

P.- 59.224

432791

B 5543.3 PG

Int. Cl.²: E04H; G21C

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION

A nombre de COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

entidad francesa

establecida en 29, rue de la Fédération, París 15e,
Francia

por: "DISPOSITIVO PARA LIMITAR LAS SOBREPRESIONES
ACCIDENTALES EN UNA ESTRUCTURA DE CONFINAMIENTO
DE UN REACTOR. NUCLEAR DE AGUA A PRESION"

(Clase Internacional E04h, G21c)

31 DIC 1974

La presente invención, debida a Nicolas Gaouditz, Edmond Le Borgne y Robert Mogavero, se refiere a un dispositivo destinado a limitar las sobrepresiones susceptibles de producirse de modo accidental en un recinto, a consecuencia de la súbita creación de vapores condensables. Se aplica más especialmente a dichas sobrepresiones cuando se producen en una estructura de confinamiento de un reactor nuclear, principalmente debido a una brusca rotura de un conducto de circulación de un fluido que asegura en funcionamiento la refrigeración del núcleo de este reactor.

De forma preferente aunque no exclusiva, la invención se aplica al caso en que el reactor nuclear considerado es un reactor de agua hirviente o de agua bajo presión, siendo extraídas las calorías producidas por la reacción de fisión en el núcleo de éste por una circulación continua difásica de agua y de vapor en el primer caso, y de agua en el segundo. En el caso de un reactor denominado presionizado, el agua líquida bajo presión que atraviesa el núcleo, cede las calorías adquiridas a una circulación de agua secundaria en el interior de un cambiador de calor. En el caso de un reactor denominado hirviente, el vapor producido al atravesar el núcleo es directamente explotado en una instalación de producción de energía, principalmente por expansión en una



31 Dic 1974

turbina. En una y otra soluciones, en caso de accidente grave, que corresponda esencialmente a una rotura de una canalización principal de circulación del agua de refrigeración, el vapor inmediatamente creado, debido a la brusca expansión producida por esta rotura, se propaga en la estructura de confinamiento del reactor. Conviene, por consiguiente, garantizar con la mayor seguridad, el mantenimiento de este vapor en el interior de esta estructura que, por otra parte, debe resistir a la presión creada, a fin, principalmente, de evitar que este vapor eventualmente contaminado, se escape hacia la atmósfera exterior.

Se han realizado ya estructuras o recintos estancos, aptos para soportar la sobrepresión así producida en el curso de un accidente de esta clase. No obstante, estas soluciones conducen a inversiones importantes y a ciertas dificultades de explotación. Otra solución clásica más ventajosa consiste en encerrar el reactor y el circuito de agua de refrigeración en un primer recinto de paredes relativamente delgadas, a su vez contenido en el interior de un segundo recinto más resistente de paredes gruesas, principalmente de hormigón. El espacio intermedio delimitado entre los dos recintos se encuentra parcialmente lleno de agua líquida, a una temperatura próxima a la temperatura ambiente, encontrándose

31 DIC 1974



5 se este volumen de agua bajo un cojín de aire en equili
brio con el vapor de agua a la temperatura considerada.
Los dos recintos comunican mutuamente mediante tubula-
duras, que desembocan, por una parte, en el primer recin-
to, y por otra parte, en el espacio intermedio bajo el
nivel del agua que contiene, teniendo por finalidad es-
tas tubuladuras permitir la evacuación del vapor brusca-
mente producido en caso de accidente en el primer recin-
to, impulsándolo hacia el espacio intermedio previo bur-
bujeo en el volumen de agua, que enfría este vapor y lo
10 condensa casi totalmente, lo que elimina el riesgo de una
sobrepresión inaceptable.

15 La presente invención se refiere a un per-
feccionamiento introducido en las disposiciones del tipo
anteriormente recordado, que permite principalmente mejo-
rar las condiciones de burbujeo del vapor en el volumen
de agua del espacio intermedio, garantizando una mezcla
más homogénea de los fluidos en presencia y, debido a ello,
una sobrepresión menos elevada. La invención tiene, asi
20 mismo, por finalidad, reducir los fenómenos vibratorios
al atravesar el vapor las tubuladuras, desde el primer
recinto hacia el espacio intermedio.

25 A este efecto, el dispositivo considerado,
en el que la estructura de confinamiento comprende un pri
mer recinto de paredes delgadas, que contiene el reactor,

31 Dic 1974

y un circuito de agua de refrigeración del núcleo de este reactor, estando rodeado este primer recinto por un segundo recinto resistente de paredes gruesas, estando el espacio intermedio, delimitado entre estos recintos, parcialmente lleno por un volumen de agua líquida sobre el que se encuentra una cámara de aire, realizándose la comunicación entre los recintos, para el escape de un caudal de vapor procedente del primer recinto, mediante conductos de burbujeo, que desembocan por un extremo en la pared del primer recinto sobre el nivel del volumen de agua líquida en el espacio intermedio, y se sumergen en el otro extremo bajo este nivel líquido, se caracteriza porque cada conducto lleva un tabicado interno que se extiende paralelamente al eje del conducto y que asegura la separación del caudal de vapor en este conducto, fraccionando las burbujas producidas en el volumen de agua.

Según otra característica, los extremos de los conductos de burbujeo que se sumergen bajo el nivel del volumen de agua líquida en el espacio intermedio se hallan escalonados con alturas de inmersión variables de uno a otro conducto.

La distribución conveniente en el conjunto del volumen de agua líquida del espacio intermedio entre los dos recintos de los diferentes conductos de burbujeo permite así, modulando sus profundidades de inmersión y



31 DIC. 1974

5 gracias a su tabicado interno, absorber, en cualquier hipótesis de accidente, el caudal máximo de vapor producido, asegurando una evacuación de este caudal en el conjunto de la masa líquida que es así uniformemente utilizada.

10 Ventajosamente, a fin de evitar que para un caudal de vapor elevado, no se formen nuevamente burbujas en el extremo del conducto sumergido bajo el nivel de líquido, el tabicado de cada conducto se extiende en una profundidad de inmersión superior a la del conducto mismo. Por otra parte, y según otra característica, el tabicado de cada conducto delimita una pluralidad de canales paralelos, distribuidos en la sección del conducto, disminuyendo la profundidad de inmersión del extremo de estos canales desde el centro hacia la periferia de esta sección.

15 En una primera variante de realización, el tabicado de cada conducto se realiza por medio de placas planas que se extiende según dos direcciones perpendiculares, delimitando entre sí canales de sección cuadrada o rectangular. En otra variante, el tabicado comprende placas planas dispuestas radialmente en cada conducto, y manguitos tubulares de diámetro creciente, coaxialmente dispuestos en el interior del conducto.

25 Al constituir un parámetro esencial de la



31 DEC 1974

seguridad de funcionamiento de la instalación, la limitación de la presión en el espacio intermedio sobre el volumen de agua líquida, el dispositivo según la invención permite garantizar un rendimiento máximo, homogeneizando principalmente la temperatura a todas las profundidades. La temperatura en superficie queda limitada al máximo, lo que reduce en la misma medida la presión parcial del vapor en el cojín de aire sobre el volumen líquido y, por consiguiente, la presión total sobre el recinto exterior de confinamiento.

Ventajosamente, y para mejorar aun más la agitación del vapor en el volumen de agua del espacio intermedio, algunos de los conductos de burbujeo, llevan en su extremo sumergido en el volumen de agua, una boquilla de inyección, que coopera con una trompa de circulación, convergente-divergente.

Finalmente y según otra característica del dispositivo, el primer recinto está rodeado, en el espacio intermedio y bajo el nivel del volumen de agua, por al menos un pequeño cajón delimitado por una pared lateral, estando abierto cada pequeño cajón, en su parte superior, y comunicando con el volumen de agua por orificios perforados en su pared lateral, estando unida la zona interna de este pequeño cajón con el primer recinto por, al menos, un conducto de burbujeo adicional, sumer-

31 Dic 1974

5 gido en una altura muy pequeña en el volumen de agua. Este conducto adicional tiene por efecto, debido a la depresión originada en el primer recinto por la condensación del vapor que subsiste en éste, cuando el escape del vapor a través de los conductos de burbujeo ha quedado terminado, acelerar la reposición en equilibrio con el espacio intermedio, y sobre todo disminuir el volumen de agua líquida impulsado al primer recinto por estos conductos adicionales antes de que dicho equilibrio se restablezca.

10 Otras características de un dispositivo de limitación de las sobrepresiones accidentales en una estructura de confinamiento de un reactor nuclear de agua presionizada, surgirán todavía a través de la siguiente descripción de varios ejemplos de realización, proporcionados a título indicativo y no limitativo, con referencia a los dibujos anejos, en los que:

15 - la Fig. 1 es una vista esquemática en corte transversal de un reactor nuclear provisto de un dispositivo según la invención,

20 - las Figs. 2a y 2b son vistas a mayor escala, respectivamente en corte longitudinal y en corte transversal, de un conducto de burbujeo,

25 - las Figs. 3a y 3b son vistas análogas a las Figs. 2a y 2b, pero relativas a una variante de realización,

- la Fig. 4 es una vista detallada a mayor escala de una boquilla de inyección, prevista en el extremo de ciertos conductos de burbujeo y asociada a una trompa de circulación.

5 Como se ve en la Fig. 1, la referencia 1 de
signa el conjunto de una estructura de confinamiento de
un reactor nuclear, principalmente de la clase conocida
bajo el término de reactor de agua presionizada, preci-
sándose, como ya se indicó, que las disposiciones de rea-
10 lización que serán descritas se aplican, también a un
reactor del tipo de agua hirviente. El reactor compren-
de una caldera nuclear 2, formada por un recipiente 3 es-
tanco, que contiene el núcleo del reactor y que comunica
con una campana superior 4, que encierra un cambiador de
15 calor que permite que el agua presionizada, que asegura
la extracción de las calorías al atravesar el núcleo del
reactor, ceda dichas calorías a un fluido secundario,
que a su vez es utilizado en una instalación de produc-
ción de energía (no representada). La caldera nuclear 2
20 está asociada a un matraz creador de presión 5, unido al
recipiente 3, que contiene el núcleo, por una canaliza-
ción 6, siendo clásico el conjunto de estas disposicio-
nes y perfectamente conocido en la técnica.

25 La estructura de confinamiento 1, que con-
tiene la caldera nuclear 2 así realizada, se compone de

31 Dic 1974

un primer recinto 7, de paredes relativamente delgadas, principalmente de acero, a su vez rodeado por un segundo recinto de resistencia 8, de paredes más gruesas, realizado preferentemente de hormigón, comprendiendo este segundo recinto 8 en su parte superior un orificio de acceso al primer recinto, normalmente obturado por un tapón 9. Los recintos 7 y 8 delimitan entre si un espacio intermedio 10, que se halla parcialmente lleno por un volumen de agua líquida 11, a temperatura próxima a la ambiente, llevando el nivel 12 de este volumen en el espacio intermedio sobre si un cojín de aire, en equilibrio con el vapor de agua a la temperatura considerada. Los recintos 7 y 8 se encuentran, por otra parte, en comunicación mutua mediante una serie de conductos, denominados conductos de burbujeo, 13, 14 y 15 principalmente, cada uno de los cuales, tal como el conducto 13, por ejemplo, comprende un extremo superior 16 que desemboca en el interior del recinto 7, sobre el nivel 12 en el espacio intermedio 10, y cuyo extremo opuesto 17 se sumerge bajo el nivel 12, en el volumen 11 de agua líquida.

Estos conductos de burbujeo se hallan distribuidos según series, en que cada uno de ellos presenta el mismo diámetro, siendo dicho diámetro diferente de una serie a la siguiente. A título indicativo y en una forma de realización en la que los conductos de burbujeo

31 DIC



precedentes se encuentra en número treinta y cinco, se dispondrá preferentemente de dos series, respectivamente de veinticinco conductos de un diámetro de 300 mm, y de diez conductos de un diámetro de 100 mm. solamente. Es

5 tos conductos de burbujeo 13, 14 y 15 se sumergen bajo el nivel 12, a diferentes alturas de inmersión unos de otros, y se hallan adecuadamente distribuidos en el espacio intermedio, simultáneamente alrededor del primer recinto y según la anchura de este espacio. En el ejemplo

10 anterior, veinte conductos de burbujeo de 300 mm. de diámetro tendrán una profundidad de inmersión de 2 m., cinco conductos de 300 mm. de diámetro una inmersión de 1,5 m., ocho conductos de 100 mm. de diámetro una inmersión

15 de 0,5 m. y, finalmente, dos conductos de 100 mm. de diámetro una inmersión de 0,2 m.

El vapor producido en el interior del recinto 1 por la brusca expansión debida a un accidente de funcionamiento, que puede principalmente consistir en una rotura de una canalización de gran diámetro, que sirve

20 para la circulación del agua presionizada, que asegura la refrigeración del núcleo, escapa en estas condiciones del primer recinto 7 por mediación del conjunto de los conductos de burbujeo, y se distribuye en el seno de la totalidad del volumen de agua líquida 11, en el espacio

25 intermedio 10. En estas condiciones, la temperatura me-



31 Dic. 1974

5 dia en el interior de este volumen está perfectamente
homogeneizada; por consiguiente, la presión en el espa-
cio intermedio 10, sobre el nivel 12, que es directamen
te en función de la temperatura del cojín de aire conte-
nido en este espacio y de la del volumen de agua en su-
perficie, se encuentra limitada a su valor mínimo, en
cualquiera que sea la cantidad de vapor procedente del
primer recinto. Gracias a la distribución del caudal
de vapor en toda la masa del volumen líquido, el aumen-
to de la temperatura sigue siendo mínimo, permaneciendo
10 la tensión de vapor sobre el nivel de agua, asimismo,
la más reducida, ya que esta tensión aumenta con la tem-
peratura.

15 A fin de evitar la presencia de vibracio-
nes en los conductos de burbujeo en el curso de la cir-
culación del caudal de vapor, se dispone el interior de
estos conductos en la forma ilustrada principalmente en
las Figs. 2 y 3. En las Figs. 2a y 2b, se ha representa-
do a mayor escala la parte inferior de uno de los conduc-
tos de burbujeo, el conducto 13 por ejemplo. Este com-
prende un tabicado interno 18, formado por dos grupos de
20 placas 19 y 20, paralelas entre si en cada grupo, y que
se extienden de uno a otro según dos direcciones perpen-
diculares, a fin de delimitar en la sección del conducto,
25 un conjunto de canales 21 de forma cuadrada o rectangular.



31 DIC. 1974

La presencia de estos canales permite fraccionar el caudal de vapor que circula a través del conducto 13 y, en especial, evitar para valores importantes de este caudal, la creación de burbujas de grandes dimensiones, perjudiciales para el mantenimiento mecánico del conjunto. Por otra parte, y según una característica interesante, los canales 21 se hallan dispuestos de tal modo que se prolongan más allá del extremo inferior 17 del conducto 13, siendo su profundidad de inmersión más importante en el centro de este conducto que en su periferia.

En otra variante ilustrada en las Figs. 3a y 3b, el tabicado del conducto 13 se obtiene mediante placas radiales 22, asociadas a manguitos 23, montados en el interior del conducto y dispuestos coaxialmente a éste último, teniendo los canales realizados los mismos efectos que en el ejemplo anterior.

Para asegurar un rendimiento máximo y perfeccionar aun más la homogeneidad de las temperaturas a todas las profundidades en el volumen de agua líquida del espacio intermedio, el dispositivo puede perfeccionarse, disponiendo en los extremos de algunos de los conductos de burbujeo sumergidos bajo el nivel del volumen líquido, boquillas de inyección 24, susceptibles de cooperar con trompas sumergidas 25, convergentes-divergentes. La Fig. 4 ilustra, a mayor escala, el detalle de la realización

31 DEC 1974

de dicho conjunto boquilla 24-trompa 25, comprendiendo ésta última una parte de entrada convergente 26 y una parte de salida divergente 27, estando unidas estas dos partes entre si por un conducto cilíndrico 28 de diámetro constante. El efecto producido de trompa de agua, combinado con el efecto de vacío creado por un rápido aplastamiento de las burbujas de vapor, otorga a este sistema una eficacia de bombeo muy elevada. Por otra parte, es evidente que las trompas pueden estar inclinadas sobre la vertical de tal modo que den un sentido preferente a la circulación de agua en el volumen líquido y que aseguren todavía una mejor homogeneidad de la temperatura en éste.

Cuando a consecuencia de una rotura de circuito de refrigeración principal del reactor, el recinto 7 se encuentra, por brusca expansión del agua presionizada, lleno de vapor, éste se escapa a través de los conductos de burbujeo 13, 14 y 15. Cuando este escape ha terminado, se produce en el interior de este recinto un descenso de temperatura y una condensación, que se traduce por una depresión respecto al espacio intermedio 10.

Para limitar los efectos de esta depresión, y en especial acelerar la puesta en equilibrio del primer recinto 7 frente al espacio intermedio, el dispositivo prevé, según una característica adicional de la in

vención, disponer en la superficie externa de este primer recinto 7, pequeños cajones, tal como 29. Cada cajón 29, se encuentra abierto en su extremo superior, sobre el nivel 12 del volumen líquido en el espacio 10, y
5 comunica con este volumen por mediación de dos pequeños orificios 30, formados en su pared lateral. Un conducto de burbujeo 31, pone en comunicación el interior de cada cajón y el interior del primer recinto 7, sumergiéndose este conducto de burbujeo bajo el nivel 12 en una altura
10 muy pequeña y que puede corresponder, en el ejemplo de aplicación especialmente considerado, a uno de los dos conductos de burbujeo de 100 mm, de diámetro sumergido 0,2 m. bajo el nivel líquido. Estos conductos 31 disminuyen desde entonces considerablemente el volumen de agua
15 que, debido a la depresión, penetra en el interior del primer recinto antes de que se realice el equilibrio de presiones. Este volumen de agua puede ser recogido en un pequeño recipiente 32 de protección, evitando proyecciones de agua sobre la caldera 2, estando situado este
20 recipiente en el interior del recinto 7, frente a los extremos de los conductos 31. Además, el cajón 29 puede llevar encima una campana 33, cuyo borde de extremo 34, delimita con la virola 35 del cajón, un paso con deflector 36, conteniendo esta campana sobre el nivel de agua
25 en el cajón un serpentín 37, recorrido por una circula-

31 Dic. 1974



ción de agua fría que forma refrigerante. Los vapores sobre el nivel en la caja se condensan sobre este serpentin y vuelven a caer en forma de lluvia, limitando la presión en el recinto.

5 Como es natural, es evidente que la inven-
ción no se limita, en modo alguno, al ejemplo de realiza-
ción más especialmente descrito y representado: abarca,
por el contrario, todas las variantes. En especial, con-
viene observar que ninguna limitación ha sido prevista
10 en cuanto a la naturaleza del primer recinto 7, que pue-
de realizarse de cualquier manera apropiada, no debiendo
soportar este primer recinto más que la sobrepresión de-
bida a la pérdida de carga de los conductos de burbujeo,
así como en el instante inicial, la sobrepresión instan-
15 tánea y rápida debida a la inercia de la columna de agua
contenida en estos conductos.

20 La presente solicitud que corresponde a la
presentada en Francia, el 12 de Diciembre de 1973, bajo
el nº EN 73 44391 y EN 73 44392, se acoge a los benefi-
cios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propie-
dad Industrial.



REIVINDICACIONES

5 Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España. por VEINTE años. son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

10 1ª.- Dispositivo para limitar las sobrepre-
siones accidentales en una estructura de confinamiento de un reactor nuclear de agua a presión, comprendiendo esta estructura un primer recinto de paredes delgadas que contiene el reactor y un circuito de agua de refrigeración del núcleo de este reactor, estando rodeado es-
15 te primer recinto por un segundo recinto resistente de paredes gruesas, hallándose el espacio intermedio delimitado entre estos recintos, parcialmente lleno por un volumen líquido de agua sobre el que se encuentra un co-
jín de aire, realizándose la comunicación entre los re-
20 cintos por conductos de burbujeo que desembocan en un ex-
tremo en la pared del primer recinto sobre el nivel del volumen líquido de agua en el espacio intermedio, y se sumergen en el otro extremo bajo este nivel líquido, ca-
25 racterizado porque cada conducto comprende un tabicado interno que se extiende paralelamente al eje del conduc-

26.12.74



to y asegura la separación del caudal de vapor en este conducto, fraccionando las burbujas producidas en el vo lumen de agua.

5 2ª.- Dispositivo según la reivindicación 1ª, caracterizado porque los extremos de los conductos de burbujeo sumergidos bajo el nivel del volumen líquido de agua en el espacio intermedio se hallan escalnados con alturas de inmersión variables de uno a otro conduc to.

10 3ª.- Dispositivo según la reivindicación 1ª, caracterizado porque el tabicado de cada conducto se extiende en una profundidad de inmersión superior a la del conducto mismo.

15 4ª.- Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1ª ó 3ª, caracterizado porque el tabicado de cada conducto, delimita una pluralidad de canales paralelos, distribuidos en la sección del conduc to, disminuyendo la profundidad de inmersión del ex tremo de estos canales desde el centro hacia la perife ria de esta sección.

20

25 5ª.- Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 4ª, caracterizado porque el tabicado de cada conducto es realizado por medio de pla cas planas que se extienden según dos direcciones per pendiculares, delimitando entre sí canales de sección


26.12.74

31 DIO 1974 

cuadrada o rectangular.


5 6^a.- Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1^a a 4^a, caracterizado porque el tabicado comprende placas planas dispuestas radialmente en cada conducto, y manguitos tubulares de diámetro creciente, dispuestos coaxialmente en el interior del conducto.

10 7^a.- Dispositivo según la reivindicación 1^a, caracterizado porque algunos de los conductos de burbujeo llevan, en su extremo sumergido en el volumen de agua, una boquilla de inyección que coopera con trompas de circulación, de convergente-divergente.

15 8^a.- Dispositivo según la reivindicación 1^a, caracterizado porque el primer recinto está rodeado en el espacio intermedio y bajo el nivel del volumen de agua, por al menos un pequeño cajón delimitado por una pared lateral, estando abierto cada pequeño cajón en su parte superior y comunicando con el volumen de agua por orificios perforados en su pared lateral, estando la zona interna de este cajón unida al primer recinto por, al menos, un conducto de burbujeo adicional, sumergido en una altura muy pequeña en el volumen de agua.

20 9^a.- Dispositivo según la reivindicación 8^a, caracterizado porque cada pequeño cajón lleva encima una campana que contiene un serpentín refrigerante,

25


26.12.74

31 DIC 1974

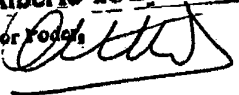
que condensa los vapores sobre el nivel del volumen de agua en este cajón.

5 10ª.- Dispositivo para limitar las sobrepresiones accidentales en una estructura de confinamiento de un reactor nuclear de agua a presión.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

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

Madrid, 31 DIC. 1974
P.A.

Alberto de Elzaburu
Por Poderes




26.12.74
CCC

31 DIC. 1974

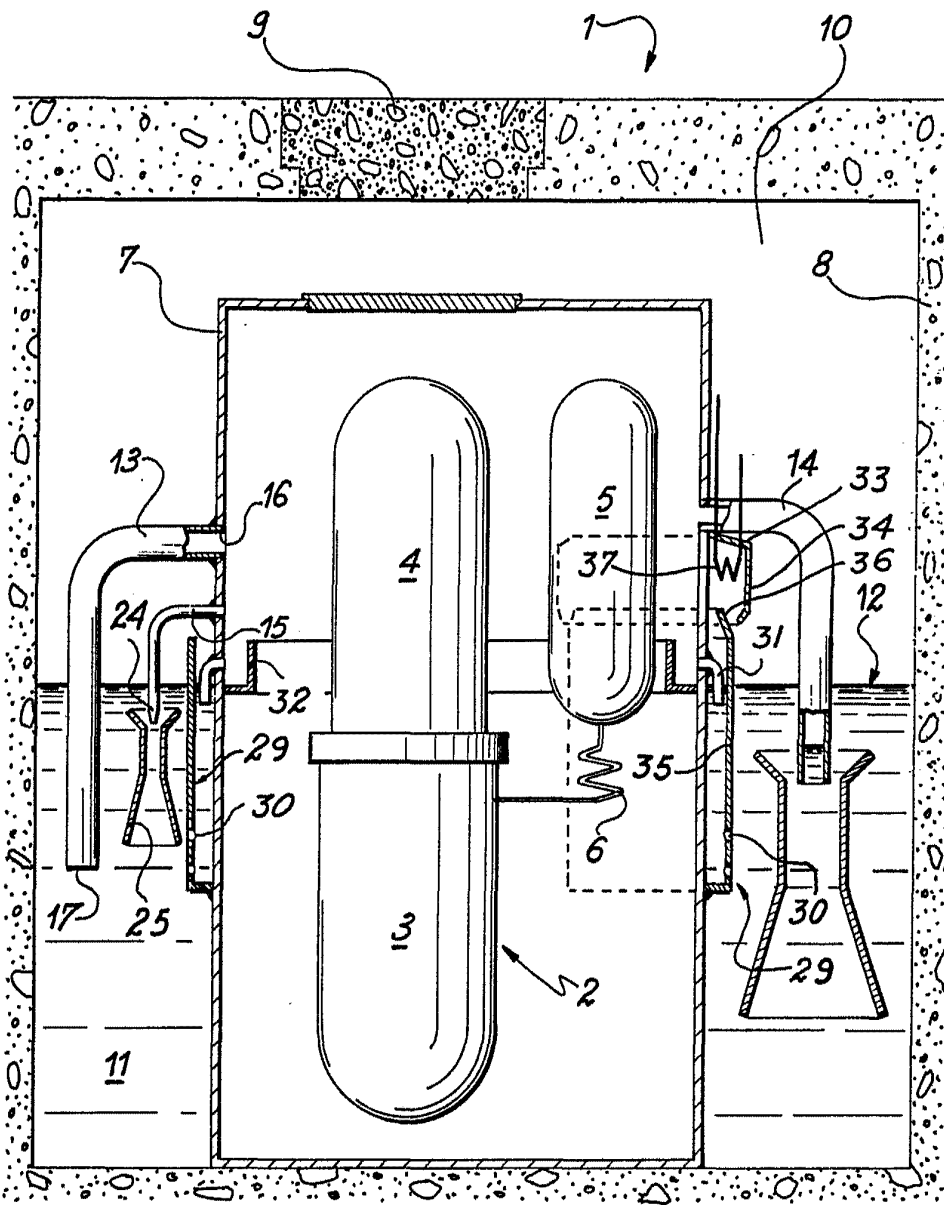


FIG. 1

Alberto de Elzaburu
Per *Alu*

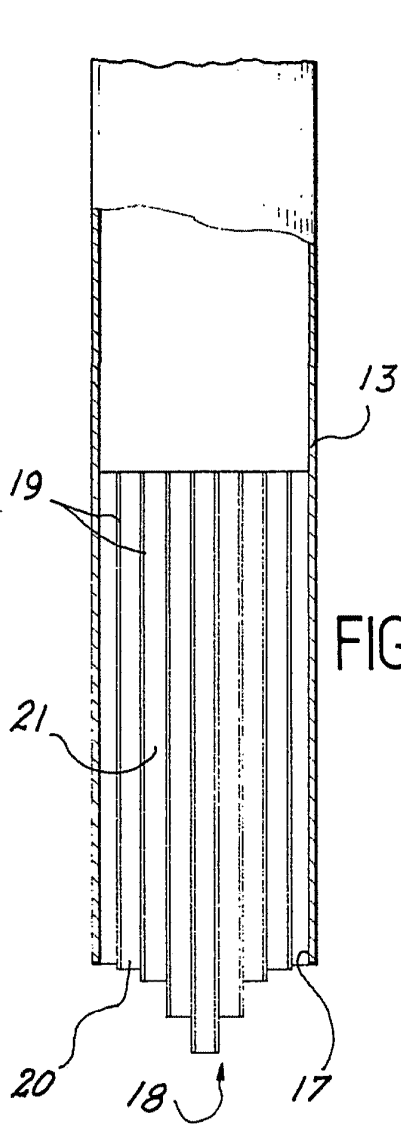


FIG. 2a

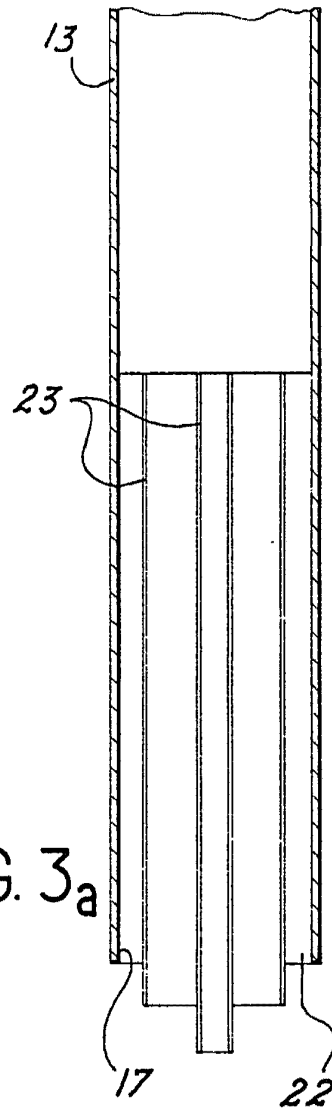


FIG. 3a

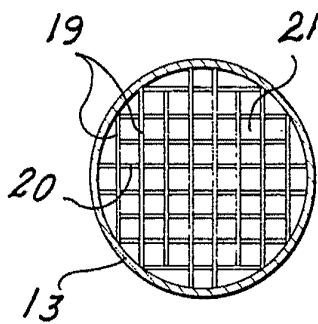


FIG. 2b

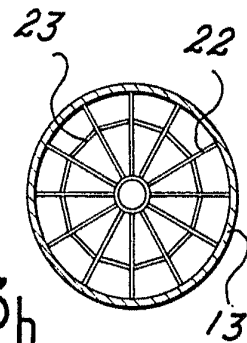


FIG. 3b

Alberto de Elizaburu
Per. For. *[Signature]*

31 DIC

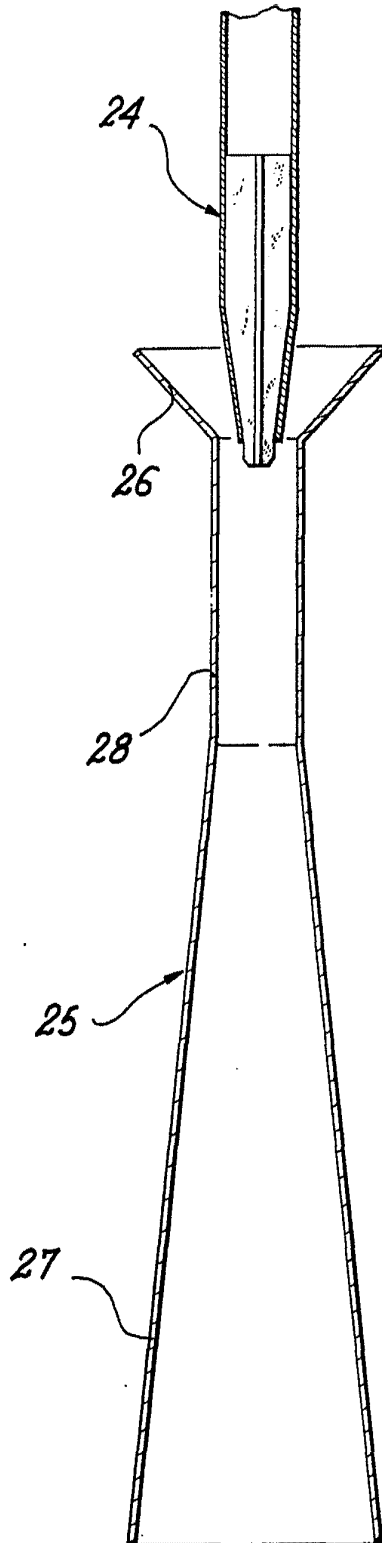


FIG. 4

Alberto de Elizaburu
Port. Edif.