

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ES	(11) N.º	455842	(10) A I
	(21)		
	(22)	FECHA DE PRESENTACION 11 FEB. 1977	

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:		
(31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
76.03 802	11. de Febrero de 1.976	Francia.
(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(61) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	B20D	
(54) TITULO DE LA INVENCION		
Procedimiento de elaboración de productos metalicos, sin defectos de superficie, por colada continua centrifuga en una lingotera conductora enfriada.		
(71) SOLICITANTE (S)		
INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE, entidad francesa.		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
residente en 185, rue Président Roosevelt, 78104 Saint Germain-en-Laye, Francia.		
(72) INVENTOR ES.		
Robert ALBERNY, Jean-Pierre BIRAT, Roger VENTAVOLI.		
(73) TITULAR ES.		
(74) REPRESENTANTE		
D. Jaime Gomez-Acebo y Modet.		

**POOR
QUALITY**

El presente invento se sitúa en el ámbito de la centrifugación en lingotera durante la colada continua de metales líquidos para la producción continua de palanquillas.

5. Ya es sabido que la centrifugación del metal líquido durante el transcurso de la colada continua en una lingotera enfriada, abierta por sus partes superior e inferior, y de la cual se extrae de forma continua por la parte inferior un producto parcialmente solidificado, presenta numerosas ventajas desde el punto de vista de la calidad de dicho producto solidificado, y en particular, respecto a su estructura de solidificación y respecto a la limpieza superficial subcutánea. La centrifugación puede ser obtenida haciendo girar la lingotera en torno de su eje, lo cual arrastra en rotación al metal contenido en la misma, o bien, sometiendo el metal a la acción de un campo magnético giratorio, permaneciendo inmóvil la lingotera. Este último método, más sencillo desde el punto de vista mecánico que el procedimiento anterior, plantea, no obstante ciertos problemas desde el punto de vista electromagnético, que los trabajos emprendidos por el solicitante han contribuido ya ampliamente a resolver y que han sido objeto de una solicitud de patente registrada por el solicitante con el n.º 75/20225.
- 10.
- 15.
- 20.

- Una de las dificultades con que se tropieza, consiste en saber dosificar de forma adecuada las características del campo magnético giratorio para obtener rápidamente y con toda seguridad, un resultado industrialmente valedero, sin necesidad de experimentaciones inútilmente largas y costosas. El invento preconizado tiene por objeto un procedimiento de colada continua centrífuga electromagnética para la elaboración de productos metálicos exentos de defectos de superficie, por colada continua centrífuga en una lingotera conductora enfriada, procedimiento en el cual el metal líquido es puesto en rotación en la lingotera por medio de un campo
- 25.
- 30.

magnético giratorio en todo al eje de la lingotera, siendo extraído de forma continua por la parte inferior de la lingotera el producto parcialmente solidificado, procedimiento caracterizado por el hecho de que la acción motriz del campo magnético giratorio es optimizada dando a su frecuencia de rotación el valor máximo posible entre 4 y 15 hertzios, teniendo debidamente en cuenta el formato del producto colado, el espesor y la conductibilidad térmica de la lingotera, de tal modo que cualquier aumento de la frecuencia por encima de este valor dé lugar a una atenuación del campo magnético en la pared de la lingotera preponderante en relación con su efecto positivo sobre la fuerza de arrastre del metal.

- 5.
- 10.

Según una primera variante del procedimiento de ejecución, el procedimiento se caracteriza por el hecho de que la frecuencia óptima de rotación del campo magnético es fijada en función del producto colado, del espesor y de la conductibilidad eléctrica de la pared de la lingotera, por lectura directa en los ábacos de regulación, según figura representado en la figura 1.

- 15.
- 20.

En una segunda variante, el procedimiento se caracteriza por el hecho de que la frecuencia óptima de rotación del campo magnético es fijada de conformidad con la relación:

$$N_{opt} = \frac{100}{AX^2 + BX + C}$$

en la cual X es el producto simple $\frac{e \cdot \sqrt{\gamma}}{10^8}$ del espesor e de la lingotera (en mm) y de la conductibilidad eléctrica $\sqrt{\gamma}$ de esta misma pared (en mhos/m), siendo A, B y C los parámetros que dependen del radio interno R (en cm) de la lingotera, es decir, del formato del producto colado, según las relaciones aproximadas:

- 25.
- 30.

$$A = 0,011 R^3 - 0,226 R^2 + 1,494 R - 3,409$$

$$B = 0,03673 R^2 + 0,956 R + 1,687$$

$$C = 0,1585 R^2 - 1,534 R + 1,192.$$

Según una característica complementaria que puede presen-

tar el invento preconizado, conjuntamente con las precedentes, la intensidad eficaz del campo magnético es ajustada con objeto de obtener, en el eje de la lingotera, un valor de dicha intensidad que oscile entre un límite inferior B_i y un límite superior B_s , respectivamente definido por las relaciones:

5.

$$B_i = 4 \exp \left[- \left(\frac{N}{10} \right)^2 \right] \cdot (270 - 17 N)$$
$$y \quad B_s = 4 \exp \left[- \left(\frac{N}{10} \right)^2 \right] \cdot (400 - 25 N)$$

en las cuales los valores B_i y B_s del campo magnético son expresadas en Gauss y N representa la frecuencia de rotación del campo magnético expresada en Mertzios.

10.

Con objeto de poder comprender del mejor modo posible el invento preconizado figura a continuación un ejemplo de realización, tomando como referencia los dibujos adjuntos, que representan:

15.

La figura 1, los ábacos que permiten obtener la frecuencia óptima de agitación en función del producto, del espesor y de la conductibilidad eléctrica de la lingotera y para distintos formatos de producto colado, y

20.

La figura 2, un ábaco que indica la variación del par de rotación en función de la frecuencia.

25.

Uno de los primeros problemas con que se tiene que enfrentar el especialista se refiere a la opción de la velocidad angular de rotación del campo magnético, que denominaremos frecuencia de rotación y que depende, cuando es producido el campo, como así ocurre generalmente, por un inductor estático polifásico, de la frecuencia de la corriente de alimentación.

30.

A este respecto, los interesados demuestran importantes vacilaciones, ya que algunos autores preconizan frecuencias de corriente elevadas, de 50 Hz e incluso superiores, mientras que otros recomiendan frecuencias bajas, inferiores a 20 Hz, e incluso de 10

- Hz. Ya es sabido en la actualidad, y los trabajos del solicitantes han contribuido ampliamente a ello, que las frecuencias comprendidas entre 1 y 20 Hz, e incluso lo más generalmente, entre 4 y 15 Hz, son las más favorables. El solicitante ha hecho resaltar, asimismo,
5. que existe en esta banda una frecuencia óptima que conduce a un par de rotación máximo (o fuerza máxima) desarrollado en el metal líquido. En ausencia de atenuación del campo magnético por la pared conductora de la lingotera, la fuerza de arrastre del metal sería tanto mayor cuanto más elevada fuese la frecuencia de rotación del campo.
10. Pero, la atenuación derivada de las corrientes inducidas en la pared de la lingotera aumenta a su vez con la frecuencia, con lo cual existe un valor óptimo de la frecuencia, que depende del formato del producto colado, de la conductibilidad térmica y del espesor de la lingotera, por encima del cual la atenuación llega a ser
15. preponderante y la fuerza de arrastre disminuye si se continúa aumentando la frecuencia.

- El solicitante ha confirmado esta hipótesis y ha logrado establecer ábacos que permiten a los utilizadores poder determinar inmediatamente y sin ningún esfuerzo la frecuencia de rotación del
20. campo magnético apropiado a las características de su lingotera y, en substancia, al formato del producto colado, al espesor y a la conductibilidad eléctrica de su lingotera, y del mismo modo, expresar estos ábacos de forma aproximada por una relación analítica.

- Inversamente, para una alimentación eléctrica y un inductor determinados, los utilizadores podrán, debido a estas enseñanzas, determinar el espesor y la conductibilidad de sus lingoteras
25. en función del formato del producto colado.

- Una de las peculiaridades sumamente interesantes de los trabajos del solicitante consiste en haber descubierto que el espesor y la conductibilidad de la lingotera intervienen de forma simé-
- 30.

trica, es decir, por su producto simple, en la determinación de la frecuencia de rotación óptima del campo magnético.

5. Estos ábacos son reproducidos en la figura 1 y su objeto consiste en definir la frecuencia de rotación N del campo en función del producto simple $e \cdot \gamma$ del espesor y de la conductibilidad eléctrica de la lingotera para distintos formatos del producto colado.

10. El formato colado ha sido representado por el radio R del círculo tangente a las paredes interiores de la lingotera en un plano normal a su eje. En el caso de una lingotera redonda, esto corresponde a su radio interior. Los valores extremos del radio R son respectivamente de 40 mm y 120 mm, lo cual constituye la gama completa de los productos metálicos que se obtienen en general por colada continua.

15. La expresión analítica de las curvas del ábaco puede escribirse de la forma siguiente:

$$N_{opt} = \frac{100}{Ax^2 + Bx + C}$$

20. en la cual X representa el producto simple $\frac{(e \cdot \gamma)}{(10^8)}$ del espesor e de la lingotera (expresado en mm) y de la conductibilidad eléctrica γ de la lingotera (expresada en mhas/m), y A, B, C, que representan los polinomios dependientes del radio interno R de la lingotera, es decir, del formato del producto colado y definido por las expresiones siguientes:

25.

$$A = 0,011 R^3 - 0,226 R^2 + 1,494 R - 3,409$$
$$B = 0,03773 R^2 + 0,956 R + 1,687$$
$$C = 0,5585 R^2 - 1,534 R + 1,192$$

en las cuales el radio R es expresado en centímetros.

30. Una vez determinada la mejor frecuencia posible para la lingotera utilizada, queda por fijar la intensidad del campo magnético que habrá de permitir obtener, con una seguridad total, el me

por resultado. La velocidad de rotación del metal líquido en la lingotera depende en particular de la intensidad de este campo.

- Ya es sabido que, bajo el efecto de la fuerza centrífuga derivada de la rotación, la superficie libre del metal (el menisco) se ahueca en el centro y asciende a lo largo de las paredes de la lingotera, tomando una forma que se asemeja a un paraboloides de revolución. Esta forma del menisco, unida al hecho de que las escorias presentan una densidad más reducida que la del metal, hace que las mismas tengan tendencia a reunirse en el centro si la velocidad llega a ser suficiente. Por consiguiente, es importante que la velocidad sea superior a un límite inferior, con objeto de permitir la reunión de las escorias en el centro del menisco, pero no demasiado, lo cual da un límite superior, con objeto de que un hueco demasiado grande del menisco puedan impedir al operador recoger las debidamente. Asimismo, una velocidad excesiva correría el riesgo de provocar un descenso de estas escorias hacia la parte central del metal líquido, por efecto vorticial. Otro límite inferior de la velocidad de rotación es dado por la necesidad de obtener en el seno del metal una agitación suficiente para romper las dendritas de solidificación basáltica y evitar la formación en el eje del producto de heterogeneidades de solidificación y de huecos, pero en cambio, este límite es más bajo que aquel que permite la reunión de las escorias en el centro del menisco, por lo cual no es preciso preocuparse por este detalle. El solicitante ha pensado que debería ser posible poder definir estos límites y, consecuentemente, el intervalo de funcionamiento correcto obtenido, en términos de intensidad del campo B (en Gauss) (es decir, para la lingotera y un inductor determinados, en términos de intensidad de la corriente de alimentación) en función de la frecuencia de rotación del campo N (en Hertzios). Las experimentaciones llevadas a cabo por el solici-
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

tante han permitido demostrar semejante posibilidad y añadir debidamente las fórmulas utilizadas:

- un valor mínimo del campo en el eje de la lingotera que permite la reunión de las escorias en el centro del manisco, valor dado por la relación:

5.

$$B_i = 4 \exp - \frac{N^2}{10} \cdot (270 - 17 N)$$

- un valor máximo del campo en el eje de la lingotera más allá del cual llega a ser sumamente difícil recoger las escorias:

$$B_s = 4 \exp - \frac{N^2}{10} \cdot (400 - 25 N)$$

10.

en las cuales B_i y B_s han sido expresados en Gauss y N representa la frecuencia de rotación del campo magnético expresado en Hertzios.

A continuación figura descrito, a título de ilustración, un ejemplo de aplicación, que no constituye limitación alguna en cuanto a las posibilidades y alcance del invento preconizado.

15.

Una máquina de colada continua de palanquillas redondas de acero de 120 mm de diámetro, se encuentra dotada de una lingotera provista de un inductor bifásico de un par de polos por fase, alimentado por un convertidor estático de tiristores de tipo comercialmente conocido, capaz de proporcionar una intensidad máxima de 350 amperios con una tensión de 55 voltios por fase, y con frecuencia comprendida entre 3,5 y 13 Hz. La lingotera, conforme a la descrita en la solicitud de patente número 75/20225, esta dotada de una pared de cobre de cromo-circonio de endurecimiento estructural, de 11 mm de espesor, cuya conductibilidad eléctrica es equivalente a $3,87 \cdot 10^7$ mho/m.

20.

25.

Dado que el radio interno de la lingotera mide 6 cm, se obtiene, por lectura en los ábacos de la figura 2, una frecuencia óptima de rotación del campo magnético de 5,3 Hz. La frecuencia óptima determinada experimentalmente por medición del par electromagnético por medio de una probeta magnética suspendida en la lingotera

30.

ra y conectada por un hilo de torsión con un instrumentos de medición del ángulo de torsión es de 5,3 Hz, como así puede apreciarse por la curva de la figura 2. Cabe observar, no obstante, que la concordancia es un poco menos exacta por aplicación de la expresión analítica de la frecuencia. Efectivamente, se encuentra en este caso una frecuencia óptima de 5 Hz.

5.

La reunión de las escorias en el centro del menisco y la posibilidad de recogerlas para su eliminación se traducen, por ejemplo, a esta frecuencia óptima, por un campo magnético en el metal de, respectivamente, 400 y 570 Gauss. Las relaciones anteriormente indicadas dan valores con una tolerancia de un 10 %, aproximadamente, lo cual es perfectamente conveniente.

10.

Naturalmente, las relaciones que expresan el campo en función de la frecuencia son también valederas cuando se está obligado a utilizar frecuencias distintas de la frecuencia óptima, lo cual puede producirse, en particular, cuando esta última no puede ser alcanzada por el generador eléctrico de que se dispone.

15.

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.

20.

REIVINDICACIONES

5. 1.- Procedimiento de elaboración de productos metálicos, sin defectos de superficie, por colada continua centrífuga en una lingotera conductora enfriada, por el cual el metal líquido es puesto en rotación en la lingotera por medio de un campo magnético que gira en torno al eje de la lingotera, siendo extraído el producto parcialmente solidificado de forma continua por la parte inferior de la lingotera, procedimiento caracterizado porque la acción motriz del campo magnético giratorio es optimizada dando a su frecuencia de rotación el máximo valor posible entre 4 y 15 Hz, teniendo en cuenta el formato del producto colado, el espesor y la conductibilidad eléctrica de la lingotera, de tal modo que cualquier aumento de la frecuencia que sobrepase este valor da lugar a una 10. atenuación del campo magnético en la pared de la lingotera, preponderante en relación con su efecto positivo sobre la fuerza de arrastre del metal.

20. 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la frecuencia óptima de rotación del campo magnético se fija en función del formato del producto colado, del espesor y de la conductibilidad eléctrica de la pared de la lingotera por lectura directa sobre ábacos de regulación.

25. 3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la frecuencia óptima de rotación del campo magnético queda fijada de conformidad con la relación:

$$N_{opt} = \frac{100}{AX^2 + BX + C}$$

30. en la cual X es el producto simple $\frac{e \cdot \gamma}{10^6}$ del espesor e de la pared de la lingotera (en mm) y de la conductibilidad eléctrica γ de esta misma pared (en mhos/m), siendo A, B y C los parámetros que dependen del radio interno R (en cm) de la lingotera, es decir, del

formato del producto colado, según las relaciones aproximadas siguientes:

$$A = 0,011 R^3 - 0,226 R^2 + 1,494 R - 3,409$$

$$B = 0,03673 R^2 + 0,956 R + 1,687$$

$$C = 0,1585 R^2 - 1,534 R + 1,192$$

5.

4.- Procedimiento según las reivindicaciones 1, 2 ó 3, ca

racterizado porque la intensidad eficaz del campo magnético queda ajustada con objeto de obtener en el eje de la lingotera un valor de dicha intensidad comprendido entre un límite inferior Bi y un límite superior Bs, respectivamente, definido por las relaciones:

10.


$$B_i = 4 \exp. \left[-\left(\frac{N}{10}\right)^2 \right] \cdot (270 - 17 N)$$
$$B_s = 4 \exp. \left[-\left(\frac{N}{10}\right)^2 \right] \cdot (400 - 25 N)$$

15.

en las cuales los valores Bi y Bs del campo magnético son expresados en Gauss y N representa la frecuencia de rotación del campo magnético expresada en Hertzios.

20.

5.- Procedimiento en elaboración de productos metálicos, sin defectos de superficie, por colada continua centrífuga en una lingotera conductora enfriada, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria y en los dibujos adjuntos.



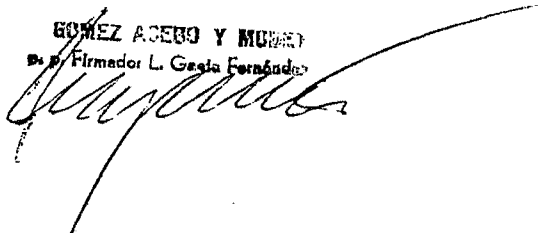
Esta Memoria consta de doce hojas escritas a máquina por una sola cara.

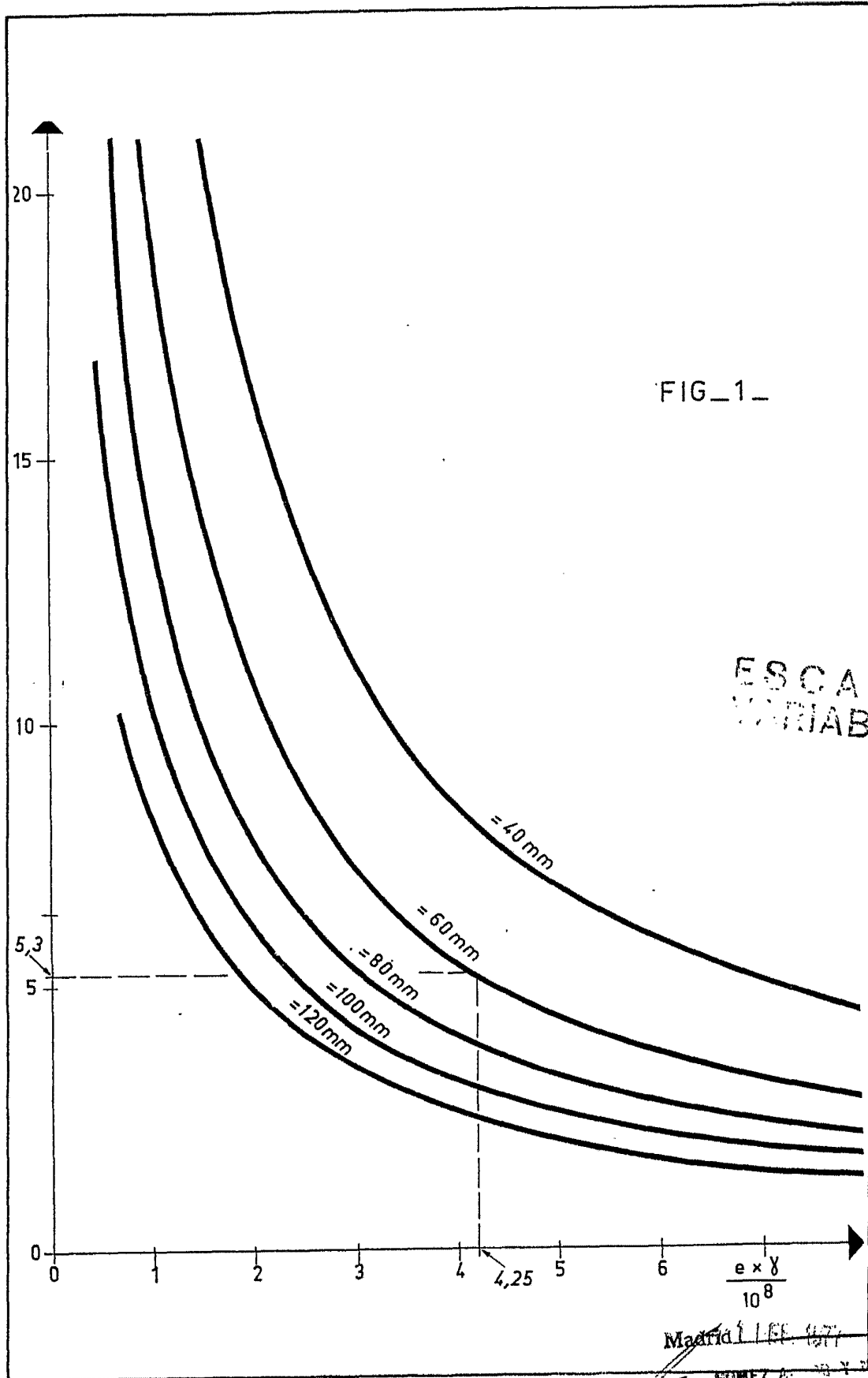
11 FEB. 1977

Madrid,

INSTITUT DE RECHERCHES DE LA
SIDERURGIE FRANCAISE.

ESMEZ ACEBO Y MURDO
Firmador: L. Gesta Fernández





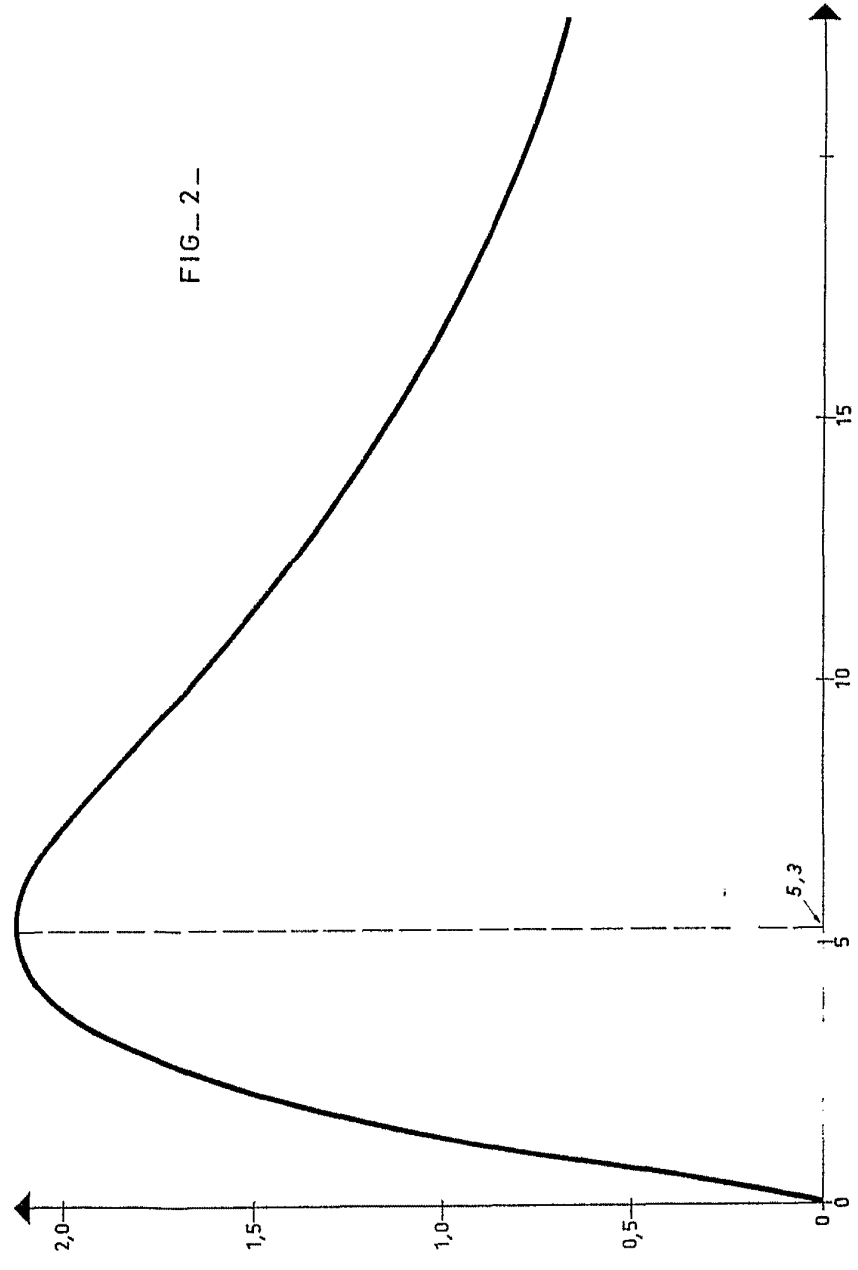
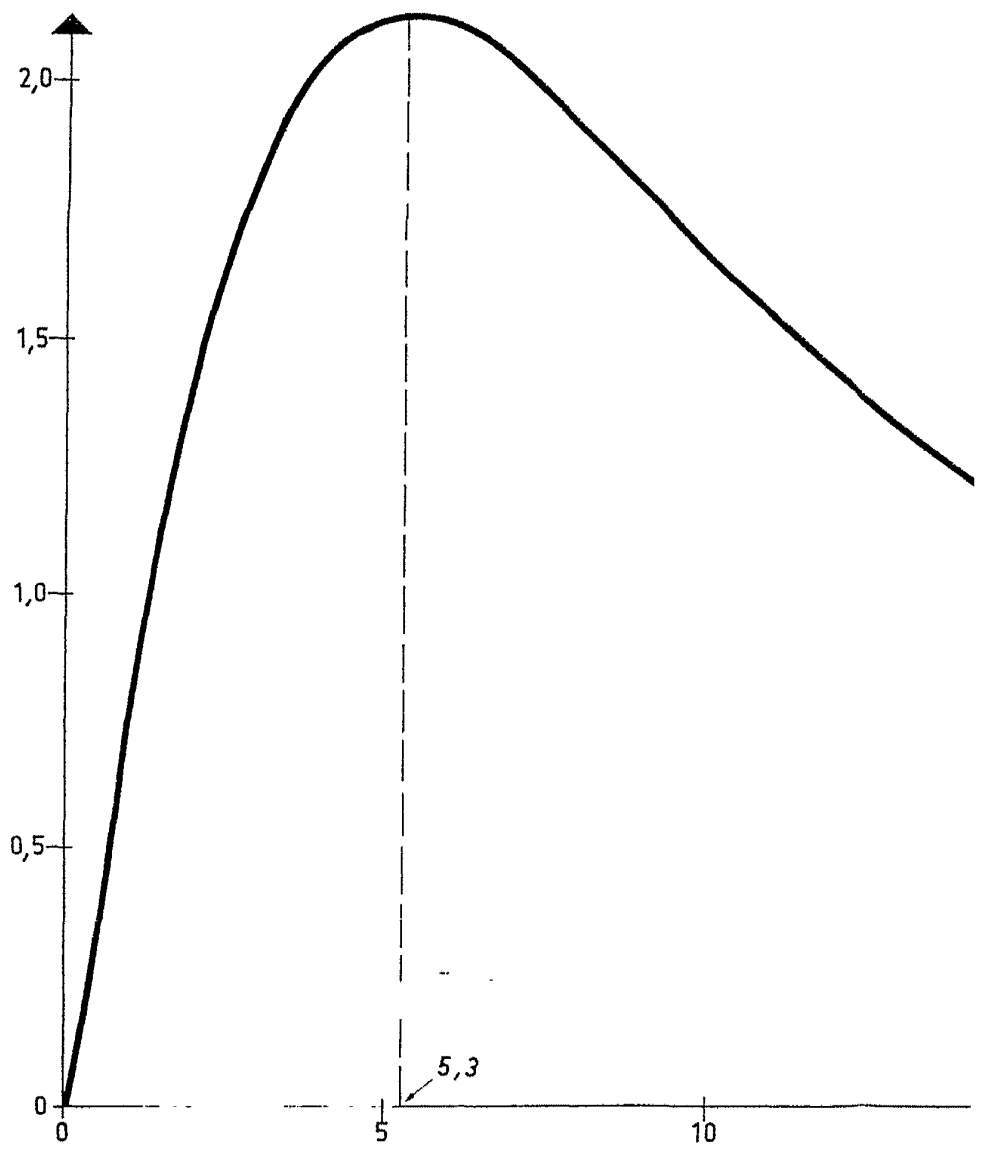


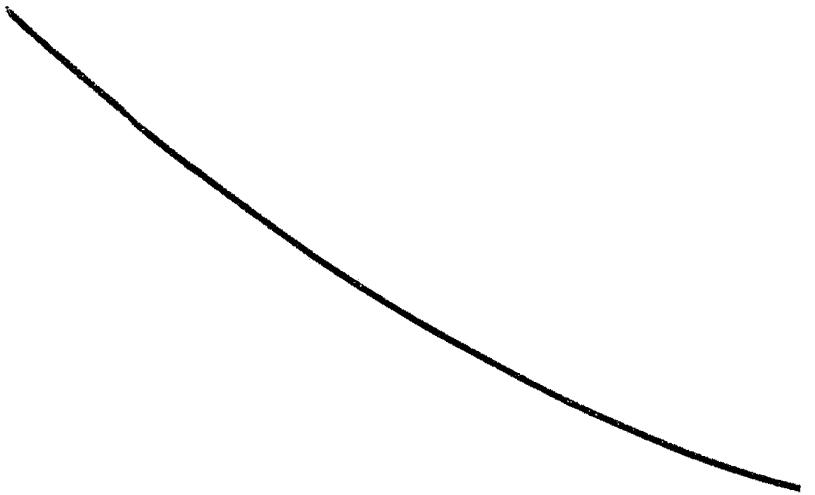
FIG - 2 -

ES CALA
TABLA

W. 100 1 100 100
 PEREZ ADEZ Y ADEZ
 Ingenieros J. Geógrafos y Urbanistas



FIG_2_



REGALABLE

Madrid 1 353 217

FIBREZ ACEBS Y BODES
Sociedad L. Gascó y Fandos

A handwritten signature or scribble in black ink, located below the printed text in the bottom right corner of the page.