

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

10 ES	11	NUMERO	10 A1
	21	477.467	
	22	FECHA DE PRESENTACION	
		5 Febrero 1979	

PATENTE DE INVENCION

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

30 PRIORIDADES: 31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
875.653	6 Febrero 1978	ESTADOS UNIDOS

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	621 C	

64 TITULO DE LA INVENCION
CONJUNTO DE COMBUSTIBLE NUCLEAR

71 SOLICITANTE (S)
WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
Westinghouse Building, Gateway Center, PITTSBURGH, Pennsylvania 15222, ESTADOS UNIDOS

73 INVENTOR (ES)
HARRY MAX FERRARI Y WALTER JOHN DOLLARD, ambos de nacionalidad estadounidense, los cuales han cedido sus derechos a la firma solicitante.

75 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE
DON BERNARDO UNGRIA GOIBURU

EXTRACTO DE LA DESCRIPCION

Se describe un conjunto de combustible nuclear en forma de retículo abierto que incluye barras de combustible de pequeño diámetro dispuestas en un grupo situado a una distancia determinada encima de un grupo de barras de combustible de mayor diámetro, para ser utilizado en un reactor nuclear; en el cual un refrigerante líquido fluye en dirección ascendente. Preferentemente, se prevén unas cámaras de pleno en la parte superior del grupo de barras de combustible de diámetro más pequeño situado en la zona superior y en la parte inferior del grupo de barras de combustible de mayor diámetro situado en la zona inferior. Unas estructuras de reja reticular aseguran el soporte lateral de las barras de combustible y, preferentemente, la reja inferior situada alrededor de las barras superiores está sujeta directamente y de manera rígida en la reja superior alrededor de las barras inferiores.

DESCRIPCION GENERAL DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a conjuntos de barras nucleares del tipo de retículo abierto y más particularmente a un conjunto de combustible que incluye barras de combustible de diámetros diferentes.

Los reactores nucleares incluye típicamente un núcleo constituido por una pluralidad de conjuntos de combustible nuclear situados en el interior de una vasija a través de la cual circula un refrigerante gaseoso o líquido. El refrigerante extrae energía en forma de calor mientras circula alrededor y a través de los conjuntos de combustible. Particularmente, en los reactores a presión en los que circula un refrigerante líquido tal como agua, no es conveniente llegar a la ebullición y, por tanto, los núcleos de reactor se diseñan para im-

pedir una condición de funcionamiento llamada corrientemente "apartamento de la ebullición nuclear" (DNB). Si se permite que exista vapor a lo largo de las barras de combustible, la transferencia de calor desde las barras generadoras de calor hasta el refrigerante circundante, se merma sustancialmente y existe la posibilidad de desperfectos en las barras de combustible en razón de un recalentamiento. Por consiguiente, los criterios de seguridad relacionados con el DNB imponen un límite superior a la temperatura máxima del refrigerante y por consiguiente limitan el rendimiento total del reactor. Esta preocupación se ve acentuada todavía más por la utilización deseada de óxido mixto o de combustibles de plutonio que son de fabricación más costosa y que presentan inherentemente una importante sección transversal de captura neutrónica y un fuerte contingente de temperatura de moderador en comparación con los combustibles a base de uranio utilizados más corrientemente. Además, ya que el refrigerante se calienta progresivamente mientras circula hacia arriba a través del núcleo, su densidad cambia progresivamente, y asegura progresivamente una moderación más reducida en la parte superior del núcleo en comparación con la parte inferior. Esto da lugar a un control menos eficaz y a una menor flexibilidad de diseño.

Los procedimientos que tienden a aliviar estas limitaciones, principalmente en respuesta a los efectos del DNB, incluyen el incremento de la relación agua/combustible del núcleo y la utilización de barras de combustible de longitud igual a la de la totalidad del núcleo con menor sección transversal que generan menos energía por unidad de longitud. Sin embargo, estos procedimientos se ven complicados por otros factores que incluyen los costes de fabricación excesivos y los núcleos de

mayor diámetro. Además, los modelos de reactor que incorporan sistemas de seguridad redundantes que responden a la improbable ocurrencia de una rotura del sistema de refrigerante del reactor capaz de producir una pérdida de refrigerante, dan lugar a la inundación de la zona del núcleo con refrigerante que se acumula desde la parte inferior hacia la parte superior del núcleo. Además, sería ventajoso disponer de una mayor flexibilidad utilizando un modelo de núcleo que responde a esta condición de funcionamiento.

Por tanto, el objeto principal de la presente invención consiste en proporcionar un conjunto de combustible nuclear que alivia las limitaciones de temperatura y rendimiento y que es compatible con la utilización de combustible de óxidos mixtos.

Teniendo presente este objeto, la presente invención consiste en un conjunto de combustible nuclear compuesto adaptado para ser utilizado con un reactor nuclear térmico que tiene un refrigerante líquido que fluye hacia arriba a través de un núcleo incluyendo dichos conjuntos orientados verticalmente, estando dicho conjunto constituido por: una pluralidad de estructuras de barra de combustible nuclear de forma alargada que tienen un combustible nuclear fisionable incluido en una vaina herméticamente cerrada y dispuestos en un conjunto generalmente regular, y una pluralidad de estructuras de retículo dispuestas alrededor de dichas estructuras de barra separadas a alturas predeterminadas para soportar lateralmente dichas estructuras de barras en las células individuales, caracterizado porque dichas estructuras de barras de combustible incluyen unos haces de barras de combustible superiores e inferiores separados axialmente por una distancia predeterminada el uno del otro, estando presente un menor número de barras de

combustible en dicho haz inferior, pero con un mayor diámetro que en dicho haz de barras de combustible superior, presentan do la periferia de las estructuras de retículo del haz inferior, un tamaño sustancialmente similar al de la periferia de las estructuras de retículo del haz de combustible superior.

El conjunto puede ser realizado ventajosamente para utilizar un combustible de óxidos mixtos en las barras inferiores y un combustible a base de uranio en las barras superiores. En esta configuración, un espacio formado preferentemente entre las barras superiores e inferiores, tiende a aliviar la cresta de energía brusca que podría producirse en la superficie de separación de los combustibles de plutonio y uranio.

En un reactor típico en el cual el refrigerante fluye hacia arriba a través del núcleo, el refrigerante está ya caliente cuando llega a las barras de menor diámetro situadas en la parte superior del conjunto donde la cantidad de calor generada por unidad de longitud de las barras de combustible es inferior. Esto permite una temperatura de descarga de refrigerante más elevada a partir del núcleo sin peligro de ebullición y se obtiene de este modo un sistema más eficaz. El tamaño de sección transversal relativo de las barras de combustible superiores e inferiores individuales, puede también ser alterado en función de los deseos del proyectista para responder al cambio de moderación que se debe al cambio de temperatura del refrigerante. Por otra parte, se prevé de manera típica una cámara de pleno en la parte superior de la mayoría de las barras de combustible para permitir la acumulación de los productos de fisión liberados, gaseosos, durante el funcionamiento del reactor. En razón del menor grado de generación

de energía en las barras de combustible superiores, esta cámara de pleno superior puede tener un tamaño inferior al de las barras de combustible inferiores. También se ha previsto una cámara de pleno para las barras inferiores que proporcionan más energía; sin embargo, está situada en la parte inferior de las barras inferiores para reducir las crestas de flujo en el centro del núcleo. Además, unos materiales de absorción de neutrones pueden situarse en la parte superior de las barras de combustible inferiores y en la parte inferior de las barras de combustible superiores para limitar la moderación entre la zona incluida entre los dos conjuntos de barras.

La invención podrá entenderse más claramente leyendo la siguiente descripción de un modo de realización preferido de la misma que se ilustra solamente a título de ejemplo, en los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 es una vista en alzado, en sección transversal, de un reactor nuclear que incorpora el conjunto de combustible de acuerdo con la invención;

la figura 2 es un esquema en alzado de un conjunto de combustible nuclear compuesto de acuerdo con la invención;

la figura 3 es una vista en planta simplificada de una estructura de reja de conjunto de combustible superior de acuerdo con un modo de realización de la invención;

la figura 4 es una vista en planta simplificada de una estructura de reja de conjunto de combustible inferior compatible con el modo de realización de la figura 3;

la figura 5 es una vista en perspectiva, en alzado, de la parte central de un conjunto de combustible de acuerdo con un modo de realización de la invención;

la figura 6 es una vista en perspectiva de una célula

de un conjunto de combustible de acuerdo con un modo de realización de la invención; y

la figura 7 es una vista en perspectiva de un tipo de manguito de conjunto de combustible de acuerdo con la invención.

5
10
15
20
25

Haciendo ahora referencia a la figura 1, se representa en ella a título de ejemplo, un reactor nuclear a presión que utiliza conjuntos de combustible compuestos 10, de acuerdo con la invención. El reactor incluye un núcleo 12 de los conjuntos de combustible 10 dispuesto para acercarse a la configuración de un cilindro circular recto. Los conjuntos 10 están soportados en el interior de una vasija 14 entre una placa de núcleo superior 16 y una placa de núcleo inferior 18 que están ambas perforadas para permitir la circulación de un fluido refrigerante a través de ellas. El fluido refrigerante del reactor, preferentemente constituido por un líquido tal como agua, penetra en la vasija 14 a través de un orificio de entrada 20, fluye hacia abajo a través de un espacio anular 22, cambia de dirección en una cámara de pleno 24, y sube a través del núcleo 12. En configuraciones de reactor similares, el refrigerante penetra en la vasija 14 debajo del núcleo y sube. El refrigerante absorbe energía durante su circulación ascendente a través y alrededor de los conjuntos de combustible 10, saliendo de la vasija 14 por un orificio de salida 26, y descarga la energía en un aparato (no representado) que sirve finalmente para generar energía eléctrica.

30

La energía generada en el núcleo 12 puede ser controlada de varias maneras bien conocidas, que incluyen la utilización de un agente de absorción de neutrones, tal como boro, que fluye con el refrigerante conjuntamente con unos elemen-

tos de control de absorción de neutrones 28, montados en la parte superior de acuerdo con la presente invención y que pueden situarse, gracias a un movimiento de vaivén, dentro o alrededor de los conjuntos de combustible 10 al ser accionado por un aparato de accionamiento 30. Aunque existe una multitud de configuraciones de núcleo y conjunto de combustible, la presente invención es particularmente ventajosa en los núcleos de neutrones térmicos que presentan conjuntos de combustible de forma alargada dispuestos verticalmente a través de los cuales el refrigerante circula generalmente en sentido ascendente.

Un conjunto de combustible preferido 10 de acuerdo con la presente invención se representa en la figura 2. Incluye una pluralidad de barras de combustible superiores 40 y una pluralidad de barras de combustible inferiores 42 dispuestas en un conjunto regular preferentemente rectangular. Las barras 40, 42 son preferentemente cilíndricas y las barras superiores 40 tienen un diámetro inferior al de las barras inferiores 42. Por consiguiente, el número de barras de combustible superiores es superior al número de barras de combustible inferiores. Cada barra 40, 42 incluye una vaina metálica 44 herméticamente cerrada en la cual se halla un combustible nuclear fisionable que se presenta preferentemente bajo la forma de pastillas cilíndricas 46. El combustible puede ser de varios tipos bien conocidos en esta técnica, por ejemplo uranio enriquecido, y en un modo de realización incluye ventajosamente uranio enriquecido en las barras superiores 40 y combustible de plutonio en las barras inferiores 42. Cuando, por ejemplo, las barras superiores e inferiores incluyen ambas uranio de la misma riqueza, aunque es posible utilizar rique-

zas diferentes, la energía generada por unidad de longitud de cada barra de combustible es superior en las barras inferiores 42 a la energía que se obtiene en las barras superiores 40. Por tanto, el refrigerante que fluye hacia arriba a través y alrededor del conjunto 10, se calienta inicialmente en la parte inferior del conjunto y se calienta todavía más llegando a una temperatura más elevada en la porción superior. Sin embargo, las preocupaciones debidas al apartamiento de la ebullición nuclear (DNB) se ven aliviadas y se consigue una temperatura de descarga del refrigerante del núcleo más elevada en razón de la menor producción de energía por unidad de longitud de las barras de combustible superiores, que se mide por ejemplo en kilovatios por metro. La tabla I presenta, a título de ejemplo, unos parámetros que resultan de la utilización del conjunto de combustible según la invención en un núcleo de reactor de agua a presión utilizando combustible de uranio enriquecido en las barras superiores 40 de una longitud de aproximadamente 1,82 m (6 pies) y en las barras inferiores 42 de una longitud de aproximadamente 1,82 m (6 pies). La base de comparación es un núcleo de los conjuntos que incluye barras de combustible de 3,64 m (12 pies) en un conjunto de quince multiplicado por quince, y se compara con conjuntos compuestos 10 que tienen barras inferiores 40 en un conjunto de quince por quince y barras superiores 42 en un conjunto de veinte por veinte y en un conjunto de treinta por treinta, respectivamente.

TABLA I

		Compuesto	Compuesto	
	Base	Inferior: 15x15	Inferior: 15x15	
	<u>15x15</u>	<u>Superior: 20x20</u>	<u>Superior: 30x30</u>	
5	Nº de barras de combustible.	204	316	816
	Potencia lineal media, Kw/m (Kw/pie)	27,53 (7,06)	17,94 (4,6)	6,86 (1,76)
10	Potencia lineal de cresta, Kw/m (Kw/pie)	73,32 (18,8)	47,19 (12,1)	18,33 (4,7)
	Temperatura de cresta de línea central del UO ₂ , °F (°C)	2315 ~ 4200	1649 ~ 3000	871 ~ 1600
15	Incremento de la temperatura de salida del refrigerante °C (°F).	-- --	-11,1 20	27,7 50

Como puede verse en la tabla I, el incremento de temperatura del refrigerante es más elevado cuando el número de barras superiores es más importante. Además, el número de barras de combustible es inferior al de un conjunto completo como resultado de la fabricación del conjunto 10 y de la incorporación de componentes suplementarios tales como los manguitos de guiado indicados más arriba. Por ejemplo, un conjunto completo de quince multiplicado por quince debería incluir 225 barras de combustible, pero sin embargo se utilizan solamente 204 barras de combustible, estando el resto de los emplazamientos ocupados por los manguitos de guiado. Además de las barras de combustible 40, 42, el conjunto 10 incluye (figura 2) una boquilla superior 48 y una boquilla inferior sujetas por los manguitos de

guiado 52 para formar una unidad de transmisión de carga en forma de esqueleto. Los manguitos 52 pueden utilizarse principalmente para soportar el conjunto o para guiar las barras de elemento de control 54 (figuras 1 y 6) durante su introducción en su salida del conjunto o para situar otros componentes del núcleo. Las estructuras de rejas reticulares superior 56 e inferior 57 que tienen generalmente la forma de una "caja de huevos" se sujetan en los manguitos 52 a alturas elegidas. Las rejas 56, 57 forman una célula 58 alrededor de cada barra o manguito, según se representa más claramente en las figuras 3 a 5. Las células 58 de las barras de combustible 40, 42, aseguran el soporte lateral, permitiendo sin embargo la dilatación axial de las barras. Las rejas 56, 57 incluyen, además de las aletas de mezclado de circulación típica 59 y los soportes de acción elástica 61, unas abrazaderas externas 60 que forman una limitación periférica alrededor del grupo de barras, y unas abrazaderas internas 62 que forman conjuntamente las células individuales 58. Las dimensiones periféricas de las rejas superior 56 e inferior 57 definidas por las abrazaderas 60, son las mismas. Las rejas 56, 57 deben estar previstas, no solamente para asegurar el soporte de las barras 40, 42 de dimensión diferente, sino también para constituir las células 58a, 58b que se sujetan en los manguitos 52, los cuales en el modo de realización preferido, son de sección transversal constante, preferentemente circular. Ya que las células de reja superior e inferior son de dimensiones diferentes, debe preverse la fijación de los manguitos de guiado. Por consiguiente, las barras de combustible inferiores 42 tienen preferentemente una sección transversal sustancialmente igual a la de los manguitos 52, de tal manera que las células 58 y 58a de las rejas inferiores 57 tengan codos de las mismas dimensio-

5
10
15
20
25
30

nes. Sin embargo, las células 58 de las rejjas superiores incluyen unas células 58b que reciben los manguitos de guiado 52 y son más amplias en comparación con las células 58 que soportan las barras de combustible superiores 40. Como se representa en la figura 3, en el conjunto de combustible compuesto 10 que se describe a título de ejemplo, las células 58b representan cada una una combinación de cuatro células de recepción de barras de combustible de reja superior. En una modificación, los manguitos 52 pueden tener también dimensiones superiores a las de las barras de combustible inferiores 42 de modo que se prevén también en las rejjas inferiores 57 células más amplias que las células que reciben las barras de combustible 42.

Comparando las figuras 3 y 4, puede verse que las células 58b, que reciben los manguitos de guiado, son más amplias que las células 58 de la reja inferior 57. Ya que las rejjas están sujetas en el manguito 52 en el interior de una célula, debe preverse un medio para sujetar los manguitos en las rejjas superior e inferior. La figura 6 representa un medio de fijación de este tipo. En este caso, se utiliza un casquillo 64 que se sujeta por soldadura fuerte 66, soldadura eléctrica, o de otro modo en las abrazaderas de la célula 58b de la reja superior 56, por ejemplo en cuatro emplazamientos. El diámetro interno del manguito 64 puede ser idéntico a la dimensión que existe entre las zonas planas de una célula de reja inferior 58, 58a para mantener la alineación del manguito. En tal caso, el manguito de guiado puede ser soldado por soldadura fuerte o sujeto directamente de otra manera en las abrazaderas de la reja inferior. En variante, una soldadura con latón de gran dimensión 66a (figura 3) una soldadura eléctrica u otra fijación entre la abrazadera interna 62 y la periferia externa del manguito

to puede ser realizada para eliminar la utilización del casqui-
llo 64. El manguito puede también ser ensanchado por encima y
por debajo del casquillo 64 para su fijación. En variante, la
célula 58b puede dotarse de un brazo 68 donde se sujeta el man-
guito. Además, el manguito 52 puede tener una sección transver-
sal inferior a la de las barras de combustible inferiores 52 y
por tanto de las células de reja inferiores, y también infe-
rior a las células de gran dimensión 58b de la reja superior.
En esta configuración, los manguitos 64 pueden estar incorpora-
dos por separado en las células de reja tanto superiores como
inferiores, teniendo los manguitos el mismo diámetro inferior
para recibir el manguito, pero teniendo los manguitos separados
diámetros externos diferentes que están adaptados al tamaño res-
pectivo de una célula de reja superior 58b y de una célula de
reja inferior 58a.

Por otra parte, como se representa en la figura 7, el
manguito 52 puede incluir un diámetro diferente en el sentido
de su longitud, siempre y cuando el orificio interno 53 sea su-
ficientemente amplio en toda su longitud para permitir el paso
de una barra de elementos de control 54. El orificio 53 puede
también tener un tamaño variable, por ejemplo ser de un tamaño
superior al de la parte superior e inferior al de la parte in-
ferior, realizando de este modo, además, un efecto de amortigua-
ción en la barra de control 54, en la parte inferior del mangui-
to 52.

Es preferible prever un espacio 70 (figuras 2 y 5) en-
tre la parte inferior de las barras de combustible superiores
40 y la parte superior de las barras de combustible inferiores
42. Este espacio 70 puede aliviar un cambio pronunciado en la
distribución de energía, el cual podría producirse en la super-

ficie de separación de las barras de combustible inferiores y superiores, en particular cuando se emplea combustible de óxidos mixtos. Preferentemente, este espacio no es superior aproximadamente al 2% de la suma de las longitudes de las barras de combustible superiores e inferiores. Un espacio excesivo podría conducir a la formación de una zona excesiva de refrigerante moderador en el centro del núcleo, creando crestas de flujo indeseables. Sin embargo, este efecto puede ser contrarrestado fabricando las tapas de extremidad herméticas de la barra de combustible en la zona de separación entre superficies, o un elemento sujeto en ellas, con un material y unas dimensiones permitiendo la absorción de los neutrones excesivos. También puede ser contrarrestado formando cámaras de pleno en las barras de combustible, lo que permite la acumulación de los gases de producto de fisión, en la parte inferior de las barras de combustible inferiores y en la parte superior de las barras de combustible superiores. Para mantener una cámara de barras de combustible inferiores, puede utilizarse un soporte de pastillas de combustible de las barras de combustible superiores, tal como un muelle u otro medio de soporte. De la misma manera, puede incluirse combustible agotado en las pastillas o de otra manera en la parte inferior de las barras de combustible superiores y en la parte superior de las barras de combustible inferiores, o es posible disponer en estos emplazamiento separadores de cerámica inerte.

A través del espacio se sujeta de manera preferentemente rígida, la reja superior más baja 56 en la reja inferior más alta 52 a través de sus abrazaderas externas 60. Esta sujeción puede tomar numerosas formas, incluyendo la utilización de abrazaderas periféricas de espesor reducido 72 o una abrazadera

periférica más importante 74, que se representan alternativamente en la figura 5. Las abrazaderas 72, 74 están dispuestas al exterior del grupo de barras y pueden incluir una estructura del tipo que se utiliza en las rejillas de retículo típicas, incluyendo aletas de mezclado de circulación 59, muelles de soporte 61, y orificios de circulación 80. La reja superior más baja está sujeta rígidamente en la reja inferior más alta para reforzar el conjunto en su región central donde pueden producirse fuerzas y deformaciones relativamente elevadas en caso de fenómeno sísmico.

El espacio 70 entre los grupos de barras de combustible superior e inferior es particularmente útil cuando se emplea combustible a base de plutonio en las barras inferiores y a base de uranio en las barras superiores para aliviar las crestas de energía que se producen en las superficies de separación al ser empleados los dos combustibles en una mezcla no homogénea. Además, el conjunto compuesto 10 está perfectamente adaptado para la utilización de combustible de óxidos mixtos. Las cantidades relativas de por ejemplo combustible de uranio y combustible de plutonio, pueden ser ajustadas alterando la longitud de las barras de combustible superiores 40 e inferiores 42. Es preferible que las barras de combustible inferiores que contienen plutonio estén dispuestas entre la mitad y las dos terceras partes del conjunto de combustible y que las barras que contienen uranio estén dispuestas entre la mitad y la tercera parte restante del conjunto. El conjunto compuesto de acuerdo con la invención es económicamente ventajoso respecto a la utilización del plutonio, ya que el combustible a base de plutonio, por ejemplo bajo la forma de óxido de plutonio, es notablemente más costoso de fabricar que el combustible de uranio, tal como por

ejemplo el dióxido de uranio, en razón de la elevada toxicidad del plutonio que requiere una fabricación a distancia. El hecho de situar el plutonio en barras de mayor diámetro, reduce el número de barras conteniendo plutonio en cada conjunto y por tanto su coste. La instalación de plutonio en la parte inferior del núcleo es también benéfica por lo que se refiere a las características de control nuclear. Situando el plutonio cerca de la parte inferior del núcleo donde los elementos de control más importantes situados en la parte superior (según se representa en la figura 1) es menor, el impacto de la sección transversal de captura elevada de los neutrones se reduce. Además, el efecto del fuerte coeficiente de temperatura del moderador de la reactividad del plutonio sobre los requisitos de control, se reduce puesto que la variación de temperatura del refrigerante entre carga máxima y carga nula disminuye en la zona del plutonio donde el refrigerante penetra en el núcleo 12.

Se observará igualmente que el conjunto descrito responde de manera favorable a condiciones supuestas de accidente en las cuales el refrigerante se elimina provisionalmente del núcleo. En estas condiciones, una pluralidad de sistemas redundantes actúan para llenar de nuevo la vasija del reactor desde la parte inferior hasta la parte superior. Por consiguiente, las barras inferiores más reactivas se cubren más rápidamente con refrigerante en comparación con las barras de combustible superiores menos reactivas, lo que aumenta el margen de seguridad en comparación con los núcleos que producen una cantidad de energía generalmente uniforme en el sentido de su longitud.

Por consiguiente, se ha descrito más arriba un conjunto de combustible compuesto útil para conseguir temperaturas de refrigerante de reactor más elevadas y el mejor rendimiento gene-

ral de la central nuclear. El conjunto, además, permite utilizar ventajosamente combustible de óxidos mixtos, y permite una mayor flexibilidad en todos los tipos de diseños de núcleos.

5 En resumen, la presente patente de invención que se solicita deberá recaer en las siguientes:

REIVINDICACIONES

1. - Conjunto de combustible nuclear compuesto adaptado para ser utilizado con un reactor nuclear térmico que tiene un refrigerante líquido que fluye hacia arriba a través de un
10 núcleo que incluye dichos conjuntos dispuestos verticalmente, incluyendo dichos conjuntos: una pluralidad de estructuras de barras de combustible nuclear de forma alargada que contienen combustible nuclear fisiónable situado en una vaina herméticamente cerrada, y que están dispuestas en un conjunto general-
15 mente regular, y una pluralidad de estructuras en forma de retículo dispuestas alrededor de dichas estructuras de barra separadas a alturas predeterminadas para soportar lateralmente dichas estructuras de barra en células individuales, caracterizado porque dichas estructuras de barras de combustible (40,
20 42) incluyen haces de barras de combustible superiores (40) e inferiores (42) separadas axialmente por una distancia predeterminada (70) el uno del otro, existiendo un menor número de barras de combustible (42) en dicho haz inferior, pero teniendo un mayor diámetro estas barras que en dicho haz de barras de
25 combustible superiores, teniendo la periferia de las estructuras de retículo (57) del haz inferior un tamaño sustancialmente similar al de la periferia de las estructuras de retículo (56) del haz de combustible superior.

2. - Conjunto de combustible según la reivindicación
30 1, caracterizado porque las barras de combustible (40) del haz

superior tienen una cámara de pleno para contener los gases de productos de fisión en sus extremidades superiores, y las barras de combustible (42) del haz inferior tienen una cámara de pleno en sus extremidades inferiores.

5 3. - Conjunto de combustible según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el espacio (70) entre las barras (40, 42) de dichos haces superior e inferior, es inferior aproximadamente al 2% de la suma de las longitudes de una barra superior y de una barra inferior (40, 42).

10 4. - Conjunto de combustible según la reivindicación 1, 2 ó 3, caracterizado porque dichas estructuras de retículo superior e inferior (56, 57) están sujetas en un manguito de guiado vertical (52) dispuesto entre dichos haces de barra superior e inferior por medio de casquillos tubulares alineados (64) sujetos en el interior de dichas estructuras de retículo, teniendo dichos casquillos (64) sujetos en dichas estructuras de retículo superiores (56) un diámetro exterior superior al de dichos casquillos sujetos a dichas estructuras de retículo inferiores (57), y teniendo dichos casquillos superiores e inferiores el mismo diámetro interno, pasando dicho manguito (52) a través de dichos casquillos y estando sujeto en ellos.

15 5. - Conjunto de combustible según la reivindicación 1, 2 ó 3, caracterizado porque dichas estructuras de retículo superiores o inferiores (56, 57) están sujetas en un manguito de guiado tubular vertical (52) dispuesto entre dichos conjuntos de barra superior e inferior, teniendo dicho manguito (52) situado en el interior de dicho haz de barras de combustible superior, un diámetro externo más importante que el manguito situado en el interior de dicho haz de barras de combustible inferior.

20

25

30

5 6. - Conjunto de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el combustible nuclear fisiónable situado en dichas barras de combustible superiores es uranio y el combustible nuclear fisiónable situado en dichas barras de combustible inferiores, es plutonio.

10 7. - Conjunto de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque se sitúa combustible nuclear agotado en la parte inferior de dichas barras de combustible superiores y en la parte superior de dichas barras inferiores.

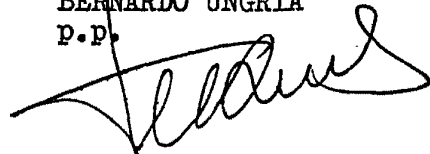
15 8. - Conjunto de combustible según las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque se sitúan distanciadores de cerámica en la parte inferior de dichas barras de combustible superiores y en la parte inferior de dichas barras de combustible inferiores.

20 9. - Conjunto de combustible según las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque el retículo más bajo del haz superior y el retículo más alto del haz inferior están interconectados por unas abrazaderas (72, 74).

25 10.- Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita por: **CONJUNTO DE COMBUSTIBLE NUCLEAR.**

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de diecinueve páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 5 de Febrero de 1979
BERNARDO UNGRIA
P.P.



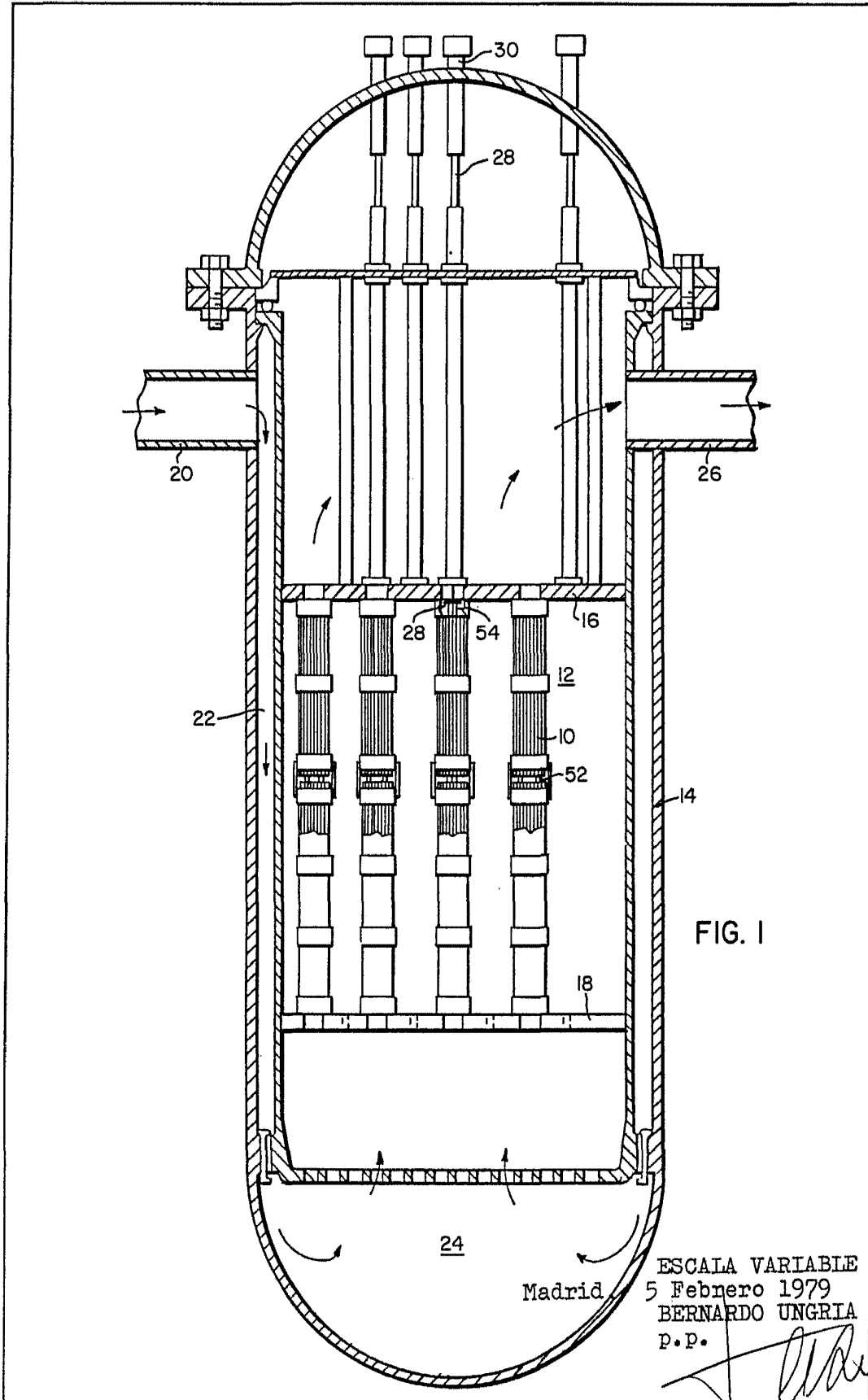


FIG. 1

ESCALA VARIABLE
5 Febrero 1979
BERNARDO UNGRIA
P.P.

[Handwritten signature]

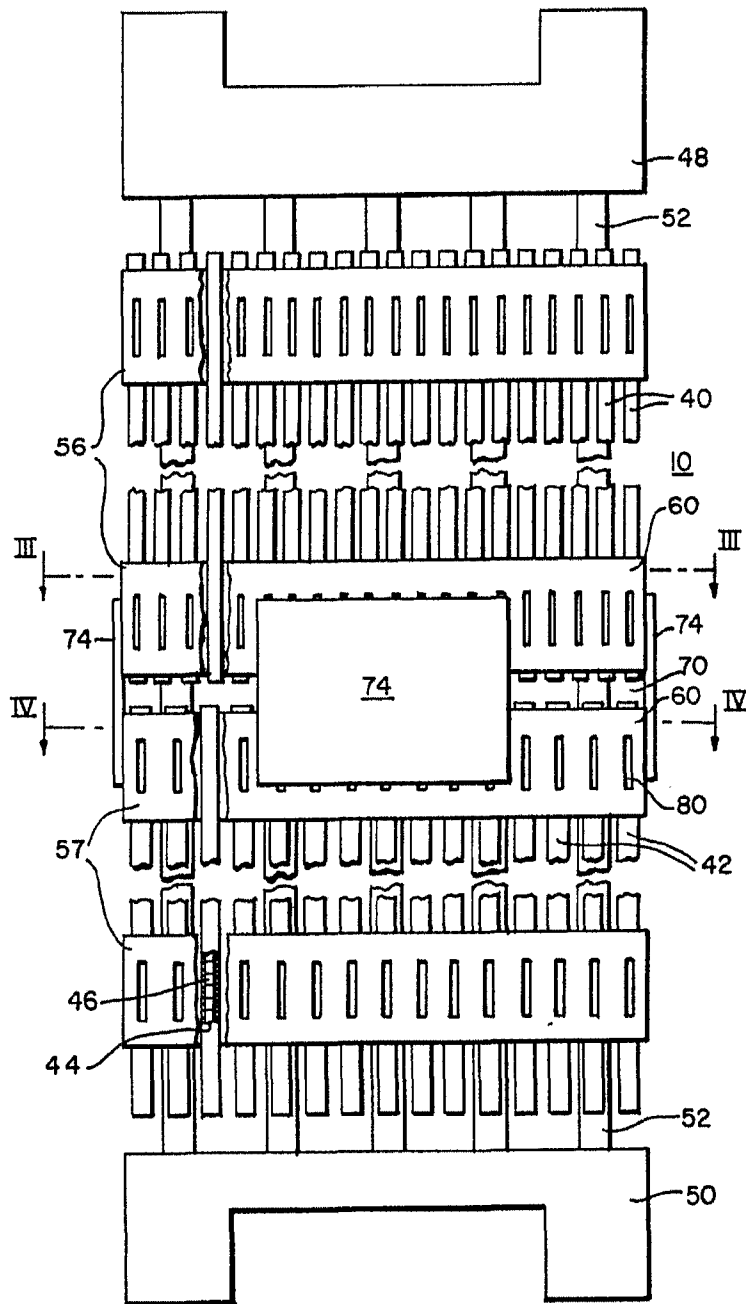


FIG. 2 ESCALA VARIABLE
Madrid, 5 de Febrero de 1979
BERNARDO UNGRIA
p.p.

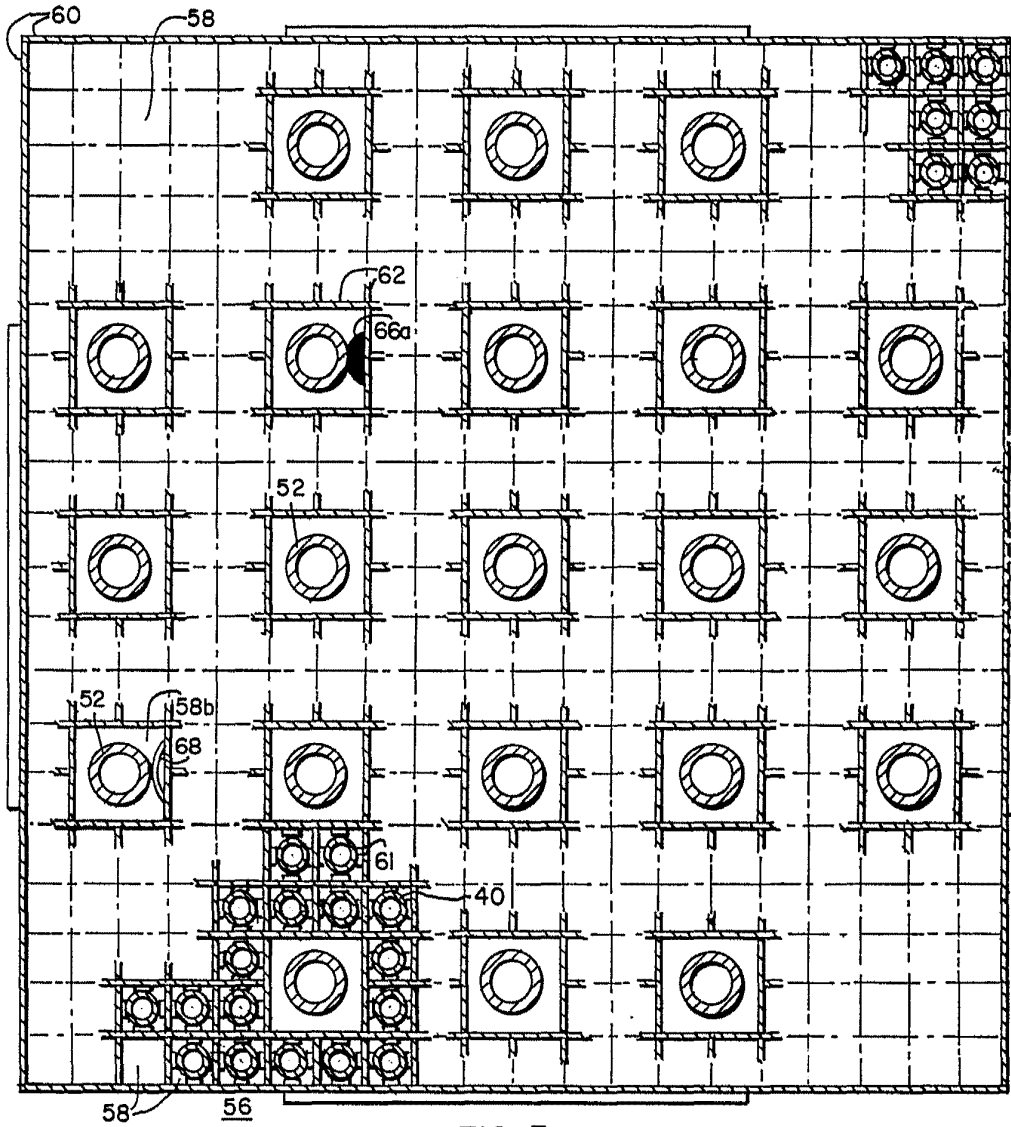


FIG. 3

ESCALA VARIABLE
Madrid, 5 de Febrero de 1979
BERNARDO UNGRIA
p.p.

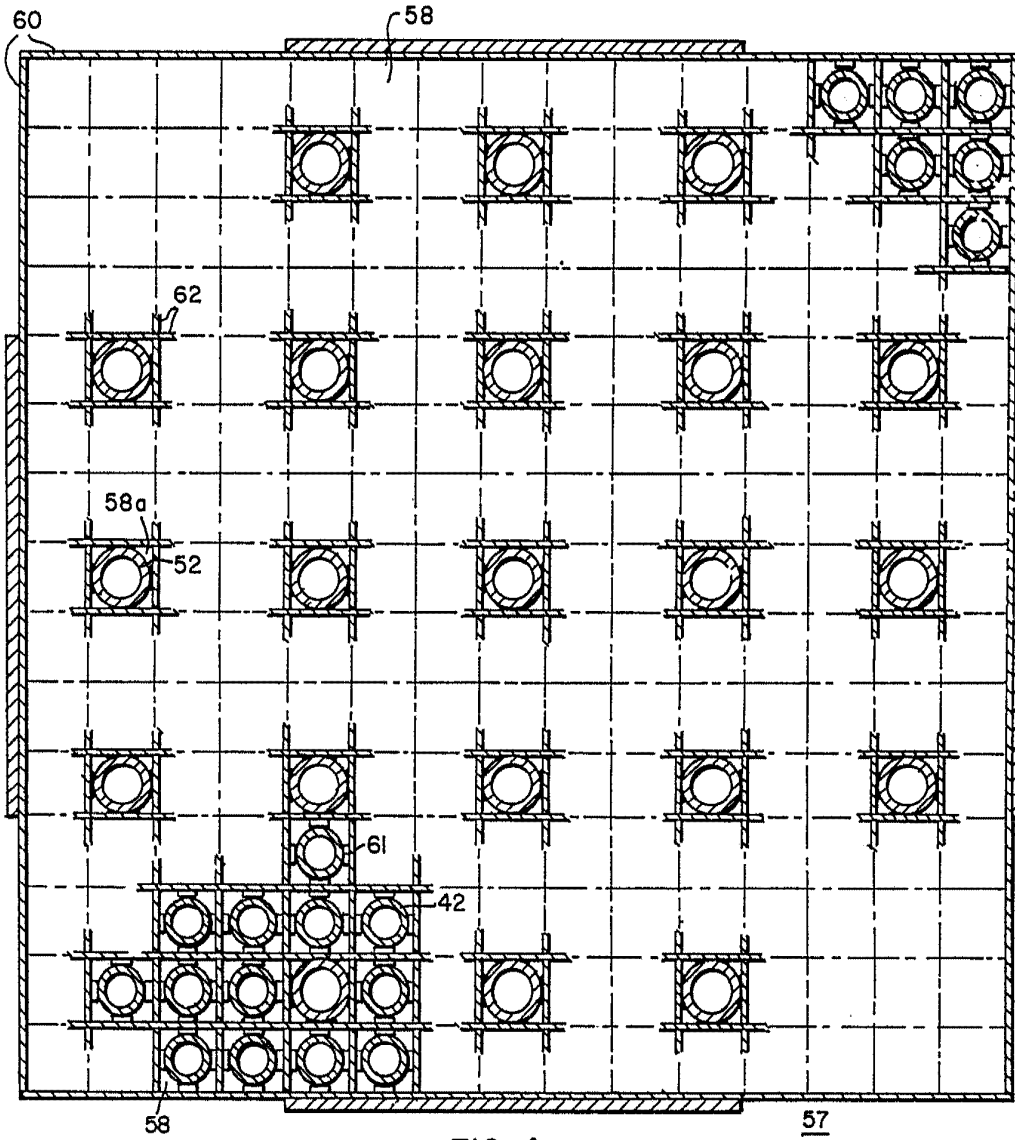


FIG. 4

ESCALA VARIABLE
Madrid, 5 de Febrero de 1979
BERNARDO UNGRIA
P.P.

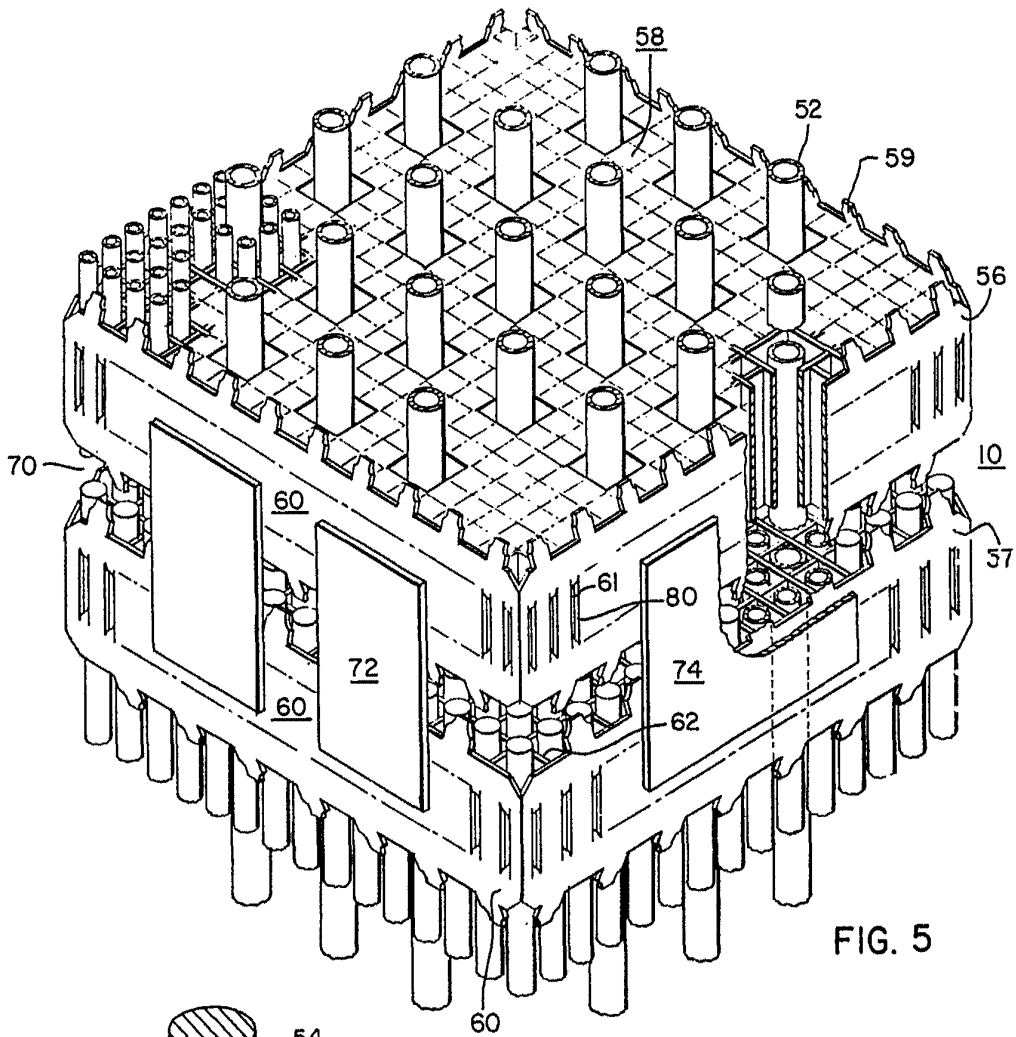


FIG. 5

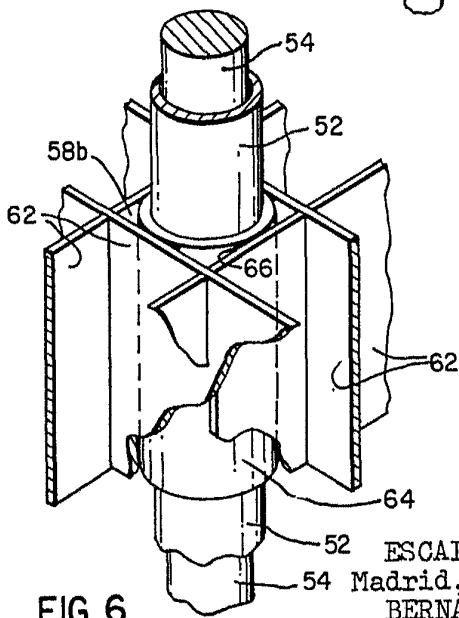


FIG. 6

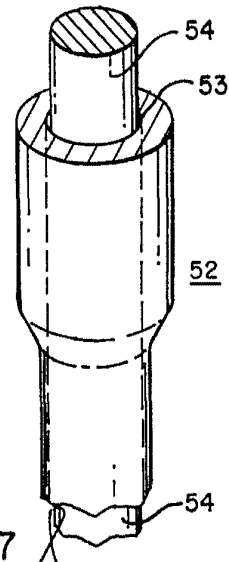


FIG. 7

ESCALA VARIABLE
54 Madrid, 5 Febrero 1979
BERNARDO UNGRIA
P.P.