir de las zonas (las "zonas que forman tiras transversales") entre orificios o surcos en cada fila. Estas últimas zonas son de anchura reducida (medida en una dirección paralela a las zonas de estirado) y como consecuencia se prolongan transversalmente hacia las zonas de estirado como resultado de la reducción de anchura de estas zonas de estirado conforme se estiran. Las tiras transversales de sección transversal más pequeñas tienen orientación significativa a lo largo de sus longitudes (es decir, de forma transversal a las zonas de estirado). A modo de ejemplo, en las formas de realización ejemplares de los ejemplos 1 a 4 de GB-A-2 124 965 se utilizan materiales de partida de lámina de plástico con "zonas que forman tiras transversales" que presentan anchuras en la dirección paralela a las zonas de estirado de 0,8 mm, 1,525 mm, 0,8 mm y 1,65 mm respectivamente. Los ratios de estiramiento calculados de las tiras transversales de sección
- 50
- 55
- 60

transversal más pequeñas medidos en una dirección transversal a las zonas de estirado son de 3,03:1, 2,26:1, 4,06:1 y 2,58:1 respectivamente.

5 **[0007]** Analizando más detenidamente la producción de geomallas uniax, se puede considerar que el conjunto de orificios en el material de partida de lámina de plástico están comprendidos por primeras hileras de orificios que se extienden en una primera dirección y segundas hileras de orificios que se extienden en una segunda dirección que es transversal (y normalmente perpendicular) a la primera dirección. En la producción de la geomalla uniax, el material de partida de lámina de plástico se estira en paralelo a la primera dirección. Esto resulta en la formación de las estructuras de costilla anteriormente mencionadas a partir de zonas del material de partida entre primeras hileras adyacentes de orificios, y en la formación de estructuras de barra a partir de zonas de material entre segundas hileras adyacentes de orificios. Por otra parte, las tiras (o tramos de costilla) se forman mediante el estiramiento de "zonas de formación de tiras" hipotéticas, que son las zonas del material de partida entre orificios adyacentes en las segundas hileras. Las tiras (o tramos de costilla) formadas por la operación de estiramiento están orientadas a nivel molecular en la dirección de estiramiento.

15 **[0008]** Las mallas uniax se utilizan ampliamente en aplicaciones donde la tensión se aplica principalmente en una dirección, por ejemplo al reforzar terraplenes o muros de contención de bloque modular. En dichas estructuras, las tensiones se transfieren desde el material particulado reforzado a lo largo de las estructuras de costilla a las barras. Evidentemente, la orientación molecular de los tramos de costilla a lo largo de sus longitudes es la que proporciona geomallas uniax adecuadas para su uso en aplicaciones de refuerzo donde la tensión se produce principalmente en una dirección.

20 **[0009]** Normalmente, las geomallas uniax son tales que, según lo determinado en el sentido longitudinal de una estructura de costilla, el ratio de estiramiento en el punto medio de una tira (o tramo de costilla) es de aproximadamente 8:1. Asimismo, normalmente los tramos de barra en una geomalla uniax convencional tienen una anchura de 16 mm a 20 mm, medida en una dirección paralela a la longitud de las estructuras de costilla, y comprenden un polímero fundamentalmente no orientado. Más específicamente, el polímero está fundamentalmente no orientado a lo largo y ancho de los tramos de barra y de forma similar en la unión cuando se considera tanto a lo largo de la longitud de la estructura de costilla y de la longitud de la estructura de barra. Como se podrá apreciar, el peso de polímero no orientado en la estructura de barra transversal puede representar un porcentaje significativo del peso total de la geomalla uniax. Por consiguiente, cuando se considera que el uso más eficiente de polímero en geomallas es el que está orientado en las tiras (debido a que éste proporciona un aumento de propiedades mecánicas y una reducción de peso), se podrá apreciar que la cantidad relativamente significativa de polímero no orientado en las estructuras de barra (tramos de barra y uniones) posibilita una reducción del rendimiento de la geomalla. Se han llevado a cabo intentos para superar este inconveniente simplemente reduciendo el número de estructuras de barra transversales por unidad de longitud de la geomalla. A pesar de que el número de estructuras de barra por unidad de longitud ha disminuido, la anchura de estas estructuras de barra (medida en una dirección paralela a la extensión longitudinal de las costillas) se ha mantenido relativamente constante en la región de 16 a 20 mm. Esta anchura cumple dos requisitos. En primer lugar, permite que los tramos de barra de la geomalla se conecten a un muro de bloque de una estructura de ingeniería geotécnica por medio de conectores habitualmente disponibles. En segundo lugar, la anchura es tal que es poco probable que las barras se rompan antes de los tramos de costilla).

40 **[0010]** Por lo tanto, es objeto de la presente invención impedir o mitigar las desventajas expuestas anteriormente.

45 **[0011]** De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una estructura de malla de material de plástico de una pieza producida mediante el estiramiento de un material de partida de lámina de plástico formado con un conjunto de orificios donde la estructura de malla comprende una pluralidad de estructuras de costilla normalmente paralelas que se extienden longitudinalmente en una primera dirección paralela a la dirección de estiramiento y una pluralidad de estructuras de barra generalmente paralelas que se extienden en una segunda dirección transversal a las estructuras de costilla, estando interconectadas dichas estructuras de costilla y dichas estructuras de barra mediante uniones en posiciones distanciadas a lo largo de sus respectivas longitudes, a través de lo cual las estructuras de costilla se subdividen a lo largo de su longitud en uniones alternantes y tramos de costilla y las estructuras de barra se subdividen a lo largo de sus longitudes mediante tramos de barra y uniones alternantes, donde:

(a) las estructuras de costilla son tales que los tramos de costilla están orientados en la primera dirección a lo largo de sus longitudes y la orientación en la primera dirección se extiende a través de las uniones conectando dos tramos de costilla orientados de esta forma,

55 (b) las estructuras de barra son tales que su ratio de estiramiento total en la segunda dirección es de 1 como máximo y todas las posiciones a lo largo de la longitud de las estructuras de barra tienen un ratio de estiramiento máximo de 1,5 en la segunda dirección,

(c) medido en la primera dirección, el ratio de estiramiento en el punto medio de los tramos de costilla se encuentra en el rango de 5:1 a 12:1, y

(d) las estructuras de costilla son tales que, medido en la primera dirección, el ratio de estiramiento en los puntos medios de las uniones es de al menos aproximadamente un 40 % del presente en el punto medio de los tramos de costilla adyacentes.

5 **[0012]** De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método para producir una estructura de malla de material de plástico de una pieza que comprende:

10 (i) proporcionar un material de partida de lámina de plástico que tiene orificios dispuestos en un patrón de malla regular de forma que hay unas primeras hileras paralelas de orificios en una primera dirección y unas segundas hileras paralelas de orificios en una segunda dirección transversal a la primera dirección, mediante lo cual dicho material de partida tiene zonas de formación de estructuras de barra definidas entre las hileras adyacentes de segundos orificios y zonas de formación de estructuras de costilla definidas entre las primeras hileras de orificios adyacentes y

15 (ii) estirar dicho material en la primera dirección (preferentemente en tales condiciones que se presenta un máximo de 15 % de contracción en la segunda dirección) para producir una estructura de malla comprendida por una pluralidad de estructuras de costilla longitudinales y generalmente paralelas que se extienden en paralelo a la primera dirección y una pluralidad de estructuras de barra generalmente paralelas que se extienden en paralelo a la segunda dirección, estando interconectadas dichas estructuras de costilla y dichas estructuras de barra mediante uniones en posiciones distanciadas a lo largo de sus respectivas longitudes, a través de lo cual las estructuras de costilla se subdividen a lo largo de su longitud en uniones alternantes y tramos de costilla y las estructuras de barra se subdividen a lo largo de su longitud en tramos de barra y uniones alternantes,

20 donde la anchura (en la dirección de estiramiento) de las zonas de formación de estructuras de barra y el grado de estiramiento produjo una estructura de malla en la cual:

25 (a) las estructuras de costilla son tales que los tramos de costilla están orientados en la primera dirección a lo largo de sus longitudes y la orientación en la primera dirección se extiende a través de las uniones conectando dos tramos de costilla orientados de esta forma,

(b) las estructuras de barra son tales que su ratio de estiramiento total en la segunda dirección es de 1 como máximo y todas las posiciones a lo largo de la longitud de las estructuras de barra tienen un ratio de estiramiento máximo de 1,5 en la segunda dirección,

30 (c) medido en la primera dirección, el ratio de estiramiento en el punto medio de los tramos de costilla se encuentra en el rango de 5:1 a 12:1, y

(d) las estructuras de costilla son tales que, medido en la primera dirección, el ratio de estiramiento en los puntos medios de las uniones es de al menos aproximadamente un 40 % del presente en el punto medio de los tramos de costilla adyacentes.

[0013] Por lo general, la primera y la segunda dirección son perpendiculares entre sí.

35 **[0014]** Preferentemente, el estiramiento en la primera dirección es la única operación de estiramiento empleada en la producción de la estructura de malla, y no se produce estiramiento en la segunda dirección.

[0015] Aunque la invención se aplica por lo general a estructuras de malla de plástico de una pieza (y métodos para su producción), posee aplicación concreta en dichas estructuras en forma de geomallas uniax.

40 **[0016]** Las geomallas uniax (y otras estructuras de malla) de la invención son tales que la orientación en la primera dirección (es decir, de estiramiento) no sólo se extiende a lo largo de los tramos de costilla, sino también a través de las uniones que conectan tramos de costilla adyacentes, mediante lo cual las estructuras de costilla tienen orientación a lo largo de su longitud total. El grado de orientación en la dirección de estiramiento en los puntos medios de las uniones es significativo en comparación al presente en los puntos medios de los tramos de costilla adyacentes conectados mediante las uniones. Como es habitual, la orientación puede determinarse midiendo los ratios de estiramiento que, para los fines de la invención, se miden totalmente tras liberar la fuerza de estiramiento (y después de que se haya llevado a cabo cualquier templado), habiendo medido el ratio de estiramiento en la superficie de la estructura de malla.

45 **[0017]** Las geomallas uniax de la invención son tales que, medido en la dirección longitudinal de las estructuras de costilla (es decir, en la «primera dirección»), el ratio de estiramiento en el punto medio de las uniones es de al menos aproximadamente un 40 % con respecto al presente en los puntos medios de los tramos de costilla adyacentes. Preferentemente, el porcentaje es de al menos aproximadamente un 50 % e idealmente de al menos aproximadamente un 55 %. A modo de ejemplo, este porcentaje puede ser, en algunas formas de realización de geomallas de acuerdo con la invención, de al menos aproximadamente un 60 %, o al menos aproximadamente un 65 %, o al menos aproximadamente un 70 % o al menos aproximadamente un 75 %, o al menos aproximadamente de un 85 %.

50 **[0018]** Las geomallas uniax de acuerdo con la invención son tales que el ratio de estiramiento en los puntos medios de los tramos de costilla (es decir, a mitad de camino entre los centros de las dos uniones adyacentes)

medido a lo largo de la longitud de los tramos de costilla se encuentra en el rango de 5:1 a 12:1, más preferentemente de 7:1 a 10:1 e incluso más preferentemente de 7,5:1 a 9,5:1, como aproximadamente 9:1. El ratio de estiramiento en los puntos medios de las uniones es preferentemente de al menos un 55 % (medido en la dirección longitudinal de los tramos de costilla) con respecto al presente en el punto medio de los tramos de costilla adyacentes. Así, por ejemplo en el caso donde el ratio de estiramiento en los puntos medios de los tramos de costilla medido a lo largo de la longitud de los tramos de costilla se encuentra en el rango de 7,5:1 a 9,5:1, se prefiere que el ratio de estiramiento (en la misma dirección) en los puntos medios de las uniones esté en el rango de 5:1 a 6:1. Por tanto, en un caso típico en el que el ratio de estiramiento en el punto medio de un tramo de costilla es de aproximadamente 9:1, el ratio de estiramiento en el punto medio de la unión adyacente es de al menos 5,0:1 medido en la dirección longitudinal de la estructura de costilla. Esto contrasta completamente con la técnica anterior de geomallas uniax, en la cual el ratio de estiramiento correspondientemente medido en el punto medio de la unión es de aproximadamente 1:1 (es decir, básicamente no presenta orientación a través de la unión).

[0019] Para la producción de geomallas uniax de acuerdo con la invención, la anchura de las zonas de formación de barras de la lámina de material de partida necesita cumplir dos requisitos. El primero es que la anchura debe permitir la orientación (en la dirección de estiramiento) para pasar a través de las uniones que conectan dos tramos de costilla adyacentes. En otras palabras, las zonas de formación de barras no deberían ser tan anchas como para actuar como «inhibidores de la orientación» para prevenir que la orientación se dirija a través de las uniones, como sucede durante la producción de geomallas uniax convencionales. El segundo es que la anchura no debería ser muy reducida, de forma que cualquier parte de la estructura de barra (y especialmente los tramos de barra) tenga un ratio de estiramiento en la segunda dirección superior a 1,5. Si la anchura de las zonas de formación de barras es demasiado reducida, la tendencia de la operación de estiramiento en la primera dirección de producir tramos de costilla orientados de menor anchura (en la segunda dirección) que el de las zonas de formación de costillas resultará en el estiramiento de los tramos de barra, como sucede de acuerdo con la descripción de GB-A-2124965, de forma que los ratios de estiramiento a lo largo de su longitud serán superiores a 1,5.

[0020] Por consiguiente, en resumen, la anchura de las zonas de formación de barras en materiales de partida de lámina de plástico empleados en la invención posee unas características donde (considerando materiales de partida de la misma composición y grosor) la anchura es (i) menor que en el caso de producción de geomallas uniax donde básicamente no existe orientación a través de las uniones (medida a lo largo de las estructuras de costilla) y básicamente tampoco existe orientación de las estructuras de barra medida a lo largo de la longitud de las mismas, pero es (ii) mayor que en el caso en el que la estructura de malla presenta orientación a lo largo de la estructura de barra según se contempla en GB 2 124 965.

[0021] Partiendo de lo expuesto anteriormente, para conseguir la orientación a través de la unión (en la dirección longitudinal de las estructuras de costilla) durante el proceso de estiramiento, es necesario que las zonas de formación de estructuras de barra en la lámina de material de partida (y, por consiguiente, la anchura de las estructuras de barra resultantes en la geomalla uniax) presente una anchura menor que en el caso de la producción de una geomalla uniax comparable producida a partir del mismo tipo de lámina de material de partida (composición, grosor) que cuenta con orificios del mismo tamaño y que se estira para producir una geomalla con aberturas de la misma longitud y con el mismo ratio de estiramiento o similar en los puntos medios de los tramos de costilla (medido en la dirección longitudinal de las estructuras de costilla). Así, una geomalla uniax producida de acuerdo con la técnica anterior puede tener estructuras de barra con una anchura de 16 a 20 mm (véase arriba), mientras que en una geomalla comparable de acuerdo con la invención la anchura correspondiente para una geomalla comparable es más posible que esté comprendida en el rango de 6 a 14 mm, más preferentemente de 8 a 12 mm y más preferentemente de 10 a 12 mm, como aproximadamente 11 mm.

[0022] Por lo general, la distancia entre los centros de dos tramos de barra adyacentes (medida a lo largo de la extensión longitudinal de las estructuras de costilla) se encuentra en el rango de 200 a 500 mm, como de 225 a 300 mm.

[0023] Como se indica, las estructuras de barra son tales que su ratio de estiramiento total medido a lo largo de las longitudes de las mismas es de un máximo de 1. Esto implica que, durante la fabricación de la geomalla mediante un método de acuerdo con el segundo aspecto de la invención, la geomalla tiene una anchura (medida en la segunda dirección) que no supera la del material de partida de lámina de plástico. Sin embargo, lo ideal es que el ratio de estiramiento total de las estructuras de barra a lo largo de la longitud de las mismas no sea menor de aproximadamente 0,80 (como resultado de alguna reducción en la anchura) e idealmente se encuentra en el rango de aproximadamente 0,80 a aproximadamente 0,9, más preferentemente de aproximadamente 0,83 a aproximadamente 0,87, como de aproximadamente 0,85. No obstante, a pesar de que el ratio de estiramiento total de las estructuras de barra medido a lo largo de las mismas es de 1 como máximo, puede haber posiciones concretas a lo largo de la longitud de las estructuras de barra (normalmente a lo largo de los tramos de barra) donde el ratio de estiramiento (en la segunda dirección) es superior a 1, pero no más de 1,5. Por tanto, los valores del ratio de estiramiento a lo largo (y medidos en la dirección de) la longitud de la estructura de barra inferiores a 1 representan más bien una compresión en lugar de un estiramiento, y lo más probable es que sea un valor que se encuentra en una unión de la estructura de barra en lugar de en un tramo de barra, para el cual

el ratio de estiramiento es preferentemente de entre aproximadamente 1:1 a 1,5:1. Preferentemente, todas las posiciones a lo largo de la longitud de las estructuras de barra tienen una orientación mínima de 0,8 en la segunda dirección. Es particularmente preferible que todas las posiciones a lo largo de la longitud de las estructuras de barra tengan una orientación comprendida en un rango de 0,85 a 1,15.

5 **[0024]** Las geomallas uniax de acuerdo con la invención pueden presentar propiedades de resistencia y rendimientos mejorados (por lo que respecta a la resistencia de la geomalla por unidad de peso de polímero que constituye la geomalla) en comparación con las geomallas uniax comparables de la técnica anterior, y como se apreciará a partir de lo expuesto anteriormente, estas propiedades mejoradas se derivan del hecho de que los tramos de costilla están orientados a lo largo de sus longitudes (lo más preferible es que la orientación en el punto medio de las uniones sea de al menos un 55 % con respecto a la del punto medio de los tramos de costilla) y poseen una cantidad significativamente inferior de polímero no orientado situado en los tramos de barra transversales, en comparación con la geomalla uniax de la técnica anterior producida a partir de un material de partida de lámina de plástico con el mismo grosor.

10 **[0025]** Por otra parte, las geomallas uniax de la invención presentan una cantidad de ventajas en comparación con las estructuras de malla orientadas biaxialmente dadas a conocer en GB-A-2 124 965. En concreto, las estructuras de barra más gruesas (en las geomallas uniax de la presente invención) pueden ayudar a reducir la velocidad de deformación por fluencia (y proporcionar un período más largo hasta la rotura). Además, la barra más gruesa y menos orientada es más adecuada para el uso de conectores mecánicos convencionales. Asimismo, la estructura de barra más gruesa y más rígida resiste a las fuerzas de reducción de la anchura en la producción y ayuda a mantener la «perpendicularidad» para asegurar que las estructuras de barra permanezcan perpendiculares a la dirección de estiramiento.

15 **[0026]** El método del segundo aspecto de la invención para producir la geomalla uniaxial de la invención implica el estiramiento del material de partida de lámina de plástico en una dirección (que puede considerarse como la «dirección de la máquina» (DM) en un proceso de producción) al mismo tiempo que se impide preferentemente el desplazamiento del material en la dirección transversal a la misma con el fin de limitar o prevenir la reducción de la anchura. Preferentemente, hay una reducción de la anchura de un 15 % como máximo durante el proceso de estiramiento. El estiramiento DM puede llevarse a cabo empleando rodillos de estiramiento y da como resultado zonas de formación de tiras del material de partida (es decir, zonas entre orificios adyacentes en hileras que se extienden en la dirección transversal) que se estiran hasta formar las tiras o tramos de costilla. Normalmente, la velocidad de deformación del material en cuestión durante el proceso de estiramiento es de 1 a 20 m/min. Sin restricción de anchura, se ha descubierto que los niveles de orientación aumentados (medidos a lo largo de la longitud de las estructuras de costilla) en las uniones no sólo favorecen la pérdida de anchura, sino también la distorsión en torno a los puntos donde los tramos de costilla conectan con las uniones. Por otra parte, al restringir la reducción de la anchura en la segunda dirección (es decir, transversal a la dirección de estiramiento) se asegura que la orientación está totalmente dirigida a lo largo de la longitud del producto donde es realmente necesario.

20 **[0027]** Los materiales de partida de lámina de plástico empleados en la presente invención pueden ser de cualquier material plástico adecuado, como polipropileno o polietileno de alta densidad, aunque diferentes materiales plásticos presentan distintos funcionamientos en cuanto al estiramiento. Preferentemente, el material de partida es estrictamente de un solo plano, lo que significa que el material es simétrico con respecto al plano medio paralelo a sus caras. Por lo general, un material de partida de un solo plano resultará en una estructura de un solo plano al ser estirado. Se puede producir un material de partida estrictamente de un solo plano mediante la extrusión y el punzonado del material de partida. No obstante, se pueden obtener resultados satisfactorios con cualquier material de partida que tenga de forma sustancial un solo plano, lo que significa que el material no se aparta demasiado de su naturaleza de un solo plano y que la orientación no es comparable en cada cara del producto.

25 **[0028]** Normalmente, el material de partida de lámina de plástico tendrá un grosor de 1 mm a 10 mm, más preferentemente de 2 mm a 8 mm, incluso más preferentemente de 3 mm a 5 mm, como de aproximadamente 4 mm, aunque puede utilizarse una lámina más gruesa (de más de 10 mm) como material de partida, únicamente con el equipo de estiramiento actuando como limitación práctica.

30 **[0029]** Los orificios del material de partida pueden ser orificios pasantes o ciegos. Si se trata de orificios ciegos, la película o membrana del orificio se romperá durante el estiramiento, o bien puede permanecer en forma de membrana fina. Los orificios pueden formarse mediante el punzonado del material de partida, según se da a conocer en US 4 374 798, o pueden formarse mediante extrusión según se da a conocer en US 5 053 264, o bien pueden formarse mediante un grabado en relieve adecuado, o de otra manera apropiada.

35 **[0030]** Los orificios en el material de partida de lámina de plástico están preferentemente dispuestos de forma que los centros de los orificios se encuentran en una cuadrícula rectangular teórica. Los orificios están preferentemente alargados en la primera dirección (es decir, en la dirección de estiramiento). Los extremos de los orificios alargados pueden ser planos o redondeados, más preferentemente planos. En caso de ser planos, los extremos pueden estar conectados a los lados de los orificios mediante esquinas redondeadas. Más preferentemente, los orificios alargados son simétricos respecto a su eje longitudinal y están «estrechados en el

centro», de manera que presenta una anchura más reducida en una región intermedia que la que presenta en los extremos y muestra, en efecto, una apariencia estrechada en el centro. Según se da a conocer en GB 2 174 332, la configuración de dichos orificios permite el control de los niveles de orientación en el producto final. No obstante, existe la posibilidad de que se presenten configuraciones de orificios distintas. Así, por ejemplo, los orificios pueden ser por lo general elípticos, siendo todas las porciones más anchas a lo largo de la longitud de los orificios que en sus extremos.

[0031] La configuración de orificio preferida (como se indica en el párrafo anterior) es una en la que:

- (a) es alargado;
- (b) es simétrico respecto a su eje longitudinal;
- (c) presenta extremos planos (lineales);
- (d) presenta esquinas redondeadas (convexas); y
- (e) tiene una anchura más reducida en una región intermedia que la que presenta en los extremos.

[0032] Preferentemente, el orificio tiene una longitud de 20-40 mm (por ejemplo, 20-30 mm). Preferentemente, el radio de las esquinas se encuentra en el rango de 3-5 mm. La anchura máxima del orificio se encuentra preferentemente en el rango de 9-13 mm, estando el estrechamiento por el centro en cada lado preferentemente en el rango de 0,3 a 0,8 mm.

[0033] En el material de partida que va a ser estirado, los orificios están preferentemente dispuestos de forma que la distancia entre extremos adyacentes de dos orificios adyacentes en la primera dirección se encuentra en el rango de 6 mm a 14 mm, más preferentemente de 8 mm a 12 mm, más preferentemente de 10 mm a 12 mm, p. ej., aproximadamente 11 mm. La distancia más próxima entre dos orificios adyacentes en la segunda dirección será de aproximadamente 10 mm a aproximadamente 18 mm.

[0034] Hemos determinado que el radio de la esquina de los orificios puede presentar un efecto significativo en las propiedades de tensión y de fluencia de la estructura de geomalla final. Por lo general, cuanto más grandes sean los radios de las esquinas, más alta será la fuerza tensil de la geomalla resultante, pero con la característica de que (al probarla con una carga estática) la geomalla presenta una mayor y más rápida deformación por fluencia final, que deriva en unos tiempos de rotura más rápidos, lo cual supone un inconveniente. También sucede al contrario, unos radios de esquina más pequeños derivan en una menor fuerza tensil y menores velocidades de deformación por fluencia y por rotura, pero presenta tiempos de rotura más rápidos. El radio preferido de 3-5 mm que se ha mencionado anteriormente proporciona un equilibrio de estas propiedades, con valores preferidos hacia el extremo inferior de ese rango.

[0035] También se pueden obtener mejoras en las propiedades de fluencia como resultado de la velocidad de deformación del material en cuestión durante el proceso de estiramiento para producir la geomalla final. Más concretamente, hemos determinado que las geomallas producidas con velocidades de deformación más altas del material en cuestión que pueden alcanzarse en una cadena de producción estándar de geomalla uniax presentan propiedades de fluencia mejoradas en comparación con las geomallas producidas en el laboratorio con menores velocidades de deformación del material en cuestión a partir de los mismos materiales de partida de lámina. Esto se muestra en los ejemplos que se exponen más adelante. Idealmente, la velocidad de deformación del material en cuestión durante el proceso de estiramiento es de 2 a 12 m/min, más preferentemente de 5 a 10m/min.

[0036] Las geomallas uniax de acuerdo con la invención pueden utilizarse de forma convencional para reforzar un material particulado a efectos de una construcción de ingeniería geotécnica, como un terraplén o un muro de contención de bloque modular. El término «material particulado» incluye tierra, agregado, rocas, piedras, grava, material forestal, terreno cultivable, barro, agregado contenido mediante un ligante como asfalto o cemento, hormigón, o cualquier otro material particulado o material cohesivo utilizado en ingeniería geotécnica o en construcción.

[0037] A continuación se describirá la invención únicamente a modo de ejemplo con referencias a las imágenes adjuntas, en las que:

La Fig. 1 es una vista de planta de una porción de una geomalla orientada de forma uniaxial de acuerdo con la invención;

La Fig. 2 es una vista de planta de una porción de un material de partida de lámina utilizado para producir geomallas orientadas de forma uniaxial de acuerdo con la invención y geomallas orientadas de forma uniaxial comparables (dependiendo del valor de d que se muestra en la Fig. 2), estando subdividida la Fig. 2 en regiones hipotéticas que, con posterioridad al estiramiento uniaxial de la lámina de material de partida para producir una geomalla, da lugar a partes integrantes de la geomalla;

La Fig. 3 es un detalle de la configuración de orificio para su uso en la producción de una geomalla de acuerdo con la invención;

Las Figs. 4(a) y 4(b) muestran análisis del ratio de estiramiento de un tramo de costilla de una geomalla comparable (Fig. 4(a)) y de una geomalla de acuerdo con la invención (Fig. 4(b));

Las Figs. 5(a) y 5(b) muestran respectivamente geomallas de acuerdo con la invención, producidas sin contención lateral y con dicha contención;

5 Las Figs. 6(a) y 6(b) muestran detalles de las uniones de los productos de geomallas ilustradas en las Figs. 5(a) y 5(b) respectivamente;

La Fig. 7 es un gráfico que muestra los resultados de ensayos de fluencia llevados a cabo en dos geomallas producidas de acuerdo con la invención pero a distintas velocidades de deformación del material;

10 La Fig. 8 es una vista de planta de otra forma de realización de una geomalla orientada uniaxialmente de acuerdo con la invención y producida de acuerdo con el quinto ejemplo de invención que se muestra más adelante; y

La Fig. 9 es un gráfico que muestra el resultado de un «ensayo de fluencia» llevado a cabo en la geomalla que se muestra en la Fig. 8.

15 **[0038]** La Fig. 1 muestra una porción de una geomalla orientada uniaxialmente 1 de acuerdo con la invención que ha sido producida mediante el estiramiento de un material de partida de lámina de plástico (véase Fig. 2 y la descripción relacionada más adelante) en una única dirección DM según indica la flecha en la Fig. 1 (siendo DM la abreviatura de «dirección de la máquina»), al mismo tiempo que mantiene la lámina de material de partida en la dirección transversal DT. La geomalla 1 comprende estructuras de costilla 2 que generalmente se extienden en paralelo a la dirección de la máquina DM. Las estructuras de costilla 2 separadas transversalmente entre sí y
20 conectadas a intervalos separados de forma regular por estructuras de barra 3 que se extienden en la dirección DT mediante las que se define una pluralidad de aberturas alargadas 4 que se extienden longitudinalmente en la geomalla 1. Como se muestra también en la Fig. 1, las estructuras de costilla 2 y las estructuras de barra 3 conectan en regiones de unión 5 de la geomalla 1. Cada estructura de costilla 2 es continua a lo largo de la geomalla 1, al igual que las estructuras de barra 3. Así, se considera que las uniones 5 forman parte
25 simultáneamente tanto de una estructura de costilla 2 como de una estructura de barra 3. Como se representa en la Fig. 1, cada estructura de costilla 2 está conformada por una disposición alterna de tramos o tiras de costilla 6 y uniones 5, mientras que cada estructura de barra 3 está conformada por una disposición alterna de uniones 5 y tramos de barra 7.

30 **[0039]** Aunque la apariencia general de la geomalla 1 puede parecer similar a la de geomallas uniaxiales habituales producidas también mediante el estiramiento de materiales de partida de lámina de plástico, difiere considerablemente de las mismas con respecto a la orientación de las estructuras de costilla 2 en la dirección DM. Más concretamente, la orientación (en la dirección DM) en los tramos de costilla 6 se extiende a través de las uniones 5 que conectan dos tramos de costilla 6 adyacentes. De acuerdo con las formas de realización preferidas de la invención, el ratio de estiramiento en el punto medio de la unión 5, medido en la dirección
35 longitudinal (DM) de las estructuras de costilla, es de al menos aproximadamente un 55 % del ratio de estiramiento del tramo de costilla 6 adyacente (medido también en la dirección longitudinal de la misma). El punto medio de la unión 5 es su punto medio medido en la dirección de la longitud de estructuras 2, así como su punto medio en la dirección longitudinal de las estructuras de barra 3. El punto medio del tramo de costilla 6 está a mitad de camino entre los puntos medios de las dos uniones 5 adyacentes. Las estructuras de barra 3 son tales que, a lo largo de la longitud de las mismas (es decir, en la dirección DT), presentan un ratio de estiramiento total de 1 como máximo (más preferentemente de 0,85 a 0,90) sin que ningún punto a lo largo de la longitud de las estructuras de barra presente una orientación (en la segunda dirección) que sea superior a 1,5. De acuerdo con formas de realización preferidas de la invención, no existe orientación de las estructuras de barra 3 en la dirección DM.

45 **[0040]** La geomalla 1 se ha producido a partir de un material de partida 20 del cual se observa una porción en la vista de planta de la Fig. 2. El material 20 era una lámina estrictamente de un solo plano de polietileno de alta densidad (PEAD) extruido con caras paralelas planas. El material 20 se ha formado con un conjunto de orificios alargados 21 en un patrón de malla generalmente rectangular en la que hay hileras de orificios 21 paralelas a la dirección DT señalada en la Fig. 2, y además hileras paralelas a la dirección DM señalada. Los orificios 21 son
50 alargados y están dispuestos con sus ejes longitudinales extendiéndose en la dirección DM. Cada orificio 21 presenta dos extremos generalmente planos conectados (mediante esquinas redondeadas) a los lados estrechados en el centro. El orificio se muestra con más detalle en la Fig. 3, es alargado con extremos planos (lineales), esquinas redondeadas y lados estrechados en el centro. Como se ilustra, el orificio tiene una longitud X, esquinas de radio R, extremos planos de longitud Y, una anchura máxima Z y una anchura mínima W. Los
55 valores típicos de estos parámetros son los siguientes:

$$W = 8-12 \text{ mm}$$

$$X = 20-30 \text{ mm}$$

$$Y = 2-7 \text{ mm}$$

$$Z = 9-13 \text{ mm}$$

$$R = 3-5 \text{ mm}$$

5 [0041] La Fig. 2 se señala con varias líneas para identificar regiones, lo cual facilitará una comprensión de la siguiente descripción. Más concretamente, en la Fig. 2 se han anotado líneas 35 paralelas a la dirección de la máquina DM y tangenciales a los lados largos de los orificios 21. Además, hay líneas 36 trazadas en paralelo a la dirección transversal DT y tangenciales a los extremos de los orificios 21. En cuanto a las hileras de orificios 21 paralelas a la dirección transversal DT, se definen zonas de formación de tiras S, por una parte, entre cualquier par de orificios adyacentes 21 en dicha hilera y, por otra parte, mediante las líneas 36 tangenciales a los extremos de estos orificios 21. Por lo que respecta a las hileras que se extienden en la dirección DM, se definen zonas de formación de tramos de barra BS, por una parte, entre los extremos de dos orificios adyacentes 21 y, por otra parte, mediante las líneas 35 tangenciales a los lados de estos orificios. Las zonas de formación de uniones J se forman como se muestra y más concretamente alternan con las zonas de formación de tiras S en la dirección DM y con las zonas de formación de tramos de barra BS en la dirección DT.

15 [0042] Para producir la geomalla 1, el material de partida de lámina 20 se estira en la dirección DM al mismo tiempo que se aplica contención en la dirección DT para producir la estructura final. Durante el proceso de estiramiento, las zonas de formación de tiras S se estiran en la dirección DM para producir las tiras 6 en la estructura final, mientras que las zonas de formación de uniones J dan lugar a las uniones 5 y las zonas de formación de tramos de barra BS forman los tramos de barra 7, apreciándose que los orificios 21 en el material de partida producen las aberturas alargadas 4 en la estructura final.

20 [0043] De acuerdo con la invención, el valor de d , es decir, el espacio entre los extremos de dos orificios 21 adyacentes en una hilera que se extiende en la dirección de la máquina DM, es algo menor que en el caso de la producción de una geomalla uniax comparable producida a partir del mismo tipo de lámina de material de partida (composición, grosor) que tiene orificios del mismo tamaño y que se estira para producir una geomalla con aberturas de la misma longitud y con el mismo ratio de estiramiento o similar en los puntos medios de los tramos de costilla (medido en la dirección longitudinal de las estructuras de costilla). A efectos de la invención, el valor de d (que, como se apreciará, define la «anchura» en la dirección DM de las zonas que forman uniones J y las zonas que forman tramos de barra BS) se selecciona para que la operación de estiramiento proporcione un grado de orientación en la dirección DM a través de las uniones 5, de forma que el ratio de estiramiento en los puntos medios de las uniones 5 es preferentemente de al menos un 55 % del que se presenta en el punto medio de los tramos de costilla 6 adyacentes. Este nivel de orientación de la unión es mucho más alto que el que se obtiene en la producción de geomallas uniax habituales. Este hecho se debe a que el valor bastante superior de d en el material de partida empleado para la producción de dichas geomallas convencionales dificulta mucho más el trazado de la zona de formación de uniones J en la dirección DM, lo que resulta en que la unión formada sea una estructura «de bloque» de polímero (considerablemente) no orientado.

30 [0044] Aunque el valor más bajo de d utilizado en la presente invención es lo que permite la orientación a través de la unión en la dirección DM, no obstante, el valor de d no es tan pequeño como para obtener estructuras de barra altamente orientadas, como se produjo de acuerdo con la descripción GB 2124965 A.

35 [0045] A continuación se detallan varios ejemplos no limitativos de la invención.

40 Primeros ejemplos de la invención y comparativo

[0046] Para ilustrar la invención, se preparó una muestra de laboratorio de un material de partida de lámina de plástico del tipo que se muestra en la Fig. 2 mediante el punzonado de los orificios 21 en una lámina estrictamente de un solo plano hecha de polietileno de alta densidad (PEAD) extruido con caras paralelas planas. El material de la lámina presentaba un grosor de aproximadamente 4 mm.

45 [0047] Cada orificio era del tipo que se muestra en la Fig. 3, con las siguientes dimensiones:

$$W = 8,5 \text{ mm}$$

$$X = 25,4 \text{ mm}$$

50 $Y = 2,7 \text{ mm}$

$$Z = 9,5 \text{ mm}$$

$$R = 3,175 \text{ mm}$$

[0048] El espacio (que se indica como d en la Fig. 2) en la dirección DM entre dos orificios 21 era de 6 mm. La distancia más próxima (que se indica como c en la Fig. 2) entre orificios adyacentes en la dirección DT era de 15,9 mm.

5 **[0049]** Un lado del material 20 se grabó con una malla de líneas «verdaderas» con el objetivo de analizar la extensión a la que había sido estirado el producto final. Además, los bordes laterales de la muestra (los lados izquierdo y derecho según se observa en la Fig. 2) se cortaron en una pluralidad de posiciones mediante cortes que se extendían de forma centralizada (en paralelo a las líneas 36) desde los bordes laterales a los orificios adyacentes 21. Esto se llevó a cabo para asegurar que (debido al tamaño relativamente pequeño de la muestra) no se producía ningún estiramiento de las regiones de borde lateral que pudiera influir en el estiramiento en la
10 región central de la muestra.

[0050] Para producir la geomalla 1, el material 20 (con $d=6$ mm) se calentó a una temperatura de 105 °C y se estiró en la dirección DM empleando un ratio de estiramiento total de aproximadamente 7,5:1 para producir la geomalla en la que la distancia longitudinal (es decir, medida en la dirección DM) entre los centros de dos tramos de barra 7 era de 235 mm. Este procedimiento se llevó a cabo utilizando abrazaderas paralelas que entrelazan
15 bordes del material de partida 20 paralelos a las líneas 36 (véase Fig. 2), separando luego las abrazaderas de forma lineal. Durante la operación de estiramiento, se aplicó contención lateral en la dirección DT por medio de barras transversales conectadas de forma rígida a los bordes laterales de la lámina de material de partida para prevenir la reducción de la anchura en esa dirección.

[0051] A efectos de comparación, se produjo una geomalla de acuerdo con la técnica anterior empleando por lo general el mismo procedimiento adoptado para la producción de la geomalla 1 de acuerdo con la invención, pero con tres diferencias. La primera de ellas era que la distancia d entre dos orificios adyacentes 21 en la dirección DM era de 16 mm, en lugar de 6 mm como se utilizó en el caso de la producción de la geomalla 1. En segundo lugar, no se empleó contención lateral durante la operación de estiramiento. La tercera diferencia era que el ratio de estiramiento total era de aproximadamente 5,7, lo cual (en el caso de este material de partida concreto) era
20 necesario para alcanzar una distancia de 235 mm en la dirección DM entre los centros de los tramos de barra (la misma distancia que en la geomalla 1). La falta de contención lateral en este proceso comparativo no era necesaria en vista de la significativa anchura de las zonas de formación de estructura de barra.

[0052] En los gráficos que se muestran en las Figs. 4(a) y (b) con los análisis del ratio de estiramiento se comparan las estructuras de barra cortadas por las regiones centrales de los dos productos, en los que el gráfico (a) pertenece a la geomalla comparativa y el gráfico (b) corresponde a la geomalla de acuerdo con la invención. En cada caso, el análisis realizado es del ratio de estiramiento en la dirección DM en una longitud que va del centro de una unión hasta el de la siguiente. En el gráfico de la Fig. 4(a), las líneas 1 y 28 representan los centros de las uniones que se corresponden con la fotografía de la sección de costilla incluida en dicha figura. En el caso del gráfico de la Fig. 4(b), las líneas correspondientes que representan los centros de las uniones son 1 y
25 22. Los ratios de estiramiento se determinaron a partir de una comparación de la distancia entre líneas verdaderas en el producto y su distancia original en el material de partida sin estirar 20.

[0053] Como se muestra en la Fig. 4(a), en el caso de la geomalla comparativa el ratio de estiramiento es elevado en la región central de la sección de costilla (es decir, a mitad de camino entre los centros de las dos uniones), con aproximadamente 8:1, pero disminuye radicalmente hacia cualquiera de los extremos de la sección de costilla. Esta disminución llega a 1:1 en el punto medio de la unión, que representa un polímero completamente no orientado. Esto significa que el nivel de orientación a lo largo de la longitud de las estructuras de costilla del producto final oscila constantemente de un valor alto en el centro del tramo de costilla a un valor bajo en el punto medio de la unión.

[0054] En cambio, la Fig. 4(b) muestra que en un producto de acuerdo con la invención, los niveles de orientación a lo largo de la longitud de la sección de costilla por lo general se han mantenido. Más concretamente, la orientación en el punto medio de la unión es de alrededor de 6,5:1, mientras que en el punto medio del tramo de costilla es de alrededor de 8:1, medidas ambas en la dirección longitudinal de la estructura de costilla. Así, la orientación en el punto medio de la unión es algo superior al 80 % de la del punto medio del tramo de costilla. De esta forma, se mantiene un ratio de estiramiento elevado a través de la unión, proporcionando un flujo ininterrumpido de material orientado molecularmente sin afectar negativamente a la sección de barra que conecta costillas adyacentes. Estas secciones permanecen no orientadas. Asimismo, se podrá apreciar que la diferencia entre el ratio de estiramiento máximo (aproximadamente 8:1) en el centro de la costilla y en el centro de la unión (aproximadamente 6,5:1) es ahora únicamente de 1,5, en comparación con una diferencia de aproximadamente 7 en el caso del producto comparable.

55 **[0055]** Es evidente que las grandes cantidades de polímero bajo y no orientado en las estructuras de barra de la geomalla comparativa se han visto enormemente reducidas en la geomalla de la invención.

[0056] En el caso del producto comparativo obtenido anteriormente, la anchura de la barra (medida en la dirección DM) es de aproximadamente 16 mm. Con esta anchura, la barra actúa de forma efectiva como un «inhibidor» de la orientación, ya que el elevado valor de la anchura de la barra favorece la expansión (ensanchamiento) de la costilla al introducirse en la zona de barra DT y acaba por expandir las zonas de las
60

barras (mediante el ensanchamiento de los tramos de barra) entre las costillas de forma descontrolada y no deseable antes de que la barra DT se haya sometido a la orientación. Además, la reducción de la anchura debido a la orientación DM, que puede tratarse de una reducción del orden de 10 - 20 %, facilita también este efecto especialmente en las regiones exteriores del producto. Para permitir que la orientación avance a través de la zona de barra DT más pronto en el ciclo de estiramiento, debe reducirse la anchura de barra para oponer menor resistencia a la orientación molecular del polímero. El objetivo de la invención es tratar de controlar los niveles de orientación, de forma que se suavicen las grandes variaciones entre los valores elevados en los centros de las costillas y los valores bajos en los centros de las barras DT hasta alcanzar una disposición más uniforme que produzca un ratio de estiramiento relativamente constante a lo largo de todo el producto.

[0057] En el producto fabricado mediante el procedimiento descrito anteriormente de acuerdo con la invención, la anchura de barra era de aproximadamente 6 mm. Aunque pueden emplearse otros valores (véase más adelante), el valor de la anchura de la barra aborda dos cuestiones. En primer lugar, permite que la orientación avance a través de la zona de barra DT, y en segundo lugar reduce la cantidad de polímero «inactivo» contenida en las barras DT tras el estiramiento. No obstante, en este supuesto existe un inconveniente, ya que el aumento de los niveles de orientación en las zonas de barra facilita una pérdida de anchura mayor y, posteriormente, una mayor deformación en torno a las posiciones en las que las costillas se introducen en la barra DT. Este hecho se contrarresta en el ejemplo anterior mediante la contención total del producto durante el proceso de estiramiento, de forma que la anchura antes del estiramiento es exactamente la misma que la anchura tras el estiramiento. De esta forma, se permite que se produzcan dos efectos importantes. En primer lugar, se elimina el estiramiento excesivo de las zonas entre costillas (secciones entre costillas a lo largo de la barra DT), y en segundo lugar y de manera más importante, no se pierde nada de anchura, por lo que la orientación está totalmente dirigida a lo largo de la longitud del producto donde realmente se necesita.

[0058] En la Tabla 1 que se muestra a continuación se presenta una comparación de las propiedades físicas de las dos geomallas (de la invención y comparativa).

25

Tabla 1

Muestra	Grosor de la lámina de partida (mm)	Distancia entre centros de la barra (mm)	Ratio de estiramiento total	Peso por metro cuadrado (A) (kg/m ²)	Resistencia por metro lineal (B) (kN/m)	Rendimiento, (B/A) (kNm/kg)
Comparativa	4,05	235	5,69	0,614	82,5	134,4
Invención	4,05	235	7,48	0,369	92	249,3

[0059] Se perciben inmediatamente varias diferencias. La reducción en la anchura de los tramos de barra en el producto de la invención comparada con la muestra comparativa (como resultado del menor valor de d) ha eliminado gran parte del polímero «inactivo», mientras que el aumento del ratio de estiramiento junto con la técnica de contención de la anchura han permitido que la orientación se propague a través de la unión de forma controlada. Este hecho ha derivado en un ligero aumento de la fuerza tensil, y lo que es más importante, en un aumento muy elevado de la resistencia por unidad de peso del producto (alrededor de un 85 % mayor).

30

Segundos ejemplos de la invención (efecto de contención en dirección DT)

[0060] El procedimiento descrito anteriormente para producir una geomalla de acuerdo con la invención a partir de un material 20 con d=6 mm se repitió (a efectos comparativos) y se llevó a cabo en una forma modificada en la que no se aplicó contención lateral en la dirección DT durante la operación de estiramiento.

35

[0061] Los resultados se muestran en las Figs. 5 y 6, en cada una de las cuales las figuras señaladas con (a) representan una muestra producida sin contención lateral, y las figuras señaladas con (b) representan una muestra producida con contención lateral.

[0062] La figura 5 presenta dos muestras fabricadas con el mismo grosor de lámina, punzonado/distancia entre partes, y ratio de estiramiento total. La muestra (a) se estiró sin ningún control de su contracción lateral, mientras que la muestra (b) se contuvo totalmente, de forma que la anchura de partida era la misma que la anchura final. Puede observarse claramente que la introducción de las costillas en la unión en la muestra (a) tiene un efecto de ensanchamiento notablemente reducido con respecto a la misma posición en la muestra (b). Esto se debe a la contracción de la anchura en la muestra (a) durante la operación de estiramiento y resulta en unos mayores niveles de orientación DM a través de la unión, aunque también provoca la orientación negativa en esta región en la dirección DT. Las figuras 6(a) y 6(b) son vistas ampliadas de porciones de las geomallas que se muestran respectivamente en las Figs. 5(a) y 5(b). La figura 6 muestra con más detalle el efecto de orientación, con un valor de la orientación DT de aproximadamente 0,4:1 en la región A del producto que se muestra en la Fig. 6(a) y de 1:1 en la región B del producto que se muestra en la Fig. 6(b). Por consiguiente, en formas de realización preferidas de la invención, se emplea una contención de la anchura durante el proceso de estiramiento.

50

Tercer ejemplo de la invención

[0063] Se produjeron una serie de muestras a partir de materiales de partida con distintas configuraciones de orificios. Esto se llevó a cabo para analizar el efecto de la forma del orificio en las propiedades tensoras a corto plazo de los productos resultantes. Aunque existieron algunas variaciones en cuanto a la longitud y anchura del orificio, éstas quedaron anuladas de forma efectiva asegurando que las distancias DM y DT se ajustaban para producir una anchura de barra DT constante de 6 mm y una anchura de formación de barra de 16,38 mm en todos los casos. El grosor de la lámina de partida era de aproximadamente 4 mm, y el ratio de estiramiento total era constante, de 7,5:1 en todas las muestras. Todas las muestras se sometieron a ensayos de tensión utilizando costillas individuales sujetadas entre mandíbulas estriadas que actuaban como cuña con una velocidad de deformación del 20 % de la longitud de referencia medida según el movimiento de la cruceta de la máquina de ensayo en mm/min de la cruceta.

[0064] Las configuraciones de orificio analizadas fueron:

- (1) según el primer ejemplo de la invención descrito anteriormente (0,5 mm de estrechamiento por el centro en cada lado, extremos planos, esquinas redondeadas, R = 3,175 mm)
- (2) 0,75 mm de estrechamiento por el centro en cada lado, extremos planos, esquinas redondeadas (R = 3,175 mm)
- (3) 0,5 mm de estrechamiento por el centro, extremos completamente radiados (semicirculares) (R = 4,76 mm)

[0065] Los resultados se muestran a continuación en la Tabla 2, que incluye también las propiedades correspondientes para la fabricación de un producto uniax estándar.

Tabla 2 Mejoras en fuerza tensil

Muestra	Anchura inicial de costilla (mm)	Distancia entre centros de barra (mm)	Ratio de estiramiento total	Peso (g/m ²)	Carga de fallo (kN)	Resistencia QC (kN/m)	Aumento en resistencia QC (%)
Comparativa	16,38	235	5,69:1	614	1,78	82,5*	0
(1)	16,38	235	7,5:1	369	2,34	94,4**	14,4
(2)	16,38	235	7,5:1	384	2,35	95,0**	15,1
(3)	16,38	235	7,5:1	369	2,47	99,7**	20,8
*En base a 46,45 costillas/m							
**En base a 40,37 costillas/m							

Cuarto ejemplo de la invención

[0066] Se prepararon dos geomallas de acuerdo con la invención y se analizaron sus «propiedades de fluencia».

[0067] Ambas geomallas se fabricaron a partir de un material de partida de lámina de plástico según se ha descrito anteriormente en el primer ejemplo de la invención. Una geomalla era una muestra de laboratorio producida de acuerdo con el procedimiento que se describe de forma general en ese ejemplo, pero empleando una velocidad de deformación de dicho material de 0,6 m/min.

[0068] La otra geomalla se produjo en una línea de producción a gran escala (utilizada para la fabricación de mallas uniax) con una velocidad de deformación de dicho material de 8 m/min.

[0069] Las dos muestras se sometieron a un ensayo de fluencia estático a 40 °C empleando una carga correspondiente al 47,5 % de su resistencia a la rotura por tracción (UTS, por sus siglas en inglés). En la Fig. 7 se muestran los resultados, donde se puede observar que la muestra producida en la máquina de producción a gran escala (a una velocidad de deformación del material en cuestión de 8 m/min) presentaba propiedades de fluencia superiores a las de la muestra producida en laboratorio, ya que mostraba un mayor período de tiempo hasta la rotura. Más concretamente, la muestra producida en laboratorio se rompió tras aproximadamente 200 horas, mientras que la muestra de producción aún seguía «viva» tras aproximadamente 10.000 horas, lo cual evidentemente representa una notable mejora en cuanto al tiempo.

Quinto ejemplo de la invención

[0070] Se preparó una lámina de plástico como material de partida del tipo que se muestra en la Fig. 2 mediante el punzonado de los orificios 21 en una lámina estrictamente de un solo plano hecha de polietileno de alta densidad (PEAD) extruido con caras paralelas planas. El material de lámina tenía un grosor de aproximadamente 4 mm. Cada orificio tenía la forma que se muestra en la Fig. 3 y presentaba las siguientes dimensiones:

5

$$W = 11,7 \text{ mm}$$

$$X = 25,5 \text{ mm}$$

10

$$Y = 5,9 \text{ mm}$$

$$Z = 12,7 \text{ mm}$$

15

$$R = 3,175 \text{ mm}$$

[0071] La distancia DM entre los orificios era de 36,4 mm y la distancia DT era de 25,4 mm. La lámina de plástico con aberturas se estiró empleando la misma técnica que la que se describe en el primer ejemplo de la invención para dotarla de un ratio de estiramiento global de 7,5.

20

[0072] El producto obtenido se muestra en la Fig. 8. Como se muestra en esa figura, las estructuras de costilla de la geomalla eran tales que, medido a lo largo de la extensión longitudinal de las mismas, el ratio de estiramiento en el punto medio de los tramos de costilla era de 9:1, y en el punto medio de las uniones era de 5,5:1 (es decir, aproximadamente un 61 % con respecto al del punto medio del tramo de costilla adyacente). Los tramos de costilla tenían una anchura de aproximadamente 11 mm y (aunque no se muestra en la Fig. 8) las estructuras de barra tenían un ratio de estiramiento a lo largo de toda su longitud de aproximadamente 1:1. Las medidas de grosor también se muestran en la Fig. 8.

25

[0073] Un producto del tipo que se representa en la Fig. 8 se sometió a un ensayo de fluencia estático a 50 °C empleando una carga correspondiente al 45% de su resistencia a la rotura por tracción (UTS). Los resultados se muestran en la Fig. 9, donde se observará que la rotura sólo se produjo tras 500 horas en las condiciones exigentes de este ensayo de fluencia.

30

REIVINDICACIONES

1. Estructura de malla de material de plástico de una pieza (1) producida mediante el estiramiento de un material de partida de lámina de plástico (20) formada con un conjunto de orificios (21) donde la estructura de malla (1) comprende una pluralidad de estructuras de costilla (2) generalmente paralelas que se extienden longitudinalmente en una primera dirección (DM) paralela a la dirección de estiramiento y una pluralidad de estructuras de barra (3) generalmente paralelas que se extienden en una segunda dirección (DT) transversal a las estructuras de costilla, estando interconectadas dichas estructuras de costilla (2) y dichas estructuras de barra (3) mediante uniones (5) en posiciones distanciadas a lo largo de sus respectivas longitudes, a través de lo cual las estructuras de costilla se subdividen a lo largo de su longitud en uniones (5) y tramos de costilla (6) alternantes y las estructuras de barra se subdividen a lo largo de sus longitudes en tramos de barra (7) y uniones (5) alternantes, donde:
- 5
- (a) las estructuras de costilla (2) son tales que los tramos de costilla (6) están orientados en la primera dirección (DM) a lo largo de sus longitudes y la orientación en la primera dirección se extiende a través de las uniones (5) conectando dos tramos de costilla orientados de esta forma,
- 15
- (b) las estructuras de barra (3) son tales que su ratio de estiramiento total en la segunda dirección (DT) es de 1 como máximo y todas las posiciones a lo largo de la longitud de las estructuras de barra (3) tienen un ratio de estiramiento máximo de 1,5 en la segunda dirección,
- (c) medido en la primera dirección (DM), el ratio de estiramiento en el punto medio de los tramos de costilla (6) se encuentra en el rango de 5:1 a 12:1, y
- 20
- (d) las estructuras de costilla (2) son tales que, medido en la primera dirección (DM), el ratio de estiramiento en los puntos medios de las uniones (5) es de al menos aproximadamente un 40 % del presente en el punto medio de los tramos de costilla adyacentes (6).
2. Estructura de malla (1) de acuerdo con la reivindicación 1 donde las estructuras de costilla (2) son tales que, medido en la primera dirección (DM), el ratio de estiramiento en los puntos medios de las uniones (5) es de al menos aproximadamente un 50 % del presente en el punto medio de los tramos de costilla adyacentes (6), preferentemente de al menos aproximadamente un 55 %, más preferentemente de al menos aproximadamente un 60 %, incluso más preferentemente de al menos aproximadamente un 65 %, y lo más preferentemente de al menos aproximadamente un 70 % del presente en el punto medio de los tramos de costilla adyacentes (6).
- 25
3. Estructura de malla (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 donde, medido en la primera dirección (DM), el ratio de estiramiento en el punto medio de los tramos de costilla (6) se encuentra en el rango de 7:1 a 10:1, preferentemente de 7:5 a 9,5:1, y más preferentemente aproximadamente 9:1, y donde también preferentemente, medido en la primera dirección, el ratio de estiramiento en los puntos medios de las uniones (5) es de 5:1 a 6:1.
- 30
4. Estructura de malla (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 donde, medido en la segunda dirección (DT), el ratio de estiramiento total de las estructuras de barra (3) es de 0,8 a 0,9.
- 35
5. Estructura de malla (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 donde todas las posiciones a lo largo de la longitud de las estructuras de barra (3) tienen un ratio de estiramiento mínimo de 0,8 en la segunda dirección (DT), preferentemente un ratio de estiramiento en el rango de 0,85 a 1,15 en la segunda dirección.
6. Estructura de malla (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 donde, medida en la primera dirección (DM), la distancia entre los centros de dos tramos de barra adyacentes (7) es de 20 a 50 cm.
- 40
7. Estructura de malla (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 donde, medida en la primera dirección (DM), la anchura de los tramos de barra (7) es de 6 a 14 mm, preferentemente de 8 a 12 mm, y más preferentemente de 10 a 12 mm.
8. Estructura de malla (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 donde el estiramiento en la primera dirección (DM) es la única operación de estiramiento empleada en la producción de la estructura de malla.
- 45
9. Estructura de malla de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 que es una geomalla.
10. Método para producir una estructura de malla de material de plástico de una pieza (1) que comprende:
- (i) proporcionar un material de partida de lámina de plástico (20) que tiene orificios (21) dispuestos en un patrón de malla regular de forma que hay unas primeras hileras de orificios paralelas (21) en una primera dirección (DM) y unas segundas hileras de orificios paralelas en una segunda dirección (DT) transversal a la primera dirección, mediante lo cual dicho material de partida (20) tiene zonas de formación de estructura de barra (BS, J) definidas entre las segundas hileras adyacentes de orificios y zonas de formación de estructura de costilla (S, J) definidas entre las primeras hileras de orificios adyacentes y
- 50
- (ii) estirar dicho material (20) en la primera dirección (DM) (preferentemente en tales condiciones que existe un máximo de 15 % de contracción en la segunda dirección (DT)) para producir una estructura de malla (1) comprendida por una pluralidad de estructuras de costilla (2) longitudinales y generalmente paralelas que se
- 55

5 extienden en paralelo a la primera dirección (DM) y una pluralidad de estructuras de barra (3) generalmente paralelas que se extienden en paralelo a la segunda dirección (DT), estando interconectadas dichas estructuras de costilla y dichas estructuras de barra mediante uniones (5) en posiciones distanciadas a lo largo de sus respectivas longitudes, a través de lo cual las estructuras de costilla (2) se subdividen a lo largo de su longitud en uniones (5) y tramos de costilla (6) alternantes y las estructuras de barra (3) se subdividen a lo largo de su longitud en tramos de barra (7) y uniones (5) alternantes,

donde la anchura (en la dirección de estiramiento) de las zonas de formación de estructura de barra (BS, J) y el grado de estiramiento producen una estructura de malla (1) en la cual:

10 (a) las estructuras de costilla (2) son tales que los tramos de costilla (6) están orientados en la primera dirección (DM) a lo largo de sus longitudes y la orientación en la primera dirección se extiende a través de las uniones (5) conectando dos tramos de costilla orientados de esta forma (6),

(b) las estructuras de barra (3) son tales que su ratio de estiramiento total en la segunda dirección (DT) es de 1 como máximo y todas las posiciones a lo largo de la longitud de las estructuras de barra (3) tienen un ratio de estiramiento máximo de 1,5 en la segunda dirección (DT),

15 (c) medido en la primera dirección (DM), el ratio de estiramiento en el punto medio de los tramos de costilla (6) se encuentra en el rango de 5:1 a 12:1, y

(d) las estructuras de costilla (2) son tales que, medido en la primera dirección (DM), el ratio de estiramiento en los puntos medios de las uniones (5) es de al menos aproximadamente un 40 % del presente en el punto medio de los tramos de costilla adyacentes (6).

20 **11.** Método de acuerdo con la reivindicación 10 donde los orificios (21) son alargados hacia la primera dirección (DM).

25 **12.** Método de acuerdo con la reivindicación 11 donde los orificios alargados (21) son simétricos respecto a su eje longitudinal y presentan una anchura más reducida en una región intermedia que en las regiones de los extremos, donde los orificios tienen preferentemente una longitud (X) de 20 a 40 mm y/o una anchura máxima (Z) de 9 a 18 mm y/o el estrechamiento por el centro (W) en cada lado se encuentra en el rango de 0,3 a 0,8 mm.

13. Método de acuerdo con la reivindicación 12 donde los orificios alargados (21) tienen extremos planos (lineales) y esquinas redondeadas (convexas), y preferentemente donde el radio (R) de las esquinas se encuentra en el rango de 3 a 5 mm.

30 **14.** Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13 donde el material de partida (20) de lámina de plástico tiene un grosor de 2 a 12 mm, preferentemente de 2 a 10 mm, más preferentemente de aproximadamente 4 mm.

15. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14 donde la velocidad de deformación del material en cuestión durante el proceso de estiramiento es de 1 a 20 m/min, preferentemente de 2 a 12 m/min.

35 **16.** Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15 donde el material de partida de lámina (20) se estira a un ratio de estiramiento total de 7:1 a 8:1.

17. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15 donde el material de partida (20) se estira de forma que todas las posiciones a lo largo de la longitud de las estructuras de barra (3) tienen un ratio de estiramiento mínimo de 0,8 en la segunda dirección (DT), preferentemente en el rango de 0,85 a 1,15.

40 **18.** Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17 donde la distancia entre extremos adyacentes de dos orificios adyacentes (21) en una hilera en la primera dirección (DM) se encuentra en el rango de 6 mm a 14 mm, preferentemente de 8 mm a 12 mm, más preferentemente de 10 mm a 12 mm, y lo más preferentemente de aproximadamente 11 mm.

19. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 18 donde la distancia más próxima entre dos orificios adyacentes en la segunda dirección (DT) es de aproximadamente 10 mm a aproximadamente 18 mm.

45 **20.** Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 19 donde el estiramiento en la primera dirección (DM) es la única operación de estiramiento empleada en el método.

21. Método de refuerzo de un material particulado, que comprende incrustar en el material particulado una estructura de malla (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

22. Material particulado reforzado mediante el método de la reivindicación 21.

50 **23.** Construcción de ingeniería geotécnica comprendiendo una masa de material particulado de acuerdo con la reivindicación 22.

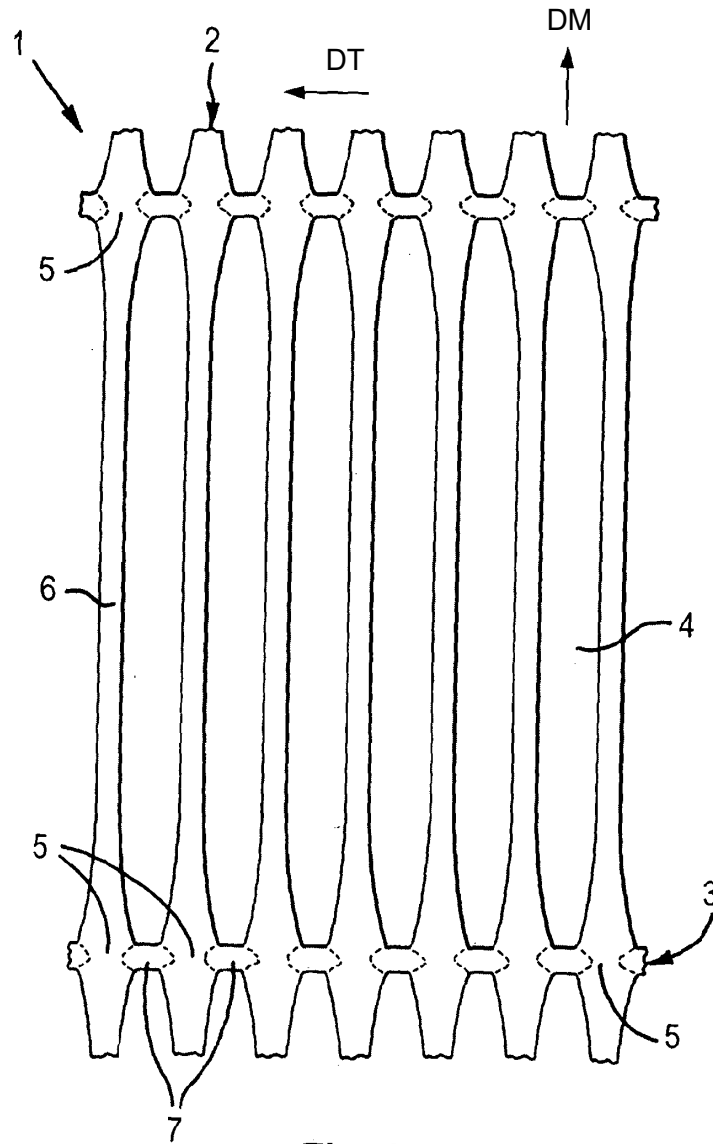


Fig. 1

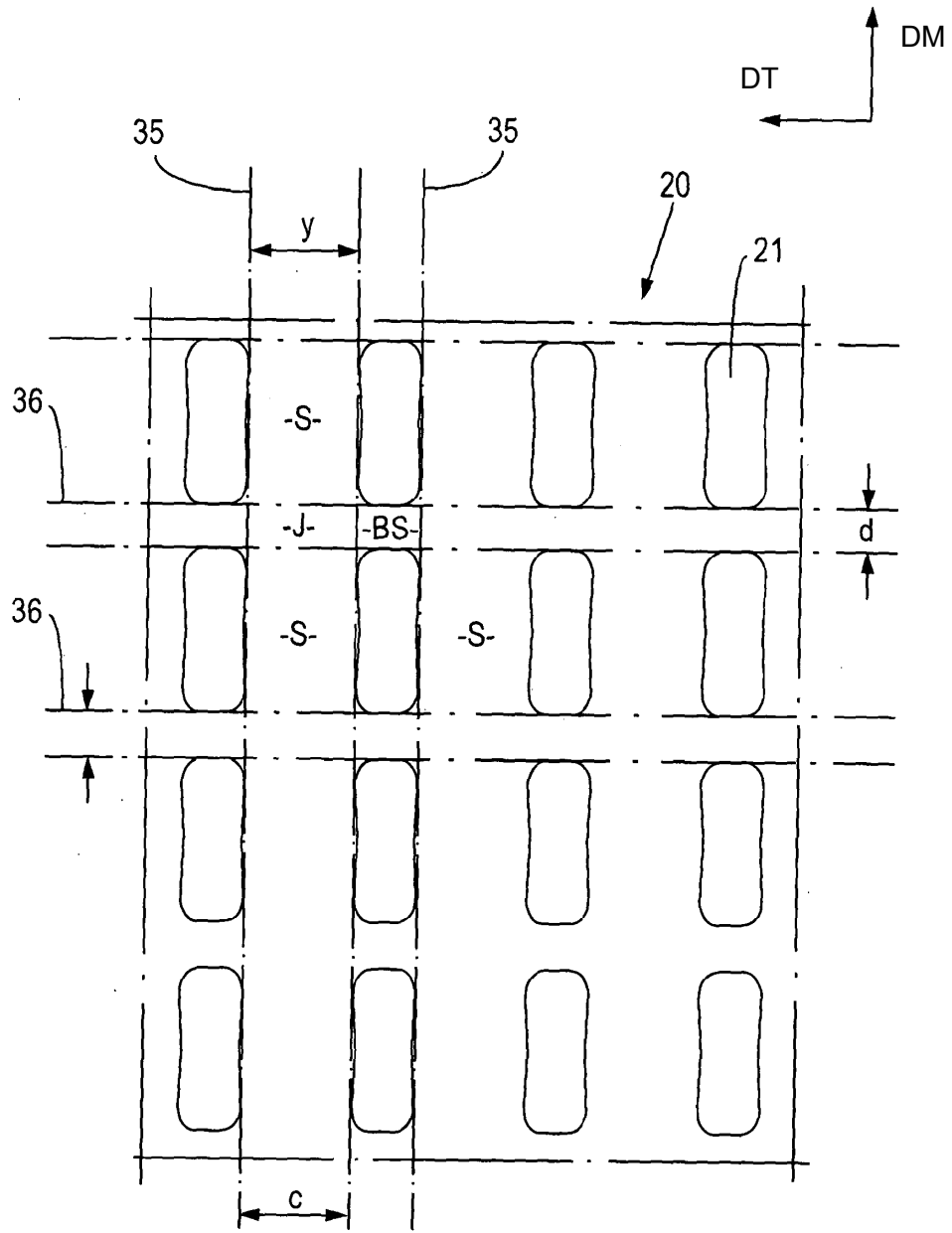


Fig. 2

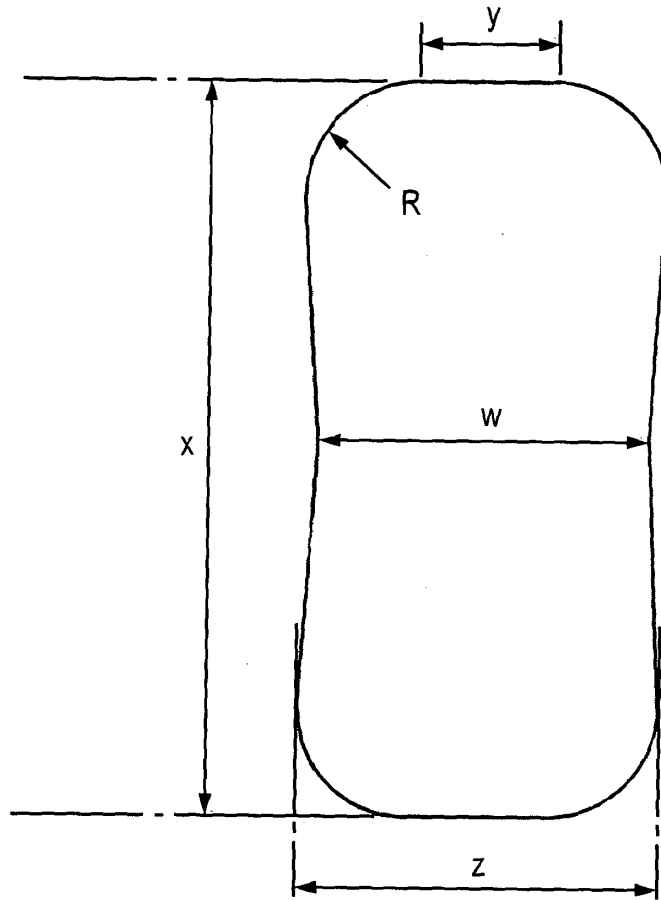


Fig. 3

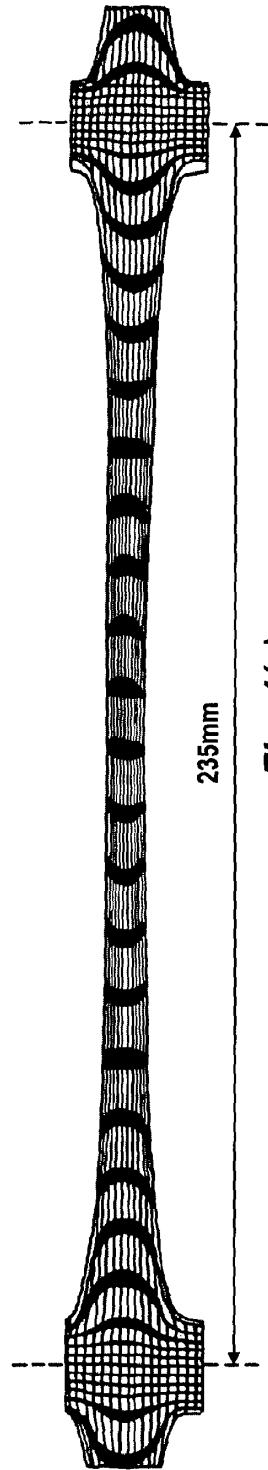
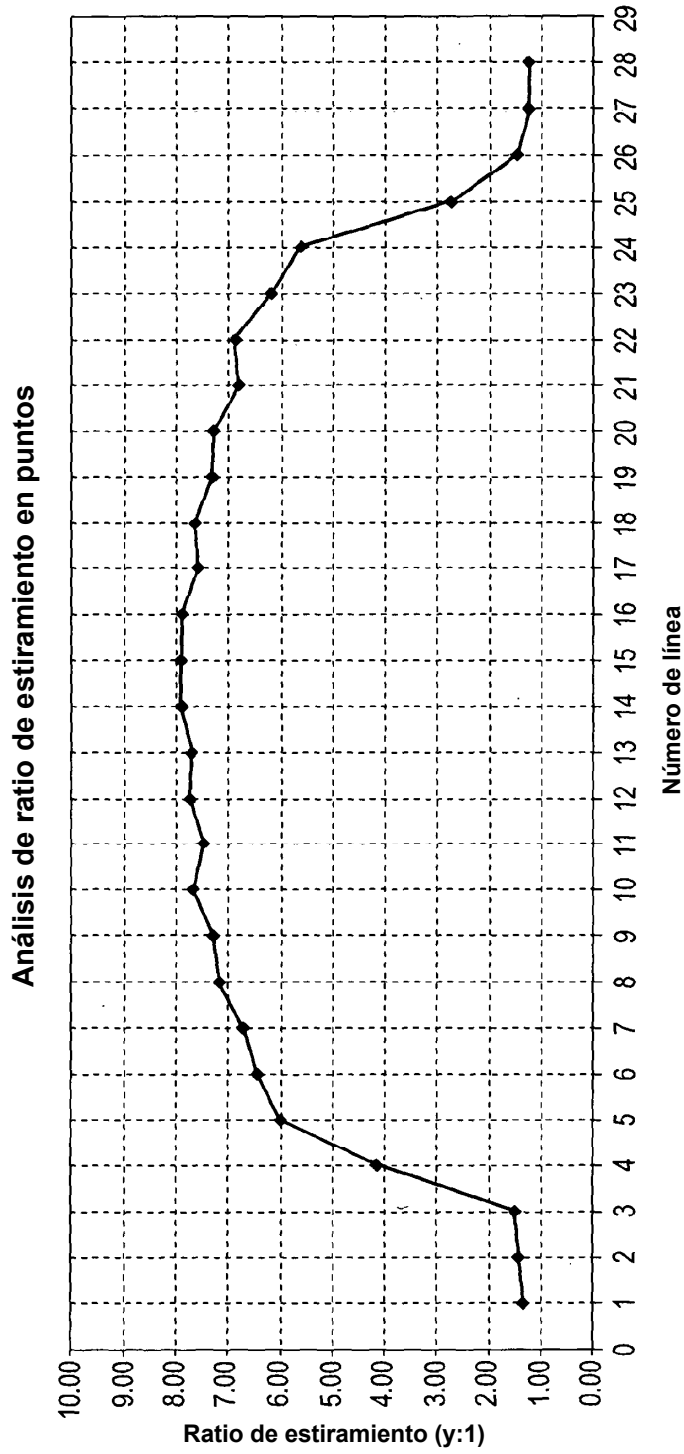


Fig. 4(a)

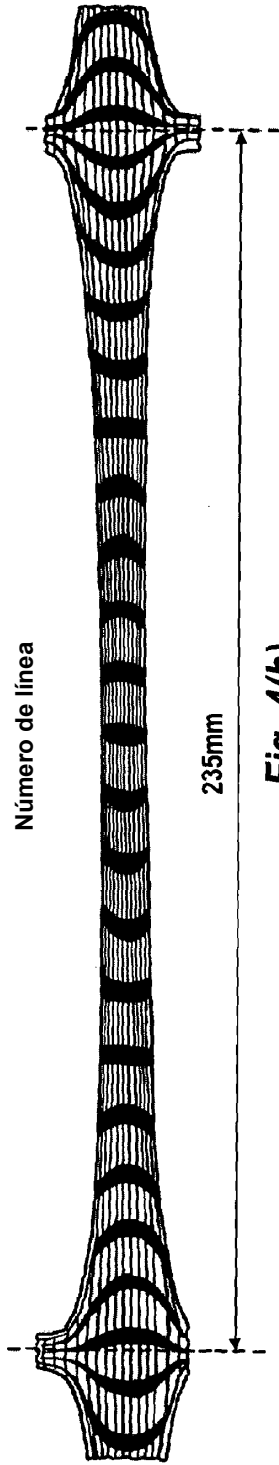
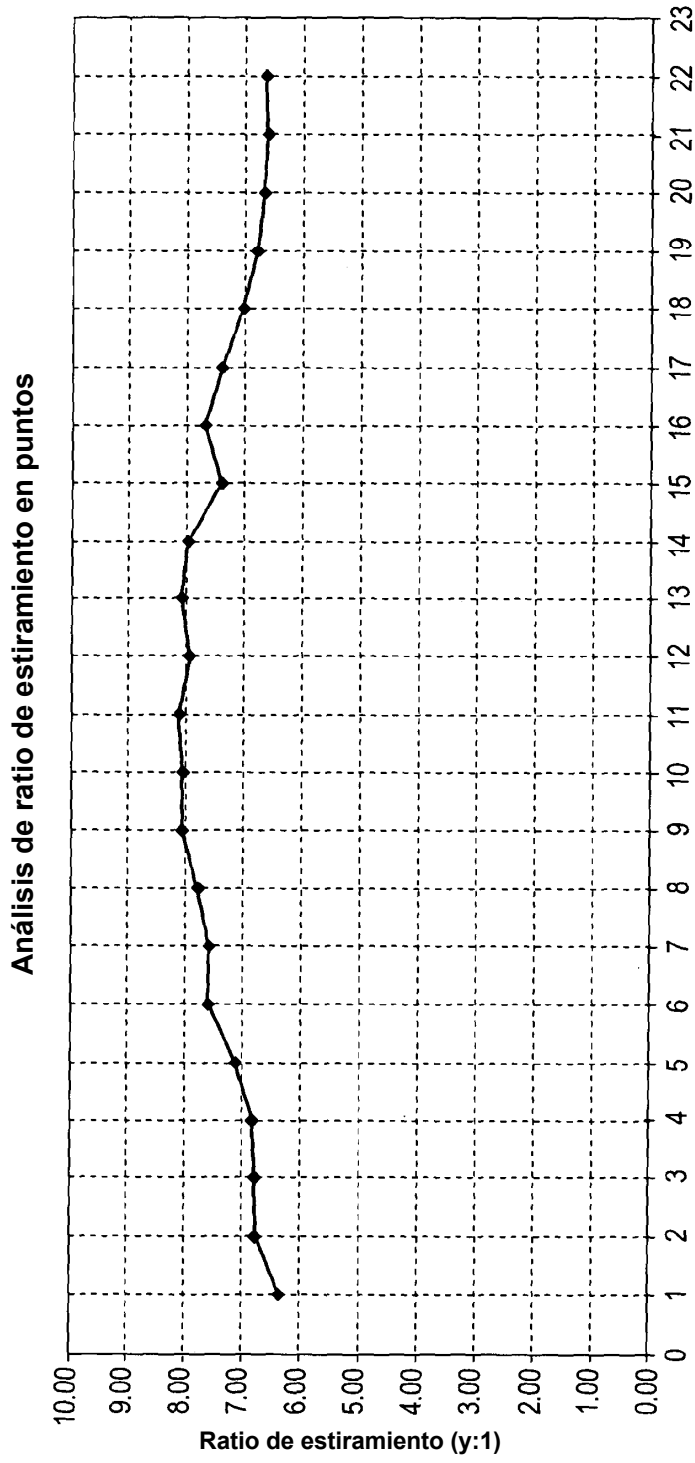


Fig. 4(b)

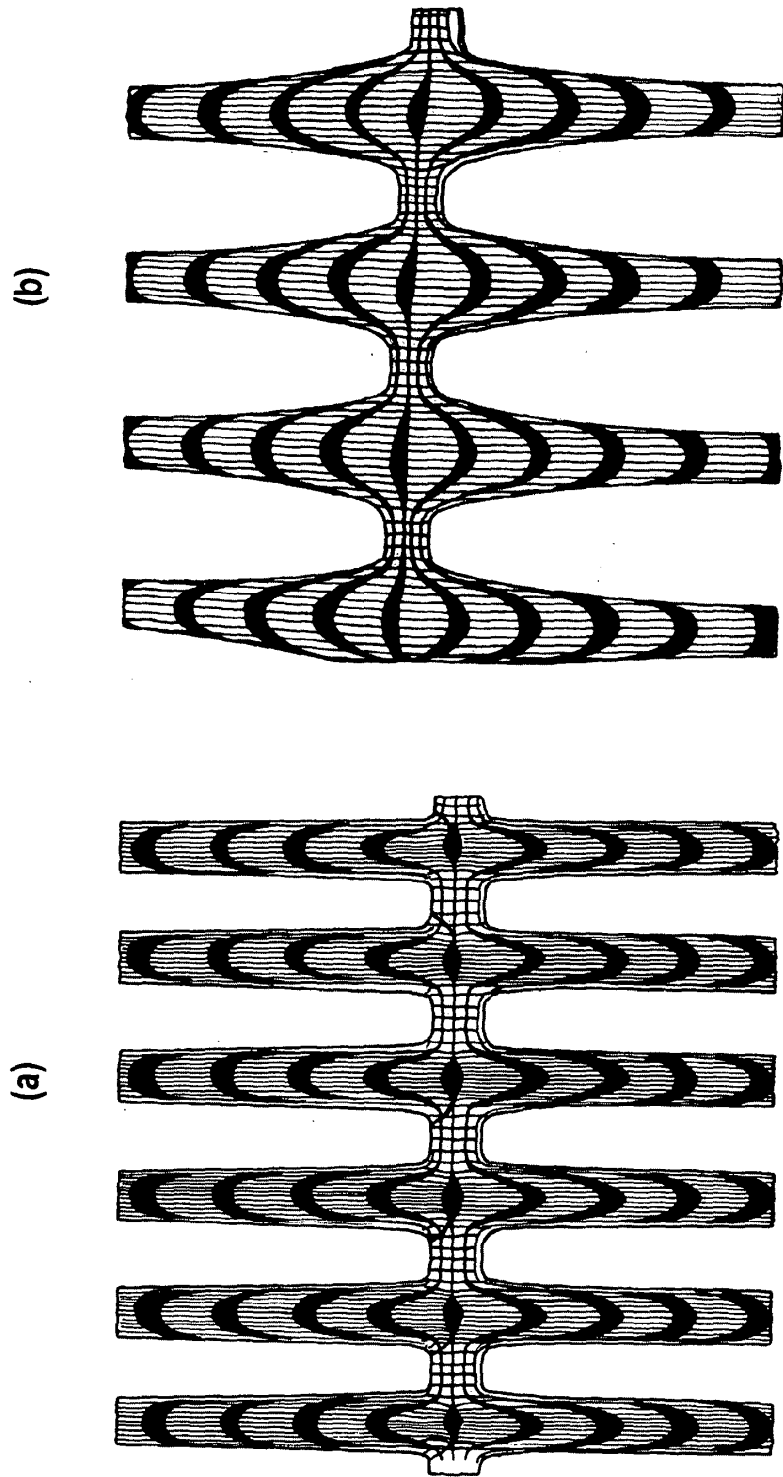


Fig. 5

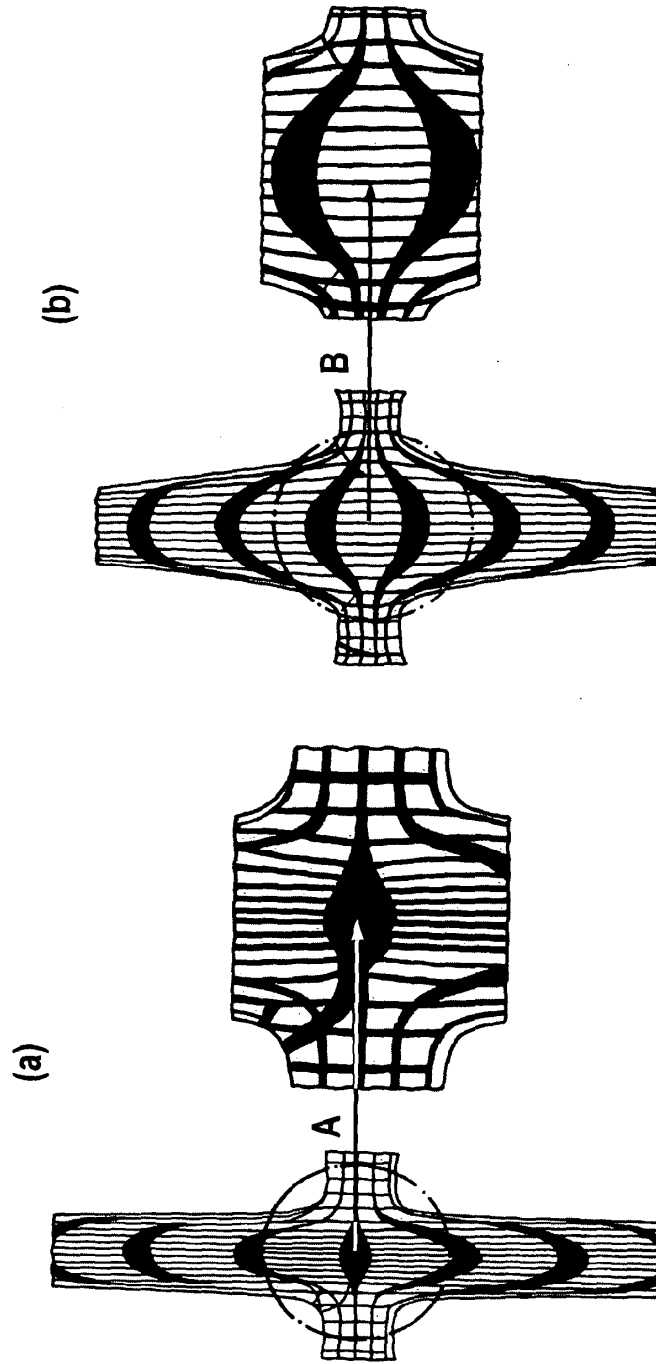
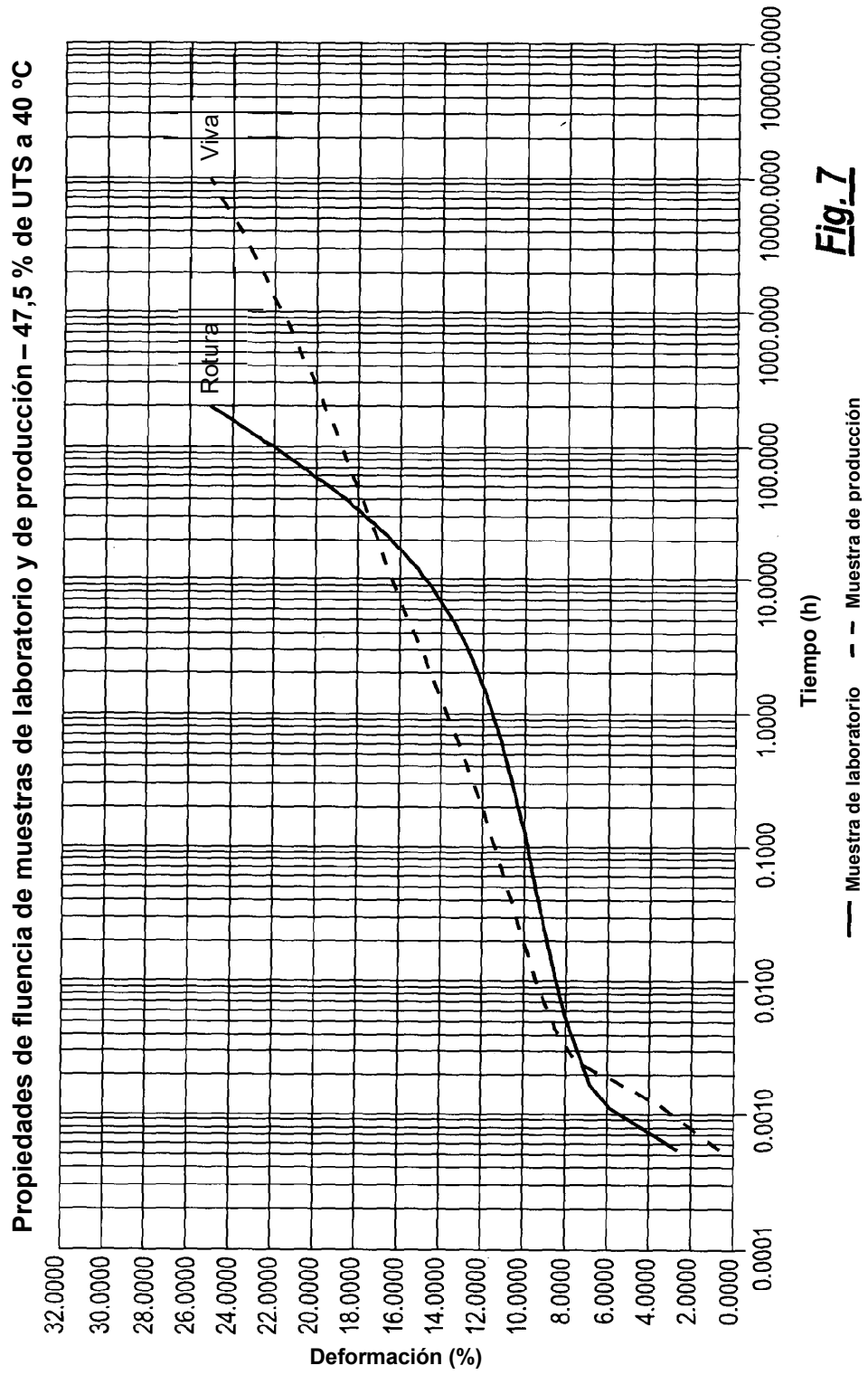


Fig. 6



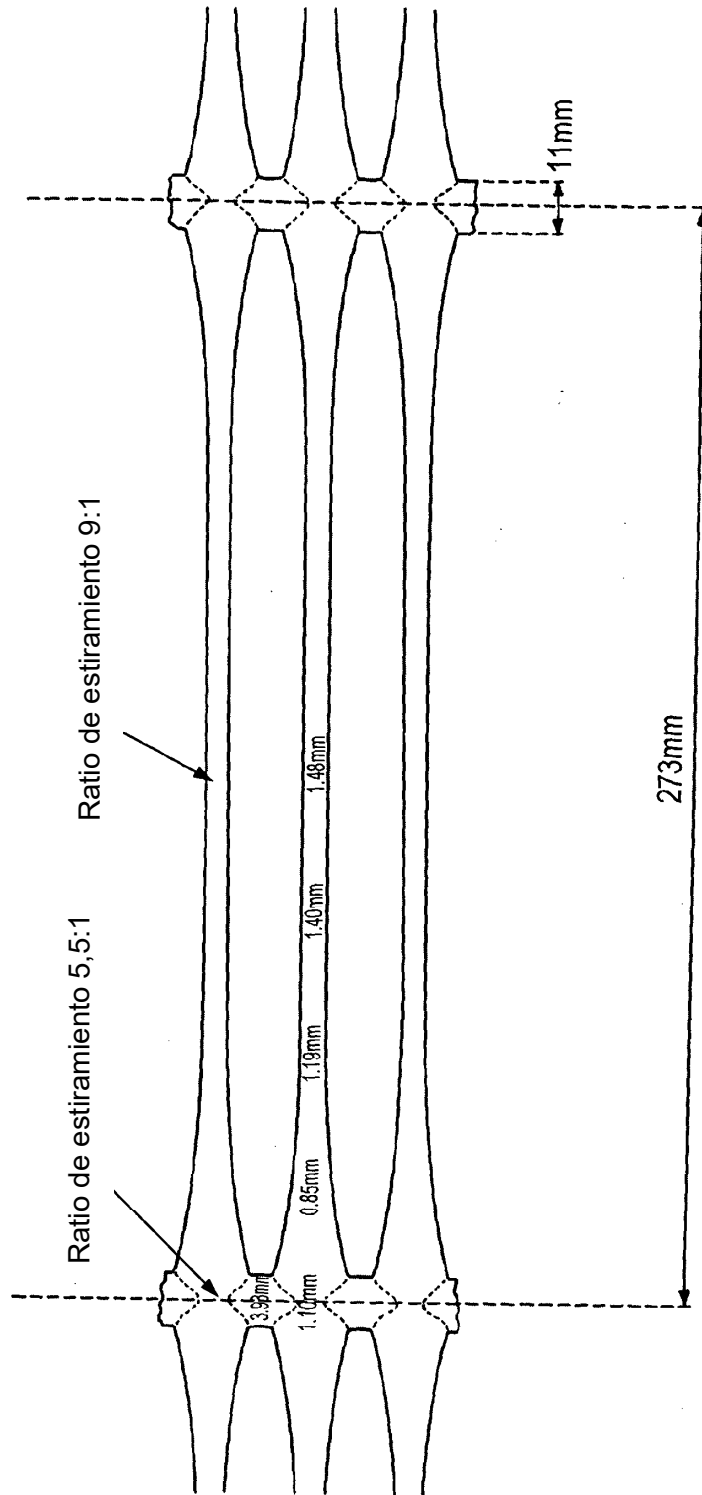


Fig. 8

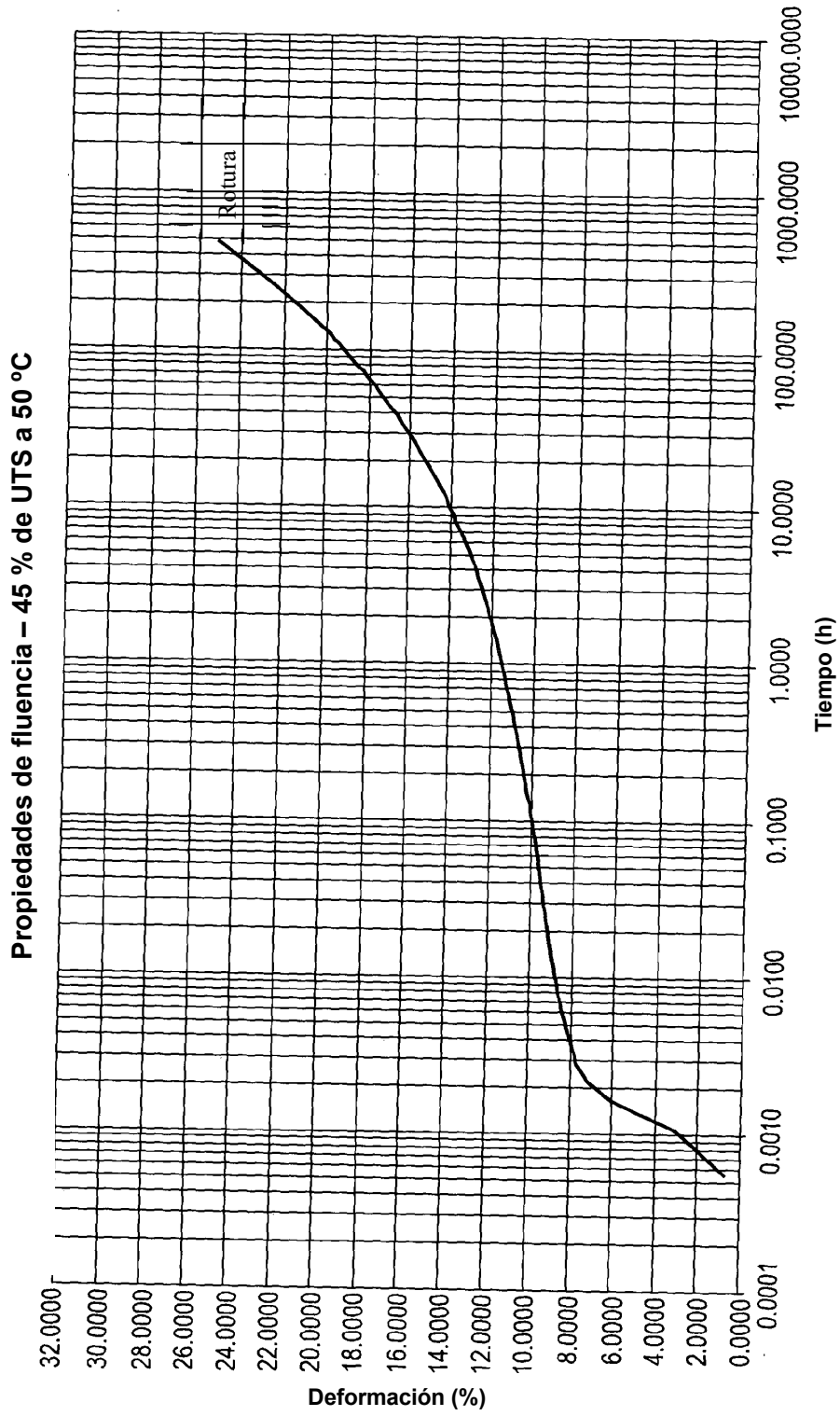


Fig. 9