

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

10 ES	11 NUMERO 467.726	10 A1
	21	
	22 FECHA DE PRESENTACION 9-3-78	

PATENTE DE INVENCION

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

30 PRIORIDADES: 31 NUMERO 777,861	32 FECHA 15-3-77	33 PAIS Estados Unidos.
---	---------------------	----------------------------

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL G21C	63 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
------------------------	--	--------------------------------------

64 TITULO DE LA INVENCION BARRA DE VENENO CONSUMIBLE PARA USO EN UN REACTOR NUCLEAR REFRI- GERADO POR AGUA.

71 SOLICITANTE (S) WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION.
--

DOMICILIO DEL SOLICITANTE Westinghouse Building, Gateway Center, Pittsburgh, Pennsylvania 15222. ESTADOS UNIDOS.
--

72 INVENTOR (ES) William Lawrence Orr y Pratap Kilachand Doshi, ambos de naciona- lidad estadounidense.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE D. BERNARDO UNGRIA GOIBURU.

El presente invento se refiere a barras de ve
neno consumibles en reactores nucleares y, más particularmen
te a barras de veneno consumibles que tienen una relación en
tre moderador y veneno relativamente importante.

5 En numerosos modelos de reactores nucleares ,
se hace circular un refrigerante que sirve también como mode-
rador, a través del núcleo de reactor, para eliminar el calor
producido por el proceso de fisión en el interior del núcleo.
El núcleo consiste en un número determinado de barras de com
10 bustibles que están mantenidas bajo la forma de haces por me-
dio de rejas separadoras y de conectores superior e inferior.
Las barras de combustible están hechas de tubos cilíndricos
que contienen un combustible nuclear tal como pastillas de com
bustible de dióxido de uranio poco enriquecido. Los haces, co
15 nocidos bajo el nombre de conjuntos de combustible, están dis-
puestos en una configuración que es aproximadamente un cilin-
dro circular recto.

 Durante el funcionamiento del reactor, los isó-
topos fisionables contenidos en las pastillas de combustible
20 nuclear absorben neutrones que dan lugar a su fisión lo que ge
nera calor. Además del agotamiento del material fisionable,
el proceso de fisión da lugar a la formación de productos de
fisión, algunos de los cuales absorben fácilmente los neutro-
nes. Estos efectos, es decir el agotamiento y los productos
25 de fisión, son parcialmente compensados por la acumulación de
isótopos fisionables tales como el plutonio que se produce en
la absorción que no da lugar a fisión de neutrones en materia-
les fértiles tales como el U-238. Por tanto, con el fin de
compensar la reducción de reactividad del núcleo que se produ
30 ce con el agotamiento del combustible fisionable y la acumula

ción de productos de fisión, se establece en el reactor, en el comienzo de cada ciclo, un exceso de reactividad. Este exceso de reactividad se controla por medio de un material absorbente de neutrones bajo la forma de boro disuelto en el refrigerante primario y bajo la forma de barras de veneno consumibles.

La concentración del boro disuelto en el refrigerante primario se hace variar para asegurar el control y para compensar los requisitos de reactividad a largo plazo del agotamiento del combustible, del envenenamiento por los productos de fisión, del agotamiento del veneno consumible, y del cambio de temperatura del moderador que pasa del estado frío al estado de funcionamiento. Sin embargo, cuando se aumenta la concentración de boro, el coeficiente de temperatura del moderador empieza a ser menos negativo. La utilización de un veneno soluble solo, daría lugar a un coeficiente positivo del moderador en el comienzo de la vida del primer ciclo y puede resultar en un coeficiente positivo en los ciclos siguientes en función de la carga de combustible de este ciclo. Por tanto, se utilizan barras de veneno consumibles para reducir la concentración de boro soluble en grado suficiente para asegurar que el coeficiente de temperatura del moderador será negativo en las condiciones de funcionamiento que corresponden al suministro de energía.

Un veneno consumible absorbe los neutrones sin producir neutrones nuevos o suplementarios y sin transformarse en nuevos venenos como resultado de la absorción de neutrones. Un veneno consumible típico que presenta estas características es el boro-10 que constituye aproximadamente el 20% del boro de procedencia natural. El boro-10, al ser irradiado por los neutrones térmicos está sometido a la reacción

$B^{10} + n^1 \rightarrow Li^7 + He^4$, que da lugar a la absorción de un neutrón y al agotamiento del boro-10 sin producción de un veneno adicional.

5 Los venenos consumibles se utilizan convencionalmente en barras instaladas en emplazamientos vacantes de control de grupos de barras (RGC), en el conjunto de combustible. La concentración de veneno consumible en las barras y el número de barras de veneno consumible introducidas en el núcleo se especifican de tal manera que la concentración de boro soluble sea suficientemente reducida para asegurar que el coeficiente de temperatura del moderador será negativo en condiciones de funcionamiento de suministro de energía. Durante el funcionamiento, el contenido de veneno de estas barras se agota, aumentando así la reactividad positiva para compensar una parte de la reactividad negativa debida al agotamiento del combustible y a la acumulación de productos de fisión. En las condiciones de final de vida una cierta cantidad de veneno residual puede permanecer y dar lugar a una reducción neta de la vida útil del núcleo. Además, las barras de veneno consumible desplazan el moderador, y los materiales estructurales parásitos de la barra de veneno consumible absorben neutrones lo que disminuye todavía más la vida útil de reactividad disponible del núcleo. Además, para el control de la reactividad las barras de veneno consumible se sitúan estratégicamente para obtener una distribución radial favorable de la energía.

20 En la Patente de los Estados Unidos No. 3.510.350 a nombre de P. M. Wood, del 5 de mayo de 1.970, se describe una barra de veneno consumible en la cual un tubo de vidrio de borosilicato está situado en el espacio anular formado entre dos tubos metálicos concéntricos. Una cavidad axial

interna se forma en el interior del tubo metálico interno constituyendo una cámara de pleno de gas destinada a recibir los productos de reacción gaseosos tales como el gas helio que se produce cuando el boro absorbe neutrones. Las barras de veneno consumible se sitúan adecuadamente en el conjunto de combustible en un emplazamiento vacante de control de grupo de barras. Aunque la Patente a nombre de Wood describe un tipo particular de barra de veneno consumible, sería ventajoso reducir lo más posible la cantidad de veneno consumible que permanece al final de su vida con el fin de aumentar la vida útil del núcleo.

Una cuba de conjunto de combustible que utiliza veneno consumible se describe en la Patente de los Estados Unidos No. 3.663.366 a nombre de T. O. Sauar, del 16 de Mayo de 1.972. La cuba incluye unas placas compuestas de acero inoxidable y circonio, en las cuales boro-10 enriquecido está disperso en las hojas de acero inoxidable. Sin embargo, la Patente a nombre de Sauar no describe la utilización de un veneno consumible en barras de veneno capaces de situarse con los elementos de combustible en el conjunto de combustible.

La utilización de ácido bórico o de vidrio de borosilicato en barras de control de reactores nucleares experimentales se describe en la Patente de los Estados Unidos No. 3.110.656 a nombre de M. M. Mills, publicada el 12 de Noviembre de 1.963. Naturalmente, la utilización de un material absorbente de neutrones en barras de control es fundamental pero presenta los inconvenientes comunes a las barras de control que consisten generalmente en que no están diseñadas para agotarse con la irradiación. Además, se han añadidos venenos consumibles al material de combustible nuclear y se han utilizado en la composición de la vaina del elemento de combusti-

ble.

Aunque en la técnica anterior existen numerosas aplicaciones de veneno consumible en reactores nucleares, sin embargo el problema que consiste en proporcionar una cantidad suficiente de veneno consumible en el comienzo de la vida del núcleo del reactor para compensar la reactividad excesiva y al mismo tiempo reducir esta contribución de reactividad negativa cerca del final de la vida del núcleo con el fin de prolongar esta última, no ha sido solucionado de manera satisfactoria y por tanto el objeto del presente invento consiste en proporcionar una barra de veneno consumible que mejora las condiciones actuales, es decir que permite una mayor vida útil y una mayor combustión del núcleo del reactor.

Teniendo en cuenta este objeto, el presente invento consiste en una barra de veneno consumible destinada a ser utilizada en un reactor nuclear, que incluye una vaina tubular de forma alargada que contiene un material absorbente de los neutrones, caracterizada porque por lo menos durante el funcionamiento de dicho reactor, dicha vaina contiene también un material moderador de neutrones.

La reactividad excesiva que existe en el comienzo de la vida del núcleo se compensa por medio del agotamiento del veneno consumible durante la vida del núcleo, y por tanto se prolonga la vida del núcleo.

El invento podrá entenderse más claramente leyendo la siguiente descripción de un modo de realización preferido del mismo, que da a título de ejemplo solamente, en los dibujos adjuntos en los cuales:

La figura 1 es una vista en sección transversal parcial, en alzado, de un conjunto de combustible;

La figura 2 es una vista en sección transversal, tomada a lo largo de la línea II-II de la figura 1;

La figura 3 es una vista en sección transversal, en alzado, de una barra de veneno consumible;

5 La figura 4 es una vista en sección transversal de una barra de veneno consumible; y

La figura 5 es una vista en sección transversal, en alzado, de una variante de barra de veneno consumible.

10 Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, se ve que un conjunto de combustible que lleva la referencia general 10 incluye un soporte de extremidad superior 12, un soporte de extremidad inferior 14, unos tubos de guía 16, unas rejillas de posicionamiento 18, unos elementos de combustible 20, y unas barras de veneno 22. El soporte de extremidad 12 y el
15 soporte de extremidad inferior 14 sostienen el tubo de guía 16 y el elemento de combustible 20, mientras que las rejillas de posicionamiento 18 mantienen una alineación adecuada entre los tubos de guía 16 y el elemento de combustible 20. Los tubos de guía 16 pueden ser tubos cilíndricos huecos hechos de
20 circonio o de otro material con reducida capacidad de absorción de neutrones capaz de soportar en ellos las barras de veneno 22. Los conjuntos de combustible 10 están dispuestos verticalmente en el interior de la vasija del reactor (no representada) para formar un núcleo (no representado) con el fin
25 de generar calor mediante fisión nuclear de una manera bien conocida por los expertos en la materia. El refrigerante del reactor que puede ser agua fluye a través de la vasija del reactor hacia arriba a través de esta última y en posición de transferencia de calor con los conjuntos de combustible 10.
30 De esta manera el calor es transferido desde los conjuntos de

combustible 10 hasta el refrigerante de reactor. Con esta configuración, las barras de veneno 22 son capaces de absorber neutrones, controlando así el nivel de reactividad del núcleo de tal manera que pueda añadirse un suplemento de reactividad al núcleo, incrementando el enriquecimiento del combustible nuclear en cada conjunto de combustible 10. Cargando el núcleo con un exceso inicial de reactividad, se prolonga el período de tiempo durante el cual el núcleo es capaz de producir calor sin ser recargado con nuevos conjuntos de combustible 10. Basándose en este principio, sin embargo, es importante que las barras de veneno 22 se agoten cerca del final de la vida útil del núcleo, de tal manera que las barras de veneno 22 no creen una reducción de reactividad mediante absorción de neutrones.

Haciendo ahora referencia a las figuras 3 y 4, la barra de veneno 22 tiene una vaina metálica externa de forma cilíndrica 24 que puede fabricarse con tubo de zircaloy y puede presentar un diámetro externo de aproximadamente 9,65 mm (0,38 pulgada) y un diámetro interno de aproximadamente 8,33 mm (0,33 pulgada). Un obturador de extremidad inferior 26 que tiene un agujero central 28 en él, está sujeto en la extremidad inferior de la vaina externa 24 por medios adecuados, por ejemplo soldadura. Una vaina interna metálica de forma cilíndrica 30 está dispuesta concéntricamente en el interior de la vaina externa 24 y está sujeta por su extremidad inferior en el obturador de extremidad inferior 26. La vaina interna 30 puede fabricarse con tubo de zircaloy y puede presentar un diámetro externo de aproximadamente 5,08 mm (0,20 pulgada) y un diámetro interno de aproximadamente 4,06 mm (0,16 pulgada). Un obturador de extremidad superior 32 que

tiene un orificio 34 está conectado a la vaina externa 24 y a la vaina interna 30 cerca de sus extremidades superiores. La vaina interna 30 y la vaina externa 24 definen entre ellas un espacio anular 36 que está cerrado en sus extremidades por un obturador de extremidad inferior 26 y un obturador de extremidad superior 32. Un muelle helicoidal 38 está situado en el espacio anular 36 y se apoya sobre el obturador de extremidad inferior 26. Las pastillas 40 que son pastillas anulares que tienen la misma forma que el espacio anular 36 están dispuestas en el espacio anular 36 y descansan sobre el muelle helicoidal 38. Las pastillas 40 pueden estar constituidas por un veneno consumible tal como carburo de boro-óxido de aluminio ($B_4C - Al_2O_3$), otros boruros tales como diboruro de circonio (ZrB_2), u óxidos tales como óxido de gadolinio (Gd_2O_3). El muelle helicoidal 38 sirve para mantener las pastillas 40 aproximadamente en el mismo emplazamiento con relación a la vaina externa 24. Cuando las pastillas 40 empiezan a ser agotadas por la absorción de neutrones, liberan productos de reacción tales como el gas helio. Un espacio anular 42 puede preverse cerca de la parte superior de la barra de veneno 22 entre el fondo del obturador de extremidad superior 32 y la parte superior de la pila de pastillas 40 para constituir una cavidad destinada a recibir los productos de reacción de las pastillas 40. Naturalmente, estos productos de reacción pueden también alojarse en la parte inferior del espacio anular 36, en la zona situada alrededor del muelle helicoidal 38.

Haciendo de nuevo referencia a las figuras 3 y 4, en su lado interno, la vaina interna 30 define un agujero interno 44 que se extiende desde el obturador de extremi-

dad inferior 26 hasta el obturador de extremidad superior 32. Cerca de su extremidad inferior, el agujero interno 44 está en comunicación con el agujero central 28 para dar paso al fluido, y en su extremidad superior, el agujero interno 44 es
5 está en comunicación para dar paso al fluido con la cámara de pleno de salida 46 que está definida en el interior del obturador de extremidad superior 32. La cámara de pleno de salida 46 está también en comunicación para dar paso al fluido con los orificios 34. El refrigerante del reactor que es normalmente agua y actúa como moderador de neutrones no solamente fluye alrededor de la vaina externa 24 sino también hacia arriba a través de un orificio formado en el tubo de guía 16 y hacia arriba a través de un orificio formado en el tubo de guía 16 y hacia arriba a través del agujero central 28, del
10 agujero interno 44, de la cámara de pleno de salida 46, y a través de los orificios 34. De esta manera, el agujero interno 44 se llena sustancialmente con agua. El agua contenida en el agujero interno 44 aumenta sustancialmente la moderación de los neutrones en la barra de veneno 22 y alrededor de ella, lo cual, durante la vida útil del núcleo, aumenta sustancialmente el agotamiento de las pastillas 40 y eleva el grado de combustión del núcleo. La utilización de una barra de veneno consumible de este tipo, permite aumentar la reactividad inicial del núcleo sin reducir su reactividad durante
15 su período final de vida. Se calcula que la utilización de una barra de veneno 22 del tipo descrito aquí aumenta la combustión del primer núcleo aproximadamente en 350 MWD/MTU, lo que reduce el coste del ciclo de combustible del primer núcleo en 1,3% aproximadamente. En estas condiciones, los ahorros resultantes en torta amarilla (U_3O_8) es aproximadamente
20
25
30

de 6.342 kg (14.000 libras). Aunque pequeñas diferencias en el tamaño de las pastillas 40 pueden no ser importantes, el incremento de la fracción de agua de la barra de veneno 22 es importante. Por tanto, no solamente se fabricará la pastilla 5 40 de modo que su espesor anular sea lo más pequeño posible sino que se reducirá lo más posible la cantidad de agua desplazada por la barra de veneno 22, aumentando así la moderación de neutrones. Por tanto, el invento proporciona una barra de veneno consumible con un canal interno abierto para la circulación del refrigerante del reactor, que reduce el desplazamiento del refrigerante, aumentando así la moderación de los neutrones y aumentando de este modo el agotamiento del veneno consumible y aumentando el grado de combustión del combustible nuclear.

15 Aunque se ha descrito lo que se considera actualmente como siendo el modo de realización preferido del invento, se entiende naturalmente que los peritos en la materia podrán realizar otras modificaciones y variaciones. Por tanto, las reivindicaciones están destinadas a incluir todas aquellas modificaciones y variaciones que caen dentro de los 20 verdaderos espíritu y alcance del presente invento. Por ejemplo, el muelle helicoidal 38 puede sustituirse por otro mecanismo de orientación. Las pastillas 40 pueden sustituirse por un polvo de una composición más rica en veneno. Este polvo 25 permitirá realizar un espacio anular 36 más pequeño, lo que aumentará el espacio interno para el agua, reduciendo así todavía más el desplazamiento de agua. Además, un lado del tubo de guía 16 puede revestirse con una capa depositada electrolíticamente y constituida por un veneno consumible, lo que permite eliminar las pastillas 40 y el tubo interno 30. 30

En la figura 5 se representa otra variante en la cual el obturador de extremidad inferior 26 y el obturador de extremidad superior 32 están cerrados y herméticamente unidos a la vaina externa 24. Un compuesto de veneno consumible soluble en agua tal como boro o cadmio está contenido en la vaina externa 24. Con esta configuración, cuando el veneno consumible ha sido agotado, solamente permanece agua lo que reduce mucho el desplazamiento de agua. Además, en este concepto la naturaleza fluida de la solución proporciona un agotamiento más uniforme del veneno contenido en la barra.

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

REIVINDICACIONES:

1.- Barra de veneno consumible para uso en un reactor nuclear refrigerado por agua, incluyendo dicha barra una vaina externa tubular de forma alargada, una vaina interna tubular de forma alargada dispuesta concéntricamente en el interior de dicha vaina externa definiendo un espacio anular entre ellas, unos obturadores de extremidad superior e inferior conectados con dichas vainas, y unas pastillas anulares de veneno consumible situadas en dicho espacio anular, caracterizada porque dichos obturadores de extremidad superior e inferior tienen conductos axiales (46, 28); que permiten la comunicación con el interior de dicha vaina interna (30) de modo que el agua refrigerante del reactor pueda circular a través de dicha vaina interna (30) lo que aumenta el contenido de moderador de dicha vaina de veneno consumible.

2.- Barra de veneno consumible según la reivindicación 1, caracterizada porque dicha barra de veneno consumible incluye además un dispositivo de muelle situado

en dicho espacio anular y que se apoya sobre obturador de
extremidad inferior para soportar dichas pastillas anulares.

3.- Barra de veneno consumible según las rei-
vindicaciones 1 ó 2, caracterizada porque dichas pastillas
5 anulares están hechas de carburo de boro-óxido de aluminio.

4.- Barra de veneno consumible según las rei-
vindicaciones 1 ó 2, caracterizada porque dichas pastillas
anulares están hechas de diboruro de circonio.

5.- Barra de veneno consumible según las rei-
10 vindicaciones 1 ó 2, caracterizada porque dichas pastillas
anulares están hechas de óxido de gadolinio.

6.- Se reivindica por último como objeto
sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solici-
ta: BARRA DE VENENO CONSUMIBLE PARA USO EN UN REACTOR NUCLEAR
15 REFRIGERADO POR AGUA.

Todo conforme queda descrito y reivindicado
en la presente memoria descriptiva que consta de trece pági-
nas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 9 marzo 1.978

BERNARDO UNGRIA

H.p.



20

25

30

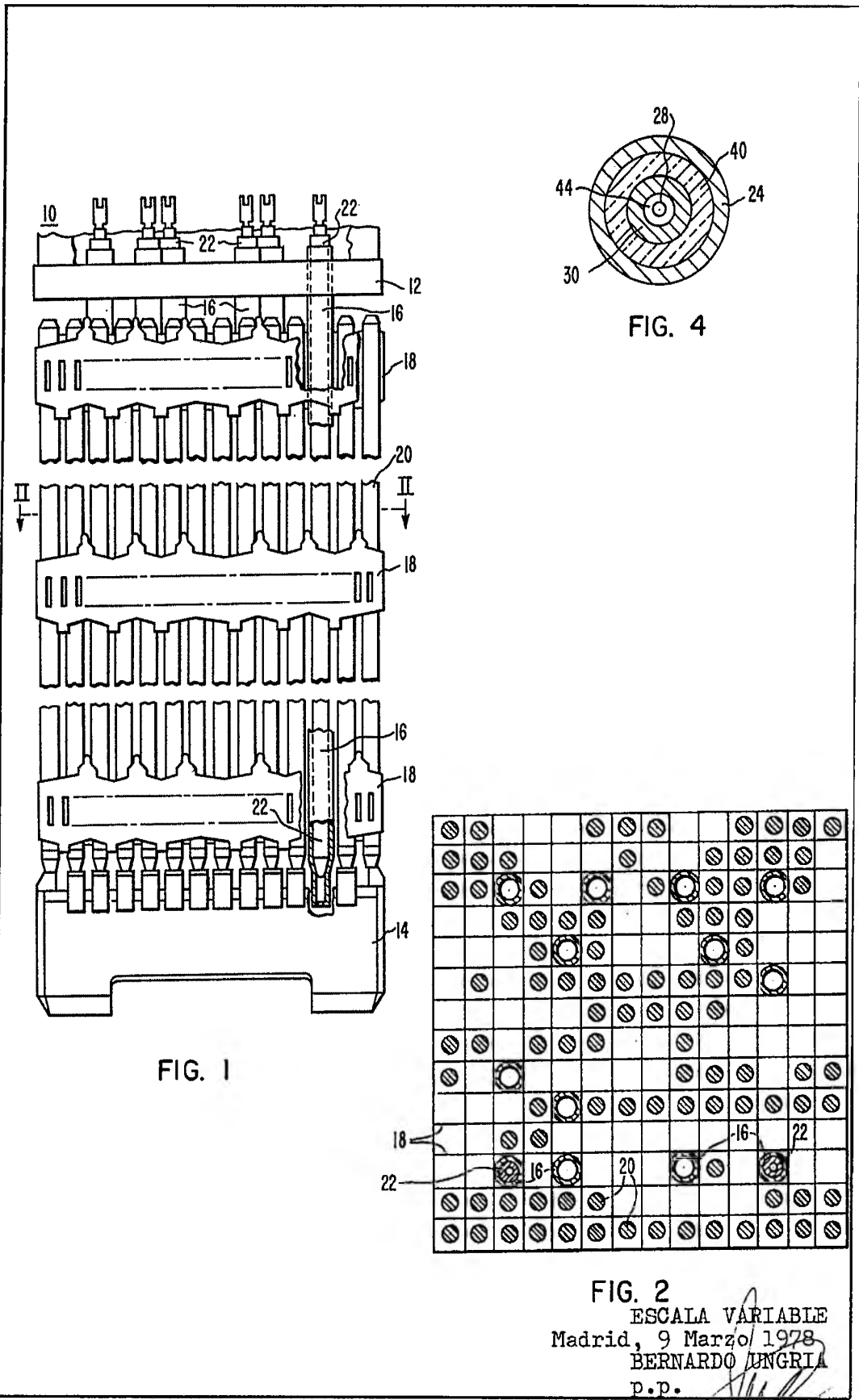


FIG. 1

FIG. 3

FIG. 2
 ESCALA VARIABLE
 Madrid, 9 Marzo 1978
 BERNARDO UNGRIA
 p.p.

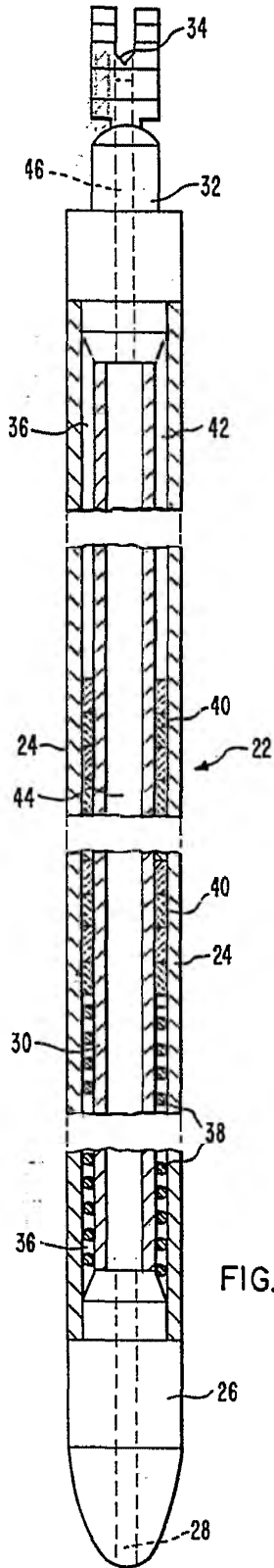


FIG. 3

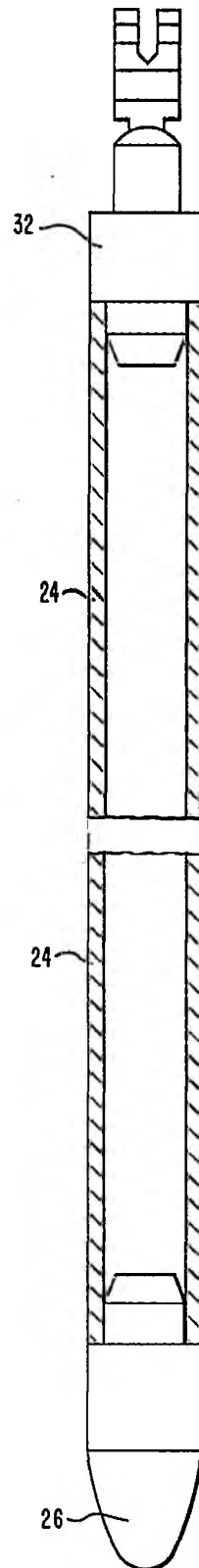


FIG. 5

ESCALA VARIABLE
. Madrid, 9 Marzo 1978
BERNARDO UNGRIA
P.P.