

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 743**

51 Int. Cl.:

**B09B 1/00** (2006.01)

**E02D 17/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.03.2011 E 11759821 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.02.2016 EP 2550117**

54 Título: **Sistema de cubierta para vertederos de desechos**

30 Prioridad:

**22.03.2010 US 661643**

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

**02.06.2016**

73 Titular/es:

**WATERSHED GEOSYNTHETICS LLC (100.0%)  
11400 Atlantis Place, Suite 200  
Alpharetta GA 30022, US**

72 Inventor/es:

**AYERS, MICHAEL R. y  
URRUTIA, JOSE L.**

74 Agente/Representante:

**LAZCANO GAINZA, Jesús**

**ES 2 572 743 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**

Sistema de cubierta para vertederos de desechos

Esta solicitud es una continuación en parte de, y reivindica el beneficio de, la Solicitud de Patente Estadounidense Serie No. 11/900,831, presentada en Septiembre 13, 2007, que reivindica el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional Estadounidense Serie No. 60/844,576, presentada en Septiembre 14, 2006.

Campo técnico

Esta invención se relaciona con un sistema de cubierta para vertederos de desechos y otros cierres ambientales. En un aspecto más específico, esta invención se relaciona con un sistema de cubierta para vertederos de desechos y otros cierres ambientales, en donde el sistema de cubierta comprende césped sintético y una geomembrana impermeable. En otro aspecto más específico, esta invención se relaciona con dicho sistema de cubierta que incluye un sistema de drenaje que comprende un componente de drenaje sintético.

En esta solicitud, se entenderá que los siguientes términos tienen las definiciones indicadas:

\* vertederos de desechos, se refiere a bermas de tierra y a sitios en donde se depositan desechos, tales como rellenos sanitarios, pilas de yeso fosforado, tierra ambientalmente impactada, pilas de lixiviación, desechos de minería y cierres ambientales o almacenamiento de materiales que requieren un cierre o sistema de cubierta.

\* césped sintético, se refiere a un compuesto de por lo menos un geotextil (tejido o no tejido) tupido o anudado con uno o más hilos sintéticos o hebras que tienen apariencia de césped.

\* geomembrana, se refiere a un material polimérico texturizado o convencional, tales como polietileno de alta densidad, polietileno de muy baja densidad, polietileno lineal de baja densidad, cloruro de polivinilo, etc.

Antecedentes de la invención

La técnica anterior describe sistemas de cubierta para el sellamiento de diversos rellenos sanitarios y otros vertederos. Sin embargo, dichas cubiertas con una membrana expuesta tienen de manera general estética negativa. Adicionalmente, la técnica anterior requiere de manera general múltiples anclajes y zanjas muy cercanamente separadas para resistir el levantamiento del viento en la membrana expuesta. De esta forma, la industria continúa buscando sistemas de cubierta mejorados que sean efectivos, económicos y cumplan las diversas leyes ambientales locales, estatales y federales, reglas y directrices para estos sistemas.

El césped artificial se ha utilizado extensamente en campos deportivos, así como también pistas de aeropuertos y paisajismo en general. Una consideración principal de campos de juego de césped artificial es la capacidad de drenar el campo. Ejemplos de la técnica anterior en el drenaje de césped sintético son las Patentes Estadounidenses Nos. 5, 876, 745; 6, 858, 272; 6, 877, 932 y 6, 946, 181. Sin embargo, estas aplicaciones son solo de manera general para superficies de terreno de juego en donde el suelo es sustancialmente plano y la preocupación es únicamente con la capacidad de mejorar las condiciones del campo de juego.

El uso de drenaje de la técnica anterior trata principalmente con infiltración lenta de superficies planas para evitar la inundación del campo, y dicho drenaje utilizado de manera general no puede manipular rápido y enorme escorrentía que ocurrirá en pendientes empinadas y muy grandes de rellenos sanitarios y residuos de minería.

Por lo tanto, subsiste la necesidad de un sistema de cubierta más eficiente para césped sintético y un ensamble de membrana que se pueda instalar en superficies muy empinadas mientras cumplan los requerimientos de impermeabilidad de cierres ambientales.

El documento US 2008/0069642 describe un césped sintético que comprende un compuesto de por lo menos dos geotextiles tupidos con hilos sintéticos.

Resumen de la invención

Se describe en resumen, la presente invención proporciona un sistema nuevo y útil para cubrir (es decir, cerrar) diversos tipos de vertederos de desechos en donde se depositan desechos. Más particularmente, el sistema de cubierta de esta invención comprende (1) un compuesto de un geotextil que es tupido o anudado con uno o más hilos sintéticos y (2) una geomembrana impermeable que está comprendida de un material polimérico. Este sistema de cubierta incluye un componente de drenaje sintético.

El sistema de cubierta de la presente invención elimina o por lo menos reduce las emisiones de desperdicios y, adicionalmente, reduce o elimina la infiltración de agua en el desperdicio subyacente.

Esta invención se relaciona con la combinación de un recubrimiento impermeable con césped sintético que proporciona un césped natural similar en apariencia a la cubierta final. El sistema de cubierta de esta invención utiliza de manera general un recubrimiento de drenaje (tal como aquel mostrado en la Patente Estadounidense No. 5, 258, 217) para proporcionar el drenaje del sistema en pendientes muy empinadas. La invención también permite otros sistemas de drenaje (tales como una red de drenaje de polietileno de alta densidad) que se van a utilizar en la parte superior de una geomembrana de textura áspera.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista en sección transversal de un sistema de cubierta final típica como se describe en las Regulaciones Federales de la EPA actuales y se utilizan las cubiertas de rellenos sanitarios y mineras.

La Figura 2 es una vista en sección transversal de un sistema de cubierta de acuerdo con la presente invención, con una porción de encerramiento.

La Figura 2.1 muestra la porción de encerramiento de la Figura 2 en detalle alargado.

La Figura 2A es vista en sección transversal de un sistema de cubierta de acuerdo con la presente invención, con una porción de encerramiento de la cubierta utilizando una geo red de drenaje alternativa directamente en la parte superior de la geomembrana como un sistema de drenaje.

La Figura 2B muestra la porción de encerramiento de la Figura 2 A en detalle alargado.

La Figura 3 es una vista en sección transversal de un sistema de cubierta de acuerdo con la presente invención, con una porción de encerramiento que muestra una porción de esquina del sistema de cubierta.

La Figura 3.1 muestra la porción de encerramiento de la Figura 3 en detalle alargado.

La Figura 4 es una vista en sección transversal de un sistema de cubierta de acuerdo con la presente invención en una pendiente, que muestra el flujo de drenaje.

La Figura 5 es una vista en sección transversal de un sistema de cubierta de acuerdo con la presente invención en una pendiente, que muestra la longitud crítica del drenaje.

La Figura 6 muestra los resultados de prueba de transmisividad en un sistema de cubierta de acuerdo con la presente invención.

La Figura 6.1 muestra los resultados de prueba de transmisividad de la Figura 6 en forma gráfica.

La Figura 7 muestra los resultados de prueba de fricción de interfaz en un sistema de cubierta de acuerdo con la presente invención.

La Figura 8 es una tabla que muestra los resultados de longitud crítica para una gran intensidad de lluvia de 4 pulgadas/hr ( $7.056 \times 10^{-6}$  m/s) en diversos ángulos de pendiente.

La Figura 9 es una vista en sección transversal de un sistema de anclaje alternativo de acuerdo con la presente invención.

La Figura 9.1 muestra la opción de envoltura media del sistema de anclaje alternativo de la Figura 9.

La Figura 9.2 muestra la opción de envoltura completa del sistema de anclaje alternativo de la Figura 9.

Descripción detallada de la invención

La presente invención proporciona un sistema de cubierta o cierre para sitios en donde se han depositado diversos tipos de desechos. Como se observó anteriormente, estos vertederos de desechos pueden incluir bermas de tierra, rellenos sanitarios, pilas de yeso fosforado, pilas de lixiviación, desechos de minería, reservas de suelo, etc.

En la presente invención, se utiliza un césped sintético en combinación con una geomembrana impermeable para proporcionar un sistema de cubierta nuevo y útil. Esta combinación (algunas veces denominado como un material compuesto) se puede utilizar en las pendientes y cimas de los vertederos de desechos.

5 El sistema de cubierta de esta invención representa un método innovador y económico para desechos sólidos y peligrosos de rellenos sanitarios y otros cierres ambientales. Estas instalaciones se requieren que estén normalmente cerradas con una cubierta final que consiste de capas de suelo y materiales geosintéticos. Los propósitos del sistema de cubierta de esta invención son evitar la exposición de los desechos al medio ambiente, mejorar la recolección de gas en los rellenos sanitarios y minimizar la infiltración de aguas pluviales que resulta en lixiviados en los rellenos sanitarios.

10 Con el sistema de cubierta de esta invención, los propietarios y operadores pueden realizar ahorros significativos en los costes al construir un sistema de cubierta con césped sintético que no requiere soporte vegetativo y capa superficial del suelo del sistema de cubierta final típico. La capa de césped sintético/impermeable de esta invención es particularmente aplicable a sitios en donde la vida de diseño del sistema de cubierta es corta (por ejemplo, menos de 10 años) o más (por ejemplo, más de 10 años), cuando se puede requerir el retiro futuro de la cubierta (por ejemplo, para reclamación de rellenos sanitarios), cuando las pendientes de rellenos sanitarios son muy empinadas para permitir la colocación del suelo en la parte superior del recubrimiento, cuando no está fácilmente disponible el suelo de cubierta, cuando los rellenos sanitarios se pueden expandir verticalmente a una fecha posterior o simplemente para permitir la construcción de cierres rápidos para controlar las emisiones y olores.

20 El sistema de cubierta de esta invención se diseña preferiblemente con (1) una capa impermeable inferior puesta sobre la cubierta intermedia de suelo que comprende un recubrimiento de drenaje geomembrana (o recubrimiento de geomembrana texturizada) y un medio de drenaje de geo red, o alternativamente un recubrimiento de drenaje con pernos incorporados en la lámina de polietileno de alta densidad que actúa como drenaje; (2) un césped sintético que es construido mediante ingeniería con fibras de polietileno con una longitud de por lo menos aproximadamente 1.0 a aproximadamente 2.5 pulgadas (aproximadamente 2.54 a aproximadamente 6.35 cm) tupido en una o más telas que comprenden un polietileno no tejido punzonado o geotextil de polipropileno tejido; y (3) una capa de arena de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 1.5 pulgadas (aproximadamente 1.27 a aproximadamente 3.81 cm) que se pone como relleno para dar lastre al material y proteger el sistema contra levantamiento del viento. La arena proporcionará protección adicional del geotextil contra la luz ultravioleta.

30 La tecnología de césped sintético se desarrolla originalmente principalmente para instalaciones deportivas profesionales. La durabilidad de los hilos de polietileno contra luz UV se presta bien para la cubierta de cierre en proyectos ambientales. En rellenos sanitarios y residuos de minería, el deslizamiento de la cubierta a lo largo de pendientes laterales empinadas es de preocupación principal, particularmente después de eventos de tormenta grandes. La presente invención se diseña para resistir la falla de deslizamiento a través de la fricción y los elementos de drenaje incorporados en el sistema de cubierta. El césped permeable se filtra a diferentes índices, tales como aproximadamente un índice de 180 galones/pie<sup>2</sup>/hr (0.2 cm/seg) o más rápido. Durante un evento de lluvia, la lluvia penetrará rápidamente a través de relleno de arena y drenar directamente en el sistema de drenaje geocompuesto por debajo para minimizar la erosión y mantener la estabilidad del relleno de arena. El relleno también se pone en el lugar mediante césped sintético que atrapa la arena para anclaje y da lastre al césped sintético para la superficie que cubre.

40 Si las preocupaciones asociadas con supervivencia a largo plazo del producto evitan la aprobación reguladora para cierre de salida final (es decir no se requieren acciones reguladoras adicionales para lograr un cierre final aprobado), el césped sintético propuesto entonces puede cubrir simplemente 2 pies (60.96 cm) del suelo.

Los materiales de esta invención se han probado bajo este escenario (9.576 kPa) (200 lbs/pie<sup>2</sup>) utilizando prueba de transmisividad ASTM. El sistema se desempeñará como en las tapas U.S. EPA Subtítulo "D" convencionales debido a que el medio de drenaje geocompuesto utilizado para el drenaje por encima de la geomembrana mejora la estabilidad que ya existe. Con referencia a la Figura 1.

45 Con esta invención, sin embargo, no se requerirá un sistema de anclaje normalmente asociado con cubiertas de geomembrana expuestas. El césped tiene lastre de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 1.5 pulgadas (aproximadamente 1.27 a aproximadamente 3.81 cm) de relleno de arena, que produce un peso de aproximadamente 6 a aproximadamente 12 libras por pie cuadrado (aproximadamente 0.2873 a aproximadamente 0.5746 kPa). El relleno se mantiene en el lugar mediante la fibra de polietileno de hoja artificial tupida para reducir el geotextil. Esta geometría atrapa la arena para anclaje y da lastre al producto de césped a la superficie cubierta mediante el césped sintético.

50 La selección de la composición química de la membrana de césped sintético/impermeable es un elemento crítico de la presente invención. El polímero debe resistir la exposición a la luz del sol, que genera calor y contiene radiación ultravioleta. Los hilados de polímero no se deben volver quebradizos cuando se somete a bajas temperaturas. La selección del color y textura de césped sintético debe ser estéticamente agradable.

## ES 2 572 743 T3

5 El césped real como componente preferiblemente consistirá de fibras de polietileno de aproximadamente 1.0 a aproximadamente 2.5 pulgadas (aproximadamente 2.54 a aproximadamente 6.35 cm) en longitud de tupido en un geotextil tejido negro y/o un no tejido gris. Para resistencia agregada en pendientes inclinadas severamente empinadas, un refuerzo de malla adicional puede ser tupido para mejorar la estabilidad dimensional. Los filamentos de césped de polietileno tienen preferiblemente una vida operacional extendida de por lo menos aproximadamente 40 a aproximadamente 50 años.

10 Esta invención combina el uso de un césped sintético en cubiertas de rellenos sanitarios finales para proporcionar una apariencia visual placentera y proporciona un sistema de drenaje que puede manipular la escorrentía rápida. De esta forma, el sistema de cubierta de esta invención se puede instalar en pendientes muy empinadas que ocurren normalmente en rellenos sanitarios y reservas. Esta invención también proporciona anclaje para resistir fuerzas de levantamiento significativas provocadas por altas cargas de viento.

Existen muchas ventajas para el sistema de cubierta de esta invención, tales como:

\* Existe una ausencia de cubierta de suelo, que reducirá los costes de construcción dependiendo de la disponibilidad del suelo en un sitio.

15 \* Reduce la operación anual y el requerimiento de mantenimiento mientras se proporciona estética superior y confiable/consistente.

\* Reduce los costes de mantenimiento post cierre de la cubierta.

\* Reduce la necesidad de canales de escollera costosos y bancos de drenaje, sustancialmente sin problemas de erosión o sedimentación, incluso durante clima severo.

20 \* Mejora los rellenos sanitarios en áreas sensibles en donde la erosión del suelo y sedimentación son preocupaciones principales debido a que la pérdida de suelo se reduce sustancialmente durante operaciones y posteriormente al cierre. Elimina la necesidad de fuentes adicionales de financiamiento, estanques de sedimentación e impactos ambientales de construcción asociados.

\* Permite pendientes de pilas de desechos empinadas, debido a que reducirán un riesgo de problemas de estabilidad de suelo, tal como resulta de terremotos o presión de acumulación de gas.

25 \* Reduce la infiltración a través de la tapa. El agua de la superficie se drena rápidamente y no se restringe por la conductividad hidráulica del sistema de cubierta. Como resultado, se minimiza el cabezal hidráulico en la capa impermeable e infiltración posterior en los desechos. Los modelos de infiltración HELP (Evaluación Hidráulica de Desempeño de Rellenos Sanitarios) muestran que este tipo de cubierta tendrá menos infiltración que las cubiertas actuales permitidas por las regulaciones federales.

30 \* Inspección visual mejorada. Debido a que los materiales sintéticos se exponen, el sistema de cubierta de esta invención se inspecciona fácilmente para daño que, si se identifica, se puede reparar fácil y no costosamente. También la mayor parte del daño a las tapas sintéticas se produce por el equipo de terremotos durante colocación del suelo. Al eliminar la capa de suelo con este sistema de cubierta, esto no es más un problema.

35 \* Permite tapado más rápido e instalación durante la vida operacional de los rellenos sanitarios y durante invierno. El tapado más rápido reduce los olores, mejora la eficiencia de recolección de gas y mejora el cumplimiento con las regulaciones federales de calidad del aire.

40 \* Acceso más fácil a materiales de rellenos sanitarios para reclamación en el evento de la reclamación futura de rellenos sanitarios para áreas de cuevas futuras o levantamientos futuros de desechos debido a sedimentación de desechos o expansión vertical. El material compuesto de esta invención permite a los propietarios acceso a los desechos sin tener que retirar los suelos de cubierta existentes de un sistema de cubierta final tradicional y típico.

\* Reduce los impactos de la vida silvestre en la cubierta debido a que no existe alimentos o materia orgánica. Esto es importante en rellenos sanitarios ubicados en áreas costeras o aquellas instalaciones ubicadas cerca de aeropuertos.

Un cierre alternativo (es decir, un sistema de cubierta de acuerdo con la presente invención y destinado para uso hasta un periodo de menos de aproximadamente 40-50 años) se puede utilizar bajo las siguientes condiciones:

45 \* En áreas que se llenarán en exceso o extraerán en el futuro.

\* Limitar la generación de lixiviación de rellenos sanitarios antes que ocurra cierre final.

- \* Permitir la explanación de desechos para ganar la resistencia y permitir la colocación de desechos adicional en el futuro.
  - \* Como medios para controlar olores y gases de rellenos sanitarios al mejorar las capacidades de recolección.
  - \* Como una cubierta final parcial y capital futuro retrasado asociado con la cubierta de suelo.
  - \* Reducir los costes operacionales para corte de césped y control de erosión durante la vida operacional de la instalación.
- 5 \* Como parte de una orden de acuerdo/consentimiento para controlar las emisiones y minimizar los olores que rodean las comunidades y reducir multas y notificaciones de violación debido a problemas de erosión del suelo.
- \* Para controlar las emisiones de aire con polvo debido a altos vientos en rellenos sanitarios o reservas, particularmente en pareas en donde no crecerá vegetación.

10 El uso de este sistema durante más de 40-50 años puede implicar reemplazo periódico o tratamiento UV del componente de césped sintético del sistema.

Con referencia ahora a los dibujos, en los que similares números representan elementos similares, la Figura 1 muestra un sistema de cubierta de acuerdo con la técnica anterior con una cubierta 101 de suelo intermedia.

15 Como se muestra por la realización de la Figura 2, la presente invención proporciona un sistema 100 de cubierta para drenar césped 103/104 sintético construido mediante preingeniería en la parte superior de una geomembrana 102 tiene pernos que cuando se cubren por el geotextil 104 inferior del césped crea un drenaje altamente transmisivo. El césped sintético se utilizará como el componente superior de un cierre de relleno sanitario. Por ejemplo, el césped se puede construir utilizando una máquina de tejer que puede utilizar casi 1,000 agujas para producir un ancho de césped de aproximadamente 15 pies (aproximadamente 457.2 cm). La geomembrana se hace preferiblemente de polietileno de muy baja densidad, polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), o cloruro polivinilo y contiene una serie de pernos (tales como LLDPE 50-mil vendido bajo el nombre comercial Super GripNet por AGRU America, Inc.). La geomembrana 102 tiene 22.5 pies (685.8 cm) de ancho y se despliega sobre la superficie del área de los rellenos sanitarios que se van a cerrar. El césped sintético también viene en rollos de 15 pies (aproximadamente 457.2 cm) de ancho y se despliega directamente en la parte superior de la geomembrana 102. El sistema tiene lastre de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 1.5 pulgadas (aproximadamente 1.27 a aproximadamente 3.81 cm) de arena limpia. El geotextil 104 del césped sintético evita que la arena entre a intersticios/pernos de la geomembrana 102 o la red 106 de drenaje de polietileno de alta densidad (como se muestra en la Figura 2A).

20 La cubierta de compuesto resultante tiene un valor de alta transmisividad que excede 3.5 x 10 metros cuadrados/seg. Véase Figura 6 para resultados de prueba reales. (Alternativamente, en otras aplicaciones el valor de transmisividad no puede ser tan alto). El drenaje es muy importante debido a que la lluvia en la superficie de cierre penetra rápidamente a través de la arena y geotextil en la geomembrana impermeable inferior y se dirige a una serie de zanjas de drenaje o bancos de superficie de cunetas perimetrales y estanques (no mostrado).

25 Esta invención se puede utilizar como cubierta en pendientes muy empinadas (es decir, 3 horizontal: 1 vertical) en rellenos sanitarios y otras aplicaciones ambientales con grandes reservas hechas por el hombre. Para evitar el movimiento del relleno 105 de arena, es necesario asegurar escorrentía del agua de superficie permea a través de la arena y las capas de césped sintético en los espacios entre los pernos de recubrimiento de drenaje. La geomembrana 102 en esta invención puede transmitir el agua arriba a una determinada distancia (es decir, longitud crítica) antes que el sistema de drenaje se inunde y la escorrentía empiece a erosionar o lavar la arena bajo la pendiente. La Figura 5 muestra la longitud de flujo crítico en una aplicación de pendiente.

30 Para el sistema de cubierta de esta invención, la longitud crítica para diferentes intensidades de lluvia se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$q.t \geq R.t L. \cos \alpha$$

en donde:

q = índice de flujo del recubrimiento de drenaje a l = sin  $\alpha$ ;

t = duración;

45  $\alpha$  = ángulo de pendiente de cubierta de relleno de tierra como se define en las Figuras 4 y 5;

R = intensidad de lluvia (8.467.10<sup>-5</sup> m/s) (ft/hora); y

L = longitud arbitraria medida de la cima de la pendiente (Figura 5).

La longitud de pendiente de drenaje crítica se define como:

$$L_{CR} = \frac{q}{R \cdot \cos \alpha}$$

5 Con base en los resultados de prueba de transmisividad (con referencia a la Figura 6). Se calcula  $L_{CR}$  utilizando una intensidad de lluvia  $R = 4$  in/hora (0.333 ft/hora) ( $7.056 \times 10^{-6}$  m/s) y se muestra en la Figura 8. Con la ecuación anterior la longitud de drenaje del sistema se puede calcular dependiendo del evento de lluvia de diseño. El sistema luego necesitará ser drenado a las zanjas o bancos de agua de superficies típicas en estanques de agua de superficie de sitio. Si la longitud de pendiente de drenaje crítica no tiene suficiente distancia, entonces la arena se puede poner en tiras en ubicaciones designadas solo proporcionando los requerimientos de anclaje y evitar el movimiento de la arena provocado por saturación del sistema de drenaje y percolación de agua en la arena. También se puede utilizar anclaje a través de la aplicación de una envoltura 107 de césped sintético creada por encerrar arena suelta o bolsas 108 de arena en un panel de césped sintético y se despliega paralelo a la pendiente o con la pendiente. Con base en los requerimientos de cierre de salida, un sistema de drenaje puede o no puede ser requerido excepto por debajo del anclaje de césped sintético para permitir que pase a través del agua y disipación de la fuerza de agua. Con referencia a la Figura 9.

La filtración paralela a la pendiente dentro de la capa de arena se calcula como sigue: Como se muestra en la Figura 5, la filtración paralela a la pendiente dentro de la capa de arena puede ocurrir cuando la longitud de pendiente real es mayor de  $L_{CR}$ . En este caso (condiciones de flujo sobre la longitud de pendiente  $L_{S2}$ ), las líneas de flujo son paralelas a la superficie de pendiente y la fuerza de filtración  $J$  actúa en el volumen de suelo de  $L_{CR} \times h \times 1$  es igual a:

$$J = V \cdot \gamma_w \sin \alpha$$

Asumiendo que la interfaz de césped artificial tiene un ángulo =  $\delta'$  de fricción efectivo y sin adhesión, entonces se establece la siguiente ecuación de equilibrio de fuerza,

$$V \gamma_b \cos \alpha \tan \delta' = V \cdot \gamma_w \sin \alpha + V \cdot \gamma_b \sin \alpha$$

Esta ecuación se puede disponer como:

$$\tan \alpha = \frac{\gamma_b}{\gamma_b + \gamma_w} \tan \delta'$$

en donde:

$\alpha$  = ángulo de pendiente;

$\gamma_b$  = peso unitario del suelo boyante;

$\gamma_w$  = peso unitario de agua; y

$\delta'$  = ángulo de fricción efectivo de la interfaz entre la capa de césped artificial-arena

Se observa que  $\gamma_b$  es aproximadamente igual a  $\gamma_w$  y el ángulo de pendiente máximo posible es aproximadamente la mitad de  $\delta'$ . En otras palabras, la filtración reduce el ángulo máximo de pendiente estable a aproximadamente la mitad de aquel para agua que no fluye paralelo a la superficie de pendiente. A partir de la ecuación anterior, se puede evaluar la estabilidad del sistema. La Figura 7 muestra la prueba de fricción de la presente invención. La prueba muestra un valor de fricción interna de 43 grados, de esta forma si se reduce el valor a la mitad entonces la pendiente máxima que el material se puede poner bajo condiciones de lluvia estarían en la pendiente de 21.5 grados que es más pronunciado que una pendiente 3 horizontal:1 vertical.

Descripción de materiales

\* Polietileno lineal de baja densidad, cloruro polivinilo, polietileno de alta densidad y polietileno de muy baja densidad son los materiales preferidos para la geomembrana impermeable y el componente de drenaje sintético de esta invención.

5 \* Red de drenaje de polietileno de alta densidad sobre láminas HDPE texturizadas (con referencia a la Figura 2A) o recubrimientos de drenaje tales como Super GripNet (con referencia a la Figura 2). El propósito de este componente es aumentar el coeficiente de fricción del sistema de capas. De esta forma, si dos pies (60.96 cm) de cubierta de suelo, según se requiera en la parte superior mediante regulaciones ambientales, se desea para cierre de salida final, las características de fricción del sistema son capaces de sostener la cubierta de suelo en las pendientes empinadas.

10 \* Los hilados con color resistentes al agua y clima (tal como verde) (polietileno 100% estabilizado con UV) que se va a utilizar como componente de césped sintético.

\* Telas geotextiles/polietileno y polipropileno.

\* El césped tiene lastre de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 1.5 de relleno de arena. La colocación de la arena se hará utilizando bombas de aire, barras separadoras, etc., para suministrar el material a las pendientes.

Por medio de resumen general, pero no de limitación, la presente invención proporciona:

15 1. Un césped sintético que se combina con una geomembrana impermeable en una base soportada en suelo para formar una cubierta final o temporal para rellenos sanitarios y otras reservas hechas por el hombre.

2. Una geomembrana impermeable con un dispositivo de separación tridimensional estructuralmente de autosoporte (pernos) que, cuando se cubren por los geotextiles del césped sintético, proporciona un sistema de drenaje sin bloquear el espacio entre los pernos de la geomembrana.

20 3. Un sistema de drenaje que permitirá que penetre agua a través de las capas de césped artificial y arena en una zona transmisiva creada por los pernos, de esta forma evitando la saturación y percolación en la arena y lavado de la superficie del sistema de cubierta.

25 4. Un sistema de drenaje en donde el agua de superficie en el drenaje se dirigirá bajo la pendiente a bancos de drenaje y bajo canaletas en cierto espacio lateral como se define por los cálculos de longitud crítica descritos anteriormente. El agua de superficie luego se dirigirá a sitios de cunetas perimetrales y estanques de agua de superficie.

5. Un sistema de drenaje en el que el drenaje de separación puede comprender, en lugar de pernos estructurados en el recubrimiento propiamente dicho, una red de drenaje de polietileno de alta densidad que se aplica directamente en la parte superior de un recubrimiento de geomembrana texturizada áspero inferior para formar una capa de drenaje.

30 6. Un sistema de drenaje que permite la instalación del césped sintético no solo en superficies relativamente planas sino también en pendientes muy empinadas como aquellas que ocurren en rellenos sanitarios y residuos de minería sin erosionar la arena del sistema de cubierta.

7. Un método para proporcionar un sistema de drenaje para un césped sintético en una geomembrana impermeable para los cierres de rellenos sanitarios al utilizar un sistema de capas que no requiere el uso de equipo pesado para terremotos. El método comprende las etapas:

35 a. Preparar el suelo que soporta la cubierta intermedia en áreas planas y pendientes;

b. Poner una membrana impermeable en la parte superior de la cubierta de suelo intermedia utilizada en rellenos sanitarios y reservas;

c. Poner el sistema de drenaje en la parte superior de la geomembrana.

Se puede evitar esta etapa si se utiliza un recubrimiento con recubrimiento de drenaje de pernos.

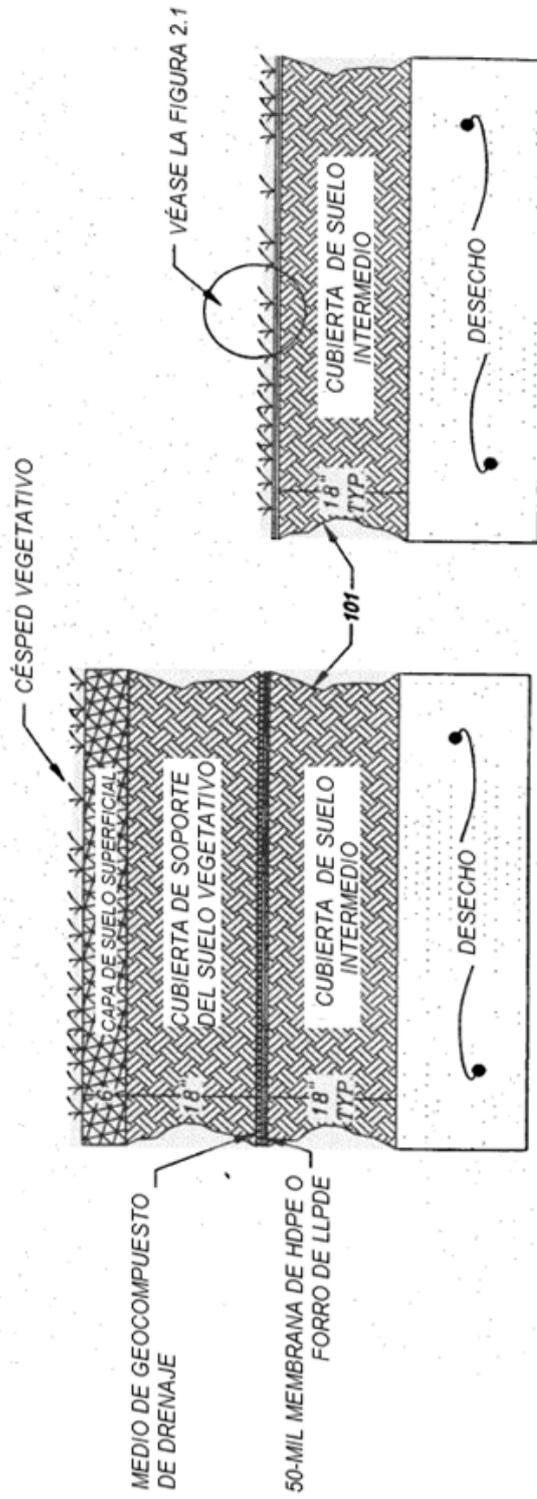
40 d. Colocar el ensamble de césped en la parte superior del drenaje del dispositivo de separación sin realizar ninguna preparación adicional para la separación de drenaje; y

e. Poner aproximadamente 0.5 a aproximadamente 1.5 pulgadas (aproximadamente 1.27 a aproximadamente 3.8.1 cm) de capa de arena al soplar y rociar la arena dentro del césped.

8. Una capa de relleno del material particulado tal como arena dispuesta entre los hilos verticales de césped de polietileno de una profundidad de menos que la longitud de las tiras y directamente en la parte superior de los geotextiles en los que las tiras son tupidos.
- 5 9. Un método que proporciona lastre al sistema de cubierta contra el levantamiento del viento creado por vientos de alta fuerza en la forma de amontonamiento de rellenos sanitarios y reservas. Esto elimina la necesidad de anclaje extensivo de los geosintéticos expuestos.
- 10 10. Un método que proporcionará resistencia adicional a la luz UV a un geotextil en el que los hilos de polietileno son tupidos o anudados.
- 10 11. Un sistema de cubierta para rellenos sanitarios y reservas hechas por el hombre que se pueden convertir a cubiertas Subtítulo "D" y cubiertas reguladas por la EPA al agregar dos pies (60.96 cm) de cubierta de suelo vegetativa en la parte superior. El sistema de drenaje y la capa de arena proporcionarán suficiente transmisividad para cumplir con las regulaciones gubernamentales para el drenaje de infiltración de suelo vegetativo superior en cierres ambientales.
- 15 12. Un sistema de cubierta que proporciona valores altos de fricción interna entre las capas que permitirán la colocación de dos pies (60.96 cm) de suelo en pendientes laterales que exceden 3 horizontal: 1 vertical en una fecha posterior sin deslizamiento en el sistema de cubierta.
13. Un sistema de cubierta para rellenos sanitarios en regiones áridas en donde no crecerá césped u otra vegetación y se obtienen "créditos de calidad del aire" para controlar emisiones de polvo fugitivas de erosión de viento.
14. Para aplicaciones que no requieren una capa de transmisión, la presente invención se puede utilizar sin el componente de drenaje y relleno, y el césped sintético aplicado directamente en la parte superior de la geomembrana.

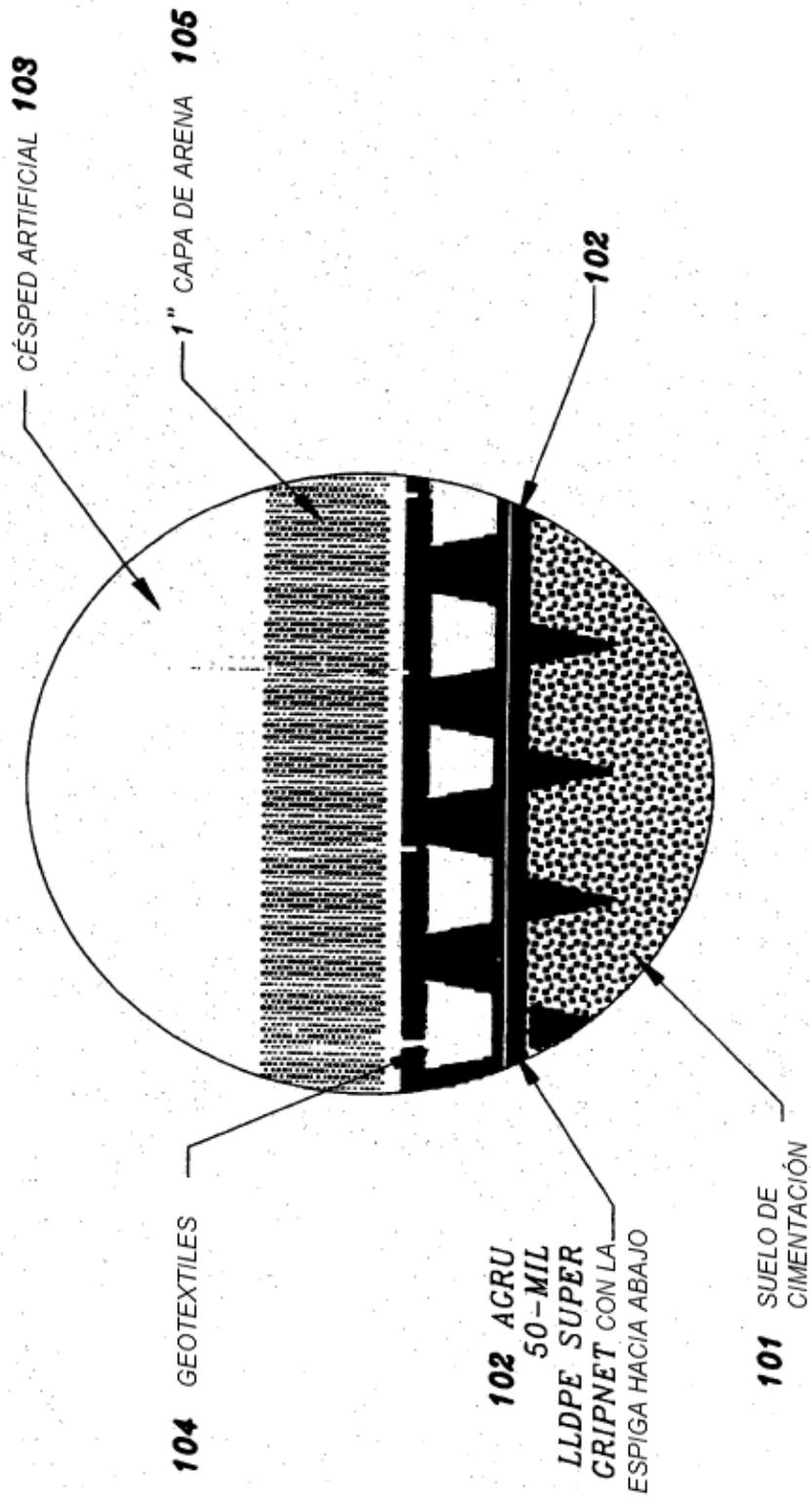
Reivindicaciones

1. Un sistema de cubierta para vertederos de desechos, en donde el sistema de cubierta comprende:
  - A. un césped sintético que comprende un compuesto de un geotextil tupido o anudado con uno o más hilos sintéticos y
  - B. una geomembrana impermeable que está comprendida de un material polimérico,
- 5 en donde el sistema de cubierta se utiliza en la ausencia de una cubierta superior de soporte de suelo vegetativo y en donde la geomembrana impermeable se utiliza con un componente de drenaje sintético.
2. Un sistema de cubierta como se define por la reivindicación 1 en donde la geomembrana impermeable se selecciona del grupo que consiste de polietileno de alta densidad, polietileno de muy baja densidad, polietileno lineal de baja densidad o cloruro polivinilo.
- 10 3. Un sistema de cubierta como se define por la reivindicación 2 en donde la geomembrana impermeable está comprendida de polietileno lineal de baja densidad.
4. Un sistema de cubierta como se define por la reivindicación 2 en donde la geomembrana impermeable está comprendida de polietileno de alta densidad.
- 15 5. Un sistema de cubierta para vertederos de desechos como se reivindica en la reivindicación 1, en donde el sistema de cubierta comprende:
  - A. un césped sintético que comprende un compuesto de un geotextil tupido o anudado con un césped sintético;
  - B. una geomembrana impermeable que está comprendida de un material polimérico; y
  - C. un sistema de drenaje que comprende un componente de drenaje sintético, en donde el sistema de cubierta se utiliza en la ausencia de una cubierta superior de soporte de suelo vegetativo.
- 20 6. Un sistema de cubierta como se define por la reivindicación 5 en donde la geomembrana impermeable se selecciona del grupo que consiste de polietileno de alta densidad, polietileno de muy baja densidad, polietileno lineal de baja densidad o cloruro polivinilo.
7. Un sistema de cubierta como se define por la reivindicación 5 en donde la geomembrana impermeable está comprendida de polietileno lineal de baja densidad.
- 25 8. Un sistema de cubierta como se define por la reivindicación 5 en donde la geomembrana impermeable está comprendida de polietileno de alta densidad.
9. Un sistema de cubierta como se define por la reivindicación 1 en donde la geomembrana impermeable es texturizada.
10. Un sistema de cubierta como se define por la reivindicación 5 en donde la geomembrana impermeable es texturizada.



**FIGURA 2**

**FIGURA 1**  
DE LA TÉCNICA ANTERIOR



**FIGURA 2.1**

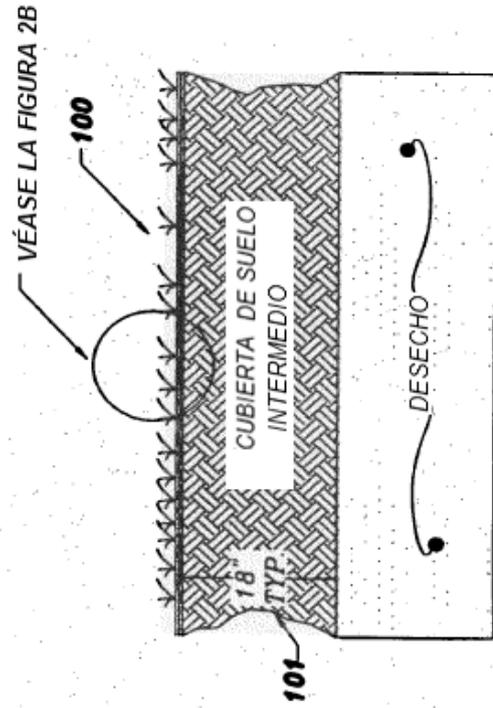


FIGURA 2A

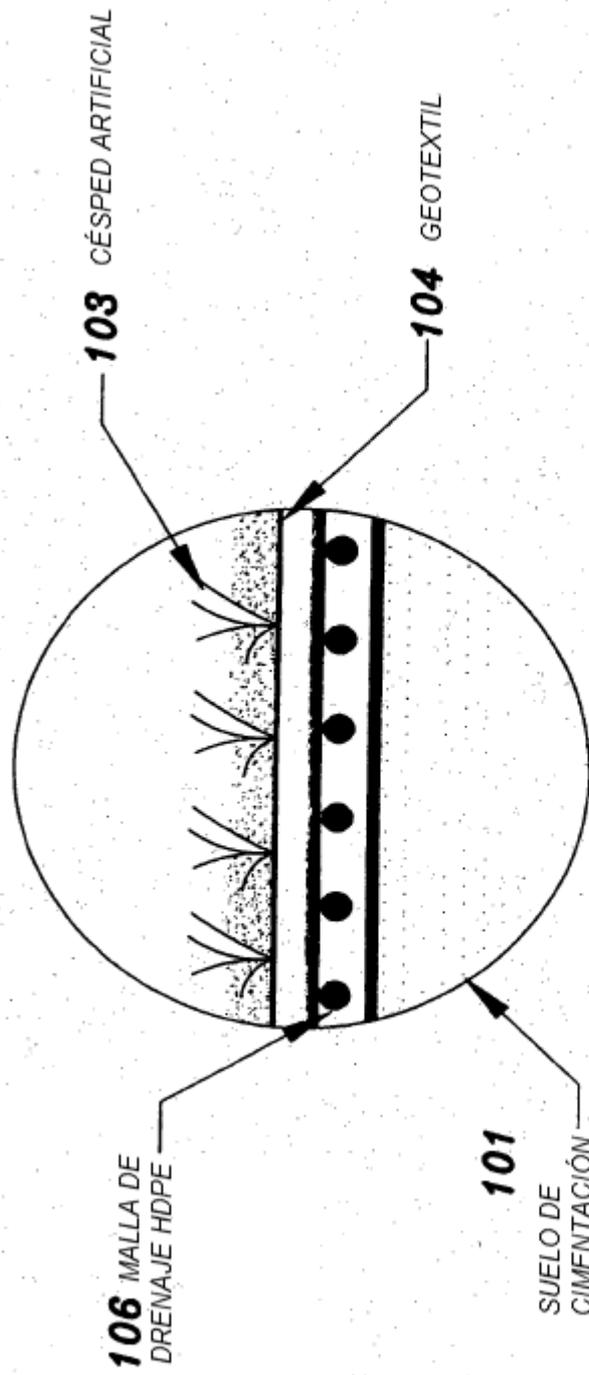


FIGURA 2B

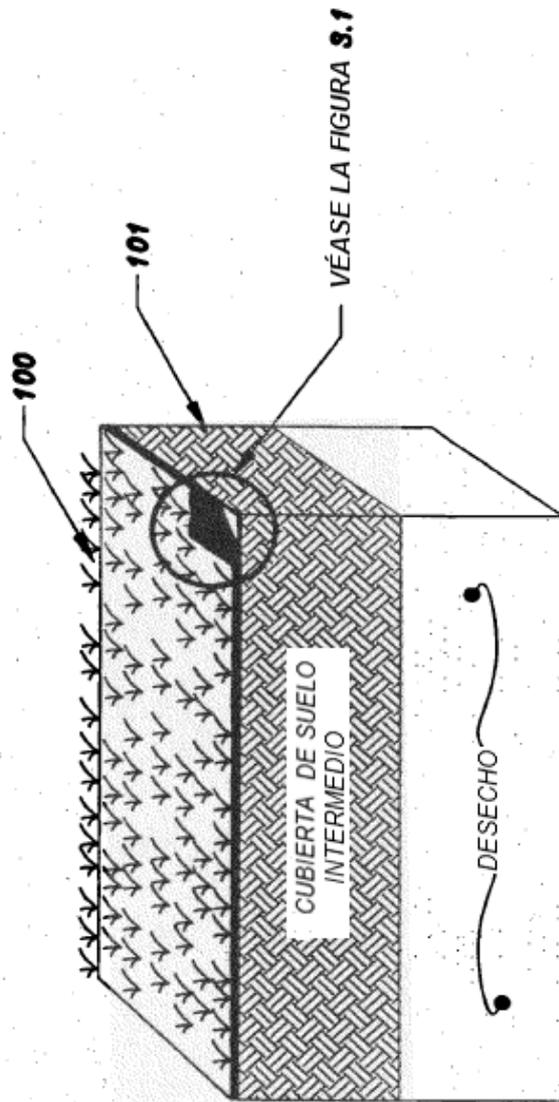


FIGURA 3

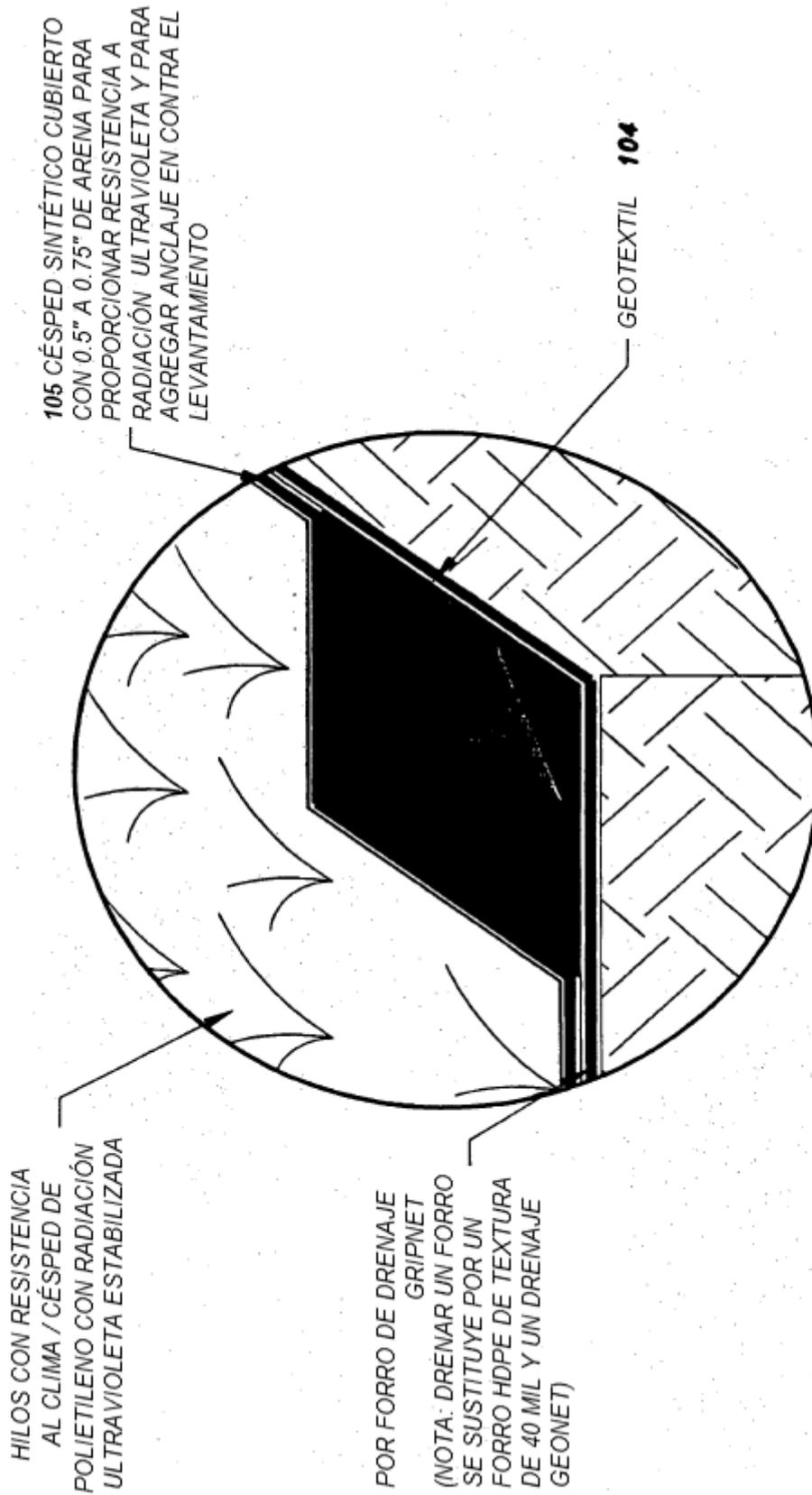


FIGURA 3.1



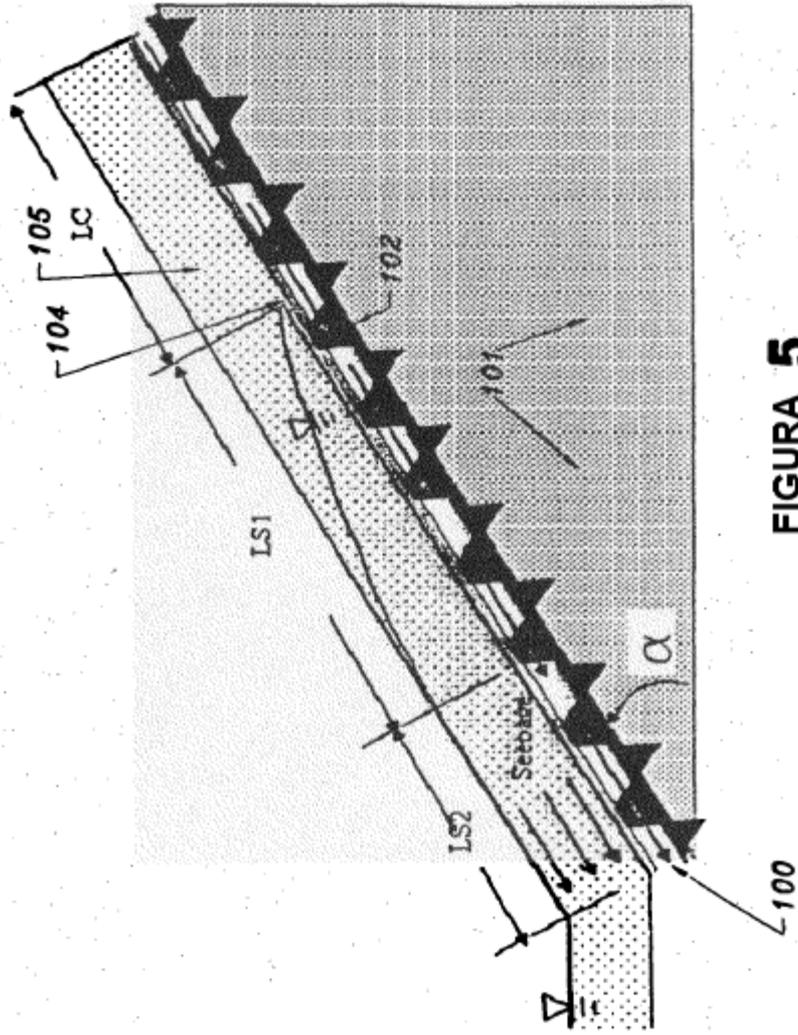
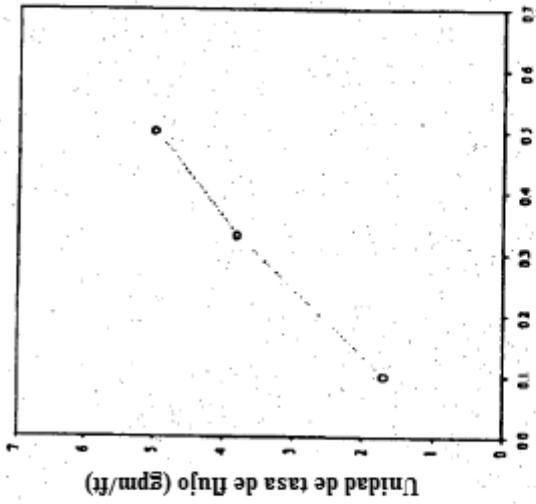


FIGURA 5



Gradiente hidráulico

FIGURA 6.1

PRUEBA NO.	DIRECCIÓN DEL FLUJO	TAMAÑO DE LA MUESTRA ANCHO x LARGO (in. x in.)	TENSION NORMAL (psf)	TIEMPO DE ASIENTO (hora)	GRADIENTE HIDRAÚLICO (-)	TRANSMISIVIDAD ( $m^2/seg$ )	TASA DE FLUJO	
							(gpm/ft)	( $ft^3/hr/ft$ )
1	MD	12x12	50	0.25	0.10	3.52E-03	1.7	21.1
2	MD	12x12	50	0.25	0.33	2.38E-03	3.8	47.2
3	MD	12x12	50	0.25	0.50	2.07E-03	5.0	62.1

FIGURA 6

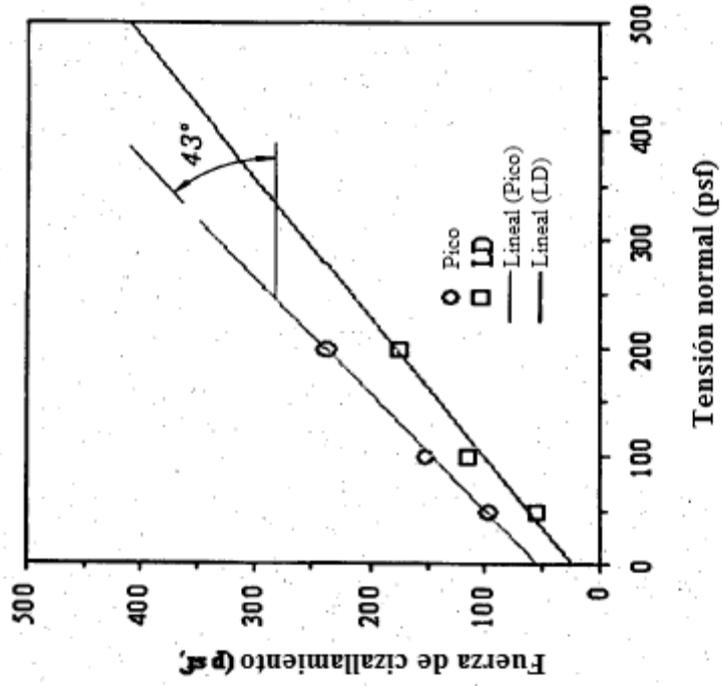
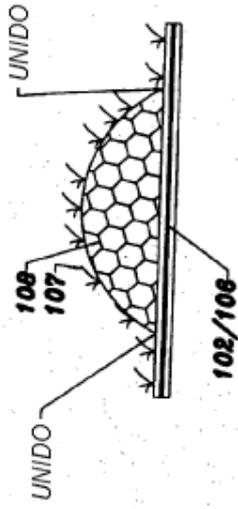


FIGURA 7

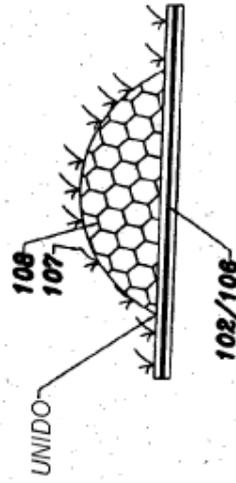
DIRECCIÓN DEL FLUJO	GRADIENTE HIDRAÚLICO $i$ (-)	TRANSMISIVIDAD ( $m^2/seg$ )	TASA DE FLUJO		INTENSIDAD DE LA LLUVIA $R$ (ft/hr)	ÁNGULO DE LA PENDIENTE $\alpha$ (grado)	LONGITUD CRÍTICA DE LA PENDIENTE $L_{cr} = q/R \cos \alpha$ (ft)
			(gpm/ft)	(ft <sup>3</sup> /hr/ft)			
MD	0.10	3.52E-03	1.7	13.6	0.333	5.7	41
MD	0.33	2.38E-03	3.8	30.5	0.333	19.3	97
MD	0.50	2.07E-03	5.0	40.1	0.333	30.0	139

**FIGURA 8**



OPCIÓN 1 - MITAD DE LA ENVOLTURA

FIGURA 9.1



OPCIÓN 2 - ENVOLTURA COMPLETA

FIGURA 9.2

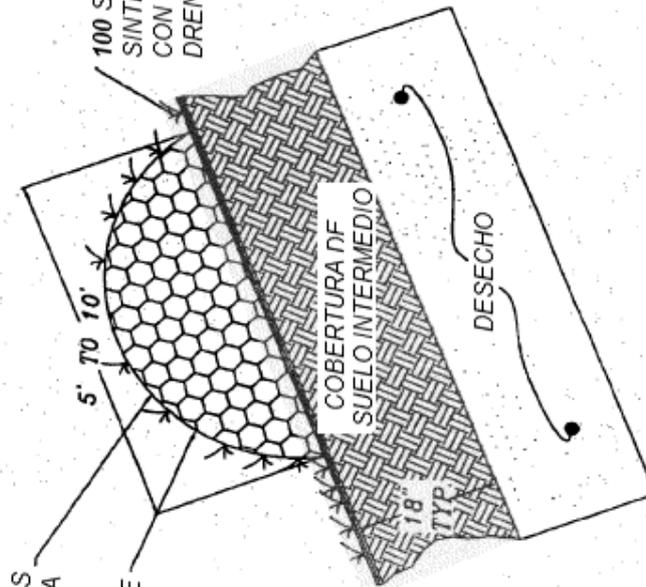


FIGURA 9

108 ARENA O BOLSAS DE ARENA

108 SISTEMA DE ANCLAJE DE ENVOLTURA DE CÉSPED SINTÉTICO (VÉASE LAS OPCIONES DE ENVOLTORIO FIGURAS 9.1 Y 9.2)

100 SISTEMA DE CÉSPED SINTÉTICO IMPERMEABLE CON O SIN SISTEMA DE DRENAJE

5' TO 10'

COBERTURA DE SUELO INTERMEDIO

DESECHO

18" TYP