

MINISTERIO DE INDUSTRIA  
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

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

(19) ES	(11) NÚMERO	455481	(10) A1
(21)	(22) FECHA DE PRESENTACION	29 ENE. 1977	

20 OCT. 1978

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES: (31) NUMERO 658.649	(32) FECHA 17-Febrero-1.976	(33) PAIS Estados Unidos
---	--------------------------------	-----------------------------

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL 621F	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
--------------------------	--	--

(54) TITULO DE LA INVENCION  
"APARATO PARA EL ALMACENAMIENTO COMPACTO DE UNA PLURALIDAD DE MASAS FISIONABLES DE TAMAÑO Y FORMA UNIFORME".

(71) SOLICITANTE (S)  
COMBUSTION ENGINEERING, INC.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE  
Prospect Hill Road, 1.000 WINDSOR, CONNECTICUT (EE.UU)

(72) INVENTOR (ES)  
D. Franok Belilaqua

(73) TITULAR (ES)  
COMBUSTION ENGINEERING, INC.

(74) REPRESENTANTE  
M.V. DE LA TORRE

- PATENTE DE INVENCION -

que por veinte años para España, se solicita a favor de la firma: COMBUSTION ENGINEERING, INC, residente en WINDSOR, CONNECTICUT (EE.UU) - Prospect Hill Road, 1000, por:

"APARATO PARA EL ALMACENAMIENTO COMPACTO DE UNA PLURALIDAD DE MASAS FISIONABLES DE TAMAÑO Y FORMA UNIFORME".

-Memoria Descriptiva-

El presente invento se refiere a almacenamiento de seguridad de masas fisionables. De manera más particular, el presente invento corresponde a un aparato que proporciona una disposición sísmicamente segura para almacenar masas fisionables subacuáticamente, con una densidad máxima de almacenamiento, sin producir una geometría crítica.

Es bien conocido el almacenamiento de masas fisionables tales como conjuntos de elemento combustible de reactor en depósitos de almacenaje que pueden dar acomodo a conjuntos de combustible nuevos o conjuntos de combustible gastados. Una

exigencias esencial para todo almacenamiento de material fisio-  
noble es que no se puede permitir que este asuma una geometría  
que sea crítica o supercrítica. De conformidad con ello, la ma-  
yoría, si no todos, de los depósitos de almacenaje tienen dis-  
5 positivos y mecanismos para impedir la colocación de masas fi-  
sionables en posiciones tales que alcancen una geometría críti-  
ca. Sin embargo, la mayor parte del arte anterior presenta di-  
positivos de almacenamiento de combustible con las desventajas  
de ocupar grandes cantidades de espacio en la planta de ener-  
10 gía nuclear y de fracasar en satisfacer de manera adecuada los  
criterios sísmicos actuales de la Comisión Reguladora Nuclear-  
(NRC).

Un ejemplo de uno de tales dispositivos de almacena-  
miento del arte anterior se describe en la patente de los Esta-  
15 dos Unidos nº. 3.037.120. Otro dispositivo de almacenamiento -  
del arte anterior se describe en la solicitud de los Estados -  
Unidos, pendiente simultáneamente, nº. de serie 558.767. Esta-  
solicitud pendiente simultáneamente del arte anterior no sólo-  
describe un dispositivo de almacenamiento nuevo y seguro que -  
20 sitúa en el máximo la densidad de almacenamiento de conjuntos-  
de combustible nuclear gastado, pero también describe un dispo-  
sitivo de almacenaje del arte anterior que se conocía y usaba-  
con anterioridad. Según se menciona, el aparato descrito del -  
arte anterior presentaba la deficiencia fundamental de que no-  
25 satisfacía con facilidad los criterios sísmicos establecidos -  
por la NRC. Mientras que el invento de la solicitud pendiente-  
simultáneamente, depositada con anterioridad resolvía adecuada-  
mente los problemas de crear un aparato de almacenamiento sísmi-  
camente seguro que situaba en el máximo la densidad de alma-  
30 cenaje, es conveniente una solución del problema menos cara y-

de más fácil fabricación.

Así se plantea el problema de hallar un aparato que permita el almacenamiento compacto de masas fisiónables, sin crear la posibilidad de producir una geometría crítica, reduciendo al mínimo los costos de construcción al mismo tiempo. Este objeto se logra, como se define en la reivindicación 1, por medio del presente invento, a través de un diseño que incorpora blindajes discretos absorbedores de neutrones adaptados para envolver paramétricamente cada una de las masas fisiónables. Se da por supuesto que las masas fisiónables tienen una sección transversal lateral que encaja dentro de los confines de un polígono. El aparato comprende una primera serie de miembros estructurales en forma de enlaces alineados en hileras paralelas separadas, una segunda serie de bandas alineadas en hileras paralelas separadas que cruzan a la primera serie de bandas en un ángulo igual al ángulo entre dos lados no paralelos del polígono. Con esta disposición, la primera y la segunda series de bandas cruzadas separadas forman una pluralidad de pasajes transversales a la primera y segunda series de bandas. Entonces, se sitúa una pluralidad de blindajes absorbedores discretos de neutrones en los pasajes formados por las series primera y segunda de las bandas y sujetan rígidamente a una banda de cada una de las series primera y segunda. De este modo, se crea una disposición de almacenaje no crítica, segura sísmicamente, barata, para el almacenamiento de conjuntos de combustible gastados. La primera y segunda serie de bandas se encuentran con preferencia a diferentes alturas para facilitar la fabricación del dispositivo de almacenamiento. Sin embargo, el invento incluye la posibilidad de que la primera y segunda series de bandas estén a la misma

altura, de manera que se intersecten una con otra. Además, se pueden situar terceras y cuartas series de bandas cruzadas en terceras y cuartas alturas, para proporcionar una rigidez estructural adicional del dispositivo de almacenaje. Ambas -  
5 bandas y los blindajes absorbentes discretos de neutrones pueden estar hechos de acero inoxidable. En la situación en la que el conjunto de combustible nuclear tiene una sección transversal cuadrada, el blindaje de absorción discreto de neutrones también pueden tener una sección transversal cuadrada y -  
10 las bandas de las series primera y segunda pueden estar separadas una distancia no más pequeña que un diámetro o una dimensión lateral más grande del blindaje discreto absorbente de neutrones más una distancia mínima de atenuación de neutrón.

El presente invento se puede comprender mejor, y -  
15 sus numerosos objetos y ventajas pueden ser más evidentes para los peritos en el arte acudiendo a los planos que se acompañan, donde los números de referencia iguales corresponden a elementos iguales en las diversas figuras y en los que

la figura 1 es una vistaisométrica parcial del in -  
20 vento;

la figura 2 es una vista en alzado lateral parcial del aparato que se muestra en la figura 1;

La figura 3 es otra vista en alzado lateral parcial del aparato que se muestra en la figura 1 según se mira a lo-  
25 largo de la línea 3-3 de la figura 2;

la figura 4 es un plano del aparato que se muestra en la figura 1;

la figura 5 es una vista de plano parcial de una -  
realización alternativa del aparato que se muestra en la figu-  
30 ra 1; y

la figura 6 es una vista parcial isométrica de una -  
realización alternativa del invento en la que las series de -  
bandas se intersectan una a otra.

Las recientes disminuciones en la disponibilidad de -  
5 plantas de regeneración de combustible gastado ha creado una -  
demanda considerable de instalaciones de almacenamiento, Por -  
ello, es conveniente diseñar una instalación de almacenamiento  
que sea capaz de guardar el número máximo de conjuntos de com-  
bustible en un volumen dado. Aunque existe esta demanda para -  
10 almacenar conjuntos de combustible con un máximo de densidad -  
de almacenamiento, un requisito importante y esencial es que -  
el dispositivo de almacenaje debe impedir que las masas fisio-  
nables alcancen una geometría física que permita a la masa com  
binada hacerse crítica. Este requisito debe ser satisfecho en-  
15 todos los casos y, por lo tanto, el aparato de almacenamiento-  
de combustible gastado debe impedir la creación de una masa -  
crítica, incluso en el caso de la más severa perturbación sísmica.  
Debe reconocerse que, dependiendo del enriquecimiento -  
del combustible, sólo se necesita el desplazamiento inadverti-  
do de un conjunto de combustible para crear una masa crítica -  
20 en el dispositivo de almacenamiento. La siguiente realización-  
preferida es un aparato que cumple el objeto de obtener una -  
densidad máxima de almacenaje mientras que proporciona la segu  
ridad de evitar una masa crítica, incluso si se produce un sis  
25 mo fuerte.

El presente invento se ilustra en general en la figu  
ra 1, que muestra una disposición de almacenaje de conjuntos -  
de combustible nuclear subacuática, en una piscina de almacena  
miento de combustible. Dichas piscinas de almacenamiento tienen  
30 el propósito de guardar combustible de reactor nuclear nuevo -

o combustible gastado de reactor nuclear. El combustible gastado es altamente radiactivo y genera cantidades considerables de calor de desintegración. En consecuencia, es necesario refrigerar de manera continua el combustible gastado, con el fin de  
5 eliminar este calor de desintegración. El medio habitual de disipar el calor de desintegración es hacer circular agua a lo largo del conjunto de combustible, eliminando con ello el calor a través de la conducción y la convección del mecanismo. El agua caliente puede ser separada a continuación de la piscina de almacenamiento del combustible gastado y refrigerada en  
10 un cambiador de calor externo. El bastidor de almacenamiento de combustible del invento se compone de una pluralidad de recipientes absorbentes discretos de neutrones dentro de los cuales se depositan los conjuntos de combustible para su almacenaje. En la realización preferida, estos recipientes tienen secciones transversales laterales poligonales que se acoplan estrechamente con las secciones transversales poligonales de los conjuntos de combustible nuclear (por lo general cuadrados). Los recipientes son tubos de extremo abierto con longitudes por lo menos igual o mayores que las longitudes de las regiones activas de los conjuntos de combustible que se van a almacenar. Cada recipiente absorbedor discreto de neutrones puede ser construido por medio de la extrusión de un tubo metálico cuadrado de espesor adecuado, o soldado de planchas de metal alargadas, en forma de L, de espesor adecuado. El material metálico, con preferencia, es uno que posee una sección transversal de la absorción de neutrones relativamente alta, tal como acero inoxidable. Como alternativa, se puede hacer de un material de sección transversal de absorción de neutrones baja a la cual se sujeta o que incluye un  
25  
30

material de alta sección transversal tal como boro, cadmio o gadolinio. En éste invento se utilizó un recipiente cuadrado de acero inoxidable, con un espesor oscilante entre 0,508 a 1.27 centímetros, con un espesor preferente de 0,635 centímetros. Con el fin de facilitar el depositamiento de los conjuntos de combustible en estos recipientes discretos de encajamiento estrecho, las paredes de estos pueden estar abocinadas para fuera en un extremo. Debe reconocerse que, aunque la orientación preferida de los recipientes discretos de absorción de neutrones es hacia arriba y hacia abajo, es posible no obstante construir un bastidor de almacenamiento que tenga los recipientes de almacenaje en una orientación distinta de la vertical.

En la realización preferida se dispuso una multiplicidad de recipientes absorbedores discretos de neutrones de una forma de hileras y columnas, de manera que hubiese espacios 16 y 18 entre las hileras y las columnas. La combinación de los blindajes absorbentes de neutrones y los espacios que se llenan de agua crea un colector de flujo de neutrones que permite la separación más próxima de masas fisiónables que la que sería posible de otro modo. Según la realización preferida que se ilustra en las figuras 1, 2, 3 y 4, los blindajes discretos absorbedores de neutrones 12 se mantienen en una disposición separada por medio de una rejilla estructural compuesta por miembros estructurales 20, 22, 24 y 26. Como se puede ver mejor en la figura 4 y en la figura 1, hay una primera serie de miembros estructurales 20 en una disposición de separación en paralelo. A una altura diferente, hay dispuesta una segunda serie de miembros estructurales 22 separados en paralelo, en disposición de separación paralela, cruzando a

la primera serie de miembros estructurales 20 en un ángulo -  
equivalente a  $90^\circ$ . Mirando la configuración desde una vista -  
plana, como en la figura 4, se puede ver que se forman cana -  
les rectangulares con las series primera y segunda de miembros  
5 estructurales. Los blindajes absorbedores de neutrones 12 se  
introducen entonces en los pasajes formados por las series -  
primera y segunda de los miembros estructurales 20 y 22. Cada  
uno de los blindajes discretos absorbedores de neutrones 12 es  
desplazado a un ángulo de los pasajes formados por las series  
10 primera y segunda de miembros estructurales, creando con ello  
los espacios de separación 18 y 16 anteriormente descritos. -  
Los blindajes discretos absorbedores de neutrones 12 están -  
cada uno de ellos rígidamente sujetos a un miembro de la pri -  
mera serie de miembros estructurales 20 a un miembro de la se -  
15 gunda serie de miembros estructurales 22. Esta sujeción rígi -  
da toma con preferencia la forma de soldaduras 28 y 30 entre -  
los blindajes 12 absorbedores de neutrones y el miembro 20 y -  
las soldaduras 46 y 32 entre los blindajes 12 absorbedores de  
neutrones y el miembro estructural 22. Se debe reconocer que -  
20 se pueden hacer soldaduras adicionales (no mostradas) verti -  
cales entre los ángulos de los blindajes 12 discretos absorbe -  
dores de neutrones y los lados de los miembros estructurales -  
20 y 22. También se debe reconocer que los miembros estructu -  
rales podrían ser bandas de metal como se muestran en las fi -  
25 guras, o bien ser de cualquier otra forma adecuada tal como -  
ángulos de hierro o canales en forma de U.

También se puede disponer una tercera y cuarta se -  
ries de miembros estructurales 24 y 26, en una forma similar,  
a alturas inferiores. Estos miembros estructurales tercero y -  
30 cuarto 24 y 26 se ven mejor en las figuras 2 y 3, y se sujetan

en una forma similar a blindajes 12 discretos absorbedores de neutrones, por medio de soldaduras 40, 42, 44 y 48. La figura 5 muestra otra variante de la disposición de almacenaje en la que los miembros estructurales inferiores 24 y 26 no yacen directamente bajo los miembros estructurales superiores 20 y 22, sino que están desplazados para formar una segunda rejilla que permite la sujeción de los recipientes 12 discretos absorbedores de neutrones a los miembros estructurales inferiores 24 y 26 en lados opuestos a los lados de los recipientes 12 anteriormente usados para sujetar a los miembros estructurales 20 y 22.

La figura 6 muestra una variación del invento, en la que los miembros estructurales 20 y 22 no se encuentran en alturas diferentes sino a la misma altura. Esto se consigue de una forma bien conocida, entallando o cortando cada uno de los miembros estructurales 22 por la mitad hacia abajo desde la parte superior y cada uno de los miembros estructurales 20 por la mitad hacia arriba desde el fondo, y después acoplado entre sí los miembros estructurales 20 y 22 encajándolos y deslizándolos juntos para que ocupen el mismo nivel de altura.

Por medio de las estructuras que se acaban de describir y de ilustrar en las figuras 1 a 6, se crea una disposición de almacenamiento que mantiene a los recipientes discretos separados por lo menos una distancia predeterminada de atenuación de neutrón (16, 18). Esta distancia mínima de atenuación de neutrón determinada de antemano se define aquí como la distancia que se calcula previamente para tener la seguridad de que la disposición de conjuntos de combustible almacenados no puede alcanzar una masa crítica. Para comprender mejor este concepto, es instructivo considerar un neutrón

cuando pasa de un conjunto de combustible al siguiente. Mientras pasa desde un conjunto de combustible al siguiente adyacente, el neutrón debe salvar en orden serial un espacio de agua muy pequeño, una plancha de acero inoxidable que es una pared del recipiente 12 discreto absorbedor de neutrones un espacio 16 ó 18 lleno de un moderador tal como agua o agua borada, y una segunda plancha de acero inoxidable que es una parte del siguiente recipiente 12 discreto absorbedor de neutrones adyacentes circunda al conjunto de combustible próximo adyacente.

10 También es posible que el neutrón pueda ser reflejado en el espacio 16 ó 18 y pueda retornar a la primera plancha de acero del recipiente 12. Durante su paso a través de estos cuatro medios, el neutrón típico se comporta como sigue: Al encontrar la primera plancha de acero inoxidable, el neutrón típico es rápido, emanante del combustible, y posee una energía tan alta que pasa a través de este primer material absorbente de neutrones esencialmente sin ser afectado ni absorbido. Durante su paso a través del espacio de agua 16 ó 18, el neutrón típico es moderado por ésta desde alta energía a energía baja, para convertirse en neutrón 'lento' o de baja energía. Y, finalmente, al encontrar la segunda plancha de acero inoxidable o al reencontrar la primera plancha de acero inoxidable después de la reflexión en el espacio de agua 16 ó 18, el neutrón es absorbido, ya que ha sido moderado a una energía que permite su absorción por el material absorbente de neutrones. Es esencial mantener el "espacio de agua muy pequeño" entre el conjunto de combustible y su recipiente envolvente en un mínimo por dos razones la primera de las cuales es reducir al mínimo la posibilidad del desplazamiento del conjunto de combustible encerrado con respecto a su posición central preferida; y, segunda, -

15

20

25

30

evitar la situación en la que el neutrón es moderado a baja -  
energía y a continuación es reflejado por el moderador agua o  
por el material absorbente de neutrones del recipiente discre-  
to envolvente. Se puede demostrar que aumentando la anchura -  
5 del espacio de agua inmediatamente adyacente al conjunto de -  
combustible almacenado aumenta la posibilidad de este reflejo,  
que tiene el efecto de aumentar la reactividad de la disposi-  
ción de conjuntos de combustible almacenados, lo cual es un -  
resultado indeseable. De conformidad con esto, este espacio -  
10 interior en ningún caso se debe permitir que exceda de 1,5 -  
centímetros, y la dimensión del espacio 16 ó 18 se calcula su-  
poniendo que el espacio interior es 0.

La disposición de los conjuntos de combustible adya-  
centes por medio de recipientes discretos absorbentes de neu-  
15 trones es un 'colector de flujo de neutrones', en el que cual-  
quier neutrón que viaje desde un conjunto de combustible, a -  
través de un moderador, a otro conjunto de combustible o re-  
troceda al original es expuesto en orden serial a un material  
moderador y al material colector. Principalmente debido a es-  
20 te principio del colector de flujo, utilizando por el invento,  
la densidad de almacenamiento de conjuntos de combustible gas-  
tado puede aumentar de forma considerable. Las dimensiones im-  
plicas, en particular la distancia de atenuación del neutrón  
a través del espacio de agua entre recipientes 12 discretos -  
25 absorbentes de neutrones, depende de un número de factores, -  
incluyendo la identidad del material fisicón, el enriqueci-  
miento del combustible del conjunto almacenado, y el espesor-  
del material absorbente de neutrones, así como de la identidad  
del material mencionado. En la realización preferida, la dis-  
30 tancia mínima predeterminada de atenuación del neutrón es de-

9,5 centímetros.

REIVINDICACIONES

1ª.- Aparato para el almacenamiento compacto de una plurali-  
dad de masas fisionables de tamaño y forma uniforme, las cua-  
5 les tienen secciones transversales laterales que encajan con-  
los confines de un polígono, estando constituido el aparato -  
por una pluralidad de blindajes discretos absorbentes de neu-  
trones, separados, cada uno de los cuales está adaptado para-  
rodar perimétricamente a una de dichas masas fisionables de -  
10 la pluralidad, caracterizado por

una primera serie de miembros estructurales alineaa-  
dos en hileras paralelas separadas;

una segunda serie de miembros estructurales alineaa-  
dos en hileras paralelas separadas, la cual cruza a la mencio-  
15 nada primera serie de miembros en ángulo igual al ángulo en -  
tre dos lados no paralelos de dicho polígono, formando tales-  
primera y segunda series de miembros cruzados separados una -  
pluralidad de pasajes transversales a dichas primera y segun-  
da series de miembros; y estando cada uno de dichos blindajes  
20 situado en uno de tales pasajes, y estando rígidamente sujeto  
a un miembro de tales primera y segunda series.

2ª.- Aparato según reivindicación 1ª, caracterizado porque la  
mencionada primera serie de miembros estructurales está situa-  
da a una primera altura y porque la mencionada segunda serie-  
25 de miembros estructurales se encuentra en una segunda altura-  
diferente de la primera.

3ª.- Aparato, según reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por:  
una tercera serie de miembros estructurales alineaa-  
dos en hileras paralelas separadas a una tercera altura y su-  
jetos a dichos blindajes, y

una cuarta serie de miembros estructurales que cru -  
zan a dicha tercera serie de miembros estructurales y alineada  
en hileras paralelas separadas en una cuarta altura, estando -  
esta cuarta serie de miembros estructurales sujeta a dichos -  
5 blindajes.

4ª.- Aparato, según reivindicación 3, caracterizado porque di-  
chas terceras y cuarta series de miembros estructurales están-  
situados en un extremo de tales blindajes, y dichas primera y-  
segunda series de miembros estructurales están situadas en el-  
10 extremo opuesto de tales blindajes.

5ª.- Aparato, según reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por-  
que tales miembros estructurales están soldados a dichos blin-  
dajes.

6ª.- Aparato, según reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por-  
15 que los miembros estructurales y dichos blindajes están hechos  
de acero inoxidable.

7ª.- Aparato, según reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por-  
que tales blindajes y dichos pasajes tienen secciones transver-  
sales cuadradas.

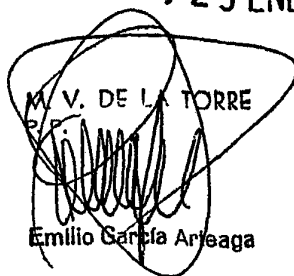
8ª.- Aparato, según reivindicaciones anteriores, caracterizado  
20 porque la separación entre los miembros adyacentes en dichas -  
series de miembros estructurales es igual o mayor que la dimen-  
sión transversal más grande de tales blindajes más una distan-  
cia mínima de atenuación del neutrón.

9ª.- Aparato, según reivindicación 1ª, caracterizado porque di-  
25 chos miembros de la mencionada primera serie tienen cada uno -  
de ellos una pluralidad de cortes, y porque los miembros de -  
dicha segunda serie también tienen cada uno una pluralidad de  
cortes, y porque dicho aparato se monta insertando dichos miem-  
30 bros de cada serie en dichos cortes de la otra serie.

10a.- "APARATO PARA EL ALMACENAMIENTO COMPACTO DE UNA PLURALI  
DAD DE MASAS FISIONABLES DE TAMAÑO Y FORMA UNIFORME".

Consta la presente memoria descriptiva de catorce -  
hojas numeradas y mecanografiadas por una sola cara a las que  
se le acompañan dos de planos para su mejor comprensión.

Madrid, 29 ENE. 1977

M. V. DE LA TORRE  
D. P.  
  
Emilio García Arceaga



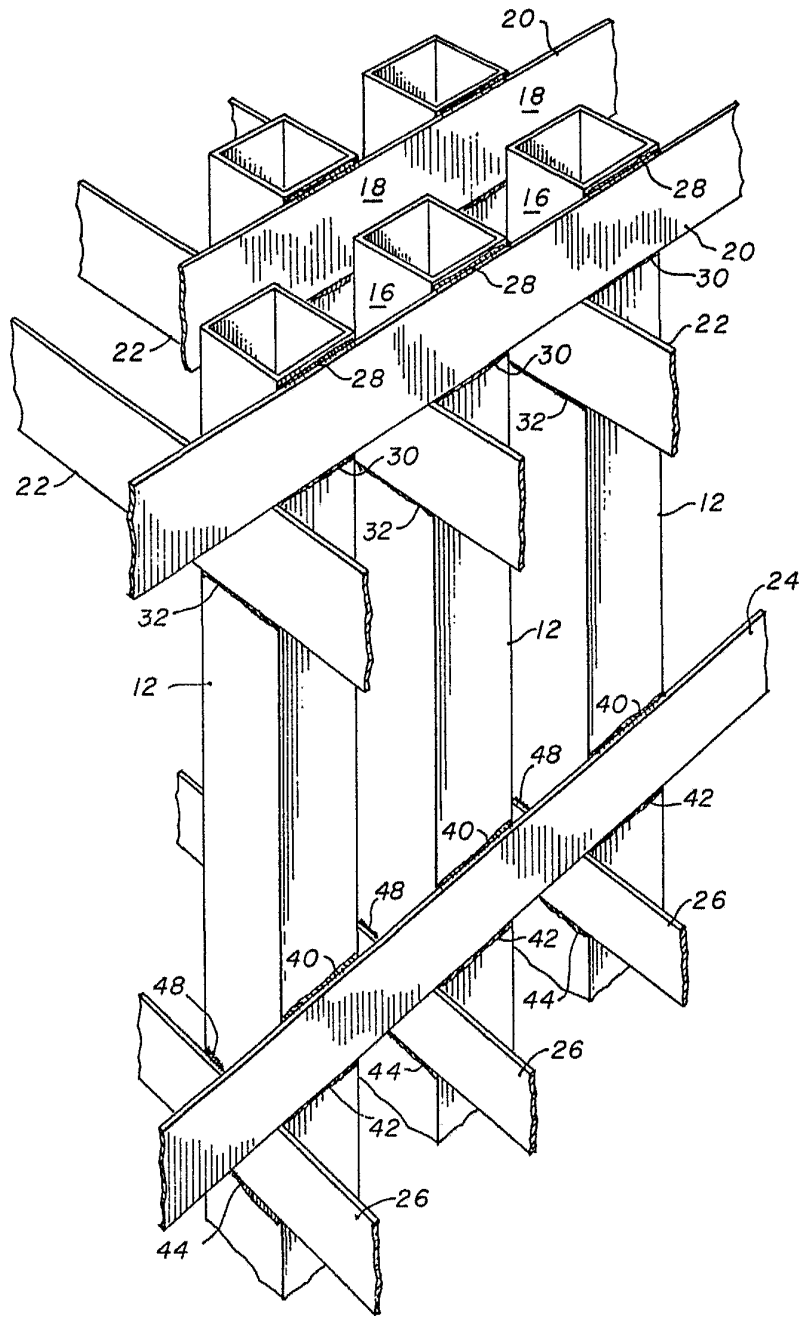


FIG. 1

ESCALA VARIABLE  
Madrid, 29 ENE. 1977

M. V. DE LA TORRE  
P. F.  
*[Signature]*  
Emilio Gamero Ortega

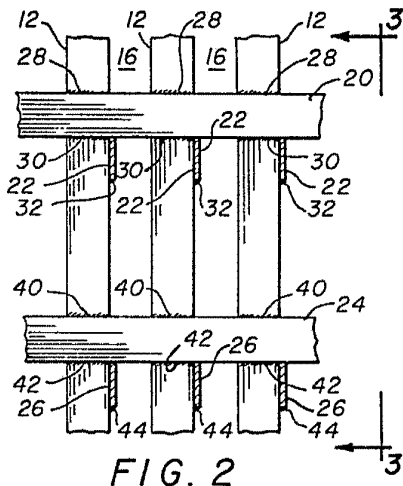


FIG. 2

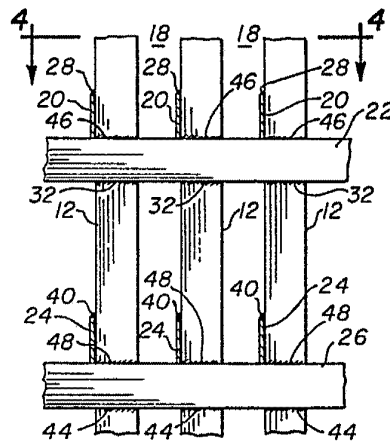


FIG. 3

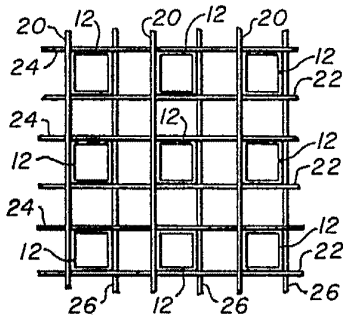


FIG. 5

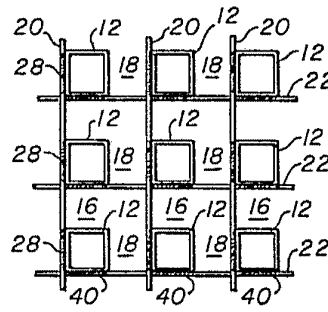


FIG. 4

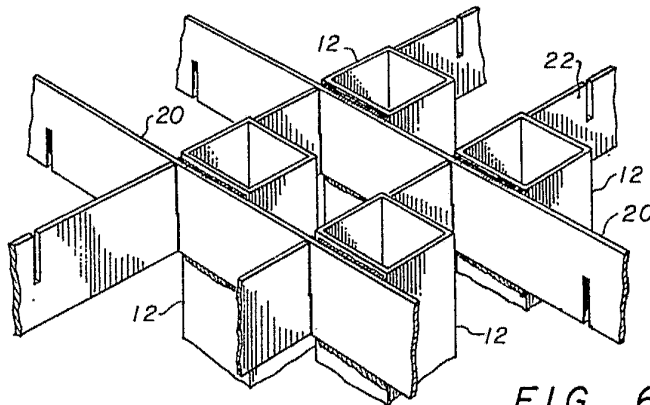


FIG. 6

ESCALA VARIABLE  
Madrid, 29 FNE. 1977

M. V. DE LA TORRE  
R. P.

Emilio García Arteaga