

DESCRIPCIÓN

Tejido de drenaje en plano transversal

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUD RELACIONADA

La presente solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente provisional con número 62/680.774, presentada el 5 de junio de 2018, que se incorpora en la presente memoria en su totalidad por referencia.

CAMPO TÉCNICO

La presente invención en general está relacionada con tejidos geosintéticos. Más específicamente, la presente invención está relacionada con telas tejidas y no tejidas que proporcionan un drenaje en el plano transversal a través del suelo no saturado.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los geotextiles, también denominados tejidos geosintéticos, se utilizan en una amplia gama de sistemas de ingeniería civil para proporcionar beneficios de separación, refuerzo, filtración, drenaje, barreras de infiltración, protección y control de la erosión. Las aplicaciones típicas de estructuras civiles implican instalaciones de contención de desechos, pavimentos y estructuras de retención de tierras, por nombrar solo algunas. La acumulación de humedad por debajo de las estructuras civiles puede desestabilizar su base y provocar diversos problemas.

Los geotextiles se pueden utilizar para separar dos capas de suelo con distribuciones de tamaño de partículas diferentes. Por ejemplo, los geotextiles se utilizan en la construcción de carreteras para impedir que la gravilla de la base penetre en la subrasante del suelo para mantener el espesor de diseño de la base de la carretera. Además, la función de filtración de un geotextil permite el flujo de humedad entre la base de gravilla drenable y la subrasante del suelo sin una migración fina hacia los poros más grandes de la gravilla, lo que limitaría sus capacidades de drenaje.

El flujo en el plano transversal corresponde al flujo a través de un tejido geosintético en una dirección perpendicular a su plano, que se identifica como la permitividad del tejido. Típicamente, los tejidos geosintéticos convencionales drenan la humedad del suelo solo en condiciones saturadas. En condiciones de saturación, la humedad alcanza el plano de un tejido geosintético, penetra a través del tejido y fluye a través del plano del tejido y mantiene la estabilización de la base. Sin embargo, en condiciones no saturadas, las barreras capilares se desarrollan e instigan la acumulación de humedad no deseada en la interfaz entre los materiales con una conductividad hidráulica contraria (*por ejemplo*, un tejido geosintético cubierto por un suelo de grano fino). Por tanto, la barrera capilar impide la penetración de humedad a través del geosintético y debilita algunos de los beneficios del geotextil.

Los geotextiles tienen tamaños de apertura promedio (AOS) similares a los de un suelo de grano grueso. Cuando dos materiales porosos no saturados con diferentes conductividades hidráulicas están en contacto entre sí, *por ejemplo*, un suelo de grano fino que cubre un geotextil, se forman barreras capilares que aumentan el almacenamiento de humedad del suelo suprayacente. La acumulación de humedad continuará en el suelo de grano fino hasta que se desarrolle suficiente energía de modo que la conductividad hidráulica del suelo de grano fino sobrepase la conductividad hidráulica del geotextil, provocando así una penetración y finalmente permitiendo el flujo hacia las aberturas del geotextil. Sin embargo, el almacenamiento de humedad no aumentará más allá del contenido de humedad saturada del suelo. Este exceso de humedad reduce la resistencia y estabilidad del suelo en la interfaz suelo/geotextil.

Por consiguiente, existe la necesidad de un tejido geosintético capaz de proporcionar un drenaje en el plano transversal en condiciones de suelo no saturado. Además, existe la necesidad de un tejido geosintético que resista la formación de barreras capilares en suelos no saturados y facilite la infiltración de humedad en el tejido y el suelo subyacente. La presente invención está dirigida a resolver estas y otras necesidades.

RESUMEN DE LA INVENCION

En el presente documento se divulga un geotextil de barrera anticapilar que comprende un hilo absorbente y tiene un contenido de humedad volumétrica en la penetración de menos de 0,30 según se determina con el ensayo de TenCate. En otro aspecto, el geotextil de barrera anticapilar comprende un hilo absorbente y tiene un contenido de humedad de menos de 0,3 y un delta de flujo de menos de 490 ml según se determina con el ensayo de TenCate.

El geotextil de barrera anticapilar incluye un geotextil tejido de una sola capa y un geotextil compuesto. El geotextil tejido de una sola capa comprende un conjunto de hilos absorbentes y, opcionalmente, un primer hilo no absorbente dispuesto en un eje del geotextil; y un segundo hilo no absorbente dispuesto en otro eje del geotextil y entretejiendo el conjunto de hilos absorbentes y el primer hilo no absorbente opcional; el conjunto de hilos absorbentes comprende uno o más hilos absorbentes. Un ejemplo no limitante de un geotextil tejido de ECPD de una sola capa según la invención descrita en el presente documento emplea en el patrón de tejido una disposición que se repite del conjunto

de hilos absorbentes y el primer hilo no absorbente en un eje del geotextil. En otro aspecto, el patrón de tejido que se repite comprende el conjunto de hilos absorbentes, el primer hilo no absorbente y el conjunto de hilos absorbentes. El geotextil tejido de una sola capa tiene una superficie total de entre aproximadamente 10 y aproximadamente 50 cm²/g. Además, el geotextil tejido de una sola capa tiene una permeabilidad entre aproximadamente 0,05 y aproximadamente 0,15 cm/s. Los hilos absorbentes del geotextil tejido de una sola capa tienen un peso entre aproximadamente 0,5 y aproximadamente 25 osy. El término "osy" significa onza por yarda cuadrada. En otro aspecto, el geotextil tejido de una sola capa comprende entre 5 y 50 hilos absorbentes por pulgada lineal.

El hilo absorbente tiene entre aproximadamente 500 y aproximadamente 2500 denier. Un ejemplo no limitante del hilo absorbente comprende un haz de monofilamentos absorbentes. Los monofilamentos absorbentes pueden ser, sin limitación, multicanal, trilobular, de almohada o cualquier combinación de los mismos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención se entenderá mejor y los objetivos anteriores, así como los objetivos aparte de los expuestos anteriormente, resultarán evidentes cuando se considere la siguiente descripción detallada de la misma. Para una mayor comprensión de esta divulgación y de la invención descrita en ella, se debe hacer referencia a la descripción detallada anterior y siguiente tomada en relación con las figuras adjuntas. Cuando se hace referencia a las figuras, los mismos números de referencia designan las partes correspondientes en las varias figuras. Dicha descripción hace referencia a los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1 es una ilustración de secciones transversales de fibras absorbentes empleadas en la presente invención;

la figura 2 es una ilustración de un geotextil compuesto de ECPD según la presente invención;

la figura 3 es una ilustración de un geotextil compuesto de ECPD que tiene una primera y una segunda capas absorbentes;

la figura 4 es una ilustración de un geotextil compuesto de ECPD con nudos;

la figura 5 es una ilustración de un geotextil compuesto de ECPD con nudos que tiene bucles cortados;

la figura 6 un sistema de drenaje en suelo no saturado que emplea un geotextil de ECPD según la presente invención;

la figura 7 es una ilustración que muestra un geotextil de ECPD en la interfaz de una capa base y una subrasante de arcilla expansiva;

la figura 8 es una ilustración que muestra un geotextil de ECPD que proporciona drenaje lateral, separación y estabilización de la subrasante;

la figura 9 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT1;

la figura 10 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT4;

la figura 11 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT5;

la figura 12 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT8;

la figura 13 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT14;

la figura 14 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT11;

la figura 15 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT13;

la figura 16 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT21;

la figura 17 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT20;

la figura 18 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT25 y el GT26;

la figura 19 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT27 y el GT28;

la figura 20 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT2018-1;

la figura 21 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT2018-2;
la figura 22 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT2018-3;
la figura 23 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT2018-4;
la figura 24 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT2018-5;
la figura 25 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT2018-6;
la figura 26 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT8;
la figura 27 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT5; y
la figura 28 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT2.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Los geotextiles, particularmente cuando se emplean en construcciones civiles, tales como carreteras, terraplenes, muros y similares, proporcionan separación entre dos capas de suelo con distribuciones de tamaño de partículas diferentes. Por ejemplo, los geotextiles impiden que la gravilla de la base penetre en la subrasante del suelo para mantener el espesor de diseño de la base de la carretera. De manera similar, la función de filtración de un geotextil permitirá un flujo de agua adecuado entre la base de gravilla drenable y la subrasante del suelo sin una migración fina hacia los poros más grandes de la gravilla, lo que limitaría sus capacidades de drenaje. Además, los geotextiles pueden actuar como una capa de protección al impedir que la gravilla pinche las geomembranas que se utilizan como barreras contra la humedad.

Si bien los geotextiles son flexibles, los polímeros que los comprenden se vuelven rígidos cuando el tejido está en tensión. La resistencia a la tracción de un geotextil añade un beneficio de refuerzo a la estructura del suelo al aumentar su rigidez. Por ejemplo, el refuerzo geotextil de pavimentos prolonga significativamente su vida de diseño al retrasar la propagación de grietas en la superficie de la carretera. Dichas grietas permiten la entrada de agua en el pavimento, lo que inicia el proceso de deterioro.

Los geotextiles se utilizan por su capacidad de drenaje, que proporciona una vía para el flujo de agua paralela al plano del geotextil en suelo saturado. Esta función de drenaje, por ejemplo, se utiliza para disipar las presiones del agua intersticial en la base de un terraplén o como drenajes de los arcnos de un pavimento.

Durante la fase de diseño de la construcción civil, en general se supone que una vez que el agua llega al geotextil, se infiltrará en la tela y se eliminará del suelo. Sin embargo, en presencia de suelos no saturados, se puede formar una barrera capilar para resistir el drenaje de agua, lo que resulta en una acumulación de agua en la interfaz. Este exceso de agua reduce la resistencia y estabilidad del suelo en la interfaz suelo/geotextil. Las condiciones no saturadas comúnmente imperan en los sistemas de pavimento y en diversas otras estructuras civiles.

En condiciones no saturadas, se puede formar una barrera capilar para restringir el flujo de agua cuando dos materiales porosos no saturados con diferentes conductividades hidráulicas están en contacto entre sí (*por ejemplo*, un suelo de grano fino que cubre un suelo de grano grueso). A causa de los tamaños de apertura relativamente grandes de los geotextiles, un geotextil actúa de manera similar a un suelo de grano grueso. Las barreras capilares aumentan el almacenamiento de agua del suelo suprayacente al formar una barrera temporal en la interfaz de los dos materiales. Se desarrolla una barrera capilar como consecuencia de una diferencia en la conductividad hidráulica entre los poros pequeños de un suelo de grano fino en comparación con los poros más grandes de un suelo de grano grueso. Esta diferencia limita que el agua de los poros pequeños entre en los poros más grandes. Hasta que la succión disminuya en el suelo de grano fino hasta el punto en que la conductividad hidráulica de los dos suelos adyacentes sea la misma, la acumulación de agua continuará en el suelo de grano fino. Cuando la succión ha disminuido lo suficiente como para permitir que el agua entre en los poros más grandes, denominada succión de la penetración o penetración, la acumulación de agua se detendrá y el flujo procederá hacia el suelo de grano grueso.

Una tela tejida tiene típicamente dos direcciones principales, una es la dirección de la urdimbre y la otra es la dirección de la trama. La dirección de la trama también se denomina dirección de relleno. La dirección de la urdimbre es la dirección longitudinal o de la máquina de la tela. La dirección del relleno o de la trama es la dirección a través de la tela, de canto a canto, o la dirección que atraviesa la anchura de la máquina de tejer. Por tanto, las direcciones de la urdimbre y de relleno son en general perpendiculares entre sí. El conjunto de hilos, filamentos, monofilamentos, películas y cintas cortadas que circulan en cada dirección se denominan hilos de la urdimbre e hilos de relleno, respectivamente.

Se puede producir una tela tejida con densidades variables. Esto normalmente se especifica en términos de número de extremos por pulgada en cada dirección, urdimbre y relleno. Cuanto mayor sea este valor, más extremos habrá por pulgada y, por lo tanto, la densidad de la tela es más grande o más alta.

El término "calado" se deriva de la separación temporal entre los hilos de la urdimbre superiores e inferiores a través de los cuales se tejen los hilos de relleno durante el proceso de tejido. El calado permite que los hilos de relleno se entrelacen en la urdimbre para crear la tela tejida. Al separar algunos de los hilos de la urdimbre de los demás, una lanzadera, proyectil o similar puede transportar los hilos de relleno a través del calado, por ejemplo, perpendicularmente a los hilos de la urdimbre. Como se conoce en el tejido, los hilos de la urdimbre que se suben y los hilos de la urdimbre que se bajan se convierten, respectivamente, en los hilos de la urdimbre bajados y los hilos de la urdimbre elevados después de cada pasada del hilo de la trama. Durante el proceso de tejido, se levanta el calado; la lanzadera transporta los hilos de la trama a través del calado; el calado está cerrado; y los hilos de relleno se presionan en su sitio, llamado la caída de la tela. Por consiguiente, como se usa en el presente documento con respecto a la tela tejida, el término "calado" significa un conjunto de relleno respectivo que está delimitado por hilos de la urdimbre.

El patrón de tejido de la construcción de la tela es el patrón en el que los hilos de la urdimbre se entrelazan con los hilos de relleno. Una tela tejida se caracteriza por un entrelazado de estos hilos. Por ejemplo, el tejido plano se caracteriza por un patrón que se repite en el que cada hilo de la urdimbre se teje sobre un hilo de relleno y luego se teje debajo del siguiente hilo de relleno.

Un tejido plano de múltiples puntos se caracteriza por un patrón que se repite en el que un conjunto de la urdimbre de uno o más hilos de la urdimbre se teje sobre un conjunto de relleno de dos o más hilos de relleno y luego se teje debajo del siguiente conjunto de relleno. En otras palabras, el tejido plano de múltiples puntos comprende conjuntos de relleno que tienen dos o más hilos de relleno por calado. Por ejemplo, un tejido de seis puntos se caracteriza por un patrón que se repite en el que un conjunto de la urdimbre de uno o más hilos de la urdimbre se teje sobre un conjunto de relleno de seis hilos de relleno y luego se teje debajo del siguiente conjunto de relleno. Es decir, el tejido plano de seis puntos comprende conjuntos de relleno que tienen seis hilos de relleno por calado. Como se usa en el presente documento, un tejido plano de $1/2$ se caracteriza por un patrón que se repite en el que cada hilo de la urdimbre se teje sobre un conjunto de relleno de dos hilos de relleno y luego se teje debajo del conjunto de relleno de dos hilos siguiente. Los desgastes planos de $1/3$, $1/4$ y $1/5$, respectivamente, se caracterizan por un patrón que se repite en el que cada hilo de la urdimbre se teje sobre un conjunto de relleno de tres, cuatro o cinco hilos de relleno y luego se teje debajo del siguiente conjunto de relleno de similar número de hilos. Como se usa en el presente documento, un tejido plano de $1/6$ se caracteriza por un patrón que se repite en el que cada hilo de la urdimbre se teje sobre un conjunto de relleno y luego se teje debajo del conjunto de relleno siguiente. El tejido plano de $1/6$ se describe en la patente de los EE. UU. n.º 9.404.233, que se incorpora por referencia en su totalidad en el presente documento.

Un tejido de sarga, a diferencia del tejido plano y el tejido plano de múltiples puntos, tiene menos entrelazados en un área determinada. La sarga es un tipo básico de tejido y hay una multitud de tejidos de sarga diferentes. Un tejido de sarga se denomina por el número de hilos de relleno que pasa por encima y por debajo de un único hilo de la urdimbre. Por ejemplo, en un tejido de sarga $2/2$, un único extremo de la urdimbre se teje sobre dos hilos de relleno y luego debajo de dos hilos de relleno. En un tejido de sarga de $3/1$, un único extremo de la urdimbre se teje sobre tres hilos de relleno y luego debajo de un hilo de relleno. En cuanto a los tejidos que se construyen a partir del mismo tipo y tamaño de hilo, con las mismas densidades de filamento o monofilamento, un tejido de sarga tiene menos entrelazados por área que un tejido plano correspondiente. Por consiguiente, un tejido de sarga no es un tejido plano de múltiples puntos.

Un tejido de satén, también a diferencia del tejido plano y el tejido plano de múltiples puntos, tiene menos entrelazados en un área determinada. Es otro tipo básico de tejido a partir del cual se pueden producir una amplia gama de variaciones. Un tejido de satén se denomina por el número de extremos en los que se repite el patrón de tejido. Por ejemplo, un tejido de satén de cinco arneses se repite en cinco extremos y un único hilo de la urdimbre flota sobre cuatro hilos de relleno y pasa debajo de un hilo de relleno. Un tejido de satén de ocho arneses se repite en ocho extremos y un único hilo de la urdimbre flota sobre siete hilos de relleno y pasa debajo de un hilo de relleno. En cuanto a los tejidos que se construyen a partir del mismo tipo de hilos con las mismas densidades de hilo, un tejido de satén tiene menos entrelazados que un tejido plano correspondiente o de sarga.

El proceso para fabricar tejidos, para incluir tejidos geotextiles, es bien conocido en la técnica. Por tanto, el proceso de tejido empleado se puede realizar en cualquier equipo de manipulación de textiles convencional adecuado para producir una tela geotextil tejida.

En el presente documento se describe un geotextil de barrera anticapilar, también denominado en el presente documento en general como un geotextil con drenaje mejorado en el plano transversal (ECPD). El geotextil de ECPD facilita la infiltración de humedad para un drenaje mejorado en el plano transversal e impide sustancialmente la formación de barreras capilares en suelos no saturados en la interfaz suelo/geotextil. El geotextil de barrera anticapilar no causa o minimiza sustancialmente la acumulación de humedad de una barrera capilar como consecuencia del flujo en el plano transversal. El geotextil de ECPD comprende un hilo absorbente. El término "hilo absorbente" incluye una

fibra absorbente, monofilamento absorbente, un haz de monofilamentos absorbentes o cualquier combinación de los mismos. Además, el geotextil de ECPD tiene un contenido de humedad volumétrica en la penetración de menos de 0,30 según se determina de conformidad con el ensayo de TenCate. De forma alternativa, el geotextil de ECPD tiene un contenido de humedad volumétrica en la penetración de menos de 0,30 y un delta de flujo de menos de 490 ml, según se determina de conformidad con el ensayo de TenCate. El ensayo de TenCate se describe y se define a continuación en el Ejemplo 1.

Los geotextiles de ECPD incluyen tanto un geotextil tejido de una sola capa como un geotextil compuesto, los cuales comprenden un hilo absorbente. En un aspecto, el geotextil de ECPD tiene un contenido de humedad volumétrica en la penetración de menos de 0,30. En otro aspecto, el geotextil de ECPD también tiene un delta de flujo de menos de 490 ml. Cuando se hace referencia al contenido de humedad volumétrica en la penetración o al delta de flujo en esta memoria descriptiva, las figuras adjuntas y las reivindicaciones, ambos parámetros se determinan según el ensayo de TenCate. El ensayo de TenCate se describe y se define a continuación en el Ejemplo 1. Los hilos absorbentes se emplean en la construcción del geotextil de ECPD. Los hilos absorbentes facilitan el drenaje del agua que de otro modo se almacenaría dentro de una masa en el suelo no saturado adyacente. Dicho geotextil puede proporcionar estabilización del suelo, resistir la formación de barreras capilares y facilitar la infiltración de agua desde el suelo hacia el geotextil para proporcionar un drenaje en el plano transversal.

Un geotextil tejido de ECPD de una sola capa tiene un contenido de humedad volumétrica a la penetración de menos de 0,30 y comprende un conjunto de hilos absorbentes y, opcionalmente, un primer hilo no absorbente dispuesto en un eje del geotextil; y un segundo hilo no absorbente dispuesto en otro eje del geotextil y entretejiendo el conjunto de hilos absorbentes y el primer hilo opcional no absorbente. El término "opcionalmente" significa que no se requiere el primer hilo no absorbente, pero no obstante se puede emplear si se desea y se engloba dentro del alcance de las reivindicaciones. Por ejemplo, el conjunto de hilos absorbentes puede disponerse en la dirección de la urdimbre (un eje del geotextil) con el segundo hilo no absorbente dispuesto en la dirección de la trama (otro eje del geotextil). De forma alternativa, el conjunto de hilos absorbentes puede disponerse en la dirección de la trama (un eje del geotextil) con el segundo hilo no absorbente dispuesto en la dirección de la urdimbre (otro eje del geotextil). Aunque no es necesario, los hilos absorbentes pueden disponerse en el mismo eje del segundo hilo no absorbente. En un aspecto, el conjunto de hilos absorbentes comprende dos hilos absorbentes. En otro aspecto, el conjunto de hilos absorbentes comprende tres hilos absorbentes. Aún así, en otro aspecto, el conjunto de hilos absorbentes comprende cuatro, cinco o seis hilos absorbentes. Un ejemplo no limitante de un geotextil tejido de ECPD de una sola capa según la invención descrita en el presente documento tiene un patrón de tejido que se repite que comprende el conjunto de hilos absorbentes, el primer hilo no absorbente y el conjunto de hilos absorbentes en un eje del geotextil. Otro ejemplo no limitante de un geotextil tejido de ECPD de una sola capa según la invención descrita en el presente documento tiene un patrón de tejido que se repite que comprende un primer conjunto de hilos absorbentes, un segundo conjunto de hilos absorbentes y el primer hilo no absorbente en un eje del geotextil. Resultará evidente para una persona con experiencia ordinaria en la técnica que en la invención descrita en el presente documento se pueden emplear diversos patrones de hilo absorbente que se repiten en combinación con hilo no absorbente.

El geotextil de ECPD tiene un contenido de humedad en la penetración de menos de 0,30. En otro aspecto, el geotextil de ECPD tiene un contenido de humedad en la penetración de menos de 0,29, 0,28, 0,27, 0,26, 0,25, 0,24, 0,23, 0,22, 0,21 o 0,20.

Además, el geotextil de ECPD tiene un delta de flujo de menos de 490 ml. En otro aspecto, el geotextil de ECPD tiene un delta de flujo de menos de 480 ml, 470 ml, 460 ml, 450 ml, 440 ml, 430 ml, 420 ml, 410 ml, 400 ml, 390 ml, 380 ml, 370 ml, 360 ml, 350 ml, 340 ml, 330 ml, 320 ml, 310 ml, 300 ml, 290 ml, 280 ml, 270 ml, 260 ml, 250 ml, 240 ml, 230 ml, 220 ml, 210 ml, 200 ml, 190 ml, 180 ml, 170 ml, 160 ml, 150 ml, 140 ml, 130 ml, 120 ml, 110 ml o 100 ml.

Un conjunto de hilos absorbentes comprende uno o más hilos absorbentes. Un hilo absorbente tiene entre aproximadamente 500 y aproximadamente 2500 denier y comprende un haz de monofilamentos absorbentes. Un haz de monofilamentos absorbentes tiene entre aproximadamente 50 y aproximadamente 1000 monofilamentos absorbentes. Un ejemplo de un haz de monofilamentos absorbentes que se puede emplear en el geotextil tejido de ECPD de una sola capa es un haz torcido de monofilamentos absorbentes. Los ejemplos no limitantes de monofilamentos absorbentes incluyen, pero no se limitan a, multicanal, trilobal, de almohada o cualquier combinación de los mismos. Los monofilamentos absorbentes multicanal también se denominan en el presente documento monofilamentos 4DG.

Los monofilamentos absorbentes empleados en el geotextil tejido de ECPD de una sola capa tienen un denier respectivo de entre aproximadamente 1 y aproximadamente 170. Sin embargo, los monofilamentos absorbentes que pueden emplearse en el geotextil de ECPD pueden ser superiores a 170 deniers. Por ejemplo, los monofilamentos absorbentes pueden tener un denier respectivo de entre aproximadamente 30 y aproximadamente 170. En otro ejemplo, los monofilamentos absorbentes pueden tener un denier respectivo de entre aproximadamente 1 y aproximadamente 100. En otro ejemplo más, los monofilamentos absorbentes tienen un denier respectivo de entre aproximadamente 3 y aproximadamente 7.

El peso de los hilos absorbentes contenidos en el tejido del geotextil de ECPD de una sola capa está entre aproximadamente 0,5 onzas por yarda cuadrada (osy) y aproximadamente 25 osy. En un ejemplo, el peso de los hilos absorbentes contenidos en el tejido del geotextil de ECPD de una sola capa es de aproximadamente 1,1 osy. Además, el geotextil tejido de ECPD de una sola capa comprende entre 5 y 50 hilos absorbentes por pulgada lineal. Por ejemplo, el geotextil tejido de ECPD de una sola capa comprende 10 hilos absorbentes por pulgada lineal.

El geotextil tejido de ECPD de una sola capa tiene un área superficial total entre aproximadamente 10 cm²/g a aproximadamente 50 cm²/g. Además, el geotextil tejido de ECPD de una sola capa tiene una permeabilidad entre aproximadamente 0,05 cm/s a aproximadamente 0,15 cm/s.

El geotextil tejido de ECPD de una sola capa tiene una densidad en el eje que contiene el conjunto de hilos absorbentes de entre aproximadamente 5 y aproximadamente 50 hilos por pulgada lineal. Además, el geotextil tejido de ECPD de una sola capa tiene una densidad en el eje que contiene el segundo hilo no absorbente de entre aproximadamente 5 y aproximadamente 75 hilos por pulgada lineal.

Se pueden utilizar diversos patrones de tejido para formar el geotextil tejido de ECPD de una sola capa. Dichos patrones de tejido incluyen, pero no se limitan a, plano, plano con múltiples puntos, sarga y satén. Por ejemplo, el geotextil tejido de ECPD de una sola capa puede ser un tejido plano. Otro ejemplo del geotextil tejido de ECPD de una sola capa puede ser un tejido de satén. Un ejemplo no limitante de un geotextil tejido de ECPD de una sola capa según la invención descrita en el presente documento emplea en el patrón de tejido una disposición que se repite del conjunto de hilos absorbentes y el primer hilo no absorbente en un eje del geotextil. Otro ejemplo no limitante de un geotextil tejido de ECPD de una sola capa según la invención descrita en el presente documento emplea en el patrón de tejido una disposición que se repite de un primer conjunto de hilos absorbentes, un segundo conjunto de hilos absorbentes, y el primer hilo no absorbente en un eje del geotextil, en el que el primer y el segundo conjunto de hilos absorbentes son iguales o diferentes. Resultará evidente para una persona con experiencia ordinaria en la técnica que en la invención descrita en el presente documento se pueden emplear diversas disposiciones de hilo absorbente que se repiten en combinación con hilo no absorbente.

El primer y el segundo hilo no absorbente pueden ser iguales o diferentes. El primer y segundo hilos no absorbentes, independientemente, pueden ser un monofilamento, hilo, cinta o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, el primer hilo no absorbente puede emplear monofilamentos, hilos, cintas o cualquier combinación de los mismos en el tejido. De manera similar, el segundo hilo no absorbente puede ser monofilamentos, hilos, cintas o cualquier combinación de los mismos en el tejido. Además, el primer y segundo hilos no absorbentes pueden ser iguales o diferentes, proporcionando así a la fabricación múltiples opciones de diseño con respecto a los hilos no absorbentes. Los hilos no absorbentes, independientemente, están entre aproximadamente 100 y aproximadamente 10.000 deniers.

Como se ha indicado anteriormente, los geotextiles de ECPD incluyen un geotextil compuesto. En referencia a las figuras 2-5, el geotextil compuesto 10 comprende una capa de drenaje 20 y una capa absorbente 30 que se extiende hacia afuera desde la capa de drenaje 20. La capa absorbente 30 comprende hilos absorbentes 35. Los hilos absorbentes se pueden disponer en la capa de drenaje, pero no son necesarios.

"Drenaje en plano transversal" significa que el líquido fluye a través de un tejido geotextil en una dirección perpendicular a su plano.

"Fibra" significa un material en el que la relación de longitud a diámetro es mayor que aproximadamente 10. La fibra típicamente se clasifica según su diámetro. La fibra de filamento se define en general por tener un diámetro de fibra individual superior a aproximadamente 15 denier, normalmente superior a aproximadamente 30 denier por filamento. La fibra de denier fino se refiere en general a una fibra que tiene un diámetro inferior a aproximadamente 15 denier por filamento. La fibra de microdenier se define en general como una fibra que tiene un diámetro inferior a aproximadamente 100 micras de denier por filamento.

"Fibra de filamento" o "fibra de monofilamento" significa una hebra continua de material de longitud indefinida (*es decir*, no predeterminada), en contraposición a una "fibra engrapada".

"Fibra engrapada" es una hebra discontinua de material de longitud definida (*es decir*, una hebra que ha sido engrapada o de otro modo dividida en segmentos de una longitud predeterminada). Las fibras engrapadas se pueden convertir en mallas y telas no tejidos utilizando cualquier procedimiento utilizado actualmente o que se descubra en el futuro, incluido el hidroligado, punzonado con aguja, unión térmica y procesamiento de cardado y encuadernación.

"No tejido" significa una malla o tela que tiene una estructura de fibras o filamentos individuales que se entrelazan al azar, pero no de una manera identificable como es el caso de un tejido de punto o tela tejida.

"Tejido de punto" significa un tejido formado por bucles entrelazados.

"Hilo" significa una longitud continua de una pluralidad de filamentos (*es decir*, multifilamento) torcidos o de otro modo enredados que se puede utilizar en la fabricación de telas tejidas o tejidos de punto y otros artículos.

Las fibras y los hilos se pueden convertir en telas usando cualquier procedimiento utilizado actualmente o que se descubra en el futuro para convertir fibras e hilos en telas, que incluyen, pero no se limitan a, tejer y tricotar.

FIBRAS ABSORBENTES

Las fibras absorbentes son capaces de transportar un líquido, como agua, sustancialmente a lo largo de un solo eje. Dichas fibras tienen típicamente un alto factor de superficie de menos de 1,5 en comparación con una fibra redonda de sección transversal del mismo denier que tiene un alto factor de superficie de 1,0. Dichas fibras absorbentes generan un incremento en la acción capilar sobre las fibras redondas de sección transversal del mismo denier. Se pueden emplear varios tipos de fibras en la presente invención y se describen a continuación.

La patente de EE. UU. 5.200.248, que se incorpora por referencia en su totalidad en el presente documento, describe fibras poliméricas de canal capilar que se pueden emplear en la presente invención. Dichas fibras almacenan y transportan líquido y tienen formas de sección transversal no redondas que incluyen porciones delgadas relativamente largas. Las formas de la sección transversal son sustancialmente las mismas a lo largo de la longitud de la fibra. Además, estas fibras de canal capilar se pueden recubrir con materiales que proporcionen una tensión de adherencia con agua de al menos 25 dinas/cm.

La patente de EE. UU. 5.268.229, que se incorpora por referencia en su totalidad en el presente documento, describe fibras que se pueden emplear en la presente invención. Estas fibras tienen formas transversales no redondas, específicamente secciones transversales en forma de "u" y "E" con patas estabilizadoras. Además, estas fibras son fibras humectables espontáneamente y tienen secciones transversales que son sustancialmente iguales a lo largo de la longitud de la fibra.

La patente de EE. UU. 5.977.429, que se incorpora por referencia en su totalidad en el presente documento, describe fibras que tienen forma de "H" distorsionada, una forma de "Y" distorsionada, una forma de "+" distorsionada, una forma de "U" distorsionada y una forma distorsionada de una fibra hilada que se denomina como "4DG". Dichas fibras se pueden emplear en la presente invención.

Las estructuras de canales capilares de las fibras absorbentes tienen una base axial y al menos dos paredes que se extienden desde la base, por medio de la cual la base y las paredes definen al menos un canal capilar. Algunas de dichas fibras tienen al menos cinco paredes y al menos cuatro canales capilares. Otras pueden tener al menos seis paredes y al menos cinco canales capilares. No existe un número máximo teórico de canales capilares que pueda tener la estructura de la misma, dicho número máximo de canales capilares que está regulado más por la necesidad de dichas estructuras y la viabilidad de hacerlas. En un aspecto de la presente invención, los canales capilares son sustancialmente paralelos entre sí y una sección transversal abierta a lo largo de al menos aproximadamente el 20% de su longitud, a lo largo de al menos aproximadamente el 50% de su longitud o y a lo largo de al menos el 90% al 100% de su longitud.

Las fibras absorbentes de la presente invención proporcionan estructuras de canales capilares flexibles y resistentes a los colapsos que comprenden una composición polimérica y tienen al menos un canal capilar intraestructura, en el que las estructuras tienen una base axial y al menos dos paredes que se extienden desde la base, típicamente (pero no necesariamente) a lo largo de sustancialmente toda la longitud del elemento de base, por medio del cual el elemento de base y las paredes definen dicho canal o canales capilares. En general, las paredes deben extenderse desde la base una distancia en la dirección axial de la base de al menos aproximadamente 0,2 cm. En otro aspecto de la presente invención, las paredes se extienden desde la base una distancia en la dirección axial de la base de al menos aproximadamente 1,0 cm. La longitud real de la estructura está limitada solo por cuestiones prácticas. Aunque las estructuras de canal capilar de la misma pueden tener un canal capilar o una pluralidad de canales capilares, por conveniencia se usa la forma plural "canales" con la intención de que se refiera a un "canal" singular en estructuras que tienen solo uno de dichos canales o una pluralidad de canales en estructuras que tienen más de un canal. Las estructuras se caracterizan además por que los canales capilares están abiertos a lo largo de una longitud sustancial de manera que se pueda recibir fluido desde el exterior del canal como resultado de dicha construcción abierta. En general, las estructuras tendrán típicamente un volumen capilar específico (SCV) de al menos aproximadamente 2,0 cc/g, al menos aproximadamente 2,5 cc/g o al menos aproximadamente 4,0 cc/g, y un área superficial capilar específica (SCSA) de al menos aproximadamente al menos unos 2000 cm²/g, al menos unos 3000 cm²/g o al menos unos 4000 cm²/g. Los procedimientos que se utilizarán para medir el SCV y el SCSA se proporcionan en al menos una de las patentes enumeradas anteriormente.

Típicamente, las fibras absorbentes empleadas en la presente invención tienen una composición superficial que es hidrófila, que puede ser intrínseca debido a la naturaleza del material usado para fabricar las fibras o puede fabricarse mediante la aplicación de acabados superficiales. Los acabados de superficie hidrófilos proporcionan estructuras cuyas superficies tienen una gran tensión de adherencia (es decir, que se atraen fuertemente) con líquidos acuosos y, por lo tanto, se prefieren en aplicaciones que implican líquidos acuosos como las que se comentan a continuación para estructuras de adquisición/distribución temporales y estructuras de almacenamiento permanente. En un aspecto, la superficie hidrófila tiene una tensión de adherencia con agua destilada superior a 25 dinas/cm medida en una

superficie plana que tiene la misma composición y acabado que la superficie de la fibra. Algunos de los acabados/lubricantes útiles para proporcionar grandes tensiones de adherencia a líquidos acuosos se describen o se mencionan en la patente de EE. UU. n.º 5.611.981, que se incorpora por referencia en su totalidad en el presente documento. Los acabados de superficie son bien conocidos en la técnica.

Como se ha analizado anteriormente, las fibras absorbentes tienen canales en su superficie que pueden ser útiles para distribuir o almacenar líquidos cuando existen la energía superficial adecuada en la superficie de las fibras, como cuando las fibras cumplen la ecuación anterior relacionada con fuerzas superficiales específicas. La energía superficial determina la tensión de adherencia entre la superficie y cualquier líquido que esté en contacto con la superficie. Cuanto mayor sea la tensión de adherencia, mayor será la fuerza de atracción entre el líquido y la superficie. La tensión de adherencia es un factor de las fuerzas capilares que actúan sobre el líquido en un canal. Otro factor que afecta a las fuerzas capilares que actúan sobre un líquido en un canal es la longitud del perímetro del canal. Cuando las anchuras de los canales son pequeños, las fuerzas capilares son relativamente fuertes en comparación con la fuerza de gravedad sobre el líquido, dado que la fuerza de gravedad sobre el líquido en un canal es proporcional al área del canal.

La figura 1 ilustra secciones transversales de fibras absorbentes de multicanal, trilobal y de almohada que se pueden emplear en la presente invención. Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, se pueden emplear otras formas en la presente invención. El multicanal también se denomina forma "4DG".

POLÍMEROS

Las fibras absorbentes y no absorbentes empleadas en la presente invención se fabrican a partir de los principales grupos hilables por fusión. Estos grupos incluyen, sin limitación, poliésteres, nailon, poliolefinas y ésteres de celulosa. Las fibras de poli(tereftalato de etileno), polipropileno y mezclas de copolímeros de polipropileno/polipropileno son útiles en la presente invención al menos debido a su capacidad de fabricación y su amplia gama de aplicaciones. Un ejemplo no limitante del polímero empleado en el hilo absorbente es el nailon. El denier de cada fibra está entre aproximadamente 15 y aproximadamente 250, o entre aproximadamente 30 y aproximadamente 170.

Además, se pueden formar fibras absorbentes y no absorbentes a partir de otros polímeros que se encogen significativamente cuando se calientan, como el poliestireno o el poliestireno espumado. La etapa de encogimiento introduce la distorsión en la fibra que aumenta el factor de distorsión de largo alcance (LRDF) y el factor de distorsión de corto alcance (SRDF). Los valores relativamente grandes de LRDF y/o SRDF de las fibras descritas en la patente de EE. UU. 5.977.429, que se incorpora por referencia en su totalidad en el presente documento, proporciona su utilidad en productos absorbentes. El encogimiento se produce para las fibras poliméricas amorfas orientadas cuando las fibras se calientan sobre su temperatura de transición vítrea. El encogimiento se produce antes o en ausencia de una cristalización sustancial.

Como se ha indicado anteriormente, las fibras absorbentes y no absorbentes de la presente invención pueden estar hechas de cualquier material polimérico que sea insoluble en el líquido que va a ponerse en contacto con las estructuras de los canales capilares. Ejemplos de materiales poliméricos adecuados, además de poliéster, poliestireno y poliolefinas tales como polietileno y polipropileno, incluyen, pero no se limitan a, poliamidas, polímeros químicos basados en celulosa tales como polímeros viscosos y dipolímeros o tripolímeros ace, copolímeros, terpolímeros, etc. y polímeros injertados. En la presente invención se pueden emplear polímeros termoplásticos, tales como poliésteres y copolímeros de ácidos dicarboxílicos o ésteres de los mismos y glicoles. Los compuestos de éster y ácido dicarboxílico usados en la producción de copolímeros de poliéster son bien conocidos por los expertos en la técnica. Incluyen ácido tereftálico, ácido isoftálico, ácido p,p'-difenildicarboxílico, p,p'-dicarboxidifenil etano, p,p'-dicarboxidifenil hexano, p,p'-dicarboxidifenil éter, p,p'-dicarboxifenoxi etano, similares, y los dialquilésteres de los mismos que contienen de 1 a aproximadamente 5 átomos de carbono en los grupos alquilo de los mismos.

Los glicoles alifáticos útiles para la producción de poliésteres y copoliésteres son los glicoles alifáticos acrílicos y alicíclicos que tienen de 2 a 10 átomos de carbono, tales como etilenglicol, trimetilenglicol, tetrametilenglicol, pentametilenglicol y decametilenglicol.

Se contempla además utilizar copolímeros o copolímeros de injerto, terpolímeros, polímeros químicamente modificados y similares, que presentan permanentemente una alta hidrofiliadad superficial y no requieren el uso de agentes humectantes, que pueden lavarse lejos de la superficie de la estructura al entrar en contacto con fluidos. Los polímeros modificados que pueden presentar una hidrofiliadad permanente incluyen polímeros químicos de celulosa tales como acetatos de celulosa. Además, también se pueden incluir pigmentos, delusterantes o abrillantadores ópticos mediante los procedimientos conocidos y en las cantidades conocidas.

Un tipo de poliéster que puede emplearse en la presente invención es el copoliéster de poli(tereftalato de etileno) (PETG) modificado con glicol. Adecuado el PETG está disponible en Eastman Chemical Products, Inc. (Kingsport, Tenn., EE. UU.), bajo el nombre KODAR® 6763, con una temperatura de transición vítrea de aproximadamente 81°C.

Como se ha indicado anteriormente, los polímeros que se pueden emplear para formar los hilos no absorbentes y absorbentes también incluyen mezclas de copolímeros de polipropileno/polipropileno. Un ejemplo de dicha mezcla es una mezcla de polipropileno y un copolímero de polipropileno/etileno. La mezcla puede comprender una composición de polipropileno que comprende una mezcla combinada por fusión de aproximadamente 94 a aproximadamente 95% en peso de polipropileno y aproximadamente 5 a aproximadamente 6% en peso de un copolímero de polipropileno/etileno. En otro aspecto, el hilo, monofilamento o cinta puede comprender una mezcla de aproximadamente 92% a aproximadamente 95% en peso de polipropileno y aproximadamente 5% a aproximadamente 8% en peso de un copolímero de polipropileno/etileno. Además, en un aspecto, el copolímero de polipropileno/etileno tiene un contenido de etileno de aproximadamente un 5% a aproximadamente un 20% en peso de copolímero. En otro aspecto, el copolímero de polipropileno/etileno tiene un contenido de etileno de aproximadamente un 8% a aproximadamente un 25%. Además, en otro aspecto, el aspecto del copolímero de polipropileno/etileno tiene un contenido de etileno de aproximadamente 5% a aproximadamente 17% en peso de copolímero. En otro aspecto más, el aspecto del copolímero de polipropileno/etileno tiene un contenido de etileno de aproximadamente 5%, aproximadamente 6%, aproximadamente 7%, aproximadamente 8%, aproximadamente 9%, aproximadamente 10%, aproximadamente 11%, aproximadamente 12%, aproximadamente 13%, aproximadamente 14%, aproximadamente 15%, aproximadamente 16%, aproximadamente 17%, aproximadamente 18%, aproximadamente 19%, aproximadamente 20%, aproximadamente 21%, aproximadamente 22%, aproximadamente 23%, aproximadamente 24% o aproximadamente 25%, o cualquier intervalo entremedio, en peso de copolímero. Aún, en otro aspecto, el copolímero de polipropileno/etileno tiene un contenido de etileno de aproximadamente 16% en peso de copolímero. Dicho hilo de mezcla se denomina en el presente documento hilo de "módulo alto" o "mod alto" y se describe en la publicación de la solicitud de patente de los EE. UU. n.º 2011/0250448, que se incorpora por referencia en su totalidad en el presente documento.

Otro factor que afecta la elección del polímero es la posibilidad de modificación química de su superficie para aumentar, por ejemplo, la hidrofiliidad. Por tanto, en estructuras de canales capilares destinadas a absorber y/o transportar soluciones de base acuosa, puede ser ventajoso utilizar un polímero a base de poliéster en lugar de, por ejemplo, un polipropileno. Sin embargo, esta opción de selección no pretende limitar por ello el alcance de la invención. Además, dependiendo del uso previsto de las estructuras, puede ser deseable que el material polimérico utilizado sea flexible a las temperaturas en las que se pretende utilizar las estructuras. Como consecuencia de las paredes y bases relativamente delgadas de las estructuras del mismo, incluso se pueden usar polímeros de módulo relativamente alto para hacer estructuras que sean tanto flexibles como blandas, pero que conserven una resistencia sorprendentemente alta al colapso. La flexibilidad dependerá de factores tales como el espesor y las dimensiones de las paredes y la base del canal capilar, así como del módulo de elasticidad. Por tanto, la elección del polímero en este sentido estará muy sujeta al uso previsto y las condiciones de temperatura. La elección de dicho material polimérico adecuado está dentro de la capacidad de una persona con experiencia ordinaria en la técnica. Dependiendo del uso previsto, las estructuras de canales capilares se pueden fabricar, por ejemplo, a partir de polímeros que son hidrófilos u oleófilos, o se pueden tratar para que sean hidrófilos u oleófilos.

La hidrofiliidad de la superficie de los polímeros utilizados para hacer las estructuras de los canales capilares de la presente invención se puede incrementar para hacer que las paredes del canal capilar sean más humectables al agua o soluciones acuosas mediante el tratamiento con tensioactivos u otros compuestos hidrófilos (en lo sucesivo, denominados colectivamente "agentes hidrolizantes") conocidos por los expertos en la técnica. Los agentes hidrolizantes incluyen agentes humectantes tales como monolauratos de polietilenglicol (por ejemplo, PEGOSPERSE™ 200 ML, un monolaurato de polietilenglicol 200 disponible en Lonza, Inc., Williamsport, Pensilvania, EE. UU.) y alcoholes oleílicos etoxilados (por ejemplo, VOLPO™-3, disponible en Croda, Inc., Nueva York, NY, EE. UU.). También se pueden usar otros tipos de agentes y técnicas de hidrofiliización, incluidos los bien conocidos por los expertos en las técnicas de fibras y textiles para aumentar el rendimiento de la absorción, mejorar las propiedades antiadherentes contra la suciedad, etc. Estos incluyen, por ejemplo, injerto superficial de ácido poliacrílico. Los agentes hidrolizantes adecuados disponibles comercialmente incluyen el agente antiadherente para la suciedad ZELCON™, un hidrófilo no iónico disponible en DuPont Co., Wilmington, Del. (EE. UU.) y el acabado cómodo Milease T™, disponible en ICI Americas, Inc., Wilmington, Delaware, EE. UU. Además, ERGASURF, microperlas de cerámica y vinilpirrolidona pueden emplearse como aditivos hidrófilos o higroscópicos. Además, se pueden emplear ciertas combinaciones de agentes hidrolizantes. Un ejemplo es una combinación de ALBAFLOW PAP-01, DICRYLAN PSF E INVADINE PBN. Otro ejemplo es una combinación de ULTRAPHIL TG E INVADINE PBN.

TEJIDO COMPUESTO

En referencia a las figuras 2, un geotextil compuesto de ECPD 10 según la presente invención comprende una capa de drenaje 20 y una capa absorbente 30 dispuesta en comunicación de transporte líquido con la capa de drenaje 20. La capa absorbente 30 comprende hilos absorbentes que se extienden hacia afuera desde un lado de la capa de drenaje 20. En otro aspecto, el geotextil compuesto de ECPD 10 comprende una primera capa de drenaje 31 que se extiende hacia afuera desde un lado de la capa de drenaje y una segunda capa de drenaje 32 que se extiende hacia afuera desde el lado opuesto de la capa de drenaje 20, como se ilustra en la figura 3.

CAPA DE DRENAJE

La capa de drenaje del geotextil compuesto de ECPD puede ser una tela fibrosa no tejida, tejida o de punto. Además, como apreciará un experto en la técnica, cualquier estructura que facilite el flujo de líquido en el plano transversal y a la que se pueda unir la capa absorbente es adecuada para su uso como capa de drenaje.

Se puede emplear cualquier tela tejida convencional que facilite el flujo de líquido en el plano transversal como capa de drenaje del geotextil compuesto de ECPD. Los ejemplos no limitantes de telas tejidas incluyen tejidos planos, de múltiples puntos, sarga y satén, todos los cuales se comentan anteriormente. Aunque no es necesario, se pueden emplear fibras y/o hilos absorbentes en la construcción de la capa de drenaje como característica opcional. Las telas no tejidas son conocidas en la técnica y están formadas por fibras engrapadas derivadas de una o más fuentes utilizadas en la industria de las telas no tejidas. Como se ha indicado anteriormente, la tela no tejida puede incluir opcionalmente fibras absorbentes en forma de fibra engrapada. La tela no tejida se puede formar mediante cualquier proceso de fabricación de malla convencional, tal como un proceso de tendido en húmedo o un proceso de tendido al aire, o mediante otras técnicas utilizadas en la industria de los no tejidos. Las fibras engrapadas se pueden formar a partir de cualquiera de los polímeros descritos anteriormente para los hilos no absorbentes y absorbentes. Además, las fibras engrapadas formadas a partir de fibras absorbentes y/o hilo pueden tratarse con agentes hidrolizantes, para incluir, sin limitación, los agentes hidrolizantes descritos anteriormente.

CAPA ABSORBENTE

Continuando con la referencia a la figura 2 y adicionalmente a las figuras 3-5, se pueden utilizar técnicas utilizadas en la industria de las alfombras para afianzar los hilos a un material de soporte para formar el geotextil compuesto de ECPD. Dichas técnicas incluyen, pero no se limitan a, inserción de nudos y/o cosidos. Como apreciarán los expertos en la técnica, cualquier procedimiento que una hilos a un material de soporte de modo que los hilos se extiendan hacia afuera desde el material de soporte se puede emplear para formar el geotextil compuesto de ECPD.

La inserción de nudos es una técnica bien conocida en la industria de fabricación de alfombras. En el proceso de inserción de nudos se pueden utilizar fibra engrapada absorbente, hilo engrapado, filamento continuo a granel y/o hilo continuo a granel. Al igual que la alfombra con nudos, como se ilustra en la figura 3, el geotextil compuesto de ECPD puede formarse en un telar entrelazando simultáneamente hilos de cara, es decir, fibras absorbentes e hilos de la capa de drenaje en un producto completo. La fabricación del geotextil compuesto de ECPD puede incluir, por ejemplo, la inserción de nudos de hilo de cara en la capa de drenaje mediante una operación de punzonado con aguja convencional. Las agujas de inserción de nudos dispuestas en la anchura de la capa de drenaje penetran en la capa de drenaje para disponer los bucles de hilo de cara que comprenden la capa absorbente en el lado inferior de la misma. Los nudos se mantienen en la capa de drenaje mediante la fricción de las hebras penetrantes del hilo de la capa absorbente. Un bucle, o gancho plano, agarra y suelta el bucle de hilo mientras la aguja tira hacia arriba; la capa de drenaje se desplaza hacia adelante y la aguja vuelve a perforar la capa de drenaje más adelante. La figura 4 es una ilustración en la que el geotextil compuesto tiene una primera y una segunda capas absorbentes con nudos.

Para hacer el pelo cortado, una remallosa orientada hacia la dirección opuesta se equipa con un cuchillo que actúa como un par de tijeras, cortando el bucle. Dichos bucles se pueden cortar o no cortar para proporcionar la cara final del pelo de la capa absorbente, como se ilustra en la figura 5. Opcionalmente, se puede aplicar un aglutinante o adhesivo soluble en agua e el lado de la capa de drenaje opuesto a la capa absorbente y los nudos de la capa absorbente para adherir temporalmente los hilos/fibras de la capa absorbente del pelo cortado a la capa de drenaje. Esto puede ser favorable durante la instalación del tejido de drenaje en el plano transversal en el proyecto de ingeniería civil para ayudar a mantener los nudos que forman la capa absorbente en su lugar. Dichos adhesivos se solubilizan y se disipan del tejido al exponerlos al agua.

SISTEMA DE DRENAJE EN SUELO NO SATURADO

En referencia a la figura 6, un sistema de drenaje en suelo no saturado comprende un geotextil de ECPD, una capa de suelo dispuesta sobre el geotextil de ECPD y una capa base, tal como una base tratada con asfalto, dispuesta sobre la capa de suelo. Sobre la capa base se dispone asfalto y/o hormigón. El geotextil de ECPD se deposita en un lecho de suelo. Típicamente, el lecho de suelo se eleva sobre el nivel freático para formar drenajes laterales que facilitan el drenaje del agua. El espesor del lecho de suelo es convencional. Por ejemplo, el lecho de suelo puede estar a 40 pulgadas sobre el nivel freático. La capa de suelo, como puede ser un suelo no saturado, debe tener un espesor suficiente para permitir el drenaje de agua desde la capa base al geotextil de ECPD. Por ejemplo, el espesor de la capa de suelo es de aproximadamente 13 pulgadas. Sin embargo, el espesor se puede variar según sea necesario dependiendo de las condiciones del suelo.

Un geotextil de ECPD proporciona drenaje en condiciones no saturadas y minimiza o elimina significativamente el desarrollo de una rotura capilar. A diferencia de otros problemas de flujo en la ingeniería geotécnica y de transporte (*por ejemplo*, drenaje de agua superficial), aunque el volumen de líquido almacenado dentro de las capas de pavimento puede no ser particularmente significativo, es particularmente difícil de eliminar. La figura 4 muestra el uso del geosintético de ECPD para reducir el exceso de agua que penetra en los materiales de la base y subbase a través de la infiltración hacia abajo, así como a través de la acumulación como consecuencia de una barrera capilar.

CONTROL DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO CAUSADOS POR SUBRASANTES EXPANSIVAS DE ARCILLA

Los suelos arcillosos expansivos son suelos que se hinchan al humedecerse y se encogen al secarse. Típicamente, la naturaleza expansiva de un suelo se clasifica por el índice de plasticidad (PI). Los suelos con bajo potencial de hinchamiento tendrán un PI en el intervalo de 0 a 15, los suelos con potencial de hinchamiento medio tendrán un PI de 10 a 35, los suelos con alto potencial de hinchamiento tendrán un PI de 20 a 55, y los suelos con potencial de hinchamiento muy alto tendrán un PI de 35 y superior (ASTM D4829). Los suelos arcillosos expansivos provocan el desarrollo de grietas longitudinales en las carreteras. Estas grietas longitudinales inducidas por el medio ambiente se desarrollan hacia los arcones del pavimento como consecuencia de las variaciones del contenido de humedad en la subrasante. Las variaciones de humedad ambiental (por ejemplo, períodos lluviosos o secos) pueden alcanzar el arcén de un pavimento típico comparativamente más fácilmente que el centro de un pavimento. Por consiguiente, los bordes del pavimento se encogerán durante los períodos secos y se hincharán durante los períodos de lluvia. Sin embargo, puesto que el centro del pavimento no experimenta dichos cambios volumétricos, se desarrollan asentamientos diferenciales entre el centro y el borde del pavimento. Durante temporadas secas en particular, la flexión del pavimento resultará en una tensión hacia la capa superficial, dando lugar a posibles grietas longitudinales significativas.

La figura 7 ilustra el efecto de colocar un geotextil de ECPD en la interfaz de la capa base y una subrasante de arcilla expansiva. El geotextil es capaz de homogeneizar la distribución del agua en toda su longitud. Por consiguiente, mientras que las variaciones de humedad pueden producirse más cerca del borde del pavimento, el geotextil de ECPD facilita la migración de la humedad en condiciones no saturadas, lo que resulta en una distribución de humedad comparativamente uniforme a lo largo de la anchura de la estructura del pavimento. En la subrasante, esta distribución uniforme mejorada de la humedad minimizará los movimientos verticales diferenciales en el pavimento y, por lo tanto, mitigará el desarrollo de grietas longitudinales. En esta aplicación del geotextil de ECPD, el geotextil de ECPD no tiene un segmento de terminación de descarga. Cuando funciona para homogeneizar el contenido de humedad en toda la anchura del pavimento, en lugar de promover estrictamente el drenaje hacia fuera, el geotextil de ECPD termina sin un segmento de tratamiento de luz natural para facilitar la homogeneización de la humedad.

DRENAJE LATERAL MEJORADO EN PROYECTOS DE MEJORA DEL SUELO

Los geotextiles de ECPD se pueden emplear para proporcionar o complementar el drenaje lateral necesario en proyectos de mejora de suelos que implican precarga y sobrecarga de suelos blandos, con o sin consolidación acelerada utilizando drenajes verticales prefabricados. Un ejemplo no limitante de proyectos de mejora del suelo incluye la reparación de daños relacionados con asentamientos. La inclusión de geotextiles de ECPD en estos proyectos capitaliza su versatilidad, funcionando no solo para mejorar el drenaje lateral, sino también para lograr la separación y el refuerzo de la subrasante, todas las cuales son funciones particularmente pertinentes cuando se trata de subrasantes de suelos blandos.

La figura 8 es una ilustración del uso del geotextil de ECPD para proporcionar drenaje lateral, separación y estabilización de la subrasante en un proyecto de mejora del suelo que implica múltiples tipos de suelo, como por ejemplo una estructura civil dispuesta sobre suelos de turba, arcilla y arena. Se pueden colocar drenajes verticales, pero dependiendo de las condiciones del suelo/base puede que no sean necesarios, a través de los diversos suelos. En esta ilustración, los drenajes verticales son espacios en un patrón triangular. El espacio, la disposición y el número de drenajes verticales depende de las condiciones del suelo. El geotextil de ECPD se coloca sobre los drenajes verticales y el relleno se coloca sobre el geotextil.

DRENAJE LATERAL MEJORADO DE LA MIGRACIÓN DE LA HUMEDAD HACIA ARRIBA DESDE UN NIVEL FREÁTICO ALTO

Las carreteras en áreas donde el nivel freático es alto son propensas a problemas asociados con un alto contenido de humedad en la subrasante. El agua migra desde la elevación del nivel freático hasta la calzada como consecuencia de la acción capilar, que es la capacidad del agua para fluir en espacios de poros del suelo estrechos contra la fuerza de la gravedad. La elevación capilar se desarrolla dentro del diámetro comparativamente pequeño de los poros del suelo (equivalente a tubos capilares retorcidos) bajo la acción de la tensión superficial del agua, y es responsable de mover el agua desde el nivel freático (donde la presión del agua es cero) a los suelos no saturados suprayacentes (donde la presión del agua es negativa). Los suelos de grano fino, que son materiales de subrasante comunes, dan como resultado un aumento capilar más alto que los suelos de grano grueso.

Se puede emplear un geotextil de ECPD en un escenario de nivel freático alto. El geotextil de ECPD proporciona drenaje lateral para transportar el exceso de agua fuera de las capas de pavimento estructural. Específicamente, la humedad que migra hacia arriba que llega al geotextil de ECPD se puede desviar lateralmente a los arcones del pavimento, donde sale del sistema como evapotranspiración. El uso del geotextil de ECPD en el diseño de carreteras puede minimizar los problemas asociados con el debilitamiento relacionado con la humedad de la subrasante del pavimento o cualquier sistema de suelo subyacente.

EJEMPLOS

Con respecto al siguiente análisis, se hace referencia a van Genuchten, M. Th. (1980), A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, *Soil Science Society of America Journal*, 44 (5), 892-898.

Para cuantificar la capacidad de almacenamiento de agua en medios porosos, el contenido volumétrico de agua, θ , se mide en función de la succión. El contenido volumétrico del agua se define como la relación entre el volumen de agua y el volumen total en un geomaterial. La relación entre la humedad y la succión define la curva de retención hídrica, que indica la cantidad de agua presente en el espacio poroso.

Una curva de retención hídrica del suelo muestra cómo cambia el contenido volumétrico de agua de un material al aumentar o disminuir la succión. La curva de desorción (trayectoria de secado) comienza con una muestra inicialmente saturada hasta que la muestra alcanza condiciones residuales con succión creciente. El contenido volumétrico de agua saturada inicial a bajas succiones es el mismo que la porosidad dado que todo el aire de la muestra ha sido sustituido por agua. El valor de entrada de aire es el valor de succión en el que la muestra comienza a desaturarse. El contenido final de agua residual corresponde a la pequeña cantidad de agua retenida en los poros del suelo sin vías de escape. La curva de adsorción (trayectoria de humectación) comienza con una muestra inicialmente seca hasta que la muestra se satura con una succión decreciente. El valor de entrada de agua es el valor de succión en el que el agua puede entrar por primera vez en la muestra. Existe cierta histéresis entre las dos curvas. Esto se debe al hecho de que durante el secado, los poros grandes se drenarán primero y los poros pequeños se drenarán en segundo lugar. Sin embargo, el orden se invierte con la humectación, ya que los poros grandes impiden que algunos de los poros pequeños se llenen y provoquen el atrapamiento de aire, creando la histéresis que impide la saturación completa. Se empleó el siguiente procedimiento para determinar el delta de flujo y el contenido de humedad en la penetración.

Ejemplo 1

Ensayo de TenCate para determinar el delta de flujo

Se empleó una columna de suelo para supervisar la formación de la barrera capilar creada por geotextiles en suelo no saturado y determinar el delta de flujo. El suelo, clasificado como arcilla magra (CL) por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, obtenido de una excavación para relleno en el sitio del Rocky Mountain Arsenal (RMA) en Denver, CO, se dispuso en la columna. El suelo del RMA se preparó colocando suelo del RMA húmedo sobre una lona para secar al aire durante unos días. Después de secar, la arcilla se pasó dos veces por una trituradora de suelo para romper los terrones de suelo intactos. A continuación, el suelo se tamizó a través de un tamiz n°40. Luego se añadió humedad al suelo del RMA secado al aire para lograr el contenido de agua inicial deseado.

Los ensayos de límite de Atterberg realizados en el suelo del RMA indicaron un límite líquido (LL) de 32,3%, un límite plástico (PL) de 11,6% y un índice de plasticidad (PI) de 20. Se determinó que la gravedad específica (G_s) del suelo del RMA era 2,71. Según la compactación estándar del proctor, se encontró que la densidad seca máxima ($\gamma_{d,máx}$) del suelo del RMA era 1,905 g/cm³ (119 pcf) con un contenido óptimo de agua (w_{opt}) del 15%. La conductividad hidráulica saturada (K_{sat}) del suelo del RMA al 80% de compactación relativa determinada a partir de un ensayo de permeámetro de pared flexible fue de aproximadamente $8,2 \times 10^{-5}$ cm/s (equivalente a un caudal volumétrico de 1,50 mL/min).

La columna de suelo era una columna de acrílico transparente de 19,7 cm de diámetro con 15 cm de suelo del RMA encima y 18 cm de suelo del RMA debajo del geotextil. El suelo del RMA se compactó en levantamientos de 3 cm tanto por encima como debajo del geotextil. Las sondas de detección de humedad se colocaron a 2 cm, 8 cm y 13 cm encima de la interfaz suelo-geotextil y 2 cm debajo del geotextil. La columna de acrílico transparente permite la observación visual de los frentes de humedad. El agua se distribuyó uniformemente en la parte superior de la columna de suelo a una tasa constante de aproximadamente 0,40 ml/min. El diámetro de las muestras de geotextil fue aproximadamente 1 cm más grande que el diámetro de la columna para impedir fugas laterales en la interfaz del suelo y el geotextil. Se colocó una placa perforada en la base de la columna para permitir que el agua drenara de la columna. Se colocó papel de filtro inmediatamente encima de la placa para impedir la migración de finos desde la base del suelo. Para minimizar la pérdida de humedad del suelo por evaporación, se estiró una hoja de envoltura de plástico en la parte superior de la columna.

Si un geotextil provoca una barrera capilar, la humedad se acumula sobre el geotextil hasta una cierta altura, en cuyo punto se logra la penetración y el agua fluye a través del geotextil hasta la capa inferior del suelo. En este punto, la sonda de detección de humedad debajo del geotextil detecta una penetración como consecuencia de un aumento en el contenido de humedad.

Todos los ensayos de columna utilizaron suelo del RMA de arcilla magra compactado a aproximadamente 80% de compactación relativa, densidad seca de 1,47 g/cm³ y una porosidad de 0,46. El contenido de agua volumétrico inicial objetivo de cada ensayo es 0,15. Todas las demás condiciones para cada ensayo se mantuvieron iguales a menos que se indique lo contrario. Los datos registrados de las sondas están en forma de contenido de humedad volumétrica frente al tiempo para la duración de un ensayo. Sin embargo, los resultados se presentan como contenido volumétrico de agua frente a flujo de entrada. El caudal aplicado de cada ensayo se multiplica por la duración del ensayo, lo que permite graficar el flujo de entrada acumulativo.

El flujo de agua se inicia en la parte superior de la columna y el frente de humectación desciende por la columna. Hasta que el frente de humedad alcanza una sonda respectiva, el contenido volumétrico de agua inicial (por ejemplo, 0,15) se indica respectivamente hasta que cada sonda ve un aumento en el contenido de agua. El contenido de humedad alcanza un contenido de humedad de "equilibrio de flujo" que corresponde al caudal aplicado a la columna. En estos ensayos, el contenido de humedad de equilibrio del flujo varió de 0,25 a 0,30 para todos los sensores.

El contenido volumétrico de humedad en la penetración (VMCB) es un parámetro que se utiliza para evaluar la resistencia de la barrera capilar. El VMCB es el contenido de humedad medido del suelo según lo detectado por la sonda más cercana y sobre el geotextil en el momento de la penetración. Cuanto más alto es el VMCB, más fuerte es la barrera capilar que se desarrolla. Un VMCB por debajo de 0,38 indica que sustancialmente no se ha formado una barrera capilar, si es que había alguna.

El delta de flujo es un parámetro que se utiliza para determinar la eficacia de cualquier barrera capilar desarrollada. Este parámetro mide el tiempo que tarda el frente de humectación en avanzar desde la sonda inmediatamente encima del geotextil, hasta la sonda inmediatamente debajo del geotextil. Cuanto mayor sea el delta de flujo, más fuerte será la barrera capilar. El delta de flujo se informa como flujo de entrada en términos de ml y se calcula de la siguiente manera:

Delta de flujo = flujo de entrada en la penetración menos flujo de entrada en la barrera

"Flujo de entrada en la penetración" es la cantidad de flujo de entrada que se produce en el momento en que la sonda inmediatamente debajo del geotextil detecta un aumento de humedad. "Flujo de entrada en la barrera" es la cantidad de flujo de entrada que se produce en el momento en que la sonda más cercana y encima del geotextil detecta un aumento de humedad. Un delta de flujo por debajo de 490 ml indica que sustancialmente no se ha formado una barrera capilar, si es que había alguna. En el Ejemplo 2 se proporciona un ejemplo de una determinación del delta de flujo.

Ejemplo 2

La figura 9 es un gráfico que ilustra el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT1 (véase la Tabla 1 para obtener una descripción de los geotextiles sometidos a prueba). El ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate. Como se indica en la figura 9, el delta de flujo se determinó restando el flujo de entrada de la sonda más cercana y encima del geotextil en el punto en el que se detecta un aumento de humedad del flujo de entrada en el momento en que la sonda debajo del geotextil detecta un aumento de humedad, es decir, en la penetración.

En referencia a la figura 7, la penetración estimada observada por la sonda debajo del geotextil se produjo alrededor de 1320 ml de flujo de entrada al ensayo. En el punto de penetración, la sonda inmediatamente encima del geotextil informó de un contenido de humedad volumétrica de penetración de 0,44. El suelo de la columna tenía un nivel de compactación relativo del 80%, lo que corresponde a una porosidad (es decir, contenido de humedad volumétrica saturada) de 0,46. Esto significa que el nivel de saturación del suelo encima del geotextil en el momento de la penetración era aproximadamente del 96%. Por lo tanto, la barrera capilar creada por el geotextil no permitió que el agua pasara a través del geotextil hasta que el suelo arcilloso estuvo casi completamente saturado. El delta de flujo registrado en este ensayo fue de 756 ml, que corresponde a aproximadamente 30 horas para el caudal aplicado durante este ensayo. Además de la acumulación de contenido de humedad adicional causada por la barrera capilar, el geotextil también provocó un retraso significativo al permitir que el frente de humedad avanzara más hacia la columna del suelo.

Ejemplo 3

Se probó el GT4 para determinar el delta de flujo. Excepto por el caudal aplicado a la columna de 0,42 ml/min, el ensayo se realizó en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate. Los datos registrados del contenido de humedad se proporcionan en la figura 10. La sonda debajo del geotextil indicó que la penetración se produjo después de 1,940 minutos, o 813 ml de flujo de entrada. La barrera capilar hizo que la humedad se acumulara hasta un máximo de 0,41. El delta de flujo calculado para este ensayo fue de 490 ml. Se observa en la figura 10 que incluso después de que se produjo la penetración, el contenido de humedad encima del geotextil siguió aumentando. Esto significa que, aunque algo de humedad había atravesado el geotextil, la barrera capilar todavía estaba viva. Este comportamiento se denomina penetración parcial.

Ejemplo 4

Se probó el GT5 para determinar el delta de flujo. GT5 es una tela de tejido simple de dos capas que contiene fibras absorbentes de 4DG. El ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate. Los datos registrados del contenido de humedad se proporcionan en la figura 11. La penetración se detectó mediante la sonda debajo del geotextil a los 1350 minutos, o después de 540 ml de flujo de entrada acumulado. El contenido de humedad en el momento de la penetración según lo registrado por la sonda 2 cm encima del geotextil fue de 0,31. Sin

embargo, al igual que el GT4, hubo una acumulación adicional de humedad después de la penetración hasta un valor final de 0,33. Se observó que el delta de flujo era de 170 ml. La barrera capilar todavía estaba viva en el momento de la penetración.

Ejemplo 5

Se probó el GT6 para determinar el delta de flujo. El ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate. Se encontró que el delta de flujo era 190 y se informa en la Tabla 2.

Ejemplo 6

Se probó el GT7 para determinar el delta de flujo. El ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate. Se encontró que el delta de flujo era 410 y se informa en la Tabla 2.

Ejemplo 7

Se probó el GT8 para determinar el delta de flujo. El GT8 es una tela tejida de una sola capa que contiene fibras absorbentes. Excepto por el caudal aplicado a la columna de 0,42 ml/min, el ensayo se realizó en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate. Los datos registrados del contenido de humedad se proporcionan en la figura 12. La penetración se detectó mediante la sonda debajo del geotextil a los 1250 minutos, o después de 521 ml de flujo de entrada acumulado. El contenido de humedad en el momento de la penetración según lo registrado por la sonda 2 cm encima del geotextil fue de 0,25. Se observó que el delta de flujo era de 100 ml. Aunque hubo un aumento muy leve en el contenido de humedad después de la penetración hasta un valor final de 0,27, los resultados indicaron que el GT8 sustancialmente no formó una barrera capilar, si es que había alguna. El GT8 es un geotextil tejido de ECPD de una sola capa.

Ejemplo 8

Se probó el GT3 para determinar el delta de flujo. El ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate. Se encontró que el delta de flujo era 380 y se informa en la Tabla 2.

Ejemplo 9

Se probó el GT2 para determinar el delta de flujo. El ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate. Se encontró que el delta de flujo era 607 y se informa en la Tabla 2.

Ejemplo 10

El GT15, un geotextil no tejido de poliéster 100% 6 denier por fibra (DPF), se probó para determinar el delta de flujo. El ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate. Este geotextil tenía el mismo DPF estándar que el GT1, excepto que el GT15 estaba compuesto de fibras de PET en lugar de fibras de PP en el GT1. El ensayo de columna para el GT15 mostró que el GT15 provocó una acumulación de contenido de humedad de 0,44 y tenía un delta de flujo de 634 ml. Los resultados para el GT15 (no se muestran) fueron sustancialmente los mismos que para el GT1.

Ejemplo 11

Se probó el GT14 para determinar el delta de flujo. El ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate, excepto que el caudal fue de 0,44 ml/min. Los datos registrados del contenido de humedad se proporcionan en la figura 13. La penetración se detectó mediante la sonda debajo del geotextil a los 2500 minutos, o después de 1100 ml de flujo de entrada acumulado. El contenido de humedad en el momento de la penetración según lo registrado por la sonda 2 cm encima del geotextil fue de 0,44. Se determinó que el delta de flujo era de 616 ml.

Ejemplo 12

El GT11, una tela no tejida compuesta solo de fibras absorbentes, se probó para determinar el delta de flujo. El ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate, excepto que el caudal fue de 0,47 ml/min. Los datos registrados del contenido de humedad se proporcionan en la figura 14. La penetración se detectó mediante la sonda debajo del geotextil a los 2100 minutos, o después de 987 ml de flujo de entrada acumulado. El contenido de humedad en el momento de la penetración según lo registrado por la sonda 2 cm encima del geotextil fue de 0,35. Se determinó que el delta de flujo era de 447 ml. La acumulación de humedad continuó hasta alcanzar un máximo de 0,43 cuando se detectó flujo de salida.

Ejemplo 13

El GT13, una tela no tejida compuesta de 50% de fibras absorbentes de poliéster 4DG y 50% de fibras de polipropileno 60 DPF, se probó para determinar el delta de flujo. El ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate, excepto que el caudal fue de 0,42 ml/min. Los datos registrados del contenido de humedad se proporcionan en la figura 15. La penetración se detectó mediante la sonda debajo del geotextil a los 2400 minutos, o después de 1008 ml de flujo de entrada acumulado. El contenido de humedad en el momento de la penetración según lo registrado por la sonda 2 cm encima del geotextil fue de 0,36. Se determinó que el delta de flujo era de 518 ml. La acumulación de humedad continuó hasta alcanzar un máximo de 0,42 cuando se detectó flujo de salida.

Ejemplo 14

El GT21, una tela no tejida compuesta de fibras absorbentes de poliéster 4DG 100% recubiertas con una composición que combina Ultraphil TG e Invadine PBN (UI), se probó para determinar el delta de flujo. El ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate. Los datos registrados del contenido de humedad se proporcionan en la figura 16. La penetración se detectó mediante la sonda debajo del geotextil a los 2100 minutos, o después de 777 ml de flujo de entrada acumulado. El contenido de humedad en el momento de la penetración según lo registrado por la sonda 2 cm encima del geotextil era de 0,33, pero continuó aumentando hasta un máximo de 0,35. Se determinó que el delta de flujo era de 287 ml.

Ejemplo 15

El GT20, una tela no tejida compuesta de fibras absorbentes de poliéster 4DG 100% recubiertas con una composición que combina Albalflow PAP-01, Dicrylan PSF e Invadine PBN (ADI), se probó para determinar el delta de flujo. El ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate. Los datos registrados del contenido de humedad se proporcionan en la figura 17. La penetración se detectó mediante la sonda debajo del geotextil a los 2043 minutos, o después de 715 ml de flujo de entrada acumulado. El contenido de humedad en el momento de la penetración según lo registrado por la sonda 2 cm encima del geotextil era de 0,32, pero continuó aumentando hasta un máximo de 0,34. Se determinó que el delta de flujo era de 715 ml.

La Tabla 3 presenta un resumen de los resultados de los ensayos de columna para todas las mezclas de geotextiles no tejidos con y sin recubrimiento. Cada ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate, excepto como se proporciona en los Ejemplos 11-13. Como es evidente a partir de la Tabla 3, los recubrimientos ayudan a reducir la acumulación de humedad causada por una barrera capilar. Además, el recubrimiento ADI en general se comportó mejor que el recubrimiento UI.

Ejemplo 16

Los geotextiles GT25 y GT26 respectivamente utilizaron los geotextiles tejidos GT6 y GT5 como capas de drenaje respectivas con fibras absorbentes de 4DG con un peso de cara de 12 osy perforadas con aguja sobre las capas de drenaje para crear los respectivos geotextiles compuestos de ECPD como se ilustra en la figura 18. Cada ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate. Los resultados del ensayo de columna para ambos geotextiles se pueden observar en la figura 18. El GT25 y GT26 funcionan sustancialmente igual.

Ejemplo 17

Los geotextiles GT27 y GT28 se formaron con fibras absorbentes de 4DG anudadas con un peso de cara de 12 osy sobre los geotextiles tejidos para crear el respectivo geotextil compuesto de ECPD como se ilustra en la figura 19. El GT27 se formó con un geotextil tejido ligero y delgado como capa de drenaje. El GT28 utilizó un geotextil no tejido convencional muy delgado como capa de drenaje. Cada ensayo se llevó a cabo en las condiciones descritas anteriormente para el ensayo de TenCate. En la figura 19 se puede observar un ensayo de columna típica para ambos geotextiles. El peso de cara de las fibras absorbentes se puede variar.

TABLA 1

Nombre	Tipo	Clase	Descripción del geotextil
GT1	NW	Control	PP Mirafi 180N
GT2	W	W	PP Mirafi HP570
GT3	W	W	PP Mirafi RS380i
GT4	W	W	PP Mirafi RS580i
GT5	W	W	Mirafi H2Ri con nailon 4DG
GT6	W	W	PP Mirafi FW402
GT7	W	W	PP Mirafi FW404
GT8	W	W	PP Mirafi FW402 con fibras absorbentes de nailon 4DG
GT9	NW	B	PET/PP 4DG 50/50

GT10	NW	B	PET/PP hidrófilo 4DG 50/50
GT11	NW	B	PET 100% 4DG
GT12	NW	B	PET 4DG / PET 6 DPF 50/50
GT13	NW	B	PET 4DG / PP 60 DPF 50/50
GT14	NW	B	PET 6 DPF / PP 60 DPF 50/50
GT15	NW	B	PET 100% 6 DPF
GT16	NW	C	PET 100% 6 DPF (ADI)
GT17	NW	C	PET 100% 6 DPF (UI)
GT18	NW	C	PP 100% 6 DPF (ADI)
GT19	NW	C	PP 100% 6 DPF (UI)
GT20	NW	C	PET 100% 4DG (IDA)
GT21	NW	C	PET 100% 4DG (UI)
GT22	NW	C	PET 100% 60 DPF (UI)
GT23	NW	C	PET 4DG / 60 DPF 50/50 (UI)
GT24	NW	C	PET 4DG / 60 DPF 50/50 (ADI)
GT25	W	V	Mirafi Vertical Mirafi FW402 con nailon 4DG perforado con aguja
GT26	W	V	Mirafi H2Ri con nailon 4DG perforado con aguja
GT27	NW	V	Nailon 4DG de 18 puntos con nudos en el portador de malla
GT28	NW	V	Nailon MPV 4DG con nudos en el portador 140N

NW – no tejido

W – tejido

B – mezcla

C – recubrimiento

PP – polipropileno

PET – poliéster

DPF – denier por fibra

ADI – Albalflow PAP-01, Dicrylan PSF e Invadine PBN

UI – Ultraphil TG e Invadine PBN

TABLA 2

Propiedad	Procedimiento de análisis	Unidad	GT1	GT2	GT3	GT4	GT5	GT6	GT7
Tamaño de apertura aparente	ASTM D4751	mm	0,18	0,6	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Peso	ASTM D5261	g/m ²	271	475	425	450	575	207	298
Espesor	ASTM D5199	mm	1,8	1,25	1,5	1,5	1,65	0,7	0,9
Transmisividad	ASTM D4491	l/min/m ²	3870	1222	3056	3056	1194	5907	2852
Permitividad	ASTM D4491	seg ⁻¹	1,1	0,4	0,9	1	0,4	2,1	0,9
Hidráulica en el plano transversal Cond.	—	cm/s	0,198	0,05	0,135	0,15	0,07	0,14	0,07
Porosidad	—	—	0,835	0,582	0,689	0,670	0,617	0,675	0,636
Final Resistencia a la tracción	ASTM D4595	kN/m	—	70,0	—	—	78,8	24,5	40,3

TABLA 3

Valor	Unidad	GT9	GT10	GT11	GT12	GT13	GT14	GT15
Peso	g/m ²	270	295	153	204	250	311	300
Espesor	mm	3,07	2,79	2,36	2,79	3,84	4,35	3,05
Porosidad	—	0,920	0,904	0,950	0,944	0,941	0,935	0,924
Permitividad	seg ⁻¹	1,8	1,3	2,3	—	—	—	—

Conductividad hidráulica	cm/seg	0,558	0,363	0,543	—	—	—	—
--------------------------	--------	-------	-------	-------	---	---	---	---

TABLA 4

Geotextil	Contenido de humedad volumétrica		Delta de flujo (ml)	Resistencia de la barrera capilar	Clasificación
	Penetración	Máximo			
GT2	0,43	0,43	607	Alta	7
GT4	0,38	0,41	490	Medio-alta	6
GT3	0,38	0,40	380	Media	5
GT7	0,35	0,37	410	Media	4
GT5	0,31	0,33	170	Baja	3
GT6	0,31	0,33	190	Baja	2
GT8	0,25	0,27	100	Muy baja	1

TABLA 5

Geotextil	Recubrimiento	Nombre	Contenido de humedad volumétrica		Delta de flujo (ml)
			Penetración	Máximo	
PET 100% 6 DPF	Ninguno	GT15	0,44	0,44	634
	UI	GT17	0,44	0,44	754
	ADI	GT16	0,41	0,42	680
PP 100% 6 DPF	Ninguno	GT1	0,44	0,44	756
	UI	GT19	0,41	0,41	596
	ADI	GT18	0,4	0,4	580
PET 100% 60 DPF	Ninguno	-	-	-	-
	UI	GT22	0,43	0,43	640
	ADI	-	-	-	-
PET 4DG/6 DPF 50/50	Ninguno	GT12	0,4	0,42	550
	UI	-	-	-	-
	ADI	-	-	-	-
PET 4DG/60 DPF 50/50	Ninguno	GT13	0,36	0,42	518
	UI	GT23	0,32	0,35	224
	ADI	GT24	Endurecido debido al recubrimiento aplicado		
PET 100% 4DG	Ninguno	GT11	0,37	0,43	447
	UI	GT21	0,33	0,35	287
	ADI	GT20	0,32	0,34	275

Ejemplo 18

Se empleó el ensayo de TenCate descrito en el Ejemplo 1 para determinar el delta de flujo en seis telas tejidas geosintéticas, GT2018-1 a GT2018-6 (identificadas a continuación en la Tabla 7). El delta de flujo respectivo para las

seis telas se comparó con el delta de flujo respectivo de tres telas disponibles comercialmente en TenCate Geosynthetics Americas, MIRAFL HP570, MIRAFL FW402 y MIRAFL H2Ri.

Como en el Ejemplo 1, el suelo usado en este ejemplo era una arcilla limosa, clasificada como arcilla magra (CL) según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Los límites de Atterberg se detallan a continuación en la Tabla 6. Todos los ensayos de columna se compactaron a una compactación relativa del 80%, densidad seca de 1,47 /3 y porosidad de 0,46. El contenido volumétrico de agua inicial para todos los ensayos fue del 14,7% (contenido gravimétrico equivalente de agua del 10,0%).

TABLA 6

Propiedad	LL	PL	PI	G _s	Y _d , máx	W _{opt}	K _{sat}
Valor	32	12	20	2,71	1,905 g/cm ³ (119 pcf)	15%	1,50 ml/min (8.2 x 10 ⁻⁵ cm/s)

TABLA 7

Nombre	Descripción del geotextil
GT2	PP Mirafi HP570 (igual que la Tabla 1)
GT8	PP Mirafi FW402 con fibras absorbentes de nailon 4DG (igual que en la Tabla 1)
GT2018-1	Tejido plano: alterna 1 punto (pk) de monofilamento de PP de 925 deniers (forma redonda de sección transversal) con 2 pk de nailon absorbente de 865 deniers, 20 puntos/pulgada en total de ambos hilos
GT2018-2	Tejido plano: alterna 1 pk de monofilamento de PP de 1600 deniers (forma redonda de sección transversal) con 2 pk de nailon absorbente de 865 deniers, 20 puntos/pulgada en total de ambos hilos
GT2018-3	Tejido plano: alterna 1 pk de monofilamento de PP de 1600 deniers (forma redonda de sección transversal) con 3 pk de nailon absorbente de 865 deniers, 20 puntos/pulgada en total de ambos hilos
GT2018-4	Tejido plano: alterna 1 pk de monofilamento de PP de 1600 deniers (forma redonda de sección transversal) con 4 pk de nailon absorbente de 865 deniers, 20 puntos/pulgada en total de ambos hilos
GT2018-5	Tejido plano: alterna 1 pk de monofilamento de PP de 1600 deniers (forma redonda de sección transversal) con 3 pk de poliéster trilobal de 1000 deniers, 20 puntos/pulgada en total de ambos hilos
GT2018-6	Tejido plano: alterna 1 pk de monofilamento de PP de 1600 deniers (forma redonda de sección transversal) con 4 pk de poliéster trilobal de 1000 deniers, 20 puntos/pulgada en total de ambos hilos
GT5	4DG Nylon Mirafi H2Ri (igual que la Tabla 1)

Se determinó el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para cada muestra. Las figuras 20-28 son gráficos respectivos que ilustran el contenido de humedad volumétrica frente al flujo de entrada para el GT2018-1, GT2018-2, GT2018-3, GT2018-4, GT2018-5, GT2018-6, GT8, GT5 y GT2. Se determinó el delta de flujo para cada tejido y se presenta en la Tabla 8.

TABLA 8

Nombre	Contenido volumétrico de humedad en la penetración	Delta de flujo (ml)
GT2	0,43	607
GT5	0,33	380
GT2018-1	0,28	380
GT2018-2	0,29	315
GT2018-3	0,23	312
GT2018-4	0,23	264
GT2018-5	0,25	212
GT2018-6	0,25	292
GT8	0,25	100

Se observa que los geotextiles GT2018 funcionan bien y tienen barreras capilares débiles o sustancialmente nulas. El HP570 es un geotextil de "peor caso" que muestra el rendimiento de un geotextil convencional. Como se indica en la TABLA 8, los geotextiles GT2018 no solo resultaron mejores que el HP570, sino también mejor que el GT5 (H2Ri) en varios casos. Las figuras 20 a 28 conducen a las siguientes conclusiones:

El GT2018-1, GT2018-2, GT2018-5 y GT2018-6, respectivamente, forman una barrera capilar débil y superan la transmisividad en el plano transversal,

El GT2018-3 y GT2018-4, respectivamente, no forman una barrera capilar y no superan la transmisividad en el plano transversal, y

El GT8, que está construido con grandes aberturas y no se considera un geotextil, muestra una barrera capilar débil.

Por lo tanto, los párrafos anteriores se consideran como ilustrativos solamente de los principios de la invención. Además, se pueden hacer diversas modificaciones de la invención sin apartarse del alcance de la misma y, por lo tanto, se desea que solo se impongan las limitaciones impuestas por la técnica anterior y las que se establecen en las reivindicaciones adjuntas.