

382735

3 82735

memoria descriptiva

SECCION TECNICA
CLASIFICACION
CLASE <u>G 21</u>
SUBCLASE <u>d</u>

CLASE DE REGISTRO

Una Patente de Invención, por veinte años en España.

NOMBRE NACIONALIDAD DEL SOLICITANTE

General Electric Company
- sociedad U.S.A. -

RESIDENCIA Y DOMICILIO

New York, N.Y. 10016 (U.S.A.)
159 Madison Avenue.

OBJETO

" Disposición agrupada de combustible nuclear con canal de flujo reforzado".

INVENTORES :

Dominic Ambrose Venier	} Todos de nacionalidad norteamericana.
Bart Alan Smith	
James Lloyd Lass	

PRIORIDAD :

Solicitud Patente U.S.A. Serial nº 850.486 del 15 de Agosto de 1969.

MC/.

BAD ORIGINAL

382735

115 AG



- 1.-

1

En un tipo conocido de reactor nuclear, por ejemplo, como se usa en la central de energía nuclear Dresden cerca de Chicago, Illinois, el núcleo del reactor es del tipo heterogéneo. Es decir, que el núcleo comprende una pluralidad de conjuntos de combustible, dispuestos verticalmente en una disposición para formar el núcleo del reactor nuclear, capaz de fisión nuclear auto-sostenida. El núcleo está contenido en un recipiente de presión, en que está sumergido en un fluido de trabajo, tal como agua ligera, que sirve, tanto como refrigerante, como de moderador de neutrones. Una pluralidad de barras de control, conteniendo material de absorción de neutrones, son selectivamente insertables entre los conjuntos de combustible para controlar la reactividad del núcleo.

5

10

15

Cada conjunto de combustible comprende un canal de flujo tubular, conteniendo una disposición de elementos o barras de combustible alargados, revestidos, soportados entre placas de riostra superiores e inferiores. Los conjuntos de combustible están soportados en el recipiente de presión entre una parrilla superior de núcleo y una placa de soporte inferior del núcleo. La placa de riostra inferior de cada conjunto de combustible está formada con una pieza saliente, que se asienta en una pieza fundida de soporte de combustible que a su vez se ajusta, a través de una abertura, en la placa de soporte del núcleo en una cámara de suministro de refrigerante a presión. La pieza saliente está formada con aberturas, a través de las cuales fluye el refrigerante a presión, hacia arriba a través de los canales

20

25

30

382735



- 2.-

1 de flujo del conjunto de combustible, para alejar calor de
los elementos de combustible. Un conjunto de combustible
típico de este tipo se ilustra, por ejemplo, por D. A. Venier
y otros en la patente de EE.UU. Nº. 3.350.275. En reactores
5 nucleares de instrumentación nuclear en el núcleo, de reciente
diseño, en la forma de detectores de neutrones, están con-
tenidos en receptáculos de instrumentación situados en las
hendiduras entre los conjuntos de combustible.

10 En un reactor de agua, el calor es transferido desde
de el combustible por el revestimiento de la barra de combus-
tible al agua, que fluye ascendiendo entre las barras de com-
bustible. A alguna elevación, el agua que fluye alcanza la
temperatura de saturación y, más allá de este punto, fraccio-
15 nes crecientes del agua están en la fase de vapor. Normal-
mente, el coeficiente de transferencia de calor entre el re-
vestimiento de barra de combustible y el agua es sustancial-
mente constante. Sin embargo si el flujo de calor es incre-
mentado suficientemente, se alcanza un umbral, en el que el
coeficiente de transferencia de calor disminuye repentinamen-
20 te por un factor de 5 a 10. Esto es causado por un cambio
en el mecanismo de transferencia de calor desde ebullición
nucleada a ebullición de película y da por resultado un aumen-
to muy rápido, indeseable en la temperatura del revestimien-
to de la barra de combustible. El flujo de calor en el um-
bral entre ebullición nucleada y ebullición de película se
designa como el "flujo crítico de calor".

25 Una importante consideración en el diseño de reac-
tores de agua en ebullición es la relación entre el flujo en
30

382735



- 3.-

1 el canal o el flujo de refrigerante a través de los canales
de flujo del conjunto de combustible y el flujo de deriva-
ción o flujo de refrigerante a través de las hendiduras en-
tre los conjuntos de combustible. Por una parte, es desea-
5 ble elevar al máximo el flujo en el canal para elevar por
ello al máximo el margen al flujo crítico de calor. Por
otra parte, es necesario procurar un importe limitado de
flujo de derivación, para evitar el estancamiento del refri-
gerante y vacíos de vapor, y adecuadamente para refrigerar
10 las barras de control y los dispositivos de instrumentación
en el núcleo, dispuestos en las hendiduras entre los canales
de flujo del conjunto de combustible. Por lo tanto, para un
flujo de recirculación total de núcleo dado, el equilibrio
deseable entre el flujo en el canal y flujo de derivación
15 mantiene un margen adecuado al flujo crítico de calor, evi-
tando excesivos vacíos fuera del canal.

En disposiciones anteriores, el control del flujo
de derivación es realizado permitiendo que exista una can-
tidad de fuga de refrigerante entre el canal de flujo del
20 conjunto y la placa de riostra inferior. El canal de flujo
no está fijado al conjunto de combustible, sino que en su
lugar está ajustado con deslizamiento sobre la placa de rio-
stra superior e inferior, de modo que pueda desmontarse fácil-
mente durante el repostamiento de combustible y para inspec-
25 ción de los conjuntos y barras de combustible. El canal de
flujo está formado de material relativamente delgado para re-
ducir al mínimo el espacio y disminuir al mínimo la absor-
ción de neutrones y se ha hallado que aumentos en presión

30



1 del refrigerante (para incrementar el flujo refrigerante a
través de los conjuntos de combustible) hacen que el canal
del flujo se flexione alejándose de la placa de riostra in-
5 ferior, causando así una excesiva cantidad de flujo de deri-
vación, con el peligro de privar al conjunto de combustible
de su flujo refrigerante requerido.

Las disposiciones anteriores de flujo de deriva-
ción se han encontrado inadecuadas para reactores nucleares
de diseño reciente, que funcionan con más alta densidad de
10 energía, más altas calidades de vapor y más bajos márgenes
térmicos. Por lo tanto, se ha hallado deseable procurar un
control más preciso y exacto del flujo de derivación.

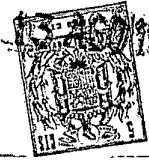
Es un objeto del invento procurar un conjunto mejo-
rado de combustible, incorporando una disposición de control
15 de flujo de derivación, que mantiene el flujo de derivación
a un tanto por ciento sustancialmente constante del flujo
total del núcleo y que no compromete indebidamente la facili-
dad de desmontar y volver a colocar el canal de flujo.

Estos y otros objetos se consiguen según el presen-
te invento procurando refuerzo o rigidez del extremo inferior
20 del canal de flujo en la región de la cara intermedia entre
el canal de flujo y la placa de riostra inferior para mejorar
el control de flujo de fuga entre el canal y la placa de
riostra inferior.

De acuerdo con una primera ejecución ilustrada, la
porción inferior del canal de flujo está formada con ondula-
ciones circunferenciales para incrementar su rigidez.

De acuerdo con una segunda ejecución ilustrada, la

382735



- 5.-

1 porción inferior del canal de flujo está formada con un mayor grosor para aumento de rigidez y refuerzo.

5 Según una tercera ejecución ilustrada, la porción inferior del canal de flujo está reforzada por un manguito, que rodea y se sujeta a la porción inferior del canal de flujo. El manguito de refuerzo puede ser liso u ondulado. En una versión alternativa de la tercera ejecución, el refuerzo se procura por una serie de manguitos estrechos espaciados o anillos.

10 De acuerdo con una cuarta ejecución ilustrada, la porción inferior del canal de flujo está reforzada por rebordeado, es decir, formando el canal extra largo y plegando la longitud extra de las paredes del canal hacia atrás, a lo largo de la porción inferior del canal.

15 El invento se describe más específicamente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en que:

La figura 1 es una ilustración esquemática de un generador de vapor de reactor nuclear;

20 la figura 2 es una vista en perspectiva, parcialmente recortada, de un conjunto de combustible;

la figura 3 es una vista en perspectiva, parcialmente recortada del canal de flujo, ilustrando la porción inferior reforzada, ondulada, del canal de flujo de la primera ejecución;

25 la figura 4a es una vista en perspectiva, parcialmente recortada del canal de flujo, ilustrando la porción inferior engrosada, de la segunda ejecución;

la figura 4b es una vista en perspectiva, parcial-

30

382735



1 mente recortada del canal de flujo, ilustrando una versión
acanalada u ondulada de la porción engrosada, reforzada, del
canal de flujo;

5 la figura 5a es una vista en perspectiva, parcial-
mente recortada del canal de flujo, ilustrando el manguito
reforzador alrededor de la porción inferior del canal, de
acuerdo con la tercera ejecución;

10 la figura 5b es una vista en perspectiva, parcial-
mente recortada del canal de flujo, ilustrando una versión
ondulada del manguito de refuerzo;

la figura 5c es una vista en perspectiva, parcial-
mente recortada, de canal de flujo, ilustrando una serie de
manguitos o anillos espaciados, estrechos reforzadores;

15 la figura 6 es una vista en perspectiva, parcial-
mente recortada, del canal de flujo, ilustrando la porción
inferior rebordeada del canal de flujo, de acuerdo con la
cuarta ejecución; y la figura 7 es una ilustración gráfica
del rendimiento del presente invento, en comparación con la
20 disposición de la técnica anterior. En la abscisa del grá-
fico se indica la fracción de flujo de fuga, mientras que
la ordenada señala el tanto por ciento del régimen de flujo
de refrigerante. Las líneas de curvas continuas significan
el comienzo de la vida y las líneas interrumpidas, el final
25 de la vida. La curva interrumpida superior se refiere a la
técnica anterior, la segunda curva interrumpida se refiere
al presente invento y también la siguiente curva completa,
mientras que la curva completa inferior se refiere a la téc-
nica anterior.



1 El invento se describe aquí en conexión con un
reactor nuclear refrigerado y moderado con agua, un ejemplo
del cual se ilustra en la figura 1. Tal sistema de reactor
incluye un recipiente de presión 10, conteniendo un núcleo
5 11 de reactor nuclear en cadena, sumergido en un refrigerante,
tal como agua ligera. El núcleo 11 está rodeado por una
mortaja anular 12. El núcleo 11 incluye una pluralidad de
conjuntos 13 de combustible sustituibles, dispuestos en re-
lación espaciada y soportados en el recipiente 10, entre una
10 parrilla 14 superior de núcleo y una placa 16 inferior de
soporte de núcleo. Cada conjunto de combustible incluye una
pieza saliente 17, que entra en contacto con un casquillo de
soporte en la placa 16 de soporte. El extremo de la pieza
15 saliente se proyecta a través de la placa de soporte 16 y
está formado con aberturas para comunicación con una cámara
19 de suministro de refrigerante. Una bomba de circulación
18, presiona el refrigerante en la cámara 19 de suministro,
desde la cual el refrigerante es forzado a través de las
20 aberturas en las piezas salientes 17, ascendiendo a través
de los conjuntos de combustible. Una parte del refrigerante
es convertida por ello en vapor, que pasa a través de una
disposición 20 de separador-dsecador a un dispositivo de uti-
lización, tal como una turbina 21. El condensado, formado
25 en un condensador 22, se hace retornar como agua de alimen-
tación al recipiente 10, por una bomba 23. Una pluralidad
de barras de control 24 son selectivamente insertables en-
tre los conjuntos de combustible 13 para controlar la reac-
tividad del núcleo. Una pluralidad de receptáculos 15 de

382735

[13 A



- 8.-

1 instrumentación están colocados entre los conjuntos de combustible, para contener detectores de neutrones, para indicar el nivel de energía del núcleo.

5 En la figura 2 se ilustra un conjunto de combustible 13, comprendiendo una pluralidad de barras de combustible 26 alargadas, soportadas entre una placa de riostra inferior 27 y una placa de riostra 28 superior, en estructura. Las barras de combustible 26 pasan a través de una pluralidad de espaciadores 29 de barra de combustible, que procuran soporte intermedio para retener las barras alargadas en relación espaciada y restringirles la vibración lateral.

10 Cada una de las barras de combustible 26 comprende un tubo alargado, conteniendo el combustible fisionable, en forma de bolitas, partículas, polvo o semejante, cerrados herméticamente en el tubo, por tapones de extremo superior e inferior 30 y 31. Los tapones 31 de extremo inferior están formados con una conicidad para coincidir y soportarse en cavidades 32 de soporte, que están formadas en la placa de riostra inferior 27. Los tapones 30 de extremo superior están formados con extensiones 33, que coinciden con cavidades 34 de soporte en la placa de riostra superior 28.

15 Algunas de las cavidades 32 de soporte (por ejemplo, seleccionadas del borde o cavidades periféricas) en la placa de riostra 27 inferior, están formadas con roscas, para recibir barras de combustible, que tienen tapones 31 de extremo inferior roscados. Las extensiones 33 de los tapones 30 de extremo superior de estas mismas barras de combustible están alargadas para pasar a través de las cavidades en

302735



1
5
10
15
20
25
30

la placa de riostra 28 superior y están formadas con roscas para recibir tuercas 35 de retención internamente roscadas. De esta manera, las placas de riostra superiores e inferiores y las barras de combustible están formadas en una estructura unitaria.

El conjunto de combustible 13 incluye además un canal 36 de flujo tubular de paredes delgadas, de sección transversal, sustancialmente cuadrada, adaptado para procurar ajuste deslizante sobre las placas de riostra inferiores y superiores 27 y 28 y los espaciadores 29, de modo que pueda montarse y desmontarse fácilmente. El canal 36 tiene un apéndice 37 soldado al extremo superior, que procura la sujeción del canal al haz de combustible con un perno 38.

La placa de riostra 27 inferior está formada con una pieza saliente 17, adaptada, como se ha mencionado anteriormente, a soportar el conjunto de combustible en un casquillo en la placa de soporte 16 (fig. 1). El extremo de la pieza saliente está formado con aberturas 39 para recibir el refrigerante a presión, de modo que el mismo fluya hacia arriba, entre las barras de combustible.

Para evitar el estancamiento del refrigerante en los espacios 25 (fig. 1) entre los conjuntos de combustible, una porción (en el orden de 5 - 6 por ciento) del flujo de refrigerante dentro de cada conjunto de combustible se deja fugar hacia los espacios 25 adyacentes, desde entre la placa de riostra inferior 27 y el canal 36 del conjunto de combustible, como se indica por la flecha señalada con LF en la figura 2, para procurar flujo de desviación entre los ca-

382735



1
5
10
15
20
25
30

nales. Como se ha discutido aquí anteriormente, las disposiciones anteriores no han procurado adecuada regulación de este flujo derivado. De acuerdo con el presente invento, el control del flujo de fuga LF se fomenta reforzando o haciendo rígida la porción inferior 40 del canal de flujo 36, en la región de la cara intermedia, entre el canal de flujo y la placa de riostra 27 inferior. El así reforzado canal de flujo resiste con más éxito a las deflexiones alejándose de la placa de riostra inferior con diferenciales de presión incrementados y aumento de vida de irradiación, por lo que el área de flujo de fuga y, por consiguiente, el tanto por ciento de flujo de fuga, permanecen más aproximadamente constante.

Si el canal de flujo reforzado o hecho rígido se hallase demasiado restrictivo en el flujo de derivación, pueden procurarse pasos 41 adicionales de flujo de derivación, a través de la placa de riostra 27 inferior y/o 42 a través de las paredes del canal de flujo 36.

Una primera ejecución del invento está ilustrada en la fig. 3. En esta ejecución, la porción 40 inferior de cara intermedia, del canal de flujo 36, está reforzada y hecha rígida formando esta porción con ondulación 43 circunferenciales. Las ondulaciones procuran rigidez a deflexión lateral grandemente incrementada de esta porción al alejarse de la placa de riostra 27 inferior. Adicionalmente, las convoluciones de las ondulaciones, siendo perpendiculares al flujo de fuga, procuran un aumento de resistencia al flujo en el camino del flujo de fuga.

382735



1
5
10
15
20
25
30

Una segunda ejecución del invento está ilustrada en las figuras 4a y 4b. En esta ejecución, la porción 40 inferior solamente del canal de flujo 36 está formada con un mayor grosor t_1 suficiente para procurar la deseada resistencia y rigidez en esta porción de cara intermedia, mientras que el resto del canal de flujo está formado con su grosor normal t_0 . Como se ha ilustrado en la fig. 4b, la superficie exterior de la porción más gruesa puede formarse con canales u ondulaciones circunferenciales 44 para proporción incrementada de rigidez respecto a cantidad de material.

Una tercera ejecución del invento se ilustra en las figuras 5a, 5b y 5c. En esta ejecución la porción 40 inferior de cara intermedia del canal de flujo 36 está reforzada y hecha rígida por un manguito circundante. Como se ilustra en la fig. 5a, un manguito 46 rodea la porción inferior 40 del canal de flujo 36 y está unido al mismo, por ejemplo, por soldadura en 47. El manguito 46 puede aliviarse de esfuerzo de una manera bien conocida, antes de la sujeción al canal 36 para disminuir desplazamiento y relajación con irritación y envejecimiento.

El manguito de refuerzo puede estar ondulado para aumento de la proporción de rigidez respecto a cantidad de material, como se ilustra por un manguito ondulado 46' en la figura 5b.

También puede conseguirse una mayor proporción de resistencia respecto a cantidad de material, según se ilustra en la fig. 5c, en que la proporción 40 de cara intermedia de canal de flujo 36 está reforzada por una serie de man

382735

13



- 12.-

1

guitos estrechos o anillos 46'' espaciados.

5

Una cuarta ejecución del invento se ilustra en la fig. 6. En esta ejecución, la porción 40 de cara intermedia del canal de flujo 36 está reforzada y hecha rígida por rebordeado. Esto puede efectuarse formando originalmente el canal de flujo 36 extra largo. Las esquinas de la porción de largo extra se recortan, dejando un apéndice 48 de refuerzo, que se extiende desde cada lado del canal de flujo. Cada uno de los apéndices 48 de refuerzo es después plegado hacia fuera y hacia atrás contra las paredes exteriores de la porción 40 de cara intermedia del canal de flujo.

10

15

Mientras que con algunos materiales es posible extender el reborde alrededor de las esquinas del canal de flujo, esto es usualmente poco práctico, debido a la dificultad de formar el material de circonio preferido, de baja absorción de neutrones. Además, se ha hallado que el deseado control de flujo de fuga puede ser conseguido sin extensión del reborde alrededor de las esquinas.

20

25

La eficacia del presente invento se ilustra gráficamente en la fig. 7, que compara el rendimiento de la disposición de control de flujo del invento con la disposición de la técnica anterior, que confiaba únicamente en un ajuste predeterminado entre el canal de flujo 36 y la placa de ristra inferior 27. Las curvas macizas muestran el rendimiento de conjuntos de combustible nuevos, mientras que las curvas interrumpidas muestran el rendimiento de final de vida, es decir, después de haberse hecho funcionar el conjunto en un núcleo de reactor en el orden de varios años. Para la dis-

30

382735



1 posición de la técnica anterior, el flujo de fuga se incre-
menta por más de un tercio, con la vida, mientras que para
la disposición del presente invento la variación de flujo
de fuga, con la vida, es menos de uno por ciento. Las va-
5 riaciones en el flujo de fuga con variaciones en el flujo
de refrigerante son significativamente menores para la dis-
posición del presente invento. Otra ventaja extraordinaria
del invento es que no compromete o complica el fácil desmon-
taje o nueva colocación del canal de flujo 36.

10 Mientras que en la presente memoria se han descri-
to ejecuciones ilustrativas del invento, pueden introducir-
se modificaciones y adaptaciones del mismo por los expertos
en la materia, sin apartarse de la idea y del alcance del
invento, según se define en las siguientes reivindicaciones.

15

N O T A . -
=====

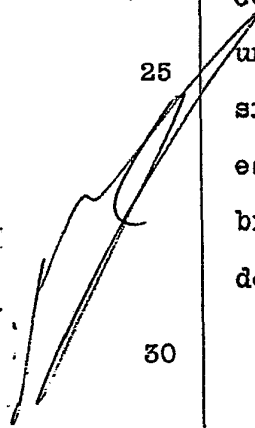
20

La presente patente de invención, comprende las
siguientes reivindicaciones:

25

1.- Disposición agrupada de combustible nuclear
con canal de flujo reforzado, caracterizado por comprender
una pluralidad de barras de combustible, colocadas en dispo-
sición espaciada, por primeras y segundas placas de riostra,
estando una de dichas placas de riostra adaptada para reci-
bir a través de la misma un flujo de refrigerante, un canal
de flujo tubular, de extremo abierto, rodeando dicha dispo-

30



382735



- 14.-

1 sición y adaptado a ajustarse adyacente a una superficie pe-
riférica de una de dichas placas de riostra, para limitar la
fuga de dicho refrigerante entre los mismos, estando formado
dicho canal de flujo con una porción reforzada en la región
5 de la cara intermedia con una de dichas placas de riostra
para resistencia adicional a la deflexión de dicha porción
del citado canal de flujo alejándose de una de dichas placas
de riostra.

10 2.- Disposición según la reivindicación 1, caracte-
rizada porque una de dichas placas de riostra está formada
por lo menos con un paso de flujo derivado de refrigerante.

15 3.- Disposición según la reivindicación 1, caracte-
terizada porque dicha porción reforzada en dicho canal de
flujo está formada con ondulaciones circunferenciales.

4.- Disposición según la reivindicación 1, caracte-
terizada porque las paredes de dicha porción reforzada del
citado canal de flujo, están formadas de material más grueso
que el resto de las paredes de dicho canal de flujo.

20 5.- Disposición según la reivindicación 4, caracte-
terizada porque la superficie exterior de la porción de pa-
red más gruesa de dicho canal de flujo, está acanalada cir-
cunferencialmente.

25 6.- Disposición según la reivindicación 1, caracte-
terizada porque dicha porción reforzada del citado canal de
flujo, está rodeada por un manguito de refuerzo.

30 7.- Disposición según la reivindicación 6, caracte-
terizada porque dicho manguito está ondulado circunferencial-
mente.

8.- Disposición según la reivindicación 1, caracte-

382735



-15.-

1 terizada porque dicha porción reforzada del citado canal de
flujo, está rodeada por una pluralidad de manguitos espacia-
dos.

5 9.- Disposición según la reivindicación 1, caracte-
terizada porque el extremo de dicho canal de flujo, adyacen-
te a una de las citadas placas de riostra está rebordeado
para formar dicha porción reforzada de dicho canal de flujo.

10 10.- Disposición agrupada de combustible nuclear
con canal de flujo reforzado.

Según se describe y reivindica en la adjunta memo-
ria descriptiva y se ilustra en los planos anexos, constan-
do la memoria de quince hojas foliadas y escritas a máquina
por una sola de sus caras.

15 Madrid a 13 de Agosto de 1970.

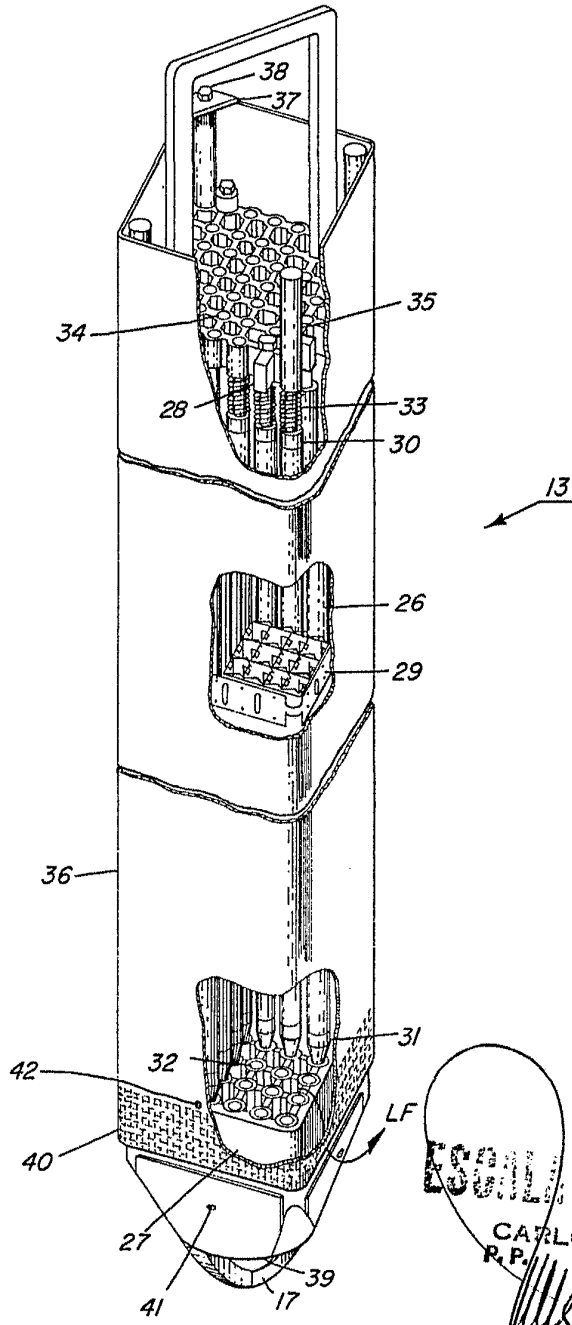
CARLOS ROED
P.

20

25

30

32735



ESCOLA VA'RIABLE
CARLOS ROEB
R.P.
[Signature]

Fig. 2

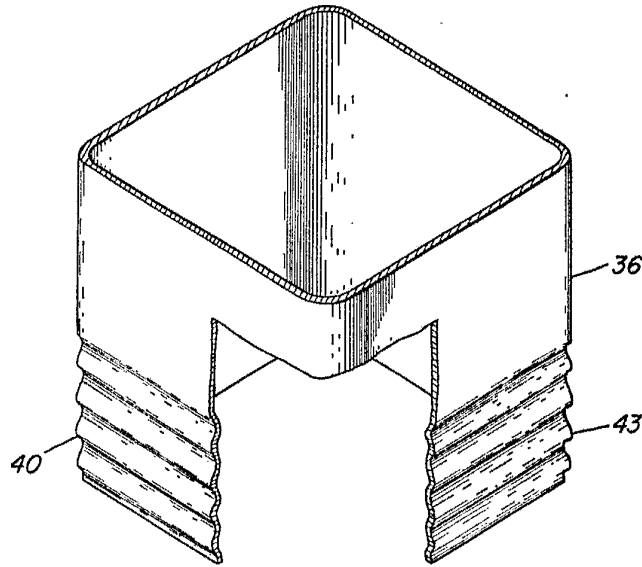
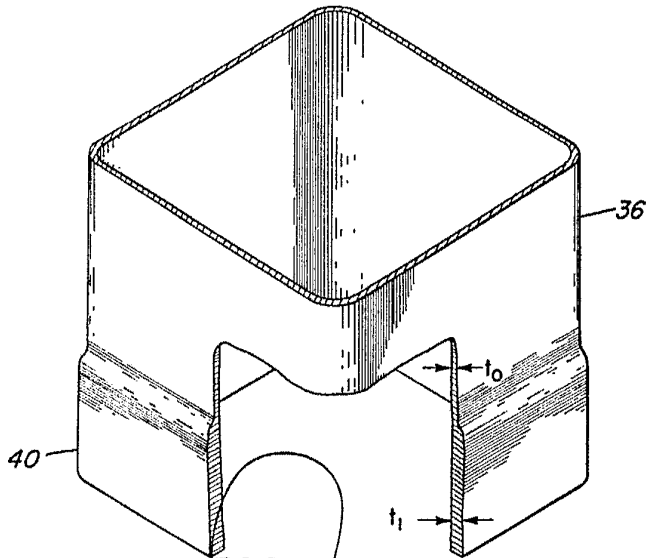
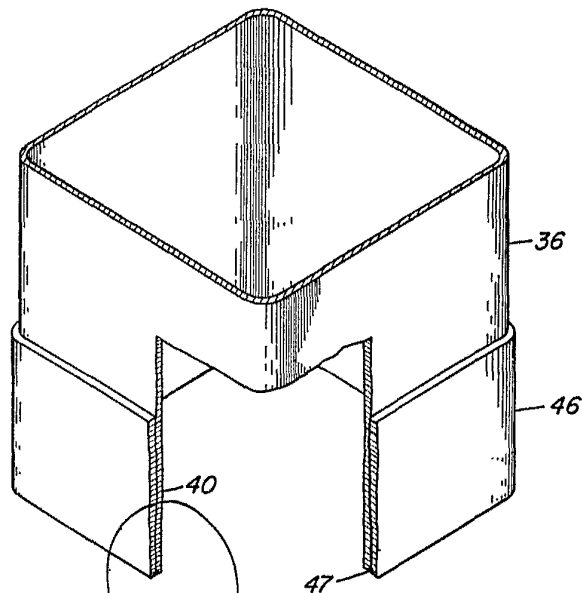
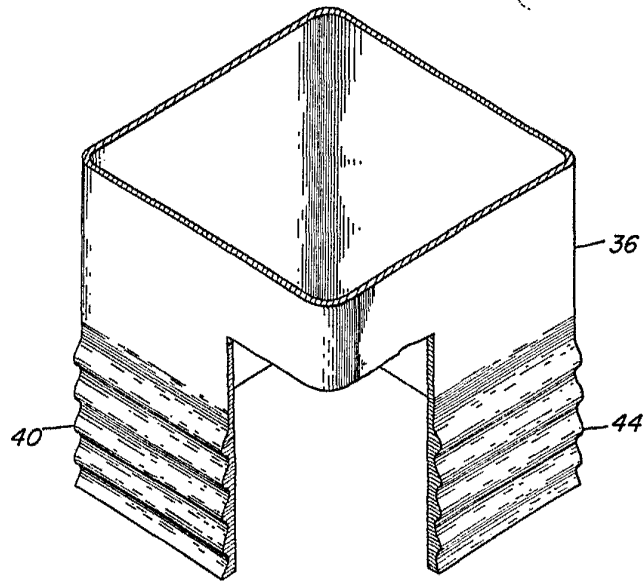


Fig. 3



ESCALA VARIABLE Fig. 4a

CARLOS ROEB
P.P.



ESCALA VARIABLE

CARLOS ROEB
P.P.

473

392735

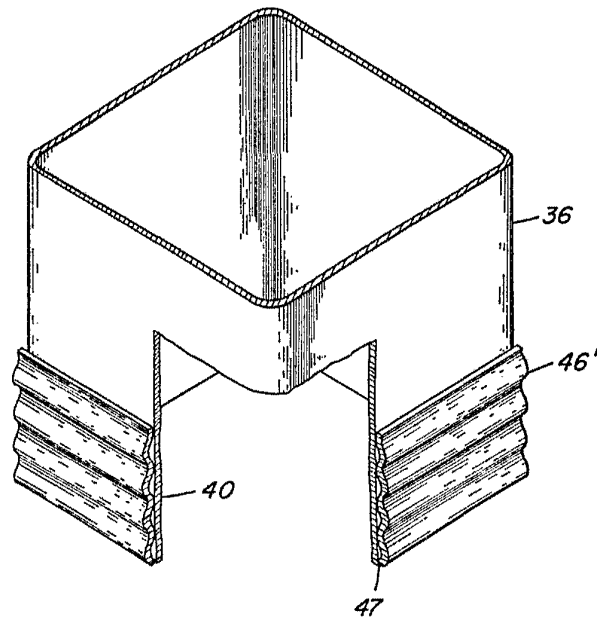


Fig. 5b

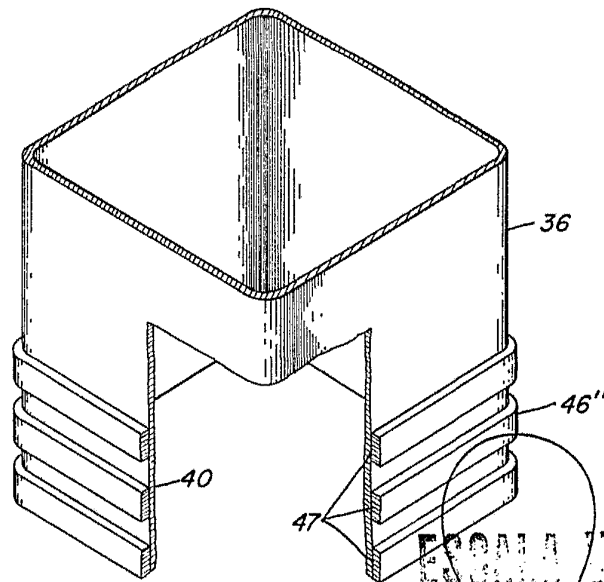


Fig. 5c

ESCALA INDIVISIBLE

CARLOS ROEB
P.P.

382735

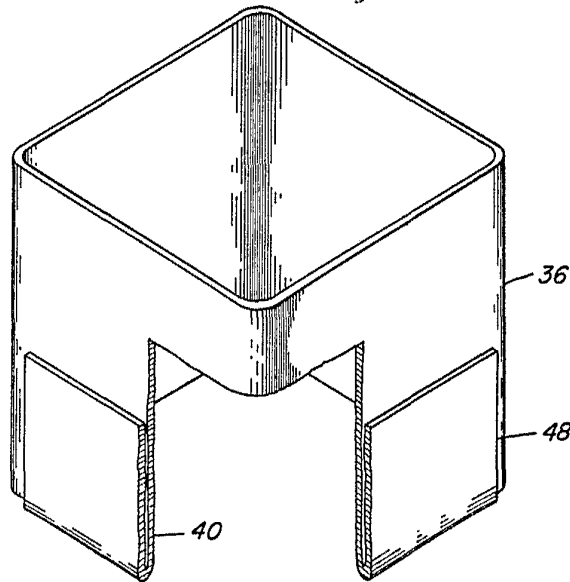


Fig. 6

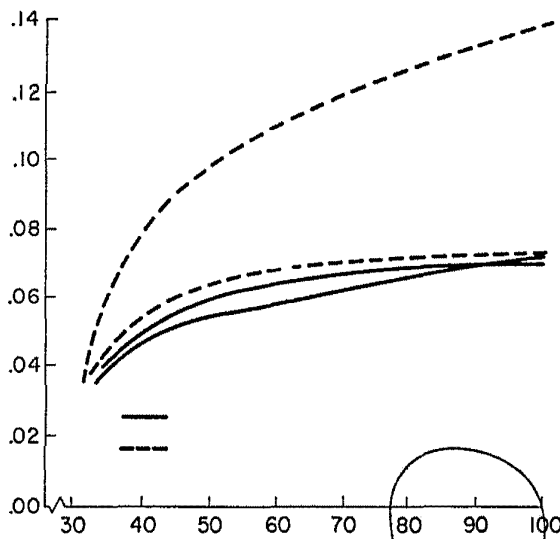


Fig. 7

REGISTERED PATENT
CARLOS ROEB
P.P.

CARLOS ROEB
P.P.