

## **Descripción**

### **Sistema de drenaje, método y uso**

Diversos ejemplos de implementación se refieren a un sistema de drenaje, un método y un uso.

Tradicionalmente, los dispositivos de drenaje, especialmente el canal de drenaje y su colector, están integrados en una cimentación de hormigón que rodea el dispositivo de drenaje lo más completamente posible en la parte inferior y lateral. Esta instalación convencional se basa en el objetivo de proporcionar una estructura independiente y coherente, por ejemplo para su uso como zona de tráfico. La cimentación de hormigón está destinada especialmente a aumentar la capacidad de carga de la estructura resultante, por ejemplo, para transferir las cargas que ocurren, por ejemplo, del tráfico. Esto puede prevenir daños en los dispositivos de drenaje, especialmente en su canal de drenaje y en el colector, y favorecer una posición estable en el entorno de instalación. La construcción de la cimentación de hormigón, especialmente la instalación de hormigón debajo y a los lados del dispositivo de drenaje, es muy compleja y conlleva altos costes para el hormigón utilizado. Esto, a su vez, aumenta el impacto medioambiental, ya que la producción de hormigón por sí sola contribuye con el 8 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> y, por tanto, el cambio climático.

Según diversas modalidades, se ha reconocido que el hormigón puede ahorrarse sin comprometer la capacidad de carga del sistema de drenaje. Más concretamente, se ha reconocido que el ancho de la capa superficial sobre la que se aplica la carga puede servir como parámetro para optimizar la relación entre la capacidad portante y los requisitos del material (también conocido como relación capacidad portante-requerimiento de material).

En este contexto, se proporciona un sistema de drenaje, método y uso que

ofrecen un mayor margen para ahorrar hormigón, por ejemplo, omitiendo la cimentación de hormigón sin comprometer la capacidad de carga del sistema de drenaje. En este contexto, se proporciona un diseño de sistema de drenaje en el que la capacidad portante depende de la anchura de la capa superior, lo que resulta en una relación óptima entre capacidad de carga y necesidad de material.

En una modalidad ejemplar, se dispone de un puente de hormigón portante sobre el colector como capa de recubrimiento, que se extiende más allá del ancho del colector. Este puente de hormigón se sostiene sobre una capa base (por ejemplo, el subsuelo) hecha de material compactado (por ejemplo, entrelazado) (como un granulado y/o grava). La carga se transfiere entonces a través del puente de hormigón a la capa base subyacente, pasando el colector.

El diseño del sistema de drenaje aquí proporcionado no solo ahorra hormigón, sino que también reduce la profundidad de instalación necesaria, simplifica el proceso de construcción para crear el sistema de drenaje y, por tanto, reduce el tiempo de obra. Por ejemplo, el elemento del puente puede soportarse sobre la capa portante que se va a crear para la zona de tráfico, por lo que no requiere cimientos separados ni pasos de trabajo separados para el soporte. Para su instalación en una zona de tráfico de hormigón, el puente de hormigón puede construirse en la misma etapa de trabajo en la que se crea la zona de tráfico (por ejemplo, trabajos en hormigón y hormigón como material). Por tanto, el dispositivo de drenaje no se somete a ninguna carga (o al menos solo a cargas muy mínimas) cuando se carga la capa superficial, y puede diseñarse de manera que ahorre costes y materiales.

Se ilustra

La Figura 1 muestra un sistema de drenaje según varias modalidades en una vista esquemática en sección transversal;

Las figuras 2 y 3 muestran cada una un sistema de drenaje según diversas modalidades en un diagrama esquemático de transferencia de carga;

La Figura 4 muestra las propiedades del sistema de drenaje según diversas modalidades en un diagrama esquemático;

Las figuras 5 y 6 muestran cada una el sistema de drenaje según diferentes modalidades en distintas vistas esquemáticas;

La Figura 7 muestra un dispositivo de drenaje según varias modalidades de una vista esquemática en sección transversal;

La Figura 8 muestra un método según varias modalidades en un diagrama de flujo esquemático;

La Figura 9 muestra el sistema de drenaje según diversas modalidades en una vista esquemática en perspectiva; y

Las figuras 10 y 11 muestran cada una un sistema de drenaje según diversas modalidades en una vista esquemática en sección transversal.

En la siguiente descripción detallada, se hace referencia a las figuras adjuntas, que forman parte de estos y en los que, a título ilustrativo, se muestran modalidades específicas en las que se puede practicar la invención. En este sentido, se utilizará terminología direccional como "arriba", "abajo", "delante", "detrás", "al respaldo", etc., en referencia a la orientación de la(s) figura(s) descrita(s). Dado que los componentes de las modalidades pueden estar posicionados en varias orientaciones diferentes, la terminología direccional es para fines ilustrativos y no es en absoluto limitante. Se entiende que se pueden utilizar otras modalidades y que se pueden realizar cambios estructurales o lógicos sin apartarse del alcance de la presente invención. Debe entenderse que las

características de las diversas modalidades ejemplares descritas aquí pueden combinarse entre sí, salvo que se indique específicamente lo contrario. Por tanto, la siguiente descripción detallada no debe tomarse en un sentido limitante, y el alcance de la presente invención está definido por las reivindicaciones anexas.

En esta descripción, los términos "conectado", "acoplado" y "unido" se utilizan para describir tanto una conexión directa como una indirecta (por ejemplo, óhmica y/o eléctricamente conductora, por ejemplo, una conexión eléctricamente conductora), una conexión directa o indirecta, y un acoplamiento directo o indirecto. En las figuras, se proporcionan elementos idénticos o similares con números de referencia idénticos cuando corresponde. Según diversas modalidades, el término "acoplado" o "acoplamiento" puede entenderse en el sentido de una conexión y/o interacción directa o indirecta (por ejemplo, mecánica y/o hidrostática). Por ejemplo, varios elementos pueden acoplarse entre sí a lo largo de una cadena de interacción, a lo largo de la cual la interacción puede intercambiarse, por ejemplo, un fluido (entonces también conocido como acoplado conductivamente por fluido). Por ejemplo, dos elementos acoplados pueden intercambiar una interacción entre sí, por ejemplo, una interacción mecánica y/o hidrostática. El acoplamiento de varios componentes absorbentes de fluido (por ejemplo, tuberías, válvulas, bombas, cámaras, etc.) entre sí puede implicar acoplamiento conductor de fluido. Según diversas modalidades, "acoplado" puede entenderse en el sentido de un acoplamiento mecánico (por ejemplo, físico), por ejemplo, mediante contacto físico directo. Un acoplamiento puede configurarse para transmitir una interacción mecánica (por ejemplo, fuerza, par motor (torque), etc.).

"Horizontal" se entiende aquí como un plano en el que la dirección de la gravedad es perpendicular. En cuanto a las dimensiones geométricas, se utilizan varios términos, incluyendo "distancia" o "extensión", que indican el tipo de dimensión geométrica. Una extensión es mayor que una distancia si la dimensión geométrica de la distancia (por ejemplo, 1 metro) es mayor que la dimensión geométrica de la extensión (por ejemplo, 0,5 metros).

El término "aglomerado" en relación con un objeto (por ejemplo, material o cuerpo, por ejemplo, capa, por ejemplo, revestimiento de suelo) puede entenderse como una mezcla cohesionada y conectada (por ejemplo, monolítica y/o sólida). La mezcla (también llamada mezcla de materiales) puede, por ejemplo, estar compuesta por un material a granel (por ejemplo, granos de material mineral, por ejemplo, granos de roca como arena y/o grava) que se unen de forma cohesionada mediante un aglutinante. En el caso del hormigón, el aglutinante puede consistir, por ejemplo, en cemento, en el caso del asfalto, por ejemplo, betún asfáltico, pero en otros casos también un polímero. En algunas modalidades, un refuerzo (por ejemplo, hecho de acero y/o fibras) puede formar parte del objeto aglomerado (por ejemplo, capa superficial) o simplemente estar incrustado en él.

El término "no aglomerado" en relación con un objeto (por ejemplo, material o cuerpo, por ejemplo, capa, por ejemplo, recubrimiento de suelo) puede entenderse como compuesto por partículas sólidas laxamente adyacentes (también llamadas granos), por ejemplo, formadas por un material a granel (también llamado granulado), que puede estar suelto y/o al menos parcialmente compactado. El material a granel puede tener un gran número de partículas sólidas (por ejemplo, granos de roca) que se colocan sueltas unas sobre otras y/o se deslizan unas sobre otras. En general, el objeto no aglomerado (por ejemplo, similar a un fluido) puede deformarse bajo la influencia de fuerzas de corte y/o fuerza gravitatoria, por ejemplo para adaptarse a la forma de un recipiente. Las cavidades entre las partículas sólidas pueden llenarse con un fluido (por ejemplo, que contenga un gas o un líquido). La compactación es un proceso en el que la densidad (por ejemplo, en toneladas por metro cúbico) de un objeto no aglomerado (por ejemplo, material a granel) aumenta bajo la influencia de la presión y/o la vibración. Ejemplos de objetos no aglomerados (por ejemplo, material a granel) incluyen: arena, piedra triturada, grava y tierra. La piedra triturada es un ejemplo de material a granel que puede contener o estar compuesto por agregados gruesos y triturados. La piedra

triturada, por ejemplo, puede ser sólidos minerales angulares triturados con un tamaño de grano que oscila entre aproximadamente 32 milímetros (mm) y aproximadamente 63 mm. Los agregados redondos también se denominan grava.

El término "transferencia de carga" (también denominado transferencia de fuerza), por ejemplo, en relación con un plano (también denominado plano de transferencia de carga), una distancia (también llamada distancia de transferencia de carga) o una dirección (también conocida como dirección de transferencia de carga), se refiere a la transferencia de una fuerza (por ejemplo, un peso y/o una carga actuando sobre el objeto) dentro de un objeto no aglomerado (por ejemplo, material o cuerpo, por ejemplo, capa) o entre dos objetos. El ángulo al que la carga puede transferirse dentro del objeto no aglomerado está limitado por el llamado ángulo de fricción. En este caso límite, la dirección de transferencia de carga incluye entonces el ángulo de fricción con el horizontal, a lo largo del cual discurre el llamado camino de transferencia de carga. Por analogía, en tres dimensiones un plano de transferencia de carga se recorre mediante el ángulo de fricción y la distribución espacial de la fuerza. La vía de transferencia de carga se refiere a la distancia en la dirección de transferencia de carga que abarca el plano de transferencia de carga. En sección, la vía de transferencia de carga se muestra como un representante del plano de transferencia de carga y la dirección de transferencia de carga. Para facilitar la comprensión, aquí se hace referencia a la vía de transferencia de carga. Lo que se ha descrito para la vía de transferencia de carga se aplica por tanto de forma análoga al plano de transferencia de carga y a la dirección de transferencia de carga, y viceversa. Debido a la simetría, se crea un área triangular delimitada por dos vías de transferencia de carga (también conocida como triángulo de transferencia de fuerza) debajo de la aplicación de la fuerza, dentro de la cual se transfiere la carga. En cambio, no se transfiere carga en el área (también denominada área de reducción de carga para facilitar la comprensión) situada por encima de la(s) vía(s) de transferencia de carga.

Diversas modalidades se basan en la conclusión de que, contrariamente al

procedimiento convencional en el que el colector se entierra lo más profundamente posible dentro de este triángulo de transferencia de fuerza para reducir las fuerzas que actúan sobre él, es más ventajoso colocar el colector en la zona de reducción de carga.

El término "ángulo de fricción" en relación con un objeto no aglomerado (por ejemplo, granular) (por ejemplo, material o cuerpo, por ejemplo, capa, por ejemplo, recubrimiento de suelo) se refiere al ángulo de fricción interna (también denominado ángulo de fricción interna) del objeto. En relación con la transferencia de carga, el objeto (por ejemplo, un material granular) puede cargarse con una fuerza hasta el ángulo de fricción, por ejemplo, sin desplazamiento, sin deslizarse ni fallar. El ángulo de fricción es entonces el ángulo incluido entre la dirección de la carga y la horizontal. Por tanto, el ángulo de fricción es una propiedad intrínseca del objeto no aglomerado. El ángulo de fricción de un objeto descargado (y por tanto no compactado) (también llamado relleno) es el ángulo opuesto al ángulo de reposo (es decir, estos juntos suman  $90^\circ$ ), lo que describe la pendiente del relleno (por ejemplo, un montón agitado). En este caso, a menudo se da el ángulo de reposo más descriptivo en lugar del ángulo de fricción. Sin embargo, si el objeto está compactado, el ángulo de fricción y el ángulo de reposo pueden divergir. El ángulo de reposo de la arena seca es aproximadamente  $30^\circ$  (grados). Si esta arena se compacta, el ángulo de fricción puede aumentar hasta  $39^\circ$ .

El ángulo de fricción interna de un objeto no aglomerado puede determinarse mediante un ensayo de cizalladura. El objeto se carga vertical y horizontalmente hasta que falla (por ejemplo, en un tester triaxial o un tester de cizalladura en caja).

Basándose en el círculo de esfuerzos de Mohr, se determinan los parámetros de la línea de corte del estado de esfuerzo bidimensional, siendo la pendiente de la línea de corte correspondiente al ángulo de fricción.

El hormigón es un material de construcción que se mezcla como dispersión de un aglutinante y se agrega con la adición de líquido. En su estado endurecido (también conocido como hormigón curado, hormigón endurecido o piedra artificial), el hormigón puede proporcionar un material aglomerado. En su estado no endurecido (también conocido como hormigón fresco o hormigón no endurecido), el hormigón puede presentarse en forma de dispersión y/o ser fluido. Cuando el hormigón se asienta, el hormigón fresco se convierte en hormigón endurecido, es decir, aglomerado. El asfalto puede contener una mezcla de agregados unidos por el betún asfáltico aglutinante.

El término "profundidad" se refiere a una extensión (por ejemplo, de una sección u objeto) a lo largo de la dirección de la gravedad. El término "profundidad de instalación", relacionado con un objeto (por ejemplo, el colector o todo el dispositivo de drenaje) que está incrustado (por ejemplo, incorporado) en un cuerpo (por ejemplo, con una o más capas), se refiere a la distancia que el objeto se extiende dentro del cuerpo (por ejemplo, la capa base) (a lo largo de la dirección de la gravedad). En otras palabras, la profundidad de instalación se refiere a la extensión del espacio (cavidad) en el cuerpo (a lo largo de la dirección de la gravedad) que desplaza el objeto. Por ejemplo, si se forma una zanja en la capa base como una cavidad para alojar el colector, la zanja puede tener una profundidad mayor que la extensión del colector a lo largo de la dirección de la gravedad.

El término "tubería" se refiere a un cuerpo hueco (es decir, un cuerpo con una cavidad) que comprende un revestimiento (también denominado revestimiento de tubería) por el que pasa la cavidad (también denominada interior de tubería), por ejemplo, a lo largo de un camino y/o a lo largo de la dirección de drenaje. El revestimiento de tubería puede, por ejemplo, consistir en un cilindro hueco y/o rodear la cavidad por todos los lados, por ejemplo, mediante una pared en forma de O del revestimiento de la tubería. El revestimiento de tubería puede tener una sección de conexión en la cara final, es decir, en los lados donde queda expuesto

el interior de la tubería, mediante la cual se pueden unir dos tuberías para que sus interiores continúen entre sí.

El término "canaleta" se refiere a un cuerpo hueco que tiene una carcasa (también llamada carcasa de canaleta) en la que se extiende una abertura (también llamada abertura de entrada), que se alarga, por ejemplo, a lo largo de un camino (por ejemplo, a lo largo de la dirección de drenaje) (también conocida como extensión longitudinal). La carcasa de la canaleta puede, por ejemplo, limitar la separación, por ejemplo, mediante una pared en forma de U de la carcasa de la tubería.

Aquí se hace referencia al concreto como ejemplo de material aglomerado, por lo que se puede entender que las descripciones en este sentido pueden aplicarse de forma análoga a cualquier otro material aglomerado. Por analogía, se hace referencia a la piedra triturada como ejemplo de material no aglomerado, por lo que se puede entender que las descripciones en este sentido pueden aplicarse de forma análoga a cualquier otro material no aglomerado (por ejemplo, compuesto por grava, tierra y/o arena).

El objeto aglomerado y/o no aglomerado (por ejemplo, material) puede ser mineral, por ejemplo.

Se puede entender que el colector, por ejemplo, su carcasa del tubo, puede estar compuesto o estar compuesto por metal y/o polímero, por ejemplo, un compuesto de estos. Por ejemplo, varias secciones formadas en polímero del colector pueden reforzarse con metal (por ejemplo, puntales metálicos). Se puede entender que el colector, es decir, su carcasa de tubo, puede estar libre de cualquier material mineral.

A continuación, se describen varios ejemplos que hacen referencia a los mencionados anteriormente y mostrados en las figuras, cuyos aspectos (por ejemplo, propiedades geométricas) aumentan el margen para mejorar la relación

capacidad portante respecto a los requerimientos de material (por ejemplo, ahorrar material aglomerado).

El ejemplo 1 es un sistema de drenaje que comprende: una capa de recubrimiento aglomerada (también denominada recubrimiento superficial, recubrimiento de suelo o techo) que reposa sobre una capa base no aglomerada; un canal de entrada que está incrustado en la capa de recubrimiento (y preferiblemente se extiende longitudinalmente a lo largo de una dirección de drenaje); un colector que está incrustado en la capa base debajo del canal de entrada y está conectado fluidamente al canal de entrada; la capa de recubrimiento preferiblemente tiene dos secciones de capa, entre las cuales está dispuesto el canal de entrada (por ejemplo, al menos parcialmente incrustado en ella).

El Ejemplo 2 es un método (por ejemplo, para formar el sistema de drenaje según la reivindicación 1), el método que comprende: formar una capa base no aglomerada; formando una capa de recubrimiento aglomerada, en la que se incrusta un canal de entrada, sobre la capa base; en el que un colector, que está incrustado en la capa base bajo el canal de entrada, está conectado fluidamente al canal de entrada; donde la capa de recubrimiento preferiblemente tiene dos secciones de capa entre las cuales se dispone el canal de entrada (por ejemplo, al menos parcialmente incrustado en ella).

El ejemplo 3 es el uso de un dispositivo de drenaje que comprende un colector y un canal de entrada para formar el sistema de drenaje según la reivindicación 1 y/o para llevar a cabo el método según la reivindicación 2.

El ejemplo 4 es uno de los ejemplos 1 a 3, en los que el colector está incrustado en una región (por ejemplo, cónica hacia abajo y/o en forma de cuña) de la capa de recubrimiento, de la cual un lado superior preferiblemente descansa (por ejemplo, plano) contra la capa de recubrimiento y/o preferiblemente un borde en cuña se dispone debajo del colector, donde el lado superior tiene, por ejemplo,

una extensión (también llamada distancia entre apoyos) transversal a la dirección de la gravedad y/o transversal a la extensión longitudinal del colector (también conocida como dirección de drenaje).

El Ejemplo 5 es uno de los Ejemplos 1 a 4, en los que cada sección de capa de las secciones tiene una extensión (también llamada ancho de rodamiento), por ejemplo, alcance, alejado del canal de entrada, que preferiblemente es mayor que la distancia entre apoyos y/o la profundidad de instalación del colector (por ejemplo, en la capa de apoyo y/o a lo largo de una dirección de la gravedad); y/o se desvía menos del 50 % (por ejemplo, más del 20 %, por ejemplo, del 10 %) respecto a la profundidad de instalación y/o la distancia entre apoyos.

El Ejemplo 6 es uno de los Ejemplos 1 a 5, en los que una primera de las dos secciones de capa tiene una primera extensión alejada del canal de entrada; en la que una segunda de las dos secciones de capa tiene una segunda extensión alejada del canal de entrada que se desvía menos del 50 % (por ejemplo, más del 20 %, por ejemplo, del 10 %) de una o más de las siguientes cosas: la primera extensión, la profundidad de instalación y/o la distancia entre apoyos.

El Ejemplo 7 es uno de los Ejemplos 1 a 6, en los que una extensión de la capa de recubrimiento (por ejemplo, transversal a la extensión longitudinal del canal de entrada, la dirección de drenaje y/o la dirección de la gravedad) y/o el doble de la extensión de cada una de las secciones de capa es mayor que aproximadamente el 50 % (por ejemplo, aproximadamente el 60 %, por ejemplo, aproximadamente el 70 %, por ejemplo, aproximadamente el 80 %, por ejemplo, aproximadamente el 90 %, por ejemplo, aproximadamente el 100 %, por ejemplo, aproximadamente el 125 %, por ejemplo, aproximadamente el 150 %) de uno o más de los siguientes aspectos: la primera extensión, la profundidad de instalación y/o la distancia entre apoyos.

El Ejemplo 8 es uno de los Ejemplos 1 a 7, en los que una extensión de la capa de

recubrimiento (por ejemplo, transversal a la extensión longitudinal del canal de entrada, la dirección de drenaje y/o la dirección de la gravedad) y/o la doble extensión de cada una de las secciones de capa es menor que aproximadamente el 1000 % (por ejemplo, aproximadamente el 500 %, por ejemplo, aproximadamente el 250 %, por ejemplo, aproximadamente el 200 %, por ejemplo, aproximadamente el 150 %, por ejemplo, aproximadamente el 140 %, por ejemplo, aproximadamente el 130 %, por ejemplo, aproximadamente el 120 %, por ejemplo, aproximadamente el 110 %) que uno o más de uno de los siguientes: la primera extensión, la profundidad de instalación y/o la distancia entre apoyos.

El Ejemplo 9 es uno de los Ejemplos 1 a 8, en los que la región de reducción de carga se estrecha en forma de cuña en dirección a la gravedad (por ejemplo, según un ángulo de fricción de la capa base), de modo que la región proporciona, en el exterior (es decir, sus superficies externas laterales), dos secciones de transferencia de carga (por ejemplo, planos de transferencia de carga) adyacentes al colector (por ejemplo, corriendo a lo largo del ángulo de fricción y/o en línea recta), que están separados entre sí, por ejemplo, en la capa de recubrimiento (también denominada distancia entre apoyos); y/o en la que, para cada sección de capa de las dos secciones, se proporciona una sección de transferencia de carga (por ejemplo, plano de transferencia de carga) (por ejemplo, que recorre el ángulo de fricción y/o en línea recta).

El ejemplo 10 es el ejemplo 9, en el que la vía de transferencia de carga se extiende desde la sección de capa hasta una ubicación de referencia (por ejemplo, punto de intersección y/o borde inferior de la región en forma de cuña) por debajo del colector del tubo, por ejemplo, pasando el colector del tubo (es decir, la vía de transferencia de carga está situado junto al colector), por ejemplo, adyacente al colector.

El ejemplo 11 es uno de los ejemplos 9 o 10, en los que la vía de transferencia de carga (por ejemplo, el plano de transferencia de carga) está en ángulo respecto a

la horizontal, donde el ángulo es preferiblemente el ángulo de fricción de la capa base o se desvía del ángulo de fricción de la capa base en menos de 25° (por ejemplo, menos del 10 %, por ejemplo del 5 %) y/o menos de 20° (por ejemplo, 10°, por ejemplo, 5°, por ejemplo 2°).

El Ejemplo 12 es uno de los Ejemplos 9 al 11, en los que de las secciones de la capa, cada sección de capa tiene una extensión (también llamada rango), por ejemplo, ancho, alejándose del canal de entrada que se desvía menos del 50 % (por ejemplo, un 30 %, por ejemplo, un 20 %, por ejemplo un 10 %) respecto a la distancia de la ubicación de referencia (por ejemplo, punto de intersección y/o borde de la región en forma de cuña) respecto a la capa de recubrimiento (también llamada distancia de ubicación) y/ o se encuentra en un rango que va desde aproximadamente el 50 % (por ejemplo, el 75 %) de la distancia de ubicación hasta aproximadamente la distancia de ubicación.

El Ejemplo 13 es uno de los Ejemplos 9 a 12, en el que la extensión en la que la capa de recubrimiento sobresale del área (por ejemplo, la extensión del segmento de apoyo) es menor que el grosor de la capa de recubrimiento.

El Ejemplo 14 es uno de los Ejemplos 9 o 13, en los que la capa de recubrimiento tiene dos bordes opuestos, entre los cuales se dispone el canal de entrada (por ejemplo, embebido) y/o cada borde delimita una de las dos secciones de capa, donde la sección de transferencia de carga (por ejemplo, plano de transferencia de carga) tiene una distancia desde el borde que es, por ejemplo, menor que el grosor de la capa de recubrimiento.

El Ejemplo 15 es uno de los Ejemplos 9 o 14, en los que cada sección de transferencia de carga (por ejemplo, el plano de transferencia de carga) forma un triángulo (o cuña), un vértice del cual se encuentra en la ubicación de referencia y/o dos vértices están adyacentes a la capa superficial y están separados entre sí por la distancia entre apoyos.

El Ejemplo 16 es uno de los Ejemplos 9 o 15, en el que la sección de transferencia de carga define una región en forma de cuña (también llamada región de reducción de carga) de la capa base, cuyo borde está adyacente a la ubicación de referencia y/o en la que está incrustado el colector.

El Ejemplo 17 es uno de los Ejemplos 9 o 16, en los que cada plano de transferencia de carga es una superficie lateral de la región en la que se encuentra el camino de transferencia de carga.

El Ejemplo 18 es uno de los Ejemplos 1 a 17, en el que un ángulo contrario del ángulo de fricción de la capa base está en un rango de aproximadamente  $26^{\circ}$  a aproximadamente  $45^{\circ}$ , por ejemplo, en un rango de aproximadamente  $30^{\circ}$  a aproximadamente  $40^{\circ}$  (por ejemplo, en un rango de aproximadamente  $32^{\circ}$  a aproximadamente  $35^{\circ}$ ), y/o se desvía menos del 10 % a partir de  $30^{\circ}$  o a partir de  $35^{\circ}$ .

El Ejemplo 19 es uno de los Ejemplos 1 a 18, en los que el ángulo de fricción de la capa base está en un rango de aproximadamente  $64^{\circ}$  a aproximadamente  $45^{\circ}$ , por ejemplo, en un rango de aproximadamente  $60^{\circ}$  a aproximadamente  $50^{\circ}$  (por ejemplo, en un rango de aproximadamente  $58^{\circ}$  a aproximadamente  $55^{\circ}$ ), y/o se desvía menos del 10 % a partir de  $60^{\circ}$  o a partir de  $55^{\circ}$ .

El Ejemplo 20 es uno de los Ejemplos 1 al 19, en el que la capa de recubrimiento es autoportante o al menos rígida.

El ejemplo 21 es uno de los ejemplos 1 a 20, en los que el colector está fluidamente conectado al canal de entrada mediante uno o más de un canal (por ejemplo, extendiéndose en la dirección de la gravedad), del cual, preferiblemente, cada canal está incrustado en la capa de recubrimiento (por ejemplo, entre las dos secciones de capa) y/o está delimitado por ella.

El Ejemplo 22 es uno de los Ejemplos 1 a 21, donde la capa base comprende una capa subrasante (por ejemplo, compactada) (por ejemplo, primera densidad) en la que se forma una zanja, y un material de relleno (por ejemplo, segunda densidad y/o menor que la capa de subrasante) que se dispone en la zanja y/o en la que está incrustado el colector; donde preferiblemente el colector se ubica en la zanja. La segunda densidad puede, por ejemplo, situarse en un rango que va desde aproximadamente el 50 % de la primera densidad hasta aproximadamente el 95 % de la primera densidad.

El Ejemplo 23 es uno de los Ejemplos 1 al 22, en el que la capa base (por ejemplo, la capa subrasante y/o el material de relleno) se forma al menos parcialmente (es decir, parcial o totalmente) a partir de un material a granel (por ejemplo, grava) sobre el que se sostiene el colector.

El Ejemplo 24 es uno de los Ejemplos 1 a 23, en los que el canal de entrada se extiende longitudinalmente a lo largo de una primera dirección (también llamada dirección de drenaje), que es, por ejemplo, transversal a la dirección de la gravedad.

El Ejemplo 25 es uno de los Ejemplos 1 a 24, en los que la extensión de cada porción de capa se encuentra a lo largo de una segunda dirección (también llamada dirección del vano), que preferiblemente es transversal a la dirección de la gravedad y/o transversal a la primera dirección.

El Ejemplo 26 es uno de los Ejemplos 1 a 25, en los que la dirección de la gravedad se dirige alejándose de la canal de entrada y/o hacia el colector.

El Ejemplo 27 es uno de los Ejemplos 1 al 26, en los que las dos secciones de capa están conectadas entre sí, por ejemplo, mediante una unión de material y/o mediante un refuerzo.

El Ejemplo 28 es uno de los Ejemplos 1 al 27, en los que la capa base no tiene una cimentación de material aglomerado sobre la que se apoya el cabezal. Se puede entender que puede haber una subrasante, por ejemplo, situada debajo (o encima) de la capa base, pero que no soporta la transferencia de carga desde el cabezal. De forma más general, no puede haber transferencia de carga desde el encabezado a las capas subyacentes.

El Ejemplo 29 es uno de los Ejemplos 1 a 28, en los que la capa base está compuesta o consiste en granos de material mineral (sobre los cuales, por ejemplo, se sostiene el colector).

El ejemplo 30 es uno de los ejemplos 1 a 29, donde el colector solo se sostiene sobre material a granel, es decir, se apoya en él.

El Ejemplo 31 es uno de los Ejemplos 1 a 30, en los que el colector está compuesto o está formado a partir de un polímero.

El Ejemplo 32 es uno de los Ejemplos 1 a 31, en el que el canal de entrada tiene un cuerpo base (por ejemplo, en forma de canal) que comprende o consiste en un polímero; y/o un marco apoyado sobre el cuerpo base que comprende o está compuesto por un metal.

El Ejemplo 33 es uno de los Ejemplos 1 a 32, en el que el colector se dispone debajo y/o en contacto con la capa base.

El ejemplo 34 es uno de los ejemplos 1 al 33, en los que la distancia del colector a la capa de soporte es menor al 50 % (por ejemplo, más del 20 %, por ejemplo, del 10 %) de la extensión del colector a lo largo de la dirección de la gravedad.

El Ejemplo 35 es uno de los Ejemplos 1 a 34, en los que la profundidad de

instalación está en un rango de aproximadamente 100 % a aproximadamente 200 % (por ejemplo, 150 %, por ejemplo, 125 %) de la extensión del colector a lo largo de la dirección de la gravedad.

El Ejemplo 36 es uno de los Ejemplos 1 a 35, en los que la profundidad de instalación se desvía menos del 50 % (por ejemplo, menos del 20 %, por ejemplo, menos del 10 %) respecto a la extensión del colector a lo largo de la dirección de la gravedad.

El Ejemplo 37 es uno de los Ejemplos 1 a 36, en el que la capa base proporciona un estribo para cada una de las dos secciones de la capa.

El Ejemplo 38 es uno de los Ejemplos 1 al 37 que (por ejemplo, en relación con una fuerza que actúa sobre la capa de rodadura en la dirección de la gravedad) cumple los requisitos (por ejemplo, para la capacidad de carga) de la clase de carga 90 o superior (por ejemplo, clase de carga 100), por ejemplo según la RStO 12 (Directrices para la Estandarización de la Superestructura de Áreas de Tráfico 12).

El Ejemplo 39 es uno de los Ejemplos 1 al 38 que (por ejemplo, respecto a una fuerza que actúa sobre la capa superficial a lo largo de la dirección de la gravedad) cumple los requisitos (por ejemplo, capacidad de carga) de la clase de carga D400, por ejemplo, según las normas europeas EN 124.

El Ejemplo 40 es uno de los Ejemplos 1 a 39, en los que la capa de recubrimiento está compuesta o consiste en un material compuesto.

El Ejemplo 41 es uno de los Ejemplos 1 a 40, en los que la capa superficial tiene una densidad mayor que la capa base.

El Ejemplo 42 es uno de los Ejemplos 1 al 41, en el que la capa de recubrimiento

consiste en un aglutinante (por ejemplo, pasta de cemento, es decir, una mezcla de cemento y agua) y/o se une mediante el aglutinante.

El Ejemplo 43 es uno de los Ejemplos 1 a 42, en el que, para cada una de las dos secciones de capa, se proporciona una vía recta de transferencia de carga (por ejemplo, plano de transferencia de carga), que se extiende desde la sección de capa (por ejemplo, en un ángulo de  $30^\circ$  respecto a la dirección de la gravedad) hasta un punto (por ejemplo, punto de intersección de las vías de transferencia de carga) por debajo del colector y/o está dispuesto junto al colector.

El Ejemplo 44 es uno de los Ejemplos 1 al 43, en el que, para cada una de las dos secciones de capa, un punto en el que se abre la vía de transferencia de carga (por ejemplo, el plano de transferencia de carga) está a una distancia de un borde de la sección de capa opuesto al canal de entrada, donde la distancia: es mayor que aproximadamente 0,05 metros (m) (por ejemplo, aproximadamente 0,1 m, por ejemplo, que aproximadamente 0,2 m, por ejemplo que aproximadamente 0,3 m) y/o se desvía menos del 50 % (por ejemplo, más del 20 %, por ejemplo, más del 10 %) respecto a un tercio de la profundidad de instalación (y/o la distancia de transporte).

El Ejemplo 45 es uno de los Ejemplos 1 a 44, en los que el canal de entrada incrustado en la capa de recubrimiento se extiende longitudinalmente a lo largo de una dirección (también llamada dirección de drenaje), en el que el canal de entrada tiene, por ejemplo, una abertura que se extiende (por ejemplo, hacia el colector y/o en la dirección de la gravedad), por ejemplo, hacia la capa de recubrimiento.

El Ejemplo 46 es uno de los Ejemplos 1 a 45, en los que la capa base comprende o consiste en un material a granel y/o una subrasante (por ejemplo, hecho de material a granel).

El Ejemplo 47 es uno de los Ejemplos 1 a 46, en los que el colector está situado por debajo del canal de entrada y/o por debajo de la capa base, por ejemplo, en contacto con la capa base.

El Ejemplo 48 es uno de los Ejemplos 1 a 47, en el que cada una de las dos secciones de capa tiene una extensión (por ejemplo, a lo largo de la dirección del vano), por ejemplo, un ancho, alejada del canal de entrada que: es mayor que una extensión del colector (por ejemplo, a lo largo de la dirección de la gravedad y/o a lo largo de la dirección del vano) y/o es mayor que la profundidad de instalación.

El Ejemplo 49 es uno de los Ejemplos 1 a 48, en los que cada una de las dos secciones de capa tiene una extensión (por ejemplo, ancho) alejada del canal de entrada que se desvía menos del 50 % (por ejemplo, un 25 %, por ejemplo un 10 %, por ejemplo, un 5 %) de la profundidad de instalación del colector del tubo.

El Ejemplo 50 es uno de los Ejemplos 1 a 49, en los que cada una de las dos secciones de capa tiene una extensión (por ejemplo, ancho) hacia el canal de entrada que difiere menos del 50 % (por ejemplo, un 25 %, por ejemplo, un 10 %, por ejemplo, un 5 %) respecto a la extensión del colector (por ejemplo, a lo largo de la dirección de la gravedad y/o a lo largo de la dirección del vano).

El Ejemplo 51 es uno de los Ejemplos 1 a 50, en el que la capa de recubrimiento queda plana contra la capa base y/o tiene una superficie opuesta a la capa base (por ejemplo, plana) (también llamada superficie de recubrimiento), donde la superficie está preferiblemente expuesta transversalmente a la dirección de la gravedad y/o a la atmósfera terrestre.

El Ejemplo 52 es uno de los Ejemplos 1 a 51, en el que cada una de las dos secciones de capa tiene la extensión alejada del canal de entrada que es transversal a la dirección de la gravedad y/o transversal a la dirección de drenaje.

El Ejemplo 53 es uno de los Ejemplos 1 a 52, que además comprende la capa base que preferiblemente sobresale de la capa de recubrimiento, por ejemplo a lo largo de la dirección del vano y/o la dirección de drenaje.

El Ejemplo 54 es uno de los Ejemplos 1 a 53, en los que el canal de entrada tiene un hueco (por ejemplo, en forma de ranura) dispuesto en una superficie (por ejemplo, la superficie superior) de la capa base.

El Ejemplo 55 es uno de los Ejemplos 1 a 54, en los que las dos secciones de capa están adyacentes una a la otra, por ejemplo, en una región (por ejemplo, un pasaje) dispuesta (por ejemplo, formada) entre un hueco de la canal de entrada y el colector.

El Ejemplo 56 es uno de los Ejemplos 1 a 55, en los que cada una de las dos secciones de capa está adyacente al canal de entrada.

El Ejemplo 57 es uno de los Ejemplos 1 a 56, donde la capa de recubrimiento consiste en las dos secciones de capa.

El Ejemplo 58 es uno de los Ejemplos 1 a 57, en los que cada una de las dos secciones de capa tiene una extensión (por ejemplo, grosor, también llamado espesor de capa de recubrimiento) a lo largo de la dirección de la gravedad en un rango de aproximadamente 0,1 metro (m) a aproximadamente 1 m (por ejemplo, en un rango de aproximadamente 0,2 metros (m) a aproximadamente 0,5 m, por ejemplo, aproximadamente 0,35 m).

El Ejemplo 59 es uno de los Ejemplos 1 a 58, en los que el grosor de la capa de recubrimiento de cada una de las dos secciones de capa se desvía menos del 50 % (por ejemplo, un 25 %, por ejemplo, un 10 %, por ejemplo, un 5 %) respecto a la mitad de la profundidad de instalación.

El Ejemplo 60 es uno de los Ejemplos 1 a 59, en los que cada una de las dos secciones de capa tiene una extensión (también llamada vano), por ejemplo, ancho, alejándose del canal de entrada en un rango de aproximadamente 5 metros (m) a aproximadamente 10 m, por ejemplo, en un rango de aproximadamente 6 metros (m) a aproximadamente 8 m, por ejemplo, aproximadamente 7 m.

El ejemplo 61 es uno de los Ejemplos 1 a 60, en los que cada una de las dos secciones de capa tiene una extensión D a lo largo de la dirección de la gravedad (por ejemplo, grosor, también llamado espesor de capa de recubrimiento D) y un rango W según la siguiente relación:  $D=k \cdot W$ , donde  $0,1 \leq k \leq 1$ , donde, por ejemplo,  $0,4 \leq k \leq 0,6$ .

El Ejemplo 62 es uno de los Ejemplos 1 a 61, donde el espesor de la capa de recubrimiento va de aproximadamente 0,1 metro (m) a aproximadamente 1 m, por ejemplo, en un rango de aproximadamente 0,2 metros (m) a aproximadamente 0,5 m, por ejemplo, aproximadamente 0,35 m.

El Ejemplo 63 es uno de los Ejemplos 1 a 62, en los que la capa de recubrimiento comprende o está compuesta por hormigón o hormigón armado.

El Ejemplo 64 es uno de los Ejemplos 1 a 63, en el que la capa de recubrimiento comprende un material compuesto que comprende, por ejemplo, piedra y/o acero y/o está aglomerada mediante un aglutinante (por ejemplo, cemento).

El Ejemplo 65 es uno de los Ejemplos 1 al 64, donde la capa de recubrimiento se proporciona en forma de cuboide (entonces también denominado bloque).

El Ejemplo 66 es uno de los Ejemplos 1 a 65, en los que la capa superior está formada por una mezcla heterogénea.

El Ejemplo 67 es uno de los Ejemplos 1 a 66, donde la capa base es permeable al agua y/o porosa.

El Ejemplo 68 es uno de los Ejemplos 1 a 67, en los que la expansión de la tubería principal está relacionada con el interior de una tubería (es decir, la cavidad interna de la tubería principal) de la misma.

El Ejemplo 69 es uno de los Ejemplos 1 a 68, donde el canal de entrada tiene un marco (por ejemplo, un marco de hierro fundido) que preferiblemente se acopla con la capa de recubrimiento. Esto incrementa aún más la capacidad de carga.

El Ejemplo 70 es uno de los Ejemplos 1 al 69, en el que una superficie expuesta (por ejemplo, superficie de recubrimiento) de la capa de recubrimiento (que está expuesta, por ejemplo, a la atmósfera terrestre) o al menos un espacio libre adyacente, está fluidamente conectada al colector mediante el canal de entrada.

El Ejemplo 71 es uno de los Ejemplos 1 a 70, en los que la profundidad de instalación es igual a una extensión del colector a lo largo de la dirección de la gravedad y/o se desvía de ella en menos del 50 % (por ejemplo, más del 20 %, por ejemplo, del 10 %).

El Ejemplo 72 es uno de los Ejemplos 1 a 71, en los que una parte inferior del tubo colector solo está adyacente al material a granel.

El Ejemplo 73 es uno de los Ejemplos 1 a 72, en los que la capa base está libre de hormigón y/o libre de asfalto.

El Ejemplo 74 es uno de los Ejemplos 1 a 73, en los que la capa superior comprende una porción menor (por ejemplo, fracción másica) de agregados (por ejemplo, grava) y/o una mayor proporción (por ejemplo, fracción másica) de agente aglutinante (por ejemplo, cemento) que la capa base.

El Ejemplo 75 es uno de los Ejemplos 1 al 74, en los que la capa de rodadura tiene un tamaño medio de grano menor que la capa base.

El Ejemplo 76 es uno de los Ejemplos 1 a 75, en los que la capa superficial tiene una extensión menor a lo largo de la dirección de la gravedad que la capa base; y/o donde la capa base tiene una mayor extensión a lo largo de la dirección de la gravedad que la profundidad de instalación.

El Ejemplo 77 es uno de los Ejemplos 1 a 76, en los que la capa de rodadura y la capa base difieren entre sí en al menos uno o más de los siguientes aspectos:

- proporción (por ejemplo, fracción másica) de partículas de roca (por ejemplo, grava) y/o agente aglutinante (por ejemplo, cemento);
- tamaño medio de grano;
- resistencia a la compresión;
- resistencia al corte.

El Ejemplo 78 es uno de los Ejemplos 1 a 77, en los que la capa de rodadura tiene una resistencia a la compresión mayor que la base y/o que 20 Newtons por milímetro cuadrado (por ejemplo, mayor que 45, 120 o 150 Newtons por milímetro cuadrado); y/o en la que la capa base tenga una resistencia a la compresión inferior a 500 (o 200) Newtons por milímetro cuadrado.

El Ejemplo 79 es uno de los Ejemplos 1 a 78, en los que la capa de rodadura tiene una resistencia al corte mayor que la de la capa base.

El Ejemplo 80 es uno de los Ejemplos 1 a 79, en los que la capa base tiene una capacidad de carga de 45 megapascuales (por ejemplo, 120 megapascuales o 150 megapascuales) o más.

El Ejemplo 81 es uno de los Ejemplos 1 a 80, en los que cada sección de capa

tiene una extensión (por ejemplo, ancho) desde el canal de entrada de más de 0,1 m (por ejemplo, 0,25 m o 0,5 m) y/o inferior a 10 m (por ejemplo, 5 m o 2 m o 1 m).

El Ejemplo 82 es uno de los Ejemplos 1 a 81, en los que la profundidad de instalación es mayor a 0,1 m (por ejemplo, 0,25 m o 0,5 m) y/o menor a 10 m (por ejemplo, 5 m o 2 m o 1 m), por ejemplo, en un rango que va de aproximadamente 0,25 m a aproximadamente 0,7; y/o menos de 10 m (por ejemplo, 5 m o 2 m).

El ejemplo 83 es uno de los Ejemplos 1 a 82, en los que el colector tiene una extensión a lo largo de la dirección de la gravedad superior a 0,1 m (por ejemplo, 0,25 m o 0,5 m) y/o inferior a 10 m (por ejemplo, 5 m o 2 m o 1 m), por ejemplo, en un rango que va de aproximadamente 0,25 m a aproximadamente 0,7 m.

El Ejemplo 84 es uno de los Ejemplos 1 a 83, en los que el colector tiene una extensión (por ejemplo, ancho) a lo largo de la dirección del vano de más de 0,1 m (por ejemplo, 0,25 m o 0,5 m) y/o inferior a 10 m (por ejemplo, 5 m o 2 m o 1 m), por ejemplo, en un rango que va de aproximadamente 0,25 m a aproximadamente 0,7 m.

El Ejemplo 85 es uno de los Ejemplos 1 a 84, en los que el colector tiene una extensión a lo largo de la dirección de la gravedad que difiere en menos de un 50 % de una extensión del colector a lo largo de la dirección del vano.

El Ejemplo 86 es uno de los Ejemplos 1 a 85, en los que el colector tiene una extensión a lo largo de la dirección de drenaje de más de 1 m (por ejemplo,  $10^2$  m o  $10^3$  m o  $10^4$  m o  $10^5$  m) y/o en el que el canal de entrada se ensambla a partir de una pluralidad de segmentos, cada segmento con una extensión a lo largo de la dirección de drenaje de más de 0,1 m (por ejemplo, 0,25 m o 0,5 m) y/o de menos de 10 m (por ejemplo, 5 m o 2 m).

El Ejemplo 87 es uno de los Ejemplos 1 a 86, en los que el canal de entrada tiene

una extensión (por ejemplo, longitud) a lo largo de la dirección de drenaje de más de 1 m (por ejemplo,  $10^2$  m o  $10^3$  m o  $10^4$  m o  $10^5$  m); y/o donde el canal de entrada está compuesto por varios segmentos, cada segmento con una extensión (por ejemplo, longitud) a lo largo de la dirección de drenaje superior a 0,1 m (por ejemplo, 0,25 m o 0,5 m) y/o inferior a 10 m (por ejemplo, 5 m o 2 m).

El Ejemplo 88 es uno de los Ejemplos 1 a 87, en los que una extensión (por ejemplo, grosor) de la capa de recubrimiento (o de cada una de las dos secciones de la capa) a lo largo de la dirección de la gravedad está en un rango de aproximadamente 0,1 m (o 0,2 m) a aproximadamente 1 m (por ejemplo, en un rango de aproximadamente 0,2 m a aproximadamente 0,5 m) y/o mayor que la extensión de la sección de la capa.

El ejemplo 89 es uno de los ejemplos 1 a 88, donde la extensión (por ejemplo, el grosor) de la capa de rodadura se establece a lo largo de la dirección de la gravedad según RSTO (por ejemplo, edición de 2012). RSTO se refiere a las Directrices para la Estandarización de la Superestructura de Áreas de Tráfico, un código técnico publicado en Alemania por la Asociación de Investigación en Ingeniería de Carreteras y Transporte.

El Ejemplo 90 es uno de los Ejemplos 1 a 89, en los que se establece una extensión (por ejemplo, grosor) de la capa base a lo largo de la dirección de la gravedad según la RSTO (por ejemplo, edición 2012).

El Ejemplo 91 es uno de los Ejemplos 1 a 90, que se configura además según una de las reivindicaciones adjuntas y/o según una de las modalidades ejemplares descritas a continuación respecto a las figuras.

El Ejemplo 92 es uno de los Ejemplos 1 a 91, en los que la capa de recubrimiento se une de a través de un material; y/o donde la capa de recubrimiento tiene dos secciones de capa (por ejemplo, conectadas monolíticamente), entre las cuales

está dispuesto el canal de entrada y/o que se tocan entre sí.

El Ejemplo 93 es uno de los Ejemplos 1 a 92, en los que la capa de recubrimiento es integral y/o monolíticamente continua, por ejemplo, proporcionando un cuerpo monolítico (por ejemplo, una placa).

El Ejemplo 94 es uno de los Ejemplos 1 a 93, en los que el canal de entrada comprende una carcasa en la que se forma una cavidad (por ejemplo, un hueco), en la que, por ejemplo, se abre el canal; y/o donde el canal de entrada (por ejemplo, su carcasa) es independiente de la capa de recubrimiento o al menos difiere de ella (por ejemplo, en su material).

El Ejemplo 95 es uno de los Ejemplos 1 a 94, en los que la canal de entrada, el colector y/o el canal comprenden o están formados a partir de un polímero.

El Ejemplo 96 es uno de los Ejemplos 1 a 95, en los que uno o más de un canal tienen varios canales espacialmente separados entre sí a lo largo de una extensión longitudinal del colector (por ejemplo, estando a distancia de los otros).

El Ejemplo 97 es uno de los Ejemplos 1 a 96, en los que la canal de entrada, el colector y/o el canal comprenden una carcasa en la que se forma una cavidad, la carcasa siendo compuesta o estando formada, por ejemplo, por un polímero.

El Ejemplo 98 es uno de los Ejemplos 1 a 97, en los que el canal de entrada está alargado a lo largo de una extensión longitudinal del colector y/o proporciona al menos un espacio alargado a lo largo de la extensión longitudinal del colector.

El Ejemplo 99 es uno de los Ejemplos 1 a 98, en los que el colector se dispone debajo y/o adyacente a la capa de recubrimiento.

El Ejemplo 100 es uno de los Ejemplos 1 a 99, en los que el canal de entrada (por

ejemplo, su carcasa) y/o uno o más canales (por ejemplo, su carcasa) se funden en la capa de recubrimiento; y/o donde la capa de recubrimiento se moldea en el canal de entrada y/o en uno o más canales.

El Ejemplo 101 (por ejemplo, un sistema de drenaje) es uno de los Ejemplos 1 al 100 y/o comprende: una capa superficial aglomerada que descansa sobre una capa base no aglomerada; un canal de entrada incrustado en la capa superficial; un colector incrustado debajo del canal de entrada (por ejemplo, al menos parcialmente en la capa base) y conectado fluidamente al canal de entrada; donde la capa superficial tiene dos secciones adyacentes al canal de entrada, entre las cuales se dispone el canal de entrada, y cada sección de capa tiene una extensión alejada del canal de entrada que se desvía menos del 50 % de la profundidad de instalación del colector en la capa base.

A continuación, se describen modalidades ejemplares con referencia a las figuras, que implementan varios aspectos de los ejemplos mencionados anteriormente. Para ello, se hace referencia a una capa superficial hecha de hormigón o de un material compuesto hormigón-acero (también denominado material compuesto de acero y hormigón) como un material ejemplar de unión, donde se puede entender que la descripción en este sentido puede aplicarse de forma análoga a una capa superficial hecha de otro material aglomerado (por ejemplo, asfalto). Por analogía, se hace referencia a una capa base hecha de grava como un material ejemplar no aglomerado, donde se puede entender que la descripción en este sentido puede aplicarse de forma análoga a una capa base hecha de otro material no aglomerado (por ejemplo, compuesto por grava, tierra y/o arena).

**La Fig.1** ilustra un sistema de drenaje 100 según diversas modalidades en una vista esquemática en sección transversal mirando a lo largo de la dirección de drenaje 101, que puede, por ejemplo, ser sustancialmente (es decir, con una desviación menor a 10° o 5°, o 1°) transversal a la dirección de la gravedad 105 y/o transversal a la dirección de tensión 103.

La capa de recubrimiento 102 puede estar compuesta por hormigón (también denominado capa de recubrimiento de hormigón o simplemente como capa de hormigón), por ejemplo, si la capa de recubrimiento 102 está hecha de hormigón o proporciona un material compuesto hormigón-acero (también denominado material compuesto acero-hormigón). La superficie expuesta 102o de la capa de recubrimiento 102 (también llamada superficie de recubrimiento 102o) puede, por ejemplo, ser plana y/o conducible.

La capa base 104 puede estar compuesta por grava (también llamada capa base de grava o simplemente como capa de grava), por ejemplo, si la capa base 104 de grava consiste en grava o una mezcla de grava y arena. La superficie superior de la capa base 104 puede, por ejemplo, quedar plana frente a la capa de recubrimiento 102.

El canal de entrada 106 puede tener un espacio que se abre en una cavidad y extenderse longitudinalmente a lo largo de la dirección de drenaje 101 (también conocida como extensión longitudinal del canal de entrada 106). El colector 108 puede ser redondo o tener otra forma y estar conectado de forma fluida (por ejemplo, a través de canales 110 o similares) al canal de entrada 106 (por ejemplo, su espacio).

La capa de recubrimiento 102 tiene dos secciones de capa 102t, cada una con un vano  $W$  en la dirección de apertura 103 y un espesor de capa de recubrimiento  $D$ , cuyo producto da lugar a un área de sección transversal  $Q=D \cdot W$ .

Según diversas modalidades, se ha reconocido que la relación capacidad portante-requisito de material del sistema de drenaje 100 es función de los parámetros geométricos de la capa 102, por ejemplo, el área de la sección transversal  $Q$ , el espesor de la capa  $D$  y/o el vano  $W$ , en relación con la geometría del colector 108 (por ejemplo, sus parámetros geométricos). Cada una de las

secciones de capa 102t puede sobresalir lateralmente (es decir, a lo largo de la dirección de apertura 103) más allá del colector, por ejemplo, al menos por una proyección  $W1 < W$ , que es función del vano  $W$  y la geometría del colector 108. En una modalidad ejemplar en la que el diámetro exterior del colector es de 697 mm, el espesor de la capa  $D$  es aproximadamente 348 mm y el vano  $W$  es de aproximadamente 700 mm. Entonces, la proyección  $W1$  puede ser aproximadamente 344 mm.

**La Fig.2** ilustra el sistema de drenaje 100 según diversas modalidades en un diagrama esquemático de transferencia de carga 200 visto a lo largo de la dirección de drenaje 101, en el que se indican parámetros geométricos ejemplares adicionales de la capa de recubrimiento 102.

La capa de recubrimiento 102 representa un puente de hormigón apoyado sobre una capa base 104 (p. ej., una subrasante) que soporta la carga. Esto permite la transferencia de carga a lo largo de una trayectoria 202 que pasa por el colector 108.

La vía de transferencia de carga 202 puede formar un ángulo agudo 204 (también conocido como ángulo de transferencia de carga o, para abreviar, ángulo de carga) con la dirección de la gravedad 105, que en el caso ilustrado es  $30^\circ$  por ejemplo y/o termina en el voladizo. El segmento de la capa base 104 (también denominado segmento de sustentación), que bordea la sección final 206 del voladizo (aquí, 200 mm por ejemplo), forma claramente un estribo para el puente de hormigón. La sección final 206 puede extenderse desde el borde de la sección de capa 102t hasta el punto donde termina la vía de transferencia de carga 202 en la sección de capa 102t.

Se puede entender que el ángulo de transferencia de carga de  $30^\circ$  es una estimación robusta del ángulo real al que se transfiere la carga y, por tanto, puede aplicarse a capas base de diferentes tipos como primera aproximación.

Esto reduce la proporción de transferencia de carga mediada por el colector 108.

Por ejemplo, el colector 108 no soporta ninguna carga (o como mucho solo una carga ligera). Así, el dispositivo de drenaje se convierte en una parte integral del área de tráfico, lo que supone una ventaja en caso de asentamiento total del suelo debido a la gran carga, ya que el sistema de drenaje 100 puede asentarse en su conjunto (por ejemplo, sin desplazamiento interno), reduciendo el riesgo de daños.

Se puede entender que lo que aquí se describe en referencia a las vistas bidimensionales de la vía de transferencia de carga puede aplicarse de forma análoga a un plano de transferencia de carga (es decir, en tres dimensiones) que está abarcado por la vía de transferencia de carga y la dirección de drenaje 101.

**La Fig.3** ilustra el sistema de drenaje 100 según varias modalidades en un diagrama esquemático de transferencia de carga 300, visto en la dirección de drenaje 101, en el que un triángulo equilátero de reducción de carga (como sección del área de reducción de carga 104b) se muestra como ejemplo ejemplar, cuyo círculo interior representa la geometría de un colector redondo 108 (por ejemplo, su interior). El triángulo de reducción de carga está formado por las dos secciones de transferencia de carga 202, que se abren en un punto 202s por debajo del colector 108 (donde se intersectan), y se abren en una sección de la capa de recubrimiento 102, que está dispuesta entre los dos segmentos de soporte 206.

En diversas modalidades, la profundidad de instalación T es al menos tan grande como la extensión del colector a lo largo de la dirección de la gravedad 105. En el caso en que el colector 108 esté adyacente a la capa de recubrimiento 102, la profundidad de instalación T es igual a la extensión del colector a lo largo de la dirección de la gravedad 105.

En el caso de una capa base hecha de material de grano redondeado, el triángulo de reducción de carga puede ser aproximadamente equilátero, donde el radio  $r$  del círculo interior y la longitud lateral  $a$  del triángulo equilátero de reducción de carga están enlazados según la siguiente relación:  $a=r \cdot 12^{0,5}$ . La extensión de la capa de recubrimiento 102 (también denominada anchura de capa B) a lo largo de la dirección de vano 103 puede corresponder aproximadamente a la suma del doble de la extensión  $L$  del segmento de apoyo 206 (también denominado extensión de estribo) a lo largo de la dirección de vano 103 y la longitud lateral  $a$  del triángulo equilátero de reducción de carga. Alternativamente o adicionalmente, el ancho de capa B puede corresponder al doble del alcance correspondiente.

Los valores ejemplares (en mm) según la relación anterior ( $a=r \cdot 120,5$ ) para diferentes radios se muestran a continuación:

| Radio $r$ | Dilatación del estribo | Ancho de capa | Alcance | Profundidad de instalación |
|-----------|------------------------|---------------|---------|----------------------------|
| 200       | 200                    | 1093          | 546     | 400                        |
| 250       | 200                    | 1266          | 633     | 500                        |
| 300       | 200                    | 1439          | 720     | 600                        |
| 350       | 200                    | 1612          | 806     | 700                        |
| 400       | 200                    | 1786          | 893     | 800                        |
| 550       | 200                    | 2305          | 1153    | 1100                       |
| 600       | 200                    | 2478          | 1239    | 1200                       |

Debe entenderse que la dilatación del estribo y/o la profundidad de instalación también pueden seleccionarse como mayor o menor; y que los valores reales obtenidos pueden desviarse de los valores de la tabla, por ejemplo, en un máximo del 50 % (por ejemplo, un máximo del 20 %, por ejemplo, un máximo del 10 %). Por ejemplo, la dilatación del estribo puede ser función de la profundidad de instalación del colector. Por ejemplo, la dilatación del estribo puede ser función de la capacidad de carga de la capa base, que aumenta con el aumento de la

compactación.

De forma más general, se puede entender que los valores reales obtenidos pueden diferir de los valores ejemplares en la tabla dependiendo de la naturaleza de la capa base, por ejemplo, su material y/o compactación.

De forma más general, por ejemplo, también aplicable a un colector no circular 108, el colector 108 (o al menos su interior) está situado dentro del triángulo de reducción de carga.

En una modalidad ejemplar, el alcance  $W$  (que corresponde aproximadamente a la mitad del ancho de la capa) puede ser mayor que la extensión del tubo colector 108 a lo largo de la dirección de la gravedad 105 (que, en la geometría ilustrada, corresponde aproximadamente al doble del radio  $r$  o más). Alternativamente, o adicionalmente, el alcance  $W$  puede desviarse de la profundidad de instalación en menos del 50 %, por ejemplo, menos del 25 %.

En la modalidad ejemplar mostrada, el ángulo de carga 204 es, por ejemplo, de  $30^\circ$  respecto a la vertical. Debajo del puente se forma un triángulo equiangular (con un ángulo interior de  $60^\circ$ ), cuya longitud lateral es mayor que el diámetro del colector 108 y dentro del cual no actúan más cargas sobre el colector 108. El ángulo de carga 204 (también llamado ángulo opuesto al ángulo de fricción  $\alpha$ ) y el ángulo de fricción  $\alpha$  juntos equivalen a  $90^\circ$ .

**La Fig. 4** ilustra las propiedades del sistema de drenaje 100 según diversas modalidades en un diagrama esquemático 400 en el que se representa un modelo de varios parámetros frente al alcance de apoyo  $W$ , incluyendo la capacidad portante 402 del sistema de drenaje 100 (por ejemplo, indicada como clase de carga), el requisito material 404 de la capa de recubrimiento (por ejemplo, el volumen de la misma), y la relación capacidad de carga respecto a los requerimientos de material resultante 406.

Como se muestra, la capacidad portante 402 se satura con un alcance creciente W (por ejemplo, por encima de 1,5 veces la profundidad de instalación), de modo que aumenta más lentamente que el requisito de material 404 proporcional al alcance W, resultando en un óptimo para la relación capacidad portante/necesidad de material 406.

En una modalidad ejemplar, el alcance W puede estar en un rango de valores 410, que está entre aproximadamente la mitad de la profundidad de instalación y aproximadamente 1,5 veces la profundidad de instalación. A continuación se muestran valores ejemplares (en mm) para un alcance W que se desvía un máximo de un 20 % respecto a la profundidad de instalación:

| Profundidad de instalación | Ancho de capa   |        |                 | Clase de carga |
|----------------------------|-----------------|--------|-----------------|----------------|
|                            | Límite inferior | Óptimo | Límite superior |                |
| 300                        | 480             | 600    | 720             | >90            |
| 400                        | 640             | 800    | 960             | >90            |
| 500                        | 800             | 1000   | 1200            | >90            |
| 600                        | 960             | 1200   | 1440            | >90            |
| 700                        | 1120            | 1400   | 1680            | >90            |
| 800                        | 1280            | 1600   | 1920            | >90            |
| 900                        | 1440            | 1800   | 2160            | >90            |

Se puede entender que los valores reales pueden diferir de los valores de la tabla, por ejemplo, en un máximo del 50 % (por ejemplo, un máximo del 20 %, por ejemplo, un máximo del 10 %).

En cambio, un brazo en voladizo requeriría un ancho significativamente mayor, ya que tendría que actuar como contrapeso en sí mismo.

**La Fig. 5** ilustra el sistema de drenaje 100 según varias modalidades en perspectiva esquemática y vista 500 de la superficie de recubrimiento 102° para una mejor comprensión.

**La Fig. 6** ilustra el sistema de drenaje 100 según diversas modalidades en una vista esquemática en sección transversal 600 mirando a lo largo de la dirección de drenaje 101, donde se muestran varios valores ejemplares para los parámetros geométricas, incluyendo la profundidad de instalación T (de 697 mm), el grosor de la capa de recubrimiento (de 348 mm) y el ancho de la capa (de 1400 mm).

**La Fig. 7** ilustra un dispositivo de drenaje 700 del sistema de drenaje 100 según diversas modalidades en una vista transversal esquemática vista a lo largo de la dirección del tramo 103. El dispositivo de drenaje 700 puede tener el colector 108 y el canal de entrada 106, que están conectados entre sí de forma conductora de fluido (por ejemplo, mediante canales 110). El dispositivo de drenaje 700 tiene una pluralidad de canales 110 (por ejemplo, bajantes) dispuestos uno detrás del otro en fila a lo largo de la dirección de drenaje 101. Se puede formar un pasaje 702 (de un lado al otro) entre los canales 110 inmediatamente adyacentes, por los cuales pueden extenderse la capa de recubrimiento 102 y/o un refuerzo (por ejemplo, de acero).

En algunas modalidades, cada canal 110 (por ejemplo, bajante 110) puede ser un componente monolítico del canal de entrada 106 o estar conectado a él (por ejemplo, mediante una junta de ajuste de forma y/o integral). Alternativamente o adicionalmente, cada canal 110 (por ejemplo, bajante 110) puede conectarse al colector 108 (por ejemplo, mediante una unión de ajuste de forma y/o integral).

El colector 108 puede, por ejemplo, ser redondo o tener otra forma.

**La Fig. 8** ilustra un método 800 para formar el sistema de drenaje 100 según varias modalidades en un diagrama esquemático de flujo (visto a lo largo de la

dirección de drenaje 101). El método 800 comprende, en 801, 803, 805, formando la capa base no aglomerada 104; y en 807, formando la capa superficial aglomerada 102, en la que se integra un canal de entrada del dispositivo de drenaje 700, sobre la capa base 104. Por ejemplo, formar la capa base no aglomerada 104 puede incluir: compactar la capa base 104 (por ejemplo, en 801), por ejemplo formar una capa subrasante; de la capa base 104 (por ejemplo, en 801); formando una zanja 102g en la capa base 104 (por ejemplo, en 803), por ejemplo, su capa subrasante; y/o llenar la zanja con 102g con un material de relleno 102v (por ejemplo, en 805).

El material de relleno 102v puede tener una densidad menor que la capa subrasante de la capa base 104 que rodea el material de relleno, por ejemplo, si la compactación de la capa base 104 tiene lugar antes de la formación de la zanja 102g.

El colector 108 puede colocarse en la zanja 102g y/o incrustarse en el material de relleno (por ejemplo, en 805). Alternativamente o adicionalmente, el colector 108, que está dispuesto, por ejemplo, en la zanja 102g, solo puede soportarse sobre la capa subrasante. Por ejemplo, solo se puede disponer material a granel debajo y/o a un lado del colector 108.

**La Fig.9** ilustra un sistema de drenaje según varias modalidades 900 en una perspectiva esquemática para una mejor comprensión.

**La Fig. 10** ilustra un sistema de drenaje 1000 según varias modalidades en una vista esquemática de sección transversal, mirando a lo largo de la dirección de drenaje 101, en la que se muestra el ángulo de fricción interno  $\alpha$ . A continuación se muestran algunos valores ejemplares para el ángulo de reposo para varios materiales de los que puede estar hecha la capa base 104..

| Material                                                   | Ángulo de reposo |
|------------------------------------------------------------|------------------|
| Asfalto (triturado)                                        | 30° - 45°        |
| Arcilla (grumos secos)                                     | 25° - 40°        |
| Arcilla (excavación húmeda)                                | 15°              |
| Tierra                                                     | 30° - 45°        |
| Granito roto                                               | 35° - 40°        |
| Grava (por ejemplo, piedra triturada)                      | 45°              |
| Grava (natural o mixta con arena)                          | 25° - 30°        |
| Arena (seca)                                               | 34°              |
| Arena (mojada)                                             | 45°              |
| Arena angular y de bordes afilados                         | 32° - 35°        |
| Grava bien nivelada (arenosa)                              | 32° - 37°        |
| grava de bordes afilados (por ejemplo, lastre ferroviario) | 40°              |

La región de reducción de carga 104b, adyacente a la capa de recubrimiento 102, en la que está incrustado el colector 108, se estrecha hacia abajo en forma de cuña (en dirección a la gravedad 105). El lado superior de la región de reducción de carga 104b puede, por ejemplo, quedar plano contra la capa de recubrimiento 102. Las vías de transferencia de carga 202 pueden intersectarse en el borde inferior de la región de reducción de carga 104b (también llamada borde de cuña), de modo que el punto de intersección 202s esté ubicado allí.

Cada una de las secciones de transferencia de carga 202 puede cubrir una superficie lateral (por ejemplo, plana) del área de reducción de carga 104b (también conocida como plano de transferencia de carga) con dirección de drenaje 101.

El ancho A del lado superior del área de reducción de carga 104b (también denominada distancia entre apoyos A) corresponde al espaciamiento de los segmentos de apoyo 206 (que descansan sobre el estribo) y, por tanto, al

espaciamiento A de las secciones de transferencia de carga en la capa de recubrimiento 102.

Por razones geométricas, lo que se ha descrito aquí para la profundidad de instalación T se aplica de forma más general por analogía a la distancia entre apoyos A. De forma ilustrativa, una mayor distancia entre apoyos A permite una mayor profundidad de instalación T. Así, el límite inferior del alcance W es la mitad de la distancia entre apoyos A, de modo que el alcance W es superior al 50 % de la distancia entre apoyos A. La extensión L del segmento de apoyo 206 (también conocida como ancho de estribo A) puede tener una dimensión similar, por ejemplo, para distribuir suficientemente la carga que actúa sobre la capa de recubrimiento 102 (lo que puede depender, por ejemplo, de la resistencia a la compresión de la capa base). Cuanto menor es el ancho del estribo A, menor será el requisito de material.

**La Fig.11** ilustra un sistema de drenaje 1100 según varias modalidades en una vista transversal esquemática mirando a lo largo de la dirección de drenaje 101, en la que se muestran varios componentes, incluyendo un apilamiento de capas 102, 104, 1102. El apilamiento de capas 102 puede tener varias capas dispuestas una sobre otra, incluyendo un suelo natural 1102, encima de esta (por ejemplo, apoyado) la capa base no aglomerada 104 (por ejemplo, una capa vertida), y encima de esta (por ejemplo, apoyada) la capa de recubrimiento aglomerada 102. El suelo natural puede formar sección de la capa superior de la corteza terrestre y/o comprender: roca meteorizada, humus, agua y aire. La capa base no aglomerada 104 (por ejemplo, compuesta por arena) puede comprender, por ejemplo, la llamada arena portante 1021 (que, por ejemplo, está compactada), y (por ejemplo, incrustada en la arena portante 1021) el material de relleno 102v (por ejemplo, en forma de relleno de arena). Opcionalmente, el sistema de drenaje 1100 puede incluir uno o más refuerzos 102b (por ejemplo, barras de refuerzo) incrustados en la capa base 104 y/o dispuestos en el paso 702.