

REF: Ts

Int. Cl.: E02D

CONCEDIDA
20 SET. 1977

Nº 443.461

MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

Solicitante: HEILMANN & LITTMANN.

Domicilio: Hörselbergstrasse 3, 8 MUNCHEN 80,
ALEMANIA FEDERAL.-

Enunciado: UN DIQUE DE CONTENCIÓN TERRAPLENADO.

Prioridad: de las solicitudes de patentes alemanas.

P 24 59 691.6 del 17 diciembre 1.974.

P 25 47 717.2 del 24 de octubre 1.975.

**POOR
QUALITY**

1 El invento se refiere a un dique de contención terra-
pleno, con una impermeabilización del subsuelo y una im-
permeabilización del núcleo empalmada a ella, así como a
un procedimiento para la construcción de dicho dique de
5 contención.

En la realización de un dique terraplenado o de un di-
que relleno de piedra se presenta el problema de la manera
de conformar la impermeabilización del dique, siendo sus-
tancial la cuestión de la seguridad con la que los elemen-
10 tos de impermeabilización puedan ser incorporados al dique;
existe asimismo el problema de la unión estanca de la im-
permeabilización del subsuelo con los elementos de impermea-
bilización y, eventualmente, de los elementos de impermea-
bilización entre sí.

15 Los problemas que se presentan vienen condicionados en
especial por el hecho de que, hasta su consolidación, se
pueden producir en el dique asentamientos, movimientos y
agrietamientos considerables. Los órdenes de magnitud de
tales procesos y sus direcciones de movimiento son distin-
20 tos, según la construcción del dique.

Así, por ejemplo, es conocido construir un dique te-
rraplenado o relleno de piedra, dotándole de un material
natural de impermeabilización, por ejemplo, un material
térreo, en el centro del dique o ligeramente inclinado ha-
25 cia el agua. Teniendo en cuenta los materiales correspon-

1 dientes para el núcleo del dique, núcleo que representa
la impermeabilización propiamente dicha, las dimensiones
y las capas filtrantes necesarias para la mecánica del
suelo, este tipo de construcción del dique representa en
5 realidad una estructura en extremo segura, pero en cambio
requiere un gran gasto de trabajo y en principio es oportuna
tan solo para diques de contención muy altos.

Es conocida asimismo la llamada impermeabilización
superficial de un dique de tierra o relleno de piedra, en
10 la que se emplea una capa de recubrimiento impermeable.
Después de levantado o terraplenado el macizo del dique,
y con ayuda de una construcción de empalme en el subsuelo,
se aplica una hoja continua impermeable inclinada desde
la base del dique por el lado del agua, hasta la corona
15 del mismo. Los materiales con que se practican estas impermeabilizaciones
pueden ser placas de hormigón o firmes de hormigón, o bien se puede llevar a cabo la impermeabilización
también a base de hormigón asfáltico con los correspondientes elementos adicionales y un grueso correspondiente.
20 Teniendo en cuenta los materiales precisos con relación a la seguridad contra agrietamiento y a la fuerte dependencia de las oscilaciones de temperatura, así como la magnitud de la carga del agua en estas impermeabilizaciones
inclinadas del dique, se comprueba que la impermeabilización superficial es de aplicación tan solo muy li-
25

1 mitada.

Otra proposición respecto a la impermeabilización de un dique de tierra o relleno de piedra consiste en emplear como núcleo impermeable del dique un núcleo de hormigón asfáltico preparado artificialmente e incorporado en caliente. La forma y manera en que la capa de asfalto vertical o también inclinada puede ser incorporada al dique, dependen del progreso de los trabajos de terraplenado, y son determinantes mientras dura el terraplenado. La unión con el subsuelo se practica mediante una construcción especial.

El núcleo de hormigón asfáltico resulta ventajosa frente a un núcleo natural de impermeabilización cuando se trata de alturas pequeñas a medianas de diques, puesto que los materiales para un núcleo natural de impermeabilización son más sensibles a la intemperie. Ahora bien, el inconveniente estriba en que el núcleo de hormigón asfáltico únicamente puede construirse en un grueso pequeño, de modo que la caída de presión entre aguas arriba y aguas abajo es muy grande, aumentando el peligro de erosión. La incorporación de un núcleo bituminoso lleva no obstante inherentes también otras dificultades, motivadas sobre todo por el hecho de que debido a incorporarse el material bituminoso a una temperatura superior a 160° C, necesaria para esta incorporación, las zonas contiguas del dique se ca-

1 lientan considerablemente, lo que origina tensiones en di-
cho material, debido a la evaporación del agua originada
por el calentamiento. Prácticamente es posible tan solo
material de roca o cascajo como material de contacto. Aho-
5 ra bien, el empleo de material de roca o cascajo en las
proximidades inmediatas del núcleo de hormigón asfálti-
co tiene como consecuencia una capa de drenaje, que no se
corresponde con la estructura que normalmente debe exigir-
se para un dique. Cálculos y ensayos con modelos triaxia-
10 les han demostrado que los núcleos bituminosos deben ser
realizados hasta alturas de 60 m, eventualmente de hasta
80 m. La conformación del núcleo bituminoso en atención a
las propiedades del material es favorable en tanto que la
15 elasticidad de presión del núcleo impermeable se diferen-
cia tan solo poco de la elasticidad de presión del macizo
terraplenado, si bien hay que tener en cuenta al incorpo-
rar un núcleo bituminoso al dique, que todos los asenta-
mientos por los que pasa el dique hasta el terraplenado de
su corona, tienen que ser soportados a la vez por el núcleo
20 bituminoso, debiendo tenerse en cuenta especialmente el
que en las zonas centrales no actúan tan solo fuerzas ver-
ticales, sino también fuerzas de tracción horizontales. A
pesar de que se ha intentado evitar las peligrosas fuerzas
de empuje, siguen no obstante actuando todavía siempre fuer-
25 zas de presión en las direcciones de las tensiones princi-

1 pales, fuerzas que asimismo tienen que ser soportadas por el núcleo bituminoso.

5 El invento se propone crear un dique de contención terraplenado, con una impermeabilización del subsuelo y una impermeabilización del núcleo empalmada a ella, en el que la incorporación de la impermeabilización del núcleo pueda efectuarse de manera económica una vez que esté casi concluido el asentamiento del dique, debiendo ser posible dicha incorporación en forma muy exacta.

10 Asimismo se propone el invento crear un dique de contención terraplenado, en el que tenga lugar una adaptación de la impermeabilización del dique a la deformación restante de éste, de tal modo que no se produzca deterioro de la impermeabilización del dique, en especial de la impermeabilización del núcleo al terminar el asentamiento del dique, sino que la impermeabilización del dique conserve su capacidad funcional.

15 Además se pretende crear con el invento la posibilidad de que la impermeabilización del dique pueda soportar torsiones, sin con ello deteriorarse o resultar permeable de otro modo.

20 Una incorporación económica y muy exacta de una impermeabilización del núcleo en el momento en que haya concluido casi el asentamiento del dique, se consigue conforme al invento si como impermeabilización del núcleo se prevé al

25

1 menos un muro ranurado.

Para adaptación a la deformación restante del dique, el invento prevé que la elasticidad de presión del material del muro ranurado se adapte a la elasticidad de presión del material circundante del dique de contención, para lo cual la elasticidad de presión oscila con preferencia entre aproximadamente 500 y 1000.

Como material para el muro ranurado es apropiado de manera especialmente ventajosa un hormigón de tierra, cuya permeabilidad al agua sea menor que lo que corresponde a una velocidad del agua según Darcy "k" de aproximadamente 10^{-9} m/segundo.

Con objeto de que la impermeabilización del dique pueda soportar torsiones y, eventualmente, cualesquiera otros movimientos del dique, está previsto, conforme al invento, que estén superpuestos al menos dos muros ranurados, unidos entre sí por medio de una construcción de cierre, que soporte de manera tenaz-flexible una torsión relativa del muro ranurado superior frente al inferior. De manera análoga puede también la impermeabilización del subsuelo estar unida con el muro ranurado adosado a ella, por medio de una construcción de cierre que soporte en forma tenaz-flexible una torsión relativa del muro ranurado frente a la impermeabilización del subsuelo.

25 En especial está previsto que por lo menos la zona de

1 directamente por encima de la juntura entre dos muros ranurados, y respectivamente de directamente por encima de la juntura entre un muro ranurado asentado sobre la impermeabilización del subsuelo y dicha impermeabilización, este
5 té cercada con material tenaz-flexible.

Con respecto al material tenaz-flexible se propone que éste sea de una constitución tal, que tenga una resistencia a la presión de unos 2 a 4 kp por cm^2 , que su elasticidad de presión sea inferior a aproximadamente 500, y que
10 su permeabilidad al agua sea menor que lo que corresponde a una velocidad del agua según Darcy "k" de aproximadamente 10^{-3} m/segundo. Estas propiedades pueden conseguirse si, de acuerdo con el invento, el material tenaz-flexible consiste en arena, cemento, un tapaporos -tal como bentonita, polvo de arcilla o polvo de piedra- y unos cuantos tantos por
15 ciento, en especial 1 a 3 tantos por ciento, y con preferencia 2 tantos por ciento en peso de una resina sintética.

Un procedimiento conforme al invento para incorporar un muro ranurado en la construcción de un dique de contención según el invento, está caracterizado por el hecho de
20 que una zona en forma de pozo en el terraplenado del dique de contención, en la que ha de conformarse el muro ranurado, se rellena con una suspensión, y porque después se incorpora el material del muro ranurado (hormigón de tierra)
25 en la zona extrema inferior de la suspensión, con lo que

1 ésta es desplazada de la zona de forma de pozo progresiva-
mente desde abajo hacia arriba, siendo reemplazada por la
pasta de cemento.

5 Con objeto de que no quede suspensión en la zona in-
ferior del muro ranurado y debilite a éste, la suspensión
desplazada es evacuada, de acuerdo con un perfeccionamien-
to del procedimiento según el invento, a través de un tu-
bo colector perforado para la suspensión, que se dispone
en la zona del extremo inferior de un muro ranurado a in-
10 corporar, a lo largo de éste, y que después puede permane-
cer en el muro ranurado terminado, para cuyo fin se llena
con pasta de cemento.

15 Un procedimiento para cercar la juntura entre dos mu-
ros ranurados con material tenaz-flexible en la construc-
ción de un dique de contención conforme al invento, está
caracterizado de acuerdo con el invento por el hecho de que
a ambos lados del extremo superior del muro ranurado in-
ferior a introducir en una sección inferior del dique de
contención, se erigen a cierta distancia de dicho muro ra-
20 nurado paredes de regularización que llegan hasta la altura
del borde superior de la sección inferior del dique de con-
tención; porque en estas paredes de regularización se dis-
ponen de manera soltable encofrados colgantes para limitar
las zonas superiores de los lados del muro ranurado infe-
25 rior; porque el muro ranurado inferior se introduce hasta

1 la altura del borde superior de la sección inferior del
dique de contención; porque se retiran los encofrados
colgantes una vez que se ha endurecido el muro ranurado
inferior; porque los espacios así producidos entre las
5 paredes de regularización y el extremo superior del mu-
ro ranurado inferior se rellenan con el material tenaz-fle-
xible; porque se levantan paredes de cubeta partientes de
los bordes exteriores superiores de las paredes de regu-
lación y rellenas por detrás, divergentes entre sí hacia
10 arriba; porque la cubeta limitada por las paredes de cu-
beta se rellena con material tenaz-flexible; porque se
terraplena la siguiente sección superior del dique de con-
tención, y porque entonces se introduce en la sección su-
perior del dique de contención un muro ranurado y, extra-
15 yendo parcialmente el material tenaz-flexible existente
por encima del muro ranurado inferior, se deposita en la
cubeta sobre el borde superior del muro ranurado inferior.

Finalmente se propone con el invento un procedimiento
para cercar el extremo inferior de un muro ranurado supe-
20 rior con material tenaz-flexible al construirse un dique
de contención conforme al invento, por encima de la juntura
entre dos muros ranurados, procedimiento que está ca-
racterizado por el hecho de que a ambos lados del extremo
superior del muro ranurado inferior a introducir en una
25 sección inferior del dique de contención, y a cierta dis-

1 tancia de dicho muro ranurado, se levantan paredes de re-
regularización que llegan hasta la altura del borde superior
de la sección inferior del dique de contención; porque en
5 estas paredes de regularización se disponen de manera sol-
table encofrados colgantes, destinados a limitar las zonas
superiores de los lados del muro ranurado inferior; porque
el muro ranurado inferior se introduce hasta la altura del
borde superior de la sección inferior del dique de contención;
porque se retiran los encofrados colgantes; porque
10 los espacios producidos de este modo entre las paredes de
regularización y el extremo superior del muro ranurado in-
ferior se rellena con material de muro ranurado a efectos
de ensanchar el extremo superior del muro ranurado infe-
rior; porque se levantan paredes de cubeta partientes de
15 los bordes exteriores superiores de las paredes de regula-
rización, rellenas por detrás y divergentes entre sí hacia
arriba; porque la cubeta limitada por las paredes de cubeta
se rellena con material tenaz-flexible; porque la siguien-
te sección superior del dique de contención se terraplena,
20 y porque entonces se introduce en la sección superior del
dique de contención un muro ranurado y, sacando parte del
material tenaz-flexible existente por encima del muro ra-
nurado inferior, se monta en la cubeta sobre el borde su-
perior del muro ranurado inferior.

25 De acuerdo con el invento se pueden insertar los mu-

1 ros ranurados en cuanto ha terminado sustancialmente -prac-
ticamente hasta más de 90°, el asiento de la sección del
dique de contención en la que han de ser insertados.

5 En general se crea por lo tanto con el invento un di-
que de contención, que siendo de construcción económica,
posee una impermeabilización muy exacta y que aguanta movi-
mientos del dique sin deteriorarse y hacerse permeable.

10 Se ha descubierto asimismo que el muro ranurado de
este dique de contención terraplenado puede construirse de
manera especialmente ventajosa de modo que soporte deforma-
ciones relativamente pronunciadas sin agrietarse, si para
ello el muro ranurado contiene de acuerdo con el invento
hormigón de tierra, o bien consiste en dicho hormigón.

15 Es especialmente ventajoso prever un velo de filtro
entre el muro ranurado y el elemento de apoyo del lado del aire.

20 En efecto, se obtiene entonces un muro ranurado a
prueba de erosiones, en el que una vez producidas grietas,
no se producen ya otros deterioros en el muro, sino que,
por el contrario, estas grietas vuelven a sanar por sí
solas.

25 En una forma preferente de realización, el velo de
filtro presenta un fieltro filtrante en cuyas dos caras es-
tá prendido con agujas o aplicado de cualquier otro modo
un material de plástico de fibra basta y áspero.

 Con ello se consigue sobre todo una buena unión, tan-

1 to con el hormigón de tierra, como también con el material
térreo, sin que se obstruyan los poros del velo de filtro.

5 El fieltro de filtro puede consistir, por ejemplo, en
poliamida y/o poliéster, o bien contener uno o los dos ma-
teriales.

10 Los velos de filtro, de los que se asigna por lo me-
nos uno a cada sección de muro ranurado, están dispuestos
preferentemente de manera solapada en la zona de la jun-
tura entre dos secciones de muros ranurados. En la zona de
solapadura de los velos de filtro se puede prever al mis-
mo tiempo una cavidad de sección transversal triangular,
en calidad de ranura de empalme entre los velos de filtro.

15 Una buena unión entre las diversas secciones de muro
ranurado resulta cuando dichas secciones, que en su tota-
lidad forman el muro ranurado, están unidas entre sí por
sus juntas mediante zonas de hormigón de tierra que encajan
unas en otras.

20 El hormigón de tierra consiste preferentemente, apar-
te de su parte líquida, en 7,5 a 12,5 % en peso de polvo
de arcilla seca, 3,75 a 6,25 % en peso de cemento, con are-
na como resto y eventualmente algo de plástico.

25 El extremo inferior del muro ranurado puede estar uni-
do con el firme, en especial una galería de inspección de
hormigón, conformada por arriba a manera de cubeta, un muro
de separación u otro muro de fanglomerado, a través de una

1 construcción de cierre consistente en material tenaz-fle-
xible, o a través de un elemento de hormigón de tierra
mezclado con bentonita o con una adición de plástico, o
bien con ambas cosas. Este hormigón de tierra consiste a
5 este respecto, aparte de su contenido de líquido, prefe-
rentemente en 7,5 a 12,5 % en peso de polvo de arcilla
seca, 3,75 a 6,25 % en peso de cemento, 1,5 a 2,5 % en
peso de bentonita, con arena como resto y eventualmente
alguna parte de plástico.

10 Un procedimiento para construir un dique de conten-
ción terraplenado del tipo mencionado anteriormente, es-
tá caracterizado por el hecho de que el muro ranurado es-
tá constituido por varias secciones sueltas de muro ranu-
rado, para lo cual después de cada carga se extrae en seco
15 una ranura de esta carga, que llega hasta el empalme con
el firme o hasta la sección inferior siguiente de muro ra-
nurado, rellenándose esta ranura con hormigón de tierra.
Es conveniente que el extremo superior de la sección de
muro ranurado sobre la que ha de levantarse la sección si-
20 guiente de muro ranurado, se dote, al excavar la ranura,
de estrías, surcos u otra clase cualquiera de depresiones,
antes de ser introducido el hormigón de tierra.

25 Antes de introducirse el hormigón de tierra, se dis-
pone preferentemente un velo de filtro a lo largo de la
pared de la ranura formada por el elemento ranurado del la-

1 do del aire. A este particular se puede proceder especial-
mente de modo que el extremo superior de la pared en la
que se disponga el velo de filtro esté achaflanado hacia
fuera, y disponer el velo de filtro de modo que sobresal-
5 ga un trecho del chaflán, a lo largo del fondo del último
terraplenado.

Para una buena unión entre los diversos velos de fil-
tro es especialmente ventajoso que el procedimiento sea
puesto en práctica de modo que un elemento desplazador de
10 sección transversal de forma triangular sea dispuesto en el
extremo superior de la ranura comprendida entre el velo de
filtro y el hormigón de tierra, o bien que se cree la es-
cotadura triangular mediante corte; que este elemento des-
plazador sea sustituido por arena o gravilla después de en-
15 durecido el hormigón de tierra, expulsándose dicha arena o
gravilla con aire comprimido después de practicada la ra-
nura siguiente hacia arriba; y que a lo largo de la pared
formada por el elemento de apoyo del lado del aire se dis-
ponga otro velo de filtro de tal modo que su extremo infe-
20 rior solape el extremo superior del velo de filtro perte-
neciente a la sección precedente de muro ranurado.

El hormigón de tierra mencionado anteriormente tiene
la ventaja de obtenerse a partir de materiales que están
dotados de propiedades similares a las del material de te-
25 rraplenado del dique, es decir, que los módulos de rigidez

1 son de aproximadamente el mismo orden de magnitud, lo que
es en extremo ventajoso.

5 El invento será explicado a continuación con más detalle a base de algunos ejemplos de realización especialmente preferentes y con referencia a las figuras del dibujo, mostrando:

10 La fig. 1, una sección transversal a través de un dique de contención conforme al invento, que está dotado de dos muros ranurados superpuestos que se extienden a través del dique de contención en sí, mientras que en el subsuelo puede estar previsto asimismo un muro ranurado, que ha sido señalado mediante líneas de trazos, dependiendo de la naturaleza del subsuelo el que este último muro ranurado sea necesario o no;

15 la fig. 2, una sección a través de una zona en que deberá producirse el extremo superior de un muro ranurado, con los encofrados correspondientes;

20 la fig. 3, una junta entre dos muros ranurados de acuerdo con una forma de realización preferente del invento, en sección;

la fig. 4, una sección a lo largo de la línea A-A de la fig. 2, en vista desde arriba;

25 la fig. 5, una sección a través de una junta entre dos muros ranurados, con otra forma de realización de una impermeabilización conforme al invento entre los muros ra-

1 nurados, y

la fig. 6, una vista parcialmente en sección de una zona en la que ha de ser conformado el extremo inferior de un muro ranurado;

5 la fig. 7, una sección transversal a través de un dique de contención terraplenado conforme al invento, con un muro ranurado en seco;

la fig. 8, una vista parcial de la fig. 1 a escala ampliada con respecto a dicha figura, que ilustra dos secciones de muro ranurado del muro ranurado en seco, y su unión una con otra;

10

la fig. 9, una vista ampliada con respecto a la fig. 2 de la disposición de un velo entre el hormigón de tierra en que consisten las secciones de muro ranurado, y el material térreo del elemento de apoyo del lado del aire del dique de contención;

15

las figs. 10a a 10d varias fases sucesivas del establecimiento de una unión entre dos secciones de muro ranurado superpuestas en el muro ranurado en seco ya terminado;

20 la fig. 11, una sección transversal a través de un elemento desplazador en forma de cuña de madera, tal como se emplea en el establecimiento de una unión de dos secciones de muro ranurado, y

25 la fig. 12, un dispositivo para limpiar con aire comprimido una hendidura de tierra en la que ha de ser intro-

1 ducida una sección de muro ranurado en seco.

5 En la fig. 1 se ilustra una sección transversal a través de un dique de contención 1 terraplenado, que está dotado de dos muros ranurados superpuestos, a saber, un muro ranurado inferior 2 y un muro ranurado superior 3, que forman la impermeabilización del núcleo del dique de contención 1. La altura de cada uno de los dos muros ranurados 2 y 3 es en las formas preferentes de realización en cada caso menor o igual a 30 m.

10 Además de esta impermeabilización del núcleo puede estar previsto asimismo un muro ranurado 4 como impermeabilización del subsuelo, muro que sigue al muro ranurado inferior 2 y que se encuentra en el subsuelo, es decir, en la zona del terreno sobre el que está amontonado el material de terraplenado que forma el dique de contención 1. El si tal muro de contención 4 es necesario en el subsuelo, depende de la naturaleza del subsuelo. Así, por ejemplo, si el subsuelo es muy sólido y firme, ya el subsuelo en sí forma una suficiente impermeabilización del subsuelo, de modo que en este caso no es preciso introducir un muro ranurado en el subsuelo, por lo que el muro ranurado 4 ha sido también indicado en la fig. 1 tan solo mediante líneas de trazos.

20
25 Los dos muros ranurados 2 y 3 superpuestos están unidos entre sí mediante una construcción de cierre 5. Asi-

1 mismo está el muro ranurado 2 unido por su lado inferior,
a través de una construcción de cierre 6, con la impermea-
bilización del subsuelo, por ejemplo, con el muro ranurado
4. Esta construcción de cierre está conformada de manera
5 que soporta en forma tenaz-flexible una torsión relativa
entre las dos partes unidas entre sí. La construcción de
cierre 5 soporta por consiguiente de manera tenaz-flexible
una torsión relativa del muro ranurado superior 3 con rela-
ción al muro ranurado inferior 2, mientras que la cons-
10 trucción de cierre 6 aguanta de manera tenaz-flexible una
torsión relativa del muro ranurado 2 con respecto a la im-
permeabilización del subsuelo.

Ejemplos de realización de tales construcciones de
cierre han sido representados en principio en las figs. 3
15 y 5.

En la construcción de cierre conforme a la fig. 3,
la junta 7 entre el muro ranurado inferior 2 y el muro
ranurado superior 3 está cercada lateralmente por un ma-
terial tenaz-flexible, material que en el ejemplo de rea-
20 lización conforme a la fig. 3 ocupa los espacios 8 y 9 que
se extienden entre en cada caso una de las paredes latera-
les del muro ranurado inferior 2 en la zona extrema supe-
rior de dicho muro ranurado, por un lado, y sendas pare-
des de regularización 10 y 11. Las paredes laterales 10 y
25 11 están dispuestas en cada caso a cierta distancia de la

1 correspondiente superficie lateral del muro ranurado, pa-
ralelamente, con respecto a ella, de modo que dichos espa-
cios 8 y 9 son en este ejemplo de realización de forma de
paralelepípedo.

5 La separación "d" entre la superficie lateral del mu-
ro ranurado 2 y la superficie lateral vuelta hacia ella de
la pared de regularización 11, es con preferencia a lo su-
mo igual al 1 % de la magnitud de la altura del muro ranu-
rado situado encima, mientras que la altura "h" de los es-
10 pacios 8 y 9, que se extienden desde el borde superior del
muro ranurado inferior 2 hacia abajo, es preferentemente
igual a 4 a 5 % de la magnitud de la altura del muro ranu-
rado situado encima. Las paredes de regularización 10 y 11
discurren con preferencia en forma de cuña desde abajo ha-
15 cia arriba, siendo su grueso mínimo "d₁" aproximadamente
igual al grueso "d", mientras que su grueso máximo "d₂" es
preferentemente igual aproximadamente a 1,5 veces el grue-
so "d₁". Así, por ejemplo, si el tramo de muro ranurado
situado sobre el muro ranurado 2 tiene una altura de 20 m,
20 entonces el grueso "d" de los espacios 8 y 9 es de aproxi-
madamente 0,20 m, mientras que la altura "h" de dichos es-
pacios se elige de aproximadamente 1,20 m hasta 1,40 m. Ade-
más se elige en este caso preferentemente el grueso mínimo
"d₁" de la pared de regularización como de 0,20 m, y el
25 grueso máximo "d₂" de la pared de regularización, como de

1 0,30 m.

El material tenaz-flexible llena además los espacios 12 y 13 de una cubeta, estando el resto de la cubeta ocupado por la parte inferior del muro ranurado superior 3.

5 Los espacios 12 y 13 se extienden cada uno a lo largo de un lado de la zona inferior del muro ranurado superior 3, simétricamente con respecto a éste. Las paredes laterales de la cubeta y, por consiguiente, las paredes laterales de los espacios 12 y 13 opuestas al muro ranurado superior 3, consisten en el terraplenado 14, que está reforzado o compactado mediante hormigón proyectado. La altura H de la cubeta, que se extiende hacia arriba a partir de la junta 10 entre los dos muros ranurados 2 y 3 y respectivamente desde el borde inferior del muro ranurado 3, asciende con preferencia a aproximadamente 3 % de la altura del muro ranurado superior 3, mientras que el ángulo α comprendido 15 entre la horizontal y las superficies laterales de la cubeta se elige preferentemente de 60° . El extremo inferior de estas superficies laterales de la cubeta puede encontrarse 20 en la zona del borde exterior de la correspondiente pared de regularización 10, 11, si bien pueden estar previstos redondeamientos 16, 17 que han sido señalados mediante líneas de trazos en la fig. 3, y que aseguran una transición sin aristas y respectivamente lisa entre las paredes de la 25 cubeta y las superficies frontales superiores de las pare-

1 des de regularización 10, 11. En un ejemplo preferente de
realización, en el que la altura de los muros ranurados
asciende a 20 m, es la altura H de la cubeta de aproxima-
5 damente 0,60 m, mientras que el grueso D del espacio com-
prendido entre el borde inferior de cada pared de la cube-
ta y la correspondiente superficie lateral del muro ranu-
rado superior es de 0,40 m.

Tal como se aprecia en la fig. 3 del dibujo, el espa-
cio 9 hace directamente transición en el espacio 12, y el
10 espacio 8 desemboca directamente en el espacio 13.

Otro ejemplo de realización preferente de una cons-
trucción de cierre ha sido mostrado en sección en la fig. 5.
Este ejemplo de realización se diferencia de la forma de
realización conforme a la fig. 3, sobre todo por el hecho
15 de que aquí únicamente la zona de inmediatamente por encima
de la junta 7 entre el muro ranurado inferior 2 y el muro
ranurado superior 3 está cercada por material tenaz-flexi-
ble. El material tenaz-flexible se encuentra para este fin
en los espacios 18 y 19, que forman parte del espacio de
20 una cubeta, cuyo resto está ocupado por la parte inferior
del muro ranurado 3. Las paredes laterales de la cubeta es-
tán formadas por sendas ramas de sendas piezas moldeadas de
hormigón 15, de forma aproximadamente de V, y cuyas otras
ramas se apoyan contra sendas paredes laterales de un en-
25 grosamiento 20 de forma de paralelepípedo del extremo su-

1 perior del muro ranurado inferior 2.

 Con respecto a los ejemplos de realización de las
 figs. 3 y 5 hay que fijar en general que aquí la zona de
 inmediatamente por encima de la junta 7 entre los dos mu-
5 ros ranurados 2, 3 está cercada por material tenaz-flexi-
 ble. En una construcción de cierre conformada siguiendo
 las directrices de estos ejemplos de realización entre
 una impermeabilización del subsuelo y un muro ranurado
 asentado sobre ella, está al menos la juntura entre la
10 impermeabilización del subsuelo y el muro ranurado asen-
 tado encima de ella cercada de manera correspondiente por
 material tenaz-flexible.

 En particular se halla la elasticidad de presión del
 material de los muros ranurados adaptada a la elasticidad
15 de presión del material del dique de contención que los
 circunda. La elasticidad de presión oscila por lo tanto
 preferentemente entre aproximadamente 500 y aproximadamen-
 te 1000.

 El material de los muros ranurados puede consistir
20 además en un hormigón de tierra, cuya permeabilidad al
 agua sea menor que la que corresponde a una velocidad del
 agua según Darcy "k" de aproximadamente 10^{-9} m/segundo.

 En cuanto al material tenaz-flexible es de observar
 que está dotado preferentemente de una resistencia a la
25 presión de aproximadamente 2 hasta aproximadamente 4 kp/cm^2 ,

1 y que su elasticidad de presión es inferior a aproximada-
mente 500; asimismo es la permeabilidad al agua del material
tenaz-flexible con preferencia menor que la que correspon-
de a una velocidad del agua según Darcy "k" de aproximada-
5 mente 10^{-3} m/segundo.

El material tenaz-flexible puede consistir en arena,
cemento, un tapaporos como, por ejemplo betonita, polvo de
arcilla o polvo de piedra, y unos cuantos tantos por cien-
to en peso de una resina sintética. En especial puede la
10 parte de resina sintética ascender a 1 a 3 % en peso, con
preferencia a 2 % en peso. Un ejemplo de una composición
especial de material tenaz-flexible se indica seguidamente:

15	Resina sintética:	hasta 2 %
	Betonita:	3 a 5 %
	Cemento:	15 %
	Arena:	80 %.

Otro ejemplo de realización de material tenaz-flexi-
ble tiene la composición siguiente:

20	Resina sintética:	hasta 2 %
	Polvo de arcilla y/o	
	polvo de piedra:	10 - 15 %
	Cemento:	15 %
	Arena:	75 - 68 %.

Finalmente es de mencionar, con respecto al material de
25 terraplenado del dique de contención, que en la zona en que

1 han de ser introducidos los muros ranurados, y en los ca-
sos en que se emplea una suspensión de muro ranurado, tal
como se explica más abajo con más detalle, está constitui-
do por un material practicamente impermeable para la sus-
5 pensión de muro ranurado. Tal material es, por ejemplo,
una arena movediza mezclada con material excavable de are-
na, gravilla o cascajo. Este material debe tener una per-
meabilidad al agua menor que la que corresponde a una ve-
locidad del agua según Darcy "k" de aproximadamente 10^{-5}
10 m/segundo.

Un procedimiento para cercar con material tenaz-fle-
xible la juntura entre dos muros ranurados, así como para
cercar con material tenaz-flexible el extremo inferior de
un muro ranurado por encima de la juntura entre dos muros
15 ranurados al construirse un dique de contención, será ex-
plicado a continuación con referencia a las figs. 2 y 4:

Una vez formado un espacio 20 a manera de pozo, sus-
tancialmente de forma de paralelepípedo, en el que ha de
ser levantado un muro ranurado inferior 2 y que en su zo-
na superior está ensanchado hacia los lados, se erigen las
20 paredes de regularización 10, 11 más arriba mencionadas, a
saber, de modo que sus superficies laterales vueltas hacia
el espacio 20 se encuentren a cierta distancia de los pun-
tos en que se deben producir las superficies laterales del
25 muro ranurado inferior 2. Estas paredes de regularización

1 10, 11 se extienden a partir de la altura del borde superior OK de la sección del dique de contención asignada al muro ranurado inferior 2, en una altura "h" predeterminada hacia abajo.

5 Para limitar las zonas superiores de los lados 21 y 22 (véase la fig. 3) del muro ranurado inferior 2, se aplican en las paredes de regularización 10, 11 encofrados colgantes 23, 24 soltables, que consisten, por ejemplo, en madera de bongossi y que, mediante un dispositivo apropiado, están colgados del extremo superior de cada una de las
10 paredes de regularización 10, 11.

Dos ejemplos de realización de dispositivos de suspensión para los encofrados colgantes 23, 24, han sido representados con más detalle en la fig. 4, vistos desde
15 arriba:

Una de las formas de realización, mostrada en la parte superior de la fig. 4, comprende un perfil 25 de forma de L, que asienta en el lado de la pared de regularización 10 ó respectivamente 11 opuesto al muro ranurado que ha de ser levantado, y un perfil 26 de forma de U, que discurre
20 a lo largo del lado de la pared de regularización 10 ó respectivamente 11 vuelto hacia el muro ranurado que ha de ser levantado. A lo largo del perfil 26 de forma de U, y mediante uniones por tornillo, están fijadas las diversas
25 tablas del encofrado colgante 23. Están previstos natural-

1 mente varios dispositivos de aplicación para el encofrado
colgante, consistentes en un perfil 25 de forma de L, un
perfil 26 de forma de U y un perfil 27 de forma de L, y
5 distanciados unos de otros, con el fin de asegurar la se-
paración deseada entre el encofrado colgante y la corres-
pondiente pared de regularización 10 y respectivamente 11.
Esta separación " d_3 " es igual al grueso " d " (véase la fig.
3) de los espacios 8 y respectivamente 9, en los que más
tarde ha de ser introducido el material tenaz-flexible
10 (descontado el grueso " d_4 " de las tablas del encofrado),
es decir, $d_3 = d - d_4$.

Otro ejemplo de realización de un dispositivo de apli-
cación para los encofrados colgantes 23 y 24 ha sido mostra-
do en la parte inferior de la fig. 4. Al igual que en el
15 dispositivo de aplicación conforme a la parte superior de
la fig. 4, también aquí está previsto entre la correspondien-
te pared de regularización 10 u 11 y el encofrado colgante
24 ó respectivamente 23 un perfil 26 de forma de U, en el
que están fijadas mediante uniones a tornillo 28 las diver-
20 sas tablas del encofrado colgante. En cambio ha sido sus-
tituido el perfil 25 de forma de L por una viga de madera
29, que se extiende a lo largo de la zona superior del la-
do exterior de la pared de regularización, de manera aná-
loga al perfil 25 de forma de L. Esta viga de madera 29 es-
25 tá unida mediante una lazada de alambre de acero 30, que

1 abraza el extremo superior de la viga de madera 29 y el
extremo superior del perfil 26 de forma de U, con este úl-
timo. Tal como puede verse, también este dispositivo de
aplicación, tal como ha sido mostrado en la parte infe-
5 rior de la fig. 4, al igual que a su vez el dispositivo
de aplicación conforme a la parte superior de la fig. 4,
pueden ser retirados fácilmente de nuevo, junto con las ta-
blas del encofrado colgante 23, 24, una vez que tales en-
cofrados han cumplido su misión.

10 Una vez que han sido colocados los encofrados colgan-
tes, se introduce el muro ranurado inferior hasta la altu-
ra del borde superior OK de la sección inferior del dique
de contención, a saber, con preferencia de la manera y modo
que será explicado más abajo con más detalle a base de la
15 fig. 6. Cuando se ha endurecido el muro ranurado inferior
2, se retiran los encofrados colgantes 23 y 24, junto con
sus dispositivos de aplicación, y los espacios 8, 9 resul-
tantes de ello (fig. 3) se rellenan con material tenaz-fle-
xible.

20 Seguidamente se levantan las paredes de cuba 31 y 32
mediante el terraplenado correspondiente y su solidifica-
ción oportuna en la zona de dichas paredes 31, 32, lo que
se efectúa, por ejemplo, mediante hormigón proyectado. A
continuación se llena con material tenaz-flexible la cuba
25 limitada por las paredes 31, 32 (véase la fig. 3) y que

1 comprende los espacios 12 y 13, así como el espacio que
más tarde es ocupado por la parte inferior del muro ranu-
rado superior 3, a construir ulteriormente.

5 Seguidamente se terraplena la sección superior si-
guiente del dique de contención, y en esta sección supe-
rior del dique de contención se introduce entonces el mu-
ro ranurado superior 3, a saber, sacando parte del mate-
rial tenaz-flexible existente en la cuba por encima del
muro ranurado inferior 2, de modo que el muro ranurado su-
10 perior 3 asiente con su canto inferior sobre el canto su-
perior del muro ranurado inferior 2.

Un procedimiento por el que únicamente se cerca con
material tenaz-flexible el extremo inferior de un muro ra-
nurado superior 3 por encima de la junta 7 entre dos mu-
15 ros ranurados 2, 3, y por el que se puede producir una
construcción de cierre del tipo representado en la fig. 5,
transcurre de manera similar al procedimiento explicado
anteriormente, pero con las variantes siguientes:

20 Después de retirados los encofrados colgantes, no se
llenian los espacios 8, 9 resultantes con material tenaz-
flexible, sino con el material de los muros ranurados, de
modo que con ello se ensancha el extremo superior del mu-
ro ranurado inferior 2, o sea, que el muro ranurado infe-
rior 2 se ensancha a ambos lados de su extremo superior, o
25 sea, en la zona representada en 20 en la fig. 5, en la mag-

1 nititud del grueso "d".

El procedimiento puede por lo demás ser proseguido entonces de la manera descrita más arriba, si bien para llegar al ejemplo de realización conforme a la fig. 5 se debe proceder, por ejemplo, de la manera siguiente:

5 Se emplean paredes de regularización 10, 11 en las que están previstas varillas de armadura que se extienden a lo largo de la altura de las paredes de regularización o a lo largo de parte de dicha altura, o sea, en dirección vertical en las figs. 2 y 3, y que sobresalen en un cierto largo por encima del borde superior de las paredes de regularización, pudiendo asimismo ser dobladas hacia los lados. Una vez que los espacios 8, 9 han sido llenados con hormigón, las barras de armadura posiblemente previstas y sobresalientes del borde superior de las paredes de regularización se doblan en un ángulo de, por ejemplo, 10 30° en la dirección partiente en sentido perpendicular de los lados 21, 22 de la pared de regularización 2, y el espacio comprendido entre las varillas de armadura se rellena con hormigón, empleando para ello encofrados apropiados caso de no utilizarse hormigón proyectado, de modo que se producen las ramas superiores de las piezas listas 15 de hormigón, de forma de V y cuya rama inferior la representan las paredes de regularización 10, 11. Las mencionadas ramas superiores forman una cubeta, cuyo fondo está 25

1 formada por el canto superior del muro ranurado inferior
2 y los cantos superiores de las partes engrosadas, re-
presentadas en 20. En esta cubeta se vierte entonces el
material tenaz-flexible, y por lo demás se conforma se-
5 guidamente el muro ranurado superior 3 de la manera des-
crita más arriba, adosándose al muro ranurado inferior 2.

A base de la fig. 6 se describe finalmente todavía
un procedimiento preferente para la introducción de un mu-
ro ranurado en un dique de contención terraplenado, em-
10 pleando para ello un líquido de suspensión:

En la fig. 6 ha sido representada la zona en que se
debe producir el extremo inferior de un muro ranurado. Es-
ta zona es al mismo tiempo el extremo inferior de una zo-
na en forma de pozo conformada en el dique de contención
15 terraplenado, en la que se ha de producir todo el muro ra-
nurado y que, por consiguiente, es sustancialmente una ca-
vidad de la forma del muro ranurado que ha de ser conforma-
do.

Esta zona 39 de forma de pozo en el terraplenado 14
20 del dique se llena con un líquido de suspensión, y después
se introduce el material del muro ranurado (hormigón plás-
tico de tierra), a saber, de modo que con este material se
expulsa la suspensión de la zona 39 de forma de pozo, de
25 manera progresiva desde abajo hacia arriba, sustituyéndola
por dicho material.

1 Para que no quede entonces líquido de suspensión en la
parte inferior de la zona 39 de forma de pozo, parte en
que es especialmente grande el peligro de que quede lí-
quido de suspensión y, con ello, de debilitación del mu-
5 ro ranurado, se evacua el líquido de suspensión expulsa-
do a través de un tubo colector de suspensión 33, perfo-
rado con agujeros 38. Este tubo colector de suspensión 33
se dispone en la zona inferior del extremo inferior del
muro ranurado que ha de ser introducido, a lo largo de di-
10 cha zona, o sea, en la parte inferior de la zona 39 de
forma de pozo, a lo largo de su sentido longitudinal.

Para poder evacuar el líquido de suspensión que, al
introducirse la pasta de cemento, se acumula en el tubo
acumulador de suspensión en la zona que lo circunda, es-
15 tán acoplados tubos o mangueras 34 y 35 a los dos extre-
mos del tubo 33 acumulador de suspensión. Estos tubos o
mangueras 34 y 35 conducen hacia arriba. En la zona cen-
tral del tubo acumulador de suspensión desemboca además
un tubo o una manguera correspondiente 36 que conduce de
20 arriba a abajo, y cuya finalidad será explicada más aba-
jo con más detalle.

El tubo o manguera 30 está circundado por un tubo
bifurcado 37, a través del cual se carga el material del
muro ranurado (hormigón plástico de tierra).

25 Una vez que ha sido cargado el material del muro ra-

1 nurado (hormigón plástico de tierra) y que el tubo bifur-
cado ha sido alzado progresivamente, se inyecta entonces
también a través del tubo o manga 36 pasta de cemento,
por la que es expulsado el líquido de suspensión en el tu-
5 bo colector de suspensión 33. Como este líquido de suspen-
sión no puede escapar ya a través de los agujeros 38,
puesto que éstos han sido obturados ya por la pasta de ce-
mento, asciende el líquido de suspensión en los tubos o
mangas 34 y 35, siendo poco a poco sustituido totalmente
10 por la pasta de cemento.

Los tubos o mangueras 34, 35, o bien pueden ser saca-
dos, o bien pueden permanecer en el hormigón, mientras que
el tubo colector de suspensión 33 si permanece en el hor-
migón, reforzándolo en cierto modo en la zona del canto
15 inferior del muro ranurado formado.

En el ejemplo de realización representado en sección
transversal en la fig. 7, que muestra un dique de conten-
ción terraplenado con un muro ranurado en seco 100, este
último comprende un cierto número de secciones 101 de mu-
20 ro ranurado superpuestas, que discurren verticalmente y
que en cada caso están corridas entre sí en la horizontal
en una magnitud predeterminada; ahora bien, las diversas
secciones 101 de muro ranurado pueden estar también super-
puestas directamente en sentido vertical, es decir, sin
25 corrimiento recíproco en sentido horizontal.

1 El dique de contención terraplenado conforme a la
fig. 7 presenta asimismo, en el lado del muro ranurado
en seco 100 vuelto hacia el agua, un cuerpo de apoyo 102
del lado del agua, y en el lado del muro ranurado en se-
5 co 101 vuelto hacia tierra, un cuerpo de apoyo 103 del
lado del aire. Hacia fuera siguen a ambos cuerpos de apo-
yo sendas capas de roca o piedra 104 y respectivamente
105, que por el lado del agua está terminada por un ase-
guramiento de talud 106 a base de piedras asentadas, mien-
10 tras que por el lado de tierra presenta una cubierta de
mantillo 107. El punto extremo superior del dique de con-
tención puede estar aplanado, tal como muestra la fig. 7,
y estar conformado al menos en parte como camino 108, que
se suele denominar también "camino de la corona del dique".

15 El dique de contención está terraplenado sobre el
terreno 109, existiendo entre el terreno y el material de
relleno de baja calidad, hendible y no compacto, en el que
consisten, tanto el cuerpo de apoyo 102 del lado del agua,
como también el cuerpo de apoyo 103 del lado del aire, to-
20 davía una capa intermedia 110 de gravilla, cascajo u otro
material de grano basto, si bien dicha capa intermedia
110 no se halla prevista en la zona del extremo inferior
del muro ranurado en seco 100, sino que allí se encuentra
una galería de control 111 consistente en hormigón y exca-
25 vada parcialmente en el terreno 109, que en su interior

1 posee un paso 112 para personas, con objeto de inspeccionar el dique de contención. El techo de la galería de control 111 está conformado de tal modo que presenta dos canales paralelos en la dirección longitudinal del dique de contención, estando insertado en uno de estos dos canales, a saber, en el canal 113 vuelto hacia el cuerpo de apoyo 102 del lado del agua, el extremo inferior de la sección 101 extrema inferior de muro ranurado, y estando previsto para la unión entre este extremo inferior y el canal 113 material 114 tenaz-flexible, que se extiende en la zona del canal 113 y hacia arriba un poco por encima del canal. Este material 114 tenaz-flexible forma una unión en arrastre de forma entre el extremo inferior de la sección 101 extrema inferior de muro ranurado y el fondo, así como las paredes laterales del canal 113. En el canal 114 paralelo está previsto un filtro 115 a base de gravilla, cascajo, material de grano basto o similares.

La unión entre el extremo inferior de la sección 101 extrema inferior de muro ranurado y la galería de control 111, que también puede ser un muro de separación u otro muro ranurado, puede estar conformada también, tal como muestra la fig. 8, mediante una carga de hormigón de tierra 116 que llena el canal 113, sumergiéndose en esta carga de hormigón de tierra 116 el extremo inferior de la sección 101 extrema inferior de muro ranurado hasta una

1 profundidad predeterminada, por ejemplo, hasta un tercio
de la profundidad del canal 113. El hormigón de tierra
del que consiste la carga 116, se diferencia del hormi-
gón de tierra del que están construidas las secciones 101
5 de muro ranurado, por una adición de betonita.

El hormigón de tierra con el que están construidas
las secciones 101 de muro ranurado tiene en especial la
siguiente composición preferente:

- 85 % en peso de arena
- 10 % en peso de polvo de arcilla seca
- 5 % en peso de cemento,

mientras que, una composición preferente del hormigón de
tierra para el cuerpo 116 de hormigón de tierra, es la si-
guiente:

- 15 83 % en peso de arena
- 10 % en peso de polvo de arcilla seca
- 5 % en peso de cemento
- 2 % en peso de betonita.

20 Las partes de cada caso de polvo de arcilla seca, ce-
mento y betonita pueden variar dentro de una gama de $\pm 25\%$
con relación a las composiciones de más arriba, siendo en-
tonces el resto en cada caso arena. Esto significa que la
composición para el hormigón de tierra de las secciones
101 de muro ranurado puede estar comprendida con preferen-
25 cia entre los límites siguientes:

1 7,5 - 12,5 % en peso de polvo de arcilla seca

 3,75 - 6,25 % en peso de cemento

 resto : arena

 eventualmente aditamento de plástico.

5 De manera correspondiente, la composición del hormi-
gón de tierra para el cuerpo 116 de hormigón de tierra
puede oscilar dentro de los límites siguientes:

 7,5 - 12,5 % en peso de polvo de arcilla seca

 3,75 - 6,25 % en peso de cemento

10 1,5 - 2,5 % en peso de betonita

 resto : arena

 eventualmente aditamento de plástico.

 Para adaptar las propiedades de conformado del hor-
migón de tierra lo más posible a las de material de relleno
15 del dique de contención lindante con él, se emplea como
producto de partida para la preparación de este hormigón
de tierra una arena similar al material de terrepleno
(material de los cuerpos de apoyo 102y 103). La arena ele-
gida debe estar constituida por grano relativamente mez-
20 clado; el contenido de arcilla bruta debe ascender a por
lo menos 2 - 5 %, y su valor k debe ser inferior a 1×10^{-6}
m/segundo. Conforme a los ensayos en serie es favorable la
composición siguiente de la mezcla de hormigón de tierra:

 1331 kg/m³ de arena, 153 kg/m³ de polvo de arcilla,
25 90 kg/m³ de cemento.

1 El peso específico de esta mezcla en seco asciende
a $1,6 \text{ Mp/m}^3$. Mediante la adición de 400 l/m^3 de agua re-
sulta una mezcla bombeable con un peso específico en hú-
medo de $2,0 \text{ Mp/m}^3$. La transformabilidad del hormigón de
5 tierra recién preparado se juzga examinando las dimensio-
nes de una torta de hormigón.

Ahora bien, para la ranuración a efectos de cons-
truir paredes ranuradas en seco hay que presuponer un ma-
terial de relleno que tenga al menos 2 - 5 % de material
10 fino dentro de la gama de las arenas movedizas. El resto
debe ser una mezcla de arena y gravilla.

En relación con las figs. 7 y 8 es de hacer notar
todavía que el muro ranurado 100 está corrido en senti-
do horizontal con respecto al eje del dique, algo hacia
15 el lado del agua.

Las diversas secciones 101 de muro ranurado pueden
consistir tan solo en hormigón de tierra, y tener, por
ejemplo, una altura de 3,20 m y un grueso de 0,60 m. En
la juntura entre dos secciones 101 de muro ranurado su-
20 perpuestas, se puede establecer una unión en que encajen
entre sí las dos secciones de muro ranurado, para lo cual
una vez construida la sección de muro ranurado inferior
de cada caso, se dota su borde superior, al que ha de se-
guir la sección 101 siguiente de muro ranurado, de acana-
25 laduras, por ejemplo, mediante los dientes de la cuchara

1 de una excavadora, que excava la ranura en el terraplena-
do. Cuando se introduce entonces el hormigón de tierra pa-
ra formar la mencionada sección siguiente de muro ranurado,
llena el hormigón por lo pronto las acanaladuras, y des-
5 pués el resto de la ranura, de modo que entre dos seccio-
nes de muro ranurado superpuestas resulta una unión 118
en la que el hormigón de tierra de una de las secciones de
muro ranurado "engrana" con el hormigón de tierra de la
otra sección de muro ranurado, de modo que en cierto modo
10 resulta una transición sin costura entre las diversas sec-
ciones 101 de muro ranurado, llevándose a cabo una incrus-
tación del hormigón de tierra del muro ranurado precedente
de cada caso en el hormigón de tierra del muro ranurado
siguiente.

15 En sí no existe impedimento alguno para construir las
diversas secciones 101 de muro ranurado exclusivamente a
base del mencionado hormigón de tierra. Ahora bien, una
forma de realización especialmente preferente del muro ra-
nurado resulta si cada sección de muro ranurado se comple-
20 menta con un velo de filtro 119, que se dispone entre el
hormigón de tierra de la correspondiente sección 101 de mu-
ro ranurado, y el cuerpo de apoyo 103 del lado del aire,
tal como se ha mostrado, por ejemplo, en la fig. 8.

25 Una vista en sección parcial ampliada con respecto a
la fig. 8, tal como la reproducida en la fig. 9, muestra la

1 estructura detallada del velo de filtro 119, así como su
disposición entre el hormigón de tierra de una sección
101 de muro ranurado, y el material térreo del cuerpo de
apoyo 103 del lado del aire:

5 El velo plástico de filtro 119 está dotado de un
fieltro sintético filtrante 119a, que consiste, por ejem-
plo, en poliamida y/o poliéster, y que en un ejemplo pre-
ferente de realización tiene un grueso de 11 mm. A cada
lado del fieltro filtrante 119a están prendidas con agu-
10 jas sendas capas protectoras 119b de un material plásti-
co áspero de fibra basta, a saber, de un grueso de 3 mm
cada una de ellas en el ejemplo preferente de realización.

A través de las capas protectoras 119b, el velo de
filtro se halla unido por una cara directamente con el hor-
15 migón de tierra del muro ranurado 101, y por la otra cara,
directamente con el material térreo del cuerpo de apoyo
103 del lado del aire. Las capas protectoras 119b sirven,
por un lado, para ligar fijamente el velo de filtro 119
con el hormigón de tierra o respectivamente separar el
20 fieltro filtrante 119a del material térreo, y por otro la-
do sirven las dos capas protectoras 119b contra un corri-
miento y respectivamente una obturación del velo de fil-
tro con material, así como para conservar la posibilidad
de paso del agua, que es muy importante tal como demues-
25 tra la explicación siguiente del funcionamiento del velo

1 de filtro 119:

El muro ranurado en seco puede en el transcurso del tiempo agrietarse en un lugar cualquiera, fluyendo entonces el agua a través de la grieta desde el lado del cuerpo de apoyo 102 del lado del agua, hacia el cuerpo de apoyo 103 del lado del aire. Este agua extrae por lavado materiales finos del hormigón de tierra del muro ranurado en seco. Los materiales finos extraídos obturan poco a poco los poros del velo de filtro 119, de modo que la corriente de agua a través de la grieta producida en el muro ranurado en seco se hace paulatinamente más débil, con lo que entonces resulta que también la grieta producida quede cerrada, al menos parcialmente, con la suspensión de materiales finos, y se impermeabilice así de nuevo. Ahora bien, como los mencionados materiales finos, que sirven para la "auto-impermeabilización" de una grieta en el hormigón de tierra del muro ranurado en seco, únicamente existen escasamente en el terraplenado, o sea, en el material del cuerpo de apoyo 102 del lado del agua, es decir, que para la auto-impermeabilización se precisan los materiales finos existentes en el muro ranurado en sí, se halla el velo de filtro 119 dispuesto en la cara del muro ranurado en seco opuesta al cuerpo de apoyo 102 del lado del agua, de modo que el agua procedente del cuerpo de apoyo 102 del lado del agua no puede extraer nada más que los materiales finos del muro

1

ranurado en la zona que se ha producido la grieta, para que se produzca el mecanismo efectivo citado más arriba.

5

Si, por el contrario, se dispusiera el velo de filtro 119 en la cara del muro ranurado en seco 100 vuelta hacia el cuerpo de apoyo 102 del lado del agua, no podría producirse en la zona de una grieta existente en el muro ranurado ninguna retardación del flujo del agua, puesto que,

10

tal como ya se ha mencionado, en el material del cuerpo de apoyo 102 del lado del agua existen tan solo muy escasos materiales finos, de modo que no bastarían para obtener poco a poco los poros del velo de filtro 119 y respectivamente del fieltro filtrante 119a. Por el contrario,

15

como consecuencia de las materias finas extraídas por lavado y del agrandamiento de la grieta a ello inherente, aumentaría cada vez más la velocidad del flujo del agua, con lo que la erosión cada vez más fuerte seguiría agrandando la grieta, o sea, que el lugar dañado como consecuencia de la grieta resultaría cada vez más peligroso.

20

En un ejemplo preferente de realización, el peso específico γ_s del fieltro filtrante asciende a 1,38 g/c.c., siendo por consiguiente mayor que el del agua, de modo que el fieltro puede ser hundido.

25

El peso específico del velo de filtro 119, a pesar de la aplicación mediante agujas de las dos capas protectoras 119 sobre el fieltro filtrante 119a, sigue siendo to-

1 avía de aproximadamente 1100 g/m^2 en el ejemplo prefe-
rente de realización; asimismo asciende en este ejemplo de
realización la resistencia a la rotura según DIN 53858
1 (ensayo aproximativo) en 30 % de dilatación todavía a 100 kp.

5 Debido a esta conformación especial del velo de filtro
119 conserva éste, al ser montado detrás del hormigón de
tierra en la cara opuesta al agua embalsada, su eficacia
de filtrado, y hace posible una disminución garantizada de
la presión, consiguiéndose con ello una distensión del cuer-
po de apoyo 103 del lado del aire.

10 Varias fases sucesivas de un procedimiento preferen-
te para la construcción de un muro ranurado del tipo mos-
trado en las figs. 1 y 2, han sido ilustradas en las figs.
4a a 4b:

15 En el relleno del dique de contención, que se lleva
a cabo en diversas capas, se realiza la compactación de
las diversas capas con un efecto óptimo, por ejemplo, lle-
vando a cabo la compactación con apisonadoras de ruedas de
goma y de 40 toneladas de peso de servicio. Una vez que se
20 ha apilado una capa de una altura de aproximadamente 2,5 a
3,5 m, lo que se hace con diversas capas de relleno de una
altura de aproximadamente 25 - 35 cm cada una, se excava una
ranura 120 en el relleno seco, llegando dicha ranura hasta
la sección inmediata inferior de muro ranurado. Como con-
25 secuencia de la coherencia del material, permanecen verti-

1 cales las ranuras 120, excavadas con preferencia a manera
de zanjás sin fin. En el lado de la ranura correspondiente
al cuerpo de apoyo 103 del lado del aire, se achaflana ha-
cia fuera la pared lateral de la ranura en el extremo su-
5 perior de ésta, en 121, ascendiendo el ángulo ψ , bajo el
que discurre la zona superior 121 de la pared de la ranu-
ra con respecto a la vertical, a 20° en un ejemplo prefe-
rente de realización, y por lo general preferentemente a
entre 15 y 50° .

10 Se dispone entonces un velo de filtro 119 a lo largo
de la pared lateral de la ranura 120, formada dicha pared
por el cuerpo de apoyo 103, a saber, de modo que su extre-
mo inferior 119c llegue aproximadamente hasta el extremo
superior de la sección de muro ranurado construido ante-
15 riormente, tal como ilustra la fig. 2 en C, mientras que
el extremo superior 119d del velo de filtro viene a caer
horizontalmente sobre el relleno del cuerpo de apoyo 103
del lado del aire, tal como muestra la fig. 4a. Es de ha-
cer notar todavía que, una vez insertado o aplicado el ve-
20 lo de filtro 119, hay que limpiar las juntas de empalme,
sobre lo que todavía se entrará en más detalle más abajo.

Se llena entonces la ranura 120 con hormigón de tie-
rra 122, escotándose entre la parte del velo de filtro
que recubre la pared achaflanada 121, un espacio de sec-
25 ción transversal en el hormigón de tierra, espacio en el

1 que se inserta un cuerpo desplazador, que en especial pue-
de ser una cuña o un perfil de madera, y que queda de tal
modo entre la pared achaflanada 121 y el hormigón de tie-
rra 122, que éste forma en el extremo superior de la sec-
5 ción 101 de muro ranurado, en su lado vuelto hacia el cuer-
po de apoyo 103 del lado del aire, una parte de pared 124
achaflanada hacia dentro, que hace transición en un curso
vertical aproximadamente en el mismo lugar en que también
la zona achaflanada de pared 121 pasa a discurrir verti-
10 calmente. La escotadura de forma trinagular puede ser tam-
bién cortada. El ángulo ψ que la parte de pared achafla-
nada 124 forma con la vertical, asciende en un ejemplo pre-
ferente de realización a 30° , moviéndose por lo general
dentro de una gama comprendida entre 15 y 45° .

15 Una cuña de madera apropiada como cuerpo desplazador
123, ha sido mostrada en sección transversal en la fig. 11,
en la que también han sido dibujados los ángulos φ y ψ . La
altura H de la cuña de madera asciende en un ejemplo pre-
ferente de realización a 0,15 m, siendo el largo $L_1 + L_2$
20 del lado superior igual a 0,15 m. El largo consiste en los
dos largos parciales L_1 y L_2 , que en cada caso se extienden
entre la vertical S y el borde derecho y respectivamente
izquierdo del lado superior, siendo en el ejemplo preferen-
te de realización $L_1 = 0,05$ m, y $L_2 = 0,10$ m.

25 Mientras entonces la fig. 10a muestra el estado del

1 hormigonado, en el que el cuerpo desplazador 123 está in-
sertado y la ranura 122 llena completamente con hormigón
de tierra, se llega después del fraguado de dicho hormi-
gón de tierra y de sacado el cuerpo desplazador 123 a la
5 fase mostrada en la fig. 10b de la construcción de una sec-
ción de muro ranurado, resultando un espacio libre corres-
pondiente a la sección transversal del cuerpo desplazador
123, espacio que se denomina ranura de empalme A.

10 En la fase de construcción conforme a la fig. 10c,
la ranura de empalme A ha sido rellena con arena o gravi-
lla, de lo que resulta una marcación visual del empalme,
y una protección de la parte superior del velo de filtro
al ranurase el relleno siguiente; al mismo tiempo la are-
na o gravilla cargada en la ranura de empalme A forma un
15 cuerpo desplazador para la capa de tierra a echar más tar-
de encima, de modo que en la ranura de empalme A no pue-
de entrar tierra al efectuarse el terraplenado siguiente.
Este se lleva a cabo cuando se alcanza el estado que mues-
tra la fig. 4c.

20 Cuando se ha hecho el terraplenado siguiente, se
excava en él la ranura 120a siguiente, que hacia abajo
llega hasta el extremo superior 101 a de la sección de mu-
ro ranurado acabada de construir. Mediante los dientes de
la cuchara de la excavadora que excava la ranura 120a, se
25 conforman en el extremo superior 101a las mencionadas es-

1 trias 118, que han sido mostradas en la fig. 4d.

Con objeto de evitar la posibilidad de deterioro del
velo situado debajo, el diente de la cuchara que ataca por
encima del velo está acortado con relación a los demás. A
5 continuación se expulsa la arena o gravilla existente en
la ranura de empalme A, soplando para ello con aire com-
primido.

Para esta limpieza de la ranura de empalme A se puede
emplear un aparato como el representado en alzado lateral
10 en la fig. 6. Este aparato consiste en un tubo largo 125
de pared delgada que, por ejemplo, tiene un largo de 4,50 m
y un diámetro de unos 2,5 cm. Este tubo está doblado 90° en
su extremo inferior, y termina en una tobera 126 que se ob-
tiene, por ejemplo, aplanando la punta del tubo. Además
15 puede estar montada en el extremo inferior del tubo 125
una rueda 127, de modo que con el e-xtremo inferior del
tubo 125 se puede circular sobre la cara superior del ex-
tremo de arriba 101a del muro ranurado recién formado, pu-
diendo procederse, además de al soplado de la ranura de
20 empalme, también a limpiar la superficie restante de la
parte superior 101a del muro ranurado recién formado.

Sobre la pared de la ranura 120a formada por el cuer-
po de apoyo del lado del aire se aplica entonces un velo
119, a saber, del modo que ha sido explicado en detalle
25 en relación con la fig. 4a. Después se carga hormigón de

1 tierra en la ranura 120a. Es de mencionar todavía en este
lugar que el velo de filtro 119 penetra en todas las ca-
vidades de las paredes de la ranura 120a al introducirse
5 el hormigón de tierra (al igual que cuando se vierte el
hormigón de tierra en la ranura 120), de modo que se pro-
duce una unión íntima entre los diversos materiales.

Tal como se aprecia en la fig. 8, así como también
en la fig. 10d, resulta un solapamiento de los velos de
filtro 119 en la región de la ranura de empalme A, y co-
10 mo consecuencia del cuerpo desplazador formado en la ra-
nura de empalme A a base de arena o gravilla, se asegura,
especialmente en la conformación de la cabeza, un empalme
irreprochable del velo de filtro inferior al muro ranurado
siguiente.

15 Si a la sección de muro ranurado producida en la ra-
nura 120a ha de seguir hacia arriba otra sección de muro
ranurado, se repite el procedimiento en el orden de suce-
sión de la fig. 10a hasta la fig. 10d.

20 Para la realización del muro de impermeabilización a
base de hormigón de tierra hay que considerar, además de
cuestiones técnicas de materiales, también puntos de vis-
ta económicos, fijados en costes por m^2 de muro. En la cons-
trucción de un muro ranurado normal bajo protección de una
suspensión, no es a este respecto determinante tan solo
25 el gasto para la confección de las ranuras, sino sobre to-

1 do el gasto para los servicios auxiliares, es decir, para
la obtención y puesta a disposición de la suspensión
de betonita, puesta a disposición de las instalaciones de
bombeo y de regeneración, así como de las excavadoras es-
5 peciales precisas y respectivamente de instalaciones per-
foradoras de succión. Este considerable factor de costes,
que tan solo se reduce en obras grandes con muchos m² de
muro ranurado hasta una medida economicamente admisible,
es también de tener en cuenta. La puesta a disposición de
10 los correspondientes caballos de fuerza tiene que ser tam-
bién puesta en cuenta. Otro punto de vista para un muro
ranurado de hormigón de tierra destinado a impermeabili-
zación es la unión a ser posible sin costura de los diver-
sos elementos del muro.

15 En el procedimiento de muro ranurado en seco decrecen
ya aproximadamente 30 a 50 % de los asentamientos que han
de esperarse, siendo de destacar en especial que precisa-
mente los asentamientos iniciales se efectúan en un lapso
de tiempo muy corto, o sea, que al principio se producen
20 esfuerzos mayores de cizallamiento. Estos se excluyen en
cambio en el nuevo procedimiento. El hormigón plástico de
tierra hace posible además soportar deformaciones de has-
ta 5 %, sin que se formen grietas.

25 Ha sido ensayada también la transibilidad del muro de
hormigón de tierra, habiéndose comprobado que ya al cabo

1 de 20 horas el muro se ha endurecido hasta tal punto,
que puede echarse tierra sobre él y transitarse encima
con aparatos vibradores y respectivamente de apisonado o
abatanado, sin que se produzcan deterioros en el muro.

5 El muro ranurado en seco ha demostrado finalmente
que, a pesar de la inserción adicional de un velo, re-
sulta también en cuanto a costes sustancialmente más fa-
vorable que el muro ranurado normal, con líquido de apoyo.
La reducción de los costes por m² al ponerse en práctica
10 el procedimiento, puede ascender a unos 20 - 40 %.

Tal como se aprecia en la fig. 2, también en la zo-
na del extremo inferior del muro ranurado puede estar
previsto un velo de filtro 128, conformado del mismo mo-
do que los velos de filtro 119. Este velo de filtro 128
15 está sumergido, en forma solapada con el velo de filtro
119 que le sigue hacia arriba, en el cuerpo 116 de hor-
migón de tierra, discurriendo después en sentido incli-
nado hacia abajo, a saber, hasta el punto de que al mis-
mo tiempo solape todavía al filtro 114, estando el espa-
20 cio de por debajo del velo de filtro 128 relleno con
gravilla entre el cuerpo 116 de hormigón de tierra y el
filtro 114.

25

1 En resumen, la Patente de Invención que se solicita deberá recaer sobre las siguientes:

REIVINDICACIONES

5 1. Un dique de contención terraplenado, con una impermeabilización del subsuelo y una impermeabilización del núcleo formada por un muro ranurado, empalmada a la primera, caracterizado porque están superpuestos al menos dos muros ranurados y unidos entre sí por una construcción de cierre que soporta de manera tenaz-flexible una torsión relativa
10 del muro ranurado superior con respecto al inferior.

15 2. Un dique de contención de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la impermeabilización del subsuelo está unida con el muro ranurado unido a ella por medio de una construcción de cierre que aguanta de manera tenaz-flexible una torsión relativa del muro ranurado con respecto a la impermeabilización del subsuelo.

20 3. Un dique de contención de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque al menos la zona de inmediatamente por debajo de la junta entre dos muros ranurados y respectivamente de inmediatamente por encima de la junta entre un muro ranurado asentado sobre la impermeabilización del subsuelo y dicha impermeabilización está
25 circundada con material tenaz-flexible.

1

4. Un dique de contención de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la elasticidad de presión del material de los muros ranurados está adaptada a la elasticidad de presión del material del dique circundante o sea, que la elasticidad de presión es con preferencia de entre 500 y aproximadamente 1000.

5

5. Un dique de contención de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque el material de los muros ranurados consiste en un hormigón de tierra, cuya permeabilidad al agua es menor que la que corresponde a una velocidad del agua según Darcy "k" aproximadamente igual a 10^{-9} m/segundo.

10

15

6. Un dique de contención de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el material tenaz-flexible tiene una resistencia a la presión de aproximadamente 2 hasta aproximadamente 4kp/cm^2 ; porque su elasticidad de presión es inferior a aproximadamente 500, y porque su permeabilidad al agua es menor que la que corresponde a una velocidad del agua según Darcy "k" igual a aproximadamente 10^{-3} m/segundo.

20

25

7. Un dique de contención de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el material tenaz-flexible consiste en arena, cemento, un tapaporos tal como betonita, polvo de arcilla o polvo de

1
piedra- y unos cuantos tantos por ciento en peso, en especial 1 a 3 % en peso, y con preferencia 2 % en peso de en particular una resina sintética.

5
8. Un dique de contención de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el material de terraplenado del dique de contención consiste, en la zona de los muros ranurados a introducir, en una arena movediza con material excavable de arena, gravilla o piedra, que evita el escape de la suspensión de los muros ranurados y dotada de una permeabilidad al agua menor que la que corresponde a una velocidad del agua según Darcy "k" igual a aproximadamente 10^{-5} m/segundo.

10
9. Un dique de contención de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el muro ranurado contiene hormigón de tierra, o bien consiste en hormigón de tierra.

15
10. Un dique de contención de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado porque entre el muro ranurado y el cuerpo de apoyo del lado del aire está previsto un velo de filtro.

20
11. Un dique de contención de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque el velo de filtro está dotado de un fieltro filtrante, en cuyas dos caras esta ;
25
fijado mediante agujas, o bien fijado de cualquier otro modo, un material sintético aspero y de fibra basta.

1

12. Un dique de contención de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque el filtro filtrante consiste en poliamida y/o poliéster, o bien contiene la una o las dos de estas materias.

5

13. Un dique de contención de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 12, caracterizado porque las secciones de muro ranurado que forman el muro ranurado están unidas entre sí por sus puntos de enlace a través de zonas de hormigón de tierra que encajan entre sí.

10

14. Un dique de contención de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado porque los velos de filtro, de los que al menos uno en cada caso está asignado a cada sección de muro ranurado, están dispuestos en forma que se solapan en la zona de la juntura entre dos secciones de muro ranurado.

15

20

15. Un dique de contención de acuerdo con la reivindicación 14, caracterizado porque, en la zona del solapamiento de los velos de filtro, está prevista entre ellos una cavidad de sección transversal triangular, en calidad de ranura de empalme.

25

16. Un dique de contención de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, caracterizado porque el hormigón de tierra, sin tener en cuenta su parte de

1 líquido, consiste en 7,5 a 12,5 % en peso de polvo de ar-
cilla seca, 3,75 a 6,25 % en peso de cemento, con arena
como resto y eventuales partes de material sintético.

5 17 Un dique de contención de acuerdo con una cual-
quiera de las reivindicaciones 10 a 16, caracterizado por-
que el extremo inferior del muro ranurado se halla unido
a través de una construcción de cierre consistente en un
material tenaz-flexible, o bien a través de un cuerpo
consistente en hormigón de tierra mezclado con betonita,
10 con el firme del dique, en especial una galería de con-
trol conformada arriba a manera de cubeta y consistente
en hormigón, un muro de separación u otro muro ranurado.

15 18. Un dique de contención de acuerdo con la reivindi-
cación 17, caracterizado porque el hormigón de tierra mez-
clado con betonita, sin tener en cuenta su parte de líqui-
do, consiste en 7,5 a 12,5 % en peso de polvo seco, 3,75 a
6,25 % en peso de cemento, 1,5 a 2,5 % en peso de betoni-
ta, con arena y eventuales partes de material sintético
como resto.

20 19. Se reivindica por último como objeto sobre
el que ha de recaer la Patente de Invención que se solici-
ta: UN DIQUE DE CONTENCIÓN TERRAPLENADO.

25



1 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la
presente Memoria descriptiva que consta de cincuenta y seis
páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 12 de Diciembre de 1975
BERNARDO UNGRIA
P.P.



5

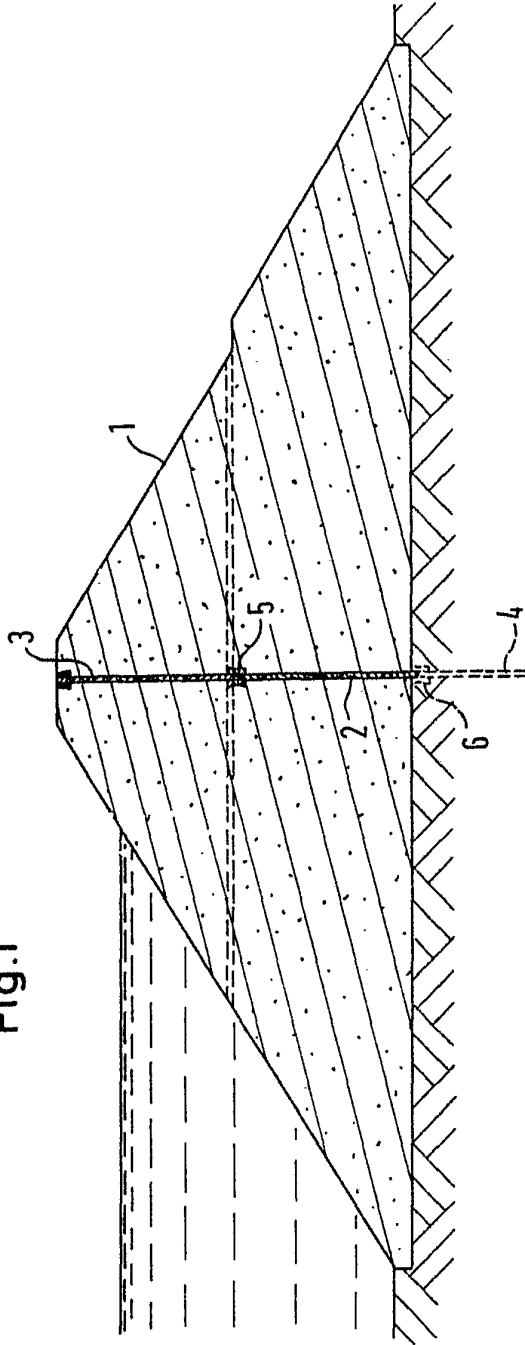
10

15

20

25

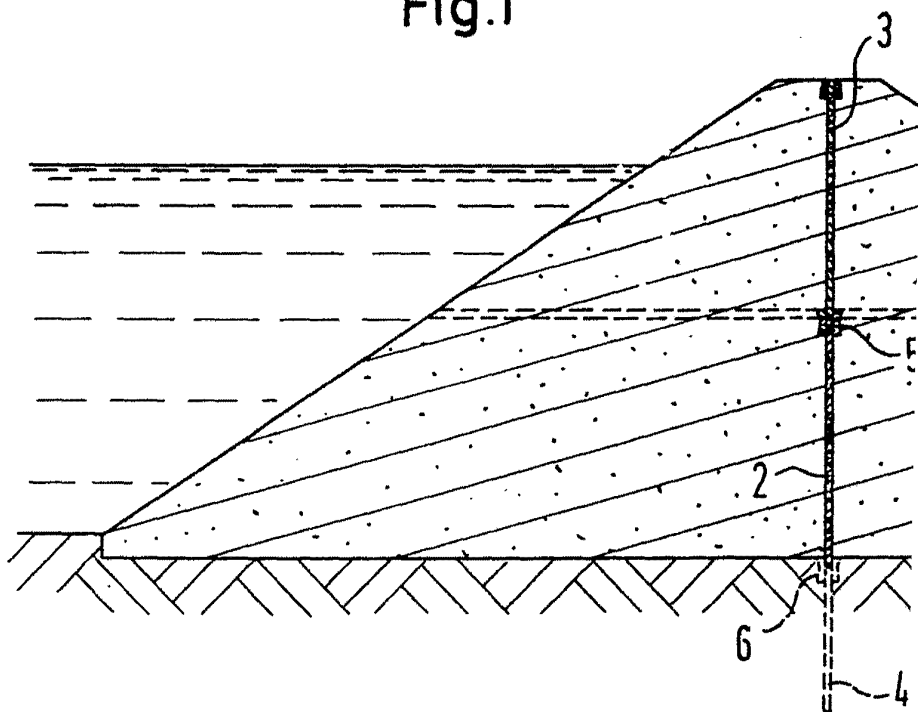
Fig.1

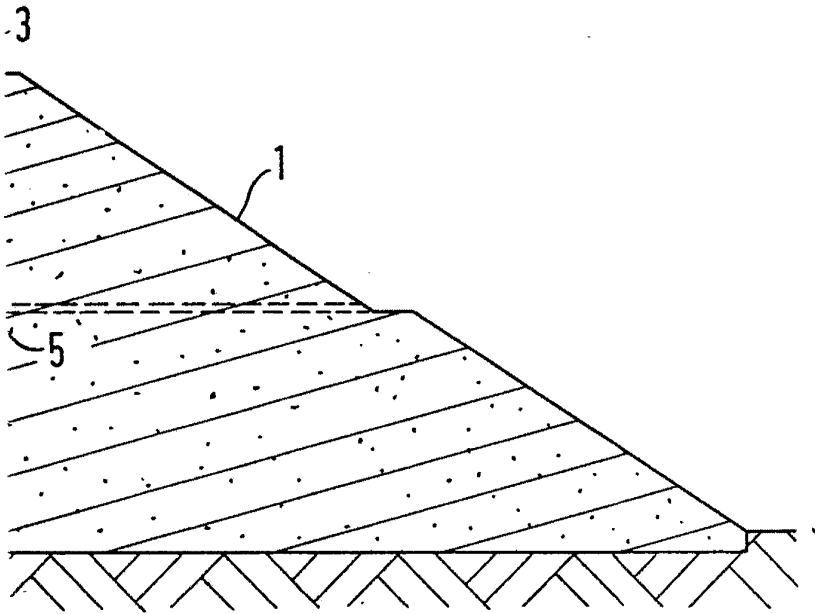


HEILMANN & LITTMANN
ARCHITECTEN
UND INGENIEURE
FÜR
BAUWESEN
UND
INGENIEURWESEN
[Signature]

**POOR
QUALITY**

Fig.1





En el caso de que se
determine, se debe indicar el
estado de conservación.

[Handwritten signature]

Fig. 3

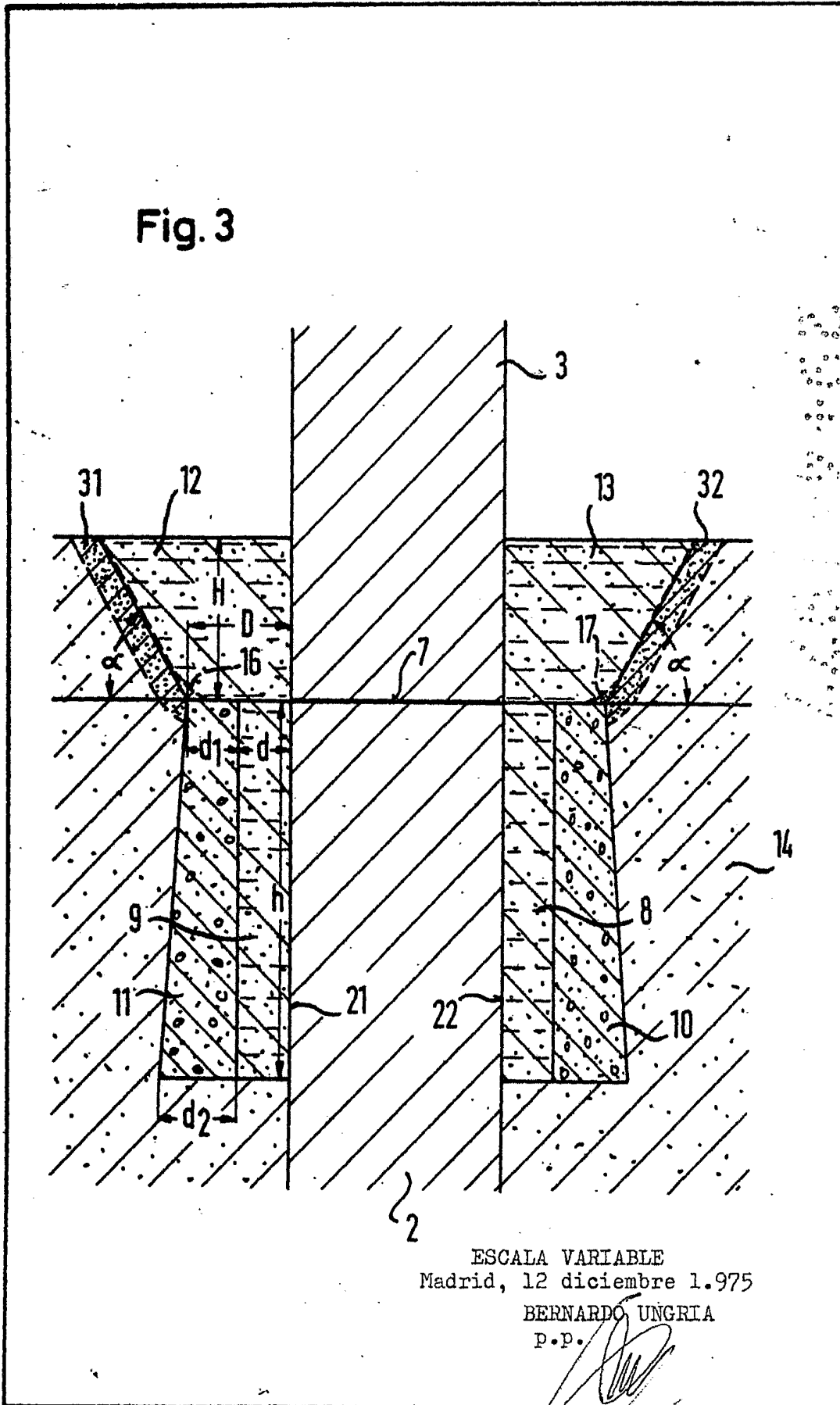


Fig.5

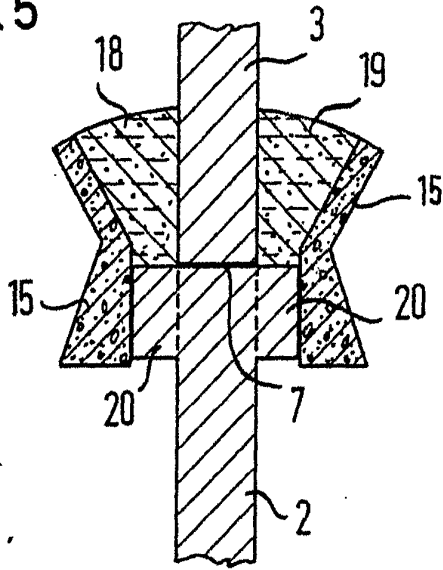
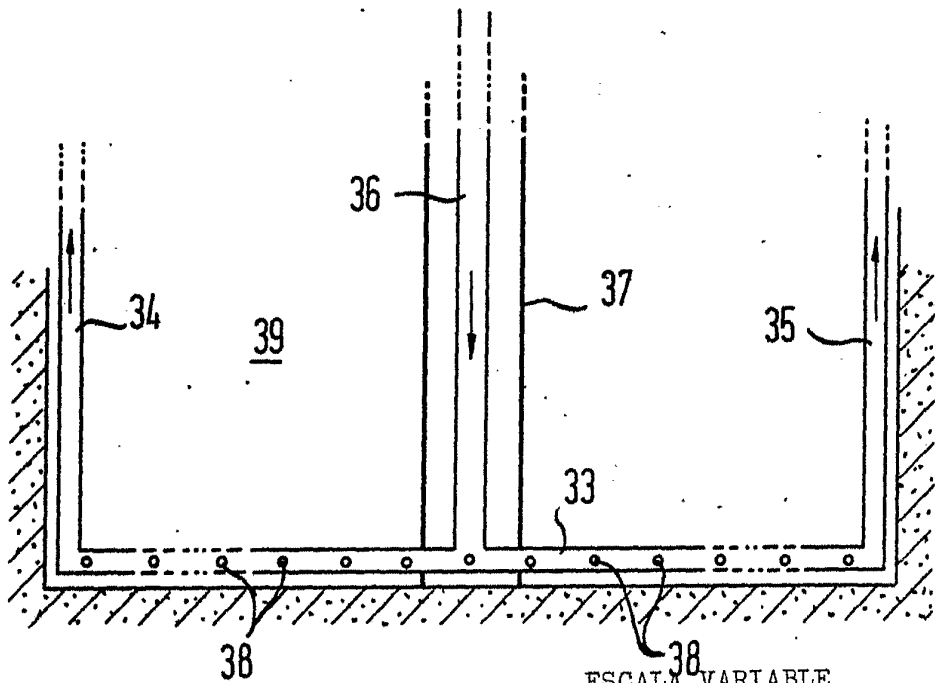


Fig.6



ESCALA VARIABLE
Madrid, 12 diciembre 1.975
BERNARDO UNGRIA
P.P.

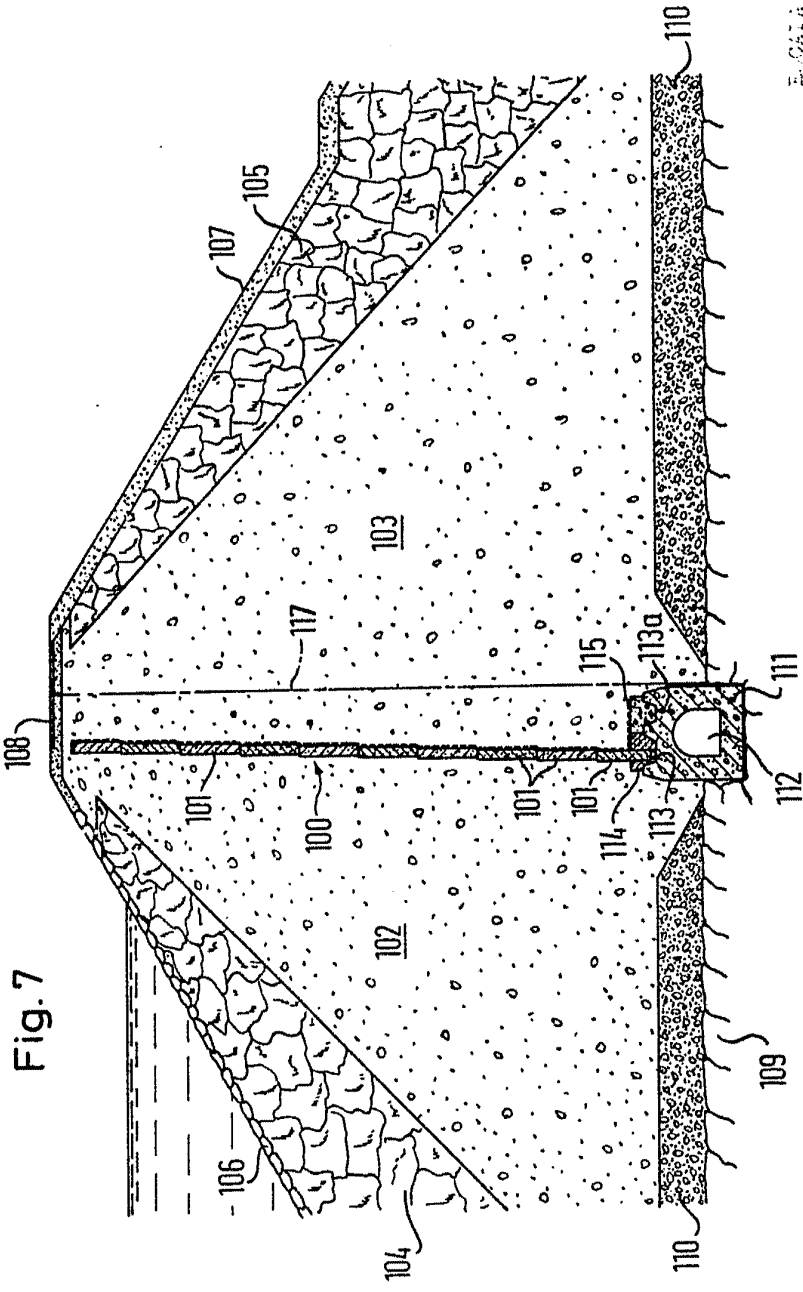
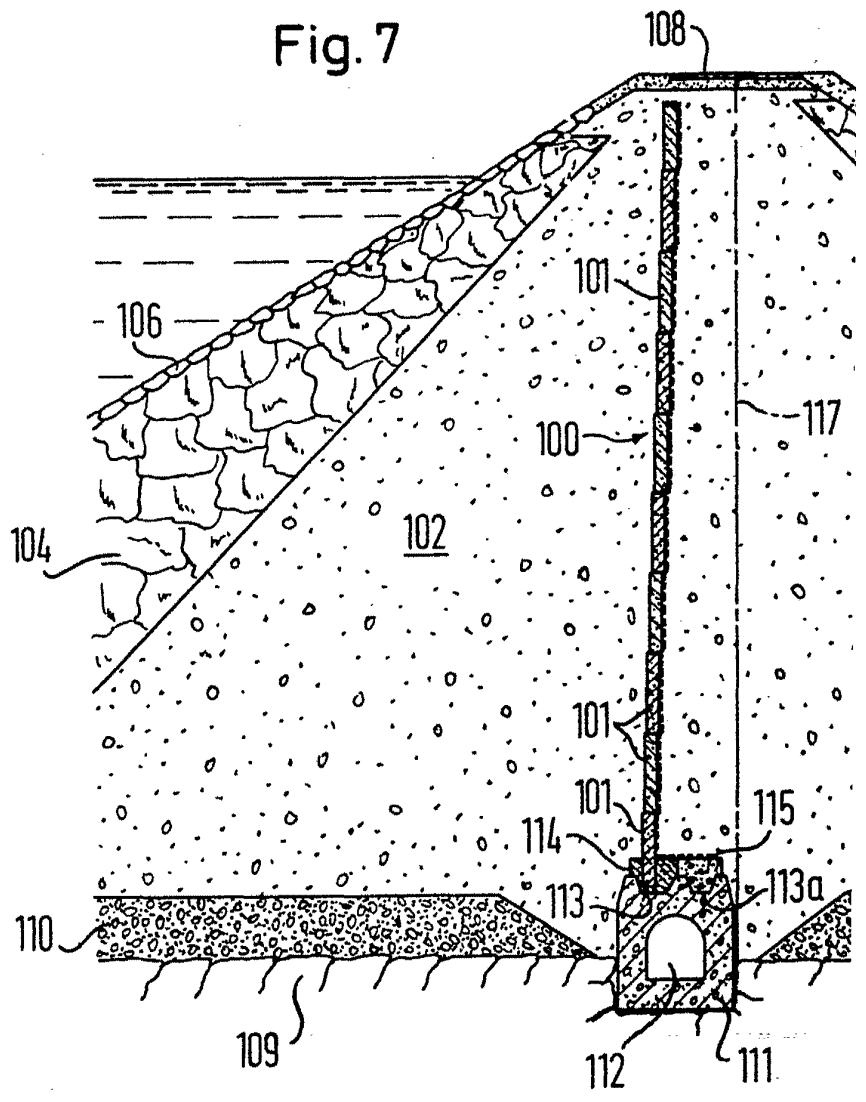


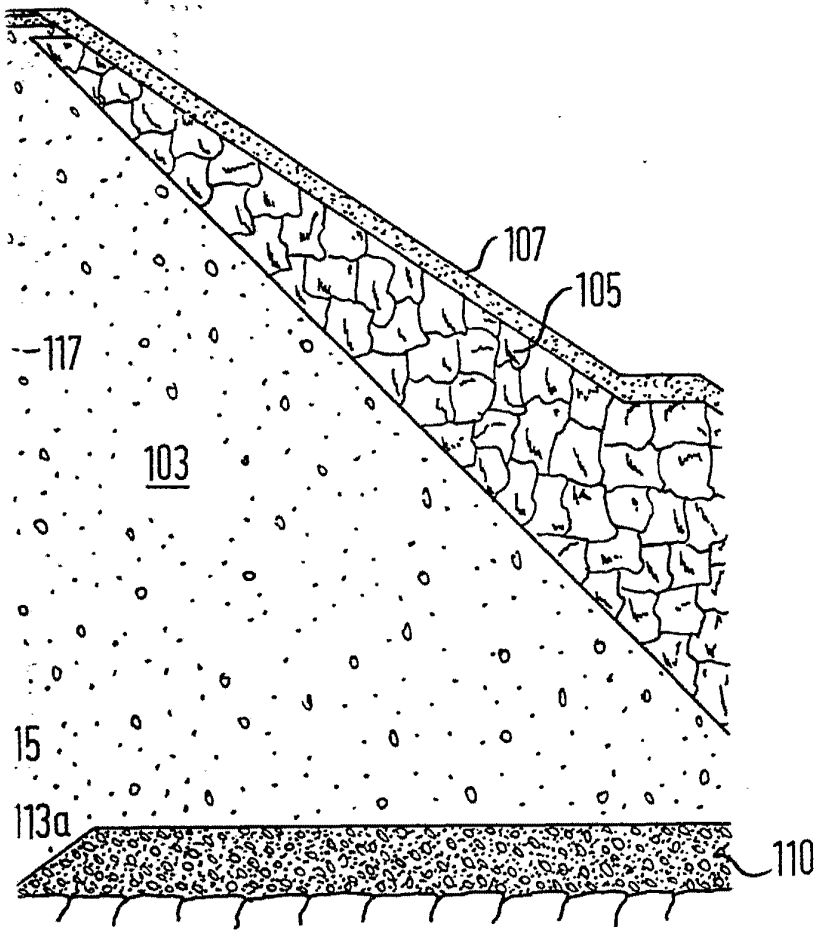
Fig. 7

E. GATA VARIANTE
 DE LA FIG. 1, EN LA QUE SE
 HA AÑADIDO UNO DE LOS
 ELEMENTOS QUE SE INDICAN
 EN EL DISEÑO ANTERIOR.

HEINRICH WITTE
 Ing.

Fig. 7





ESCALA VARIABLE
Madrid, 12 diciembre 1975
BERNARDO UNGRIA
P-I.

Fig. 9

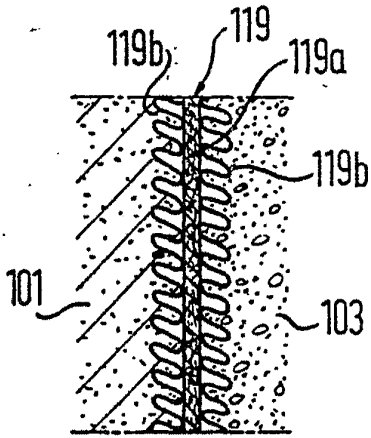


Fig. 10a

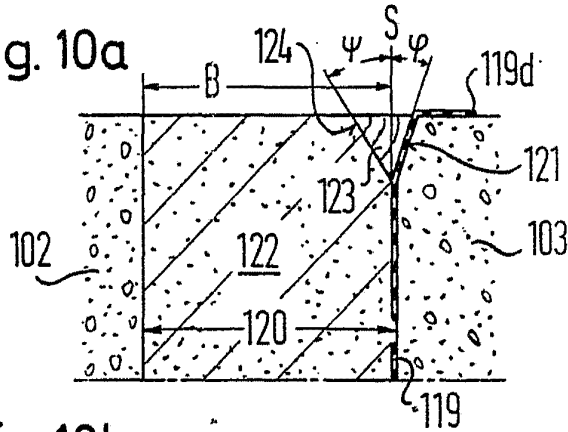


Fig. 10b

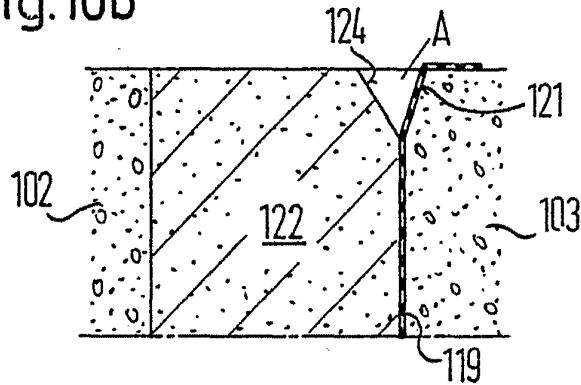


Fig. 10c

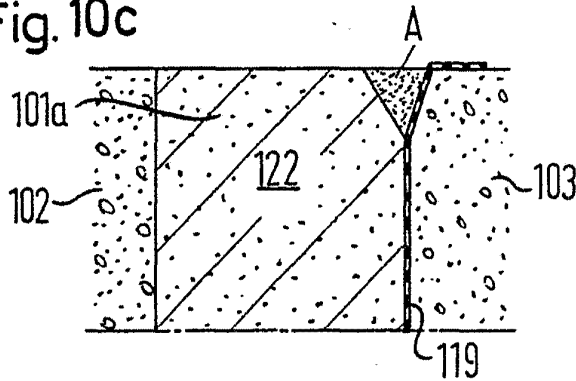


Fig. 10d

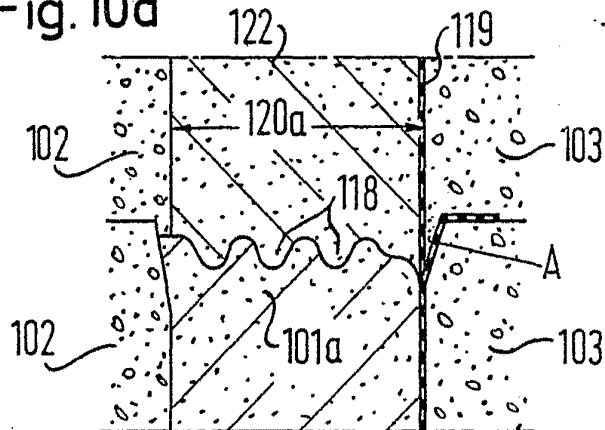


Fig. 11

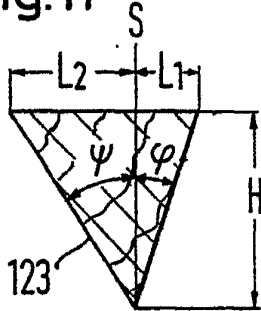
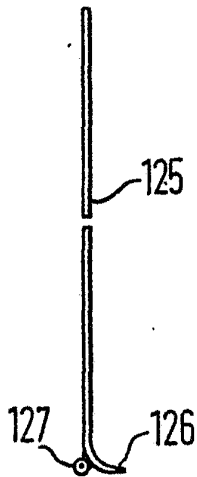


Fig. 12



ESCALA VARIABLE

Madrid, 12 diciembre 1.975

BERNARDO UNGERIA

P.D.