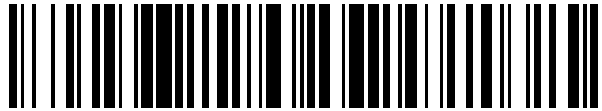


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 796 423**

21 Número de solicitud: 202030817

51 Int. Cl.:

E02D 17/20 (2006.01)

A01B 45/02 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

31.07.2020

43 Fecha de publicación de la solicitud:

26.11.2020

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

19.02.2021

Fecha de concesión:

25.03.2021

45 Fecha de publicación de la concesión:

05.04.2021

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
(100.0%)
Avenida Séneca 2
28040 MADRID (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**DE ALBA ALONSO, Saturnino;
MARTÍN DUQUE, José Francisco y
MOLA CABALLERO DE RODAS, Ignacio**

54 Título: **MÉTODO PARA LA DESCOMPACTACIÓN DE LA SUPERFICIE DE TALUDES**

57 Resumen:

Método para la descompactación de la superficie de taludes.

La presente invención se refiere a un método para preparar el suelo durante la fase de acabado en la construcción de taludes y otras operaciones de mantenimiento de taludes, especialmente, favorecer su revegetación y reducir la erosión. El método para preparar o mantener la superficie de taludes incluye la utilización de un apero que presenta un rodillo dispuesto a modo de eje central y una serie de púas que sobresalen de la superficie del rodillo perpendicularmente al diámetro del mismo y se distribuyen alrededor del rodillo de tal manera que al rodar sobre el terreno producen un patrón espacial de impactos sobre la superficie del terreno, lo más irregular y aleatorio posible.

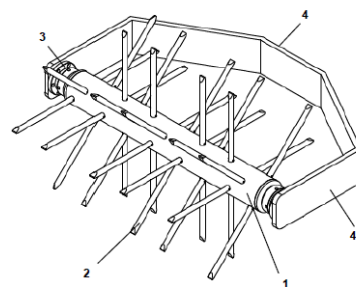


Fig. 1

ES 2 796 423 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

MÉTODO PARA LA DESCOMPACTACIÓN DE LA SUPERFICIE DE TALUDES

5 SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se encuadra en el sector de los métodos para tratar la superficie de la tierra. Más concretamente, se refiere a métodos para preparar el suelo durante la fase de acabado en la construcción de taludes y para otras operaciones de mantenimiento de taludes, especialmente, para favorecer su revegetación y reducir la erosión.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 La construcción de una infraestructura lineal —como puede ser una carretera o un ferrocarril—, las operaciones de una explotación minera u otras actividades que impliquen movimientos de tierra, generan severas alteraciones en las condiciones medioambientales del espacio en el que se desarrollan. Estas modificaciones provocan la destrucción del suelo como sistema estructurado y funcional (en sentido edafológico), capaz de acoger diferentes y diversas comunidades biológicas, entre las que destaca la cubierta vegetal, que también es eliminada. Para la exitosa restauración ecológica de estos nuevos espacios resulta imprescindible que la nueva superficie expuesta sea capaz de albergar comunidades biológicas (cobertura vegetal incluida), de manera que se maneje adecuadamente la escorrentía superficial y su efecto erosivo (Forman et al. 2002-*Road Ecology. Science and solutions*. Island Press. Washington DC 481 pp. 171-199).

En España, respecto al proceso constructivo de nuevas superficies (desmontes, terraplenes y explanadas), los pliegos de prescripciones técnicas generales tanto de carreteras (Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3), vigentes a 1 de junio de 2019, de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, del Ministerio de Fomento) como de ferrocarriles (Pliego general de prescripciones técnicas tipo para los proyectos de plataforma, PGP-2011, edición junio 2011, ADIF) especifican las actividades o unidades de obra que componen la construcción de una infraestructura lineal, así como la forma de verificar su ejecución (medición y abono).

Ambos pliegos afrontan la descripción de las unidades de construcción separando excavaciones y drenajes. Se asume que la escorrentía producida en el plano del talud se maneja mediante los elementos externos de drenaje (cunetas, bajantes, etc.). En ningún apartado se menciona cómo manejar la escorrentía dentro del talud. Por el contrario, en los apartados en los que se identifican los trabajos de acabado de los taludes (refino de taludes) se indica textualmente: “*consiste en las operaciones necesarias para conseguir el acabado geométrico*”. Es decir, la preocupación en este punto es puramente morfológica, dirigida por la operatividad de la maquinaria y la estética final, y bajo un marco de geometrías no naturales. Se indica que estos trabajos se realizarán con posterioridad a la construcción de drenes y otras obras. En particular se hace hincapié en “*la eliminación de cualquier material blando, inadecuado o inestable que no se pueda compactar adecuadamente, así como rellenar los huecos*”. También se hace referencia a cómo proceder en caso de que se produzca un desprendimiento (rellenando y volviendo a la situación inicial). Por lo tanto, se asume que los sistemas de drenaje están adecuadamente dimensionados para captar y canalizar tanto la escorrentía generada en el talud como la erosión y la emisión de sedimentos.

Por otro lado, en aquellos espacios puntuales en los que por su singularidad no se puede asumir la ocurrencia de desprendimientos, fenómenos erosivos o deposición de materiales, por el grave riesgo que supondría para la seguridad de las personas (por ejemplo en la embocadura de túneles, así como otros puntos concretos de la infraestructura), se procede a realizar tratamientos especiales de protección de taludes, normalmente mediante técnicas basadas en la contención. Es decir, actuando sobre los efectos negativos del proceso, y no en revertir sus causas. Entre estos tratamientos se puede destacar: gunitado (proyectar hormigón sobre la superficie del talud), bulones y drenajes de tipo profundo (realizados en perpendicular a la superficie del talud y hacia el interior del terreno), mallas metálicas, geotextiles, mallas tridimensionales, geoceldas (diferentes técnicas que cubren por completo la superficie del talud), entre otras. Todas estas técnicas, como se ha indicado, se aplican de forma puntual y extraordinaria, dado el enorme coste que conlleva su aplicación.

En el campo de tratamiento de taludes, y como medida preventiva, se utilizan frecuentemente mallas de alambre de acero que se despliegan desde la parte superior

del talud, de modo que guían los pequeños desprendimientos hacia las cunetas o áreas de captación en los laterales de la vía o zona a proteger. Este tipo de mallas también se utilizan en sistemas flexibles de estabilización y protección de taludes, combinadas con sistemas de anclaje a la zona estable del terreno. Existen, además, gran cantidad de variaciones a la hora de elaborar mallas de protección de taludes, en función del tipo de terreno. Por ejemplo, en la patente EP2264247B1 se describe una red, y el procedimiento para elaborarla, para su uso como georrejilla en aplicaciones geotécnicas. La patente ES2690731T3 protege una red geotextil sin costuras con estructura celular para la estabilización de suelos que se puede utilizar para reforzar pendientes, conos de terraplén, muros de contención en construcciones para el transporte o la ingeniería hidráulica, entre otros. El documento ES1071411U propone un recubrimiento protector para terrenos que comprende una capa de tejido de trama y urdido destinado a extenderse y fijarse sobre el terreno a proteger y unas tramas tubulares de fibras naturales que contienen semillas. El procedimiento está especialmente diseñado para terrenos áridos e incultos (desprovistos de cubierta vegetal), tales como taludes, terraplenes, desmontes, dunas o zonas aledañas a infraestructuras, afectadas por obras; todo ello para protegerlos de la erosión y facilitar el crecimiento de un manto vegetal.

Por último, una vez finalizadas las nuevas superficies se procede a desarrollar técnicas de revegetación con dos objetivos fundamentales: producir la integración paisajística y minimizar la erosión. Estas técnicas se basan principalmente en enmiendas para intentar subsanar la inexistencia de suelo (extendidos de tierra vegetal o sustrato fértil, aportes de materia orgánica, nutrientes, etc.) e introducir propágulos (siembras) o individuos (plantaciones) de distintas especies vegetales, para formar una cubierta vegetal. Si existe erosión hídrica intensa, no se puede instalar la cubierta vegetal, debido a la pérdida de suelo, agua disponible para las plantas, nutrientes y semillas, y debido a la compactación del suelo, bien por pérdida del material superficial desagregado, bien por su 'sellado'. La cobertura vegetal puede atenuar la erosión, pero si existe erosión intensa, no se puede desarrollar, dilema que no es capaz de solucionar adecuadamente las técnicas habituales de revegetación. Incrementar la calidad del micrositio, y por tanto su capacidad de acoger comunidades biológicas, se revela como una exitosa vía para favorecer la revegetación más eficiente (Mola, I., Jiménez, M.D., López-Jiménez, N., Casado, M.A., Balaguer L. 2011. *Roadside reclamation outside the revegetation season: Management options under schedule*

pressure. Restoration Ecology 19: 83–92).

Los contenidos de los pliegos referidos, aunque se trata de documentos de ámbito nacional español, no difieren mucho de los que se pueden encontrar en documentos
 5 similares de otras nacionalidades por lo que se refiere al aspecto concreto de control de la erosión dentro del plano del talud. Por ejemplo, en países como Australia, en los que hay técnicos certificados en control de erosión y en los que es necesaria la aprobación del plan de obras, tampoco tienen medidas específicas para el tratamiento o acabado de la superficie del talud. Pero son muy exigentes con la rápida
 10 revegetación del talud, hasta coberturas superiores al 50%. En caso de que llegue el periodo de lluvias, y si el talud no tiene una cobertura vegetal significativa, puede existir la obligación de cubrirlo en su totalidad con mantas y/o mallas que eviten la erosión. El control de la erosión, en este caso, presenta un enfoque muy marcado por la bioingeniería (mallas, redes, *hidromulching*, etc.).

15

A nivel internacional, ha sido muy común el uso de modelos de erosión del suelo (tipo USLE, *Universal Soil Loss Equation*, es decir, Ecuación Universal de Pérdida de Suelo) aplicados a taludes de infraestructuras lineales. Con ellos, el objetivo ha sido evaluar sus tasas de erosión que, en caso de ser elevadas, se abordaban desde la
 20 revegetación. Por ejemplo, Meyer y Römken (Meyer, L.D., Römken, J.M. 1976. *Erosion and sediment control on reshaped land. In: Proceedings, Third Interagency Sediment Conference*, PB-245-100, 2-75, 2-76, Water Resources Council, Washington DC), tras aplicar la USLE, proponen el uso de técnicas de acolchado (*mulching*), revegetación, construcción de balsas de sedimentación y modificación de la topografía general del talud (cóncavo, convexo...) para reducir la erosión hídrica. Seutloali y Beckedahl (Seutloali, K.E., Beckedahl, H.R. 2015. *A Review Of Road-Related Soil Erosion: An Assessment Of Causes, Evaluation Techniques And Available Control Measures*. Earth Sci. Res. J. vol. 19 no. 1) realizan una síntesis de los métodos usados para controlar la erosión en taludes de carretera, y concluyen que la vegetación ha
 25 sido y es la medida más ampliamente utilizada a nivel internacional.

30

Por otro lado, la emisión de sedimentos, especialmente intensa en los primeros eventos de lluvia tras la construcción de taludes, provoca que los sistemas de drenaje puedan verse colapsados con la deposición de los materiales erosionados (cunetas
 35 soterradas, drenes colmatados, etc.). En el caso de las infraestructuras lineales de

transporte terrestre, este efecto es especialmente importante, dado que el espacio debe permitir la operación de la infraestructura, y el colapso de los sistemas de drenaje puede producir inundaciones y otras incidencias que atenten contra su funcionalidad (cortes de tráfico o disminución de capacidad) y los correspondientes costes asociados. A estas partidas económicas habría que sumar los costes de mantenimiento (limpieza de cunetas, desatranco de drenes, arquetas y otros elementos de drenaje) que pueden también ser muy elevados. En ambientes mediterráneos, en particular, se han establecido en torno a unos 3.000 € por kilómetro lineal para autopistas de última generación durante los 5-10 primeros años tras su construcción.

En definitiva, los procedimientos convencionales actualmente aplicados para el acabado y mantenimiento de taludes artificiales se han revelado ineficaces para controlar los procesos erosivos superficiales que se desarrollan sobre los mismos y, por tanto, para minimizar el conjunto de efectos negativos ocasionados por la erosión hídrica de la superficie del talud.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

Método para la descompactación de la superficie de taludes.

En la presente memoria descriptiva, entendemos por taludes los planos inclinados generados de forma artificial por actividades que implican movimientos de tierras (Obra Civil, Edificación, Minería, etc.). Estos pueden ser por excavación, denominados desmontes, o por acumulación y compactación de materiales, denominados terraplenes.

Un aspecto de la invención se refiere a un método de descompactación de la superficie de un talud que incluye la realización de roturas puntuales, aisladas, de la costra superficial del suelo, creando microdepresiones caracterizadas por presentar un pequeño hoyo central, de plano ovoide y laterales ligeramente elevados, a modo de 'microcráteres', afectando a una superficie variable de entre 25 y 50 cm². Dichas roturas puntuales de la costra superficial del suelo se distribuyen espacialmente sobre el plano del talud, de forma aislada y discontinua, y en forma de mosaico.

Para llevar a cabo las roturas puntuales y discontinuas de la superficie del terreno, un aspecto de la invención se refiere al método de descompactación de la superficie de un talud que incluye la utilización de un apero, acoplado al brazo articulado de una máquina de obra civil del tipo retroexcavadora o grúa hidráulica articulada Palfinger, o bien a maquinaria agrícola. Dicho apero incluye un rodillo a modo de eje central, del que salen de forma radial una serie de púas o agujas. Las púas sobresalen de la superficie del rodillo perpendicularmente al diámetro del mismo y se distribuyen alrededor del rodillo de tal manera que al rodar sobre el terreno producen un patrón espacial de impactos sobre la superficie del terreno, lo más irregular y aleatorio posible. Para realizar las roturas puntuales y discontinuas de la superficie del terreno, se hace rodar el apero sobre la superficie del talud de manera que las púas se claven en la superficie del talud hasta una profundidad media de 5 a 10 cm.

Debido a las fuertes pendientes que pueden resultar al crearse nuevas superficies del terreno por actividades humanas, generalmente superiores a 30°, podría pensarse que un tratamiento de descompactación que se aplicara de forma continua sobre toda la superficie del talud, podría ocasionar un aumento crítico de su inestabilidad, por la pérdida de cohesión en la capa superficial del suelo. Sin embargo, el tratamiento de descompactación puntual y en mosaico que se consigue con la utilización de este apero incrementa la estabilidad del talud según aumenta su heterogeneidad física.

Este método está preferentemente indicado para sustratos litológicos que, si bien pueden estar ligeramente consolidados o cementados, no sean rocas duras. Ejemplos de sustratos para los que está indicado son: gravas, arenas, limos y arcillas ligeramente consolidadas o cementadas; arcosas; lutitas; yesos; margas; distintos tipos de derrubios de ladera; regolitos y suelos (edáficos) de todo tipo. Ejemplos de sustratos rocosos para los que no está indicado son: todo tipo de rocas ígneas y metamórficas que no estén meteorizadas (por ejemplo: basaltos, granitos, gneises, esquistos, pizarras o cuarcitas) y rocas sedimentarias altamente litificadas (calizas o dolomías, entre otras).

A su vez, este tratamiento tiene efectos sobre la fertilidad física del talud, que incluyen: a) la rotura de la costra superficial del suelo, que aumenta la permeabilidad y la infiltración, y con ello la disponibilidad de agua para las plantas; b) la creación de un

mosaico de 'microsumideros' de escorrentía, que reduce las pérdidas de agua y la erosión; c) el aumento de la rugosidad superficial, que reduce la tasa y velocidad de transporte de materia (agua, partículas de suelo, nutrientes, semillas); y d) la generación de microrrugosidades que actúan como trampas de captación de semillas y nutrientes (como materia orgánica en forma de hojarasca, por ejemplo).

El método de descompactación puede ser utilizado tanto en la fase de acabado, es decir durante la construcción del terreno del talud, como en operaciones de mantenimiento del mismo, durante la fase de explotación/operación. En estas últimas, el método de descompactación va a permitir realizar tratamientos de descompactación en mosaico de la capa superficial de suelo, minimizando los daños sobre la vegetación preexistente. A diferencia de otras labores de descompactación de tipo agrícola, que remueven la capa superficial del suelo, con este método, la descompactación se aplica de forma puntual y distribuida de forma discontinua sobre el talud. Ello minimiza el impacto que podría producir esa operación sobre la vegetación existente en el talud.

Los efectos del uso del apero sobre la densidad final de microdepresiones que quede sobre la superficie del talud, va a depender de diversos factores, tales como son la naturaleza del material litológico que lo constituye, textura, presencia de gravas, compactación, rugosidad inicial de la superficie; o de las condiciones de aplicación del tratamiento, como la humedad en el suelo, del número y dirección de los pases que se apliquen, etc.; también de las características físicas y dimensiones concretas del modelo de apero utilizado.

25

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción un dibujo en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1. Densidad media de microdepresiones generadas por los aperos de los ejemplos 5-8.

35

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

La presente invención se ilustra mediante los siguientes ejemplos, que no pretenden ser limitativos de su alcance.

5

Ejemplos 1-4.

Se utilizaron los aperos cuyas características figuran en la Tabla 1, acoplados a una retroexcavadora, para descompactar la superficie de una banda de talud de 1 o 1,2 metros de anchura. Una vez que el apero estuvo instalado en el extremo final de una grúa hidráulica articulada Palfinger, con el movimiento de esta grúa se provocó que el apero rodara por la superficie de un talud, de arriba hacia abajo, o de un lado a otro, forzando a que las púas se clavaran en la superficie del talud hasta profundidades medias de 5 a 10 cm. De este modo, durante la rodadura del apero se fueron creando pequeños movimientos de tierra, localizados en los puntos de inserción de las púas, que denominamos microdepresiones.

15

La acción de las púas generó, sobre la superficie del talud, una serie de pequeñas zonas aisladas, en las que se rompió la costra superficial del suelo, se descompactó la capa superficial hasta la profundidad de inserción de la púa y, localmente, se generó un nuevo microrrelieve. En el entorno de los puntos de inserción de las púas se creó una microtopografía caracterizada por presentar una depresión central de plano ovoide, alargada en la dirección de rodadura del apero, y laterales ligeramente elevados, a modo de 'microcráteres' de muy pequeño diámetro, afectando a una superficie variable de entre 25 y 50 cm².

25

Al finalizar la intervención, las pequeñas zonas de suelo modificado quedaron espacialmente distribuidas sobre la superficie del talud de forma aislada y discontinua, y cuasi aleatoria. La densidad final de estas pequeñas zonas dependió de la configuración concreta del apero utilizado en cuanto al número total de púas, a su distribución y a su separación; pero también en función del número de pases de aplicación del apero y de la/s dirección/es con las que se realizaron las operaciones sobre el talud. En la Tabla 1 se indican las características de cada apero y los resultados obtenidos con un único pase del apero sobre el terreno.

30

35 **Tabla 1.** Características de cada apero según los ejemplos 1-4 y sus efectos sobre un

talud realizando un único pase, aplicación o pasada del mismo

	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4
Anchura de trabajo/longitud del rodillo (m)	1,00	1,00	1,20	1,20
Longitud púas (m)	0,30	0,20	0,25	0,20
Diámetro rodillo (m)	0,13	0,15	0,20	0,20
Diámetro de la púa (m)	0,02	0,025	0,035	0,03
Distancia entre púas (m)	0,053	0,042	0,063	0,050
Número de púas (uds.)	38	48	38	48
Profundidad media microdepressiones (m)	0,075	0,075	0,075	0,075
Radio de giro efectivo del apero* (m)	0,29	0,20	0,325	0,225
Densidad media de microdepressiones (número/m ² y pase)	20,9	38,4	15,5	28,3

* Radio de giro efectivo del apero = $\frac{1}{2}$ diámetro del rodillo + longitud púas - profundidad media microdepressiones.

5 **Ejemplo 5-8.**

Se utilizaron cuatro aperos con la misma distribución y dimensiones de las púas que en los aperos de los ejemplos 1-4, en los que el rodillo presentaba un diámetro de 15 cm, una longitud de 180 cm y, a lo largo de la longitud del rodillo, las púas estaban fijadas a 4, 5, 6 y 7 cm de distancia, respectivamente. Con cada uno de estos cuatro
10 aperos acoplados al brazo articulado de una retroexcavadora, se descompactó la superficie de una banda de talud de 1,8 metros de anchura, siguiendo los mismos pasos que los descritos en los ejemplos 1-4. En la figura 1 se representa la relación entre la densidad de microdepressiones, en función de la longitud efectiva de las púas en el apero, y las distancias (d) entre púas sobre el rodillo. En esta figura, la longitud
15 efectiva de las púas en metros (m) se refiere a la suma de la longitud de la púa más $\frac{1}{2}$ del diámetro del rodillo y menos la profundidad media de incisión de la púa en el suelo (7,5 cm); Núm/m² se refiere al número de microdepressiones por metro cuadrado y por pase. Como se ha indicado en los ejemplos 1-4, la superficie de cada microdepresión osciló entre los 25-50 cm² (Tabla 1), por lo tanto, la superficie
20 descompactada por el apero en cada pase osciló entre el 3,5-15% del total, dependiendo de la distribución de las púas del apero empleado. Se puede verificar cómo la densidad de microdepressiones por unidad de superficie se incrementa cuanto menor es la distancia entre púas y menor es su longitud. Las características locales tales como el clima, tipo de suelo, pendiente, presencia de vegetación, tratamientos
25 superficiales previos (extendido de tierra vegetal y otros), determinarán la conveniencia de realizar uno o más pases.

REIVINDICACIONES

1. Método para descompactar la superficie de taludes que incluye hacer rodar un apero por la superficie del talud, en dirección vertical y/u horizontal, donde el apero incluye
5 un rodillo dispuesto a modo de eje central, del que salen púas o agujas de forma radial, perpendicularmente al diámetro del rodillo, y se distribuyen alrededor del mismo de tal manera que, al rodar sobre el terreno, producen un patrón espacial de impactos irregular y aleatorio sobre la superficie del terreno, de manera que las púas del apero se claven en la superficie del talud hasta una profundidad media de 5-10 cm.

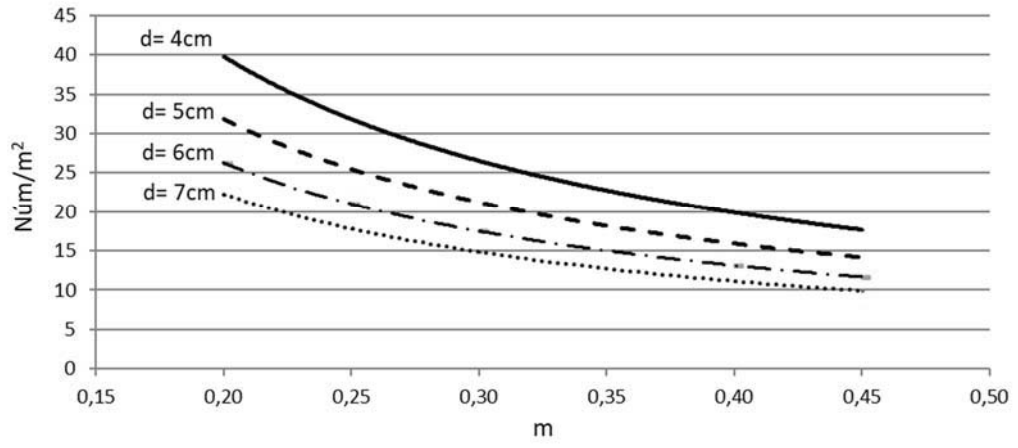


Fig. 1