



306050

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se acompaña a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

por VEINTE años en España, por "UN REACTOR NU

CLEAR"

a favor de

THE BABCOCK & WILCOX COMPANY,

domiciliado en 161 East 42nd Street, New York 17

N.Y. ESTADOS UNIDOS.

PRIORIDAD: de la solicitud de patente estado-
unidense nº 324.008 del 15 de no-
viembre de 1.963.

INVENTORES: Donald Carroll Schluderberg y Gor-
don Robert Winders, de nacionali-
dad estadounidense.

306050



El presente invento se refiere en general a un reactor nuclear de generación rápida operable con un fluido moderador enfriador de fase sencilla, o con una mezcla de tales fluidos, capaz de experimentar un considerable cambio de densidad con un cambio en el contenido de calor para controlar variablemen
5 te la reacción en cadena y, más particularmente, a una disposi
ción de reactor capaz de operación por dicho método de control.

El presente invento descubre una disposición particular de reactor operable por el método descubierto en la Patente es
10 pañola nº 296.911, en el que un reactor nuclear del tipo de
generación rápida es variablemente moderado y controlado para
regular la reacción en cadena utilizando un vapor que contie
ne hidrógeno a alta presión y elevada temperatura, tal como -
un vapor supercrítico.

15 Tal como se observó en la antes indicada solicitud de
patente, se ha considerado impráctico operar los reactores rá
pidos del arte precedente utilizando cualquier refrigerante que
no sea un metal líquido. Como consecuencia, se han impuesto -
al diseñador de reactores varias exigencias relativas al dise
20 ño y a la disposición del reactor. En muchos casos, tales exi
gencias han consistido en la forma de las limitaciones neces
arias para la utilización segura y satisfactoria de un metal -
líquido refrigerante, y que han dado como resultado disposicio
nes que introducen complicaciones de diseño, de fabricación y
25 de conservación de los reactores, en tanto que al mismo tiempo
aumentan su complejidad y su coste. Por ejemplo, se reconoce -
que existe la inminente probabilidad de una violenta reacción
química si el metal líquido refrigerante entrase en contacto
bien con el agua o con el aire, de ello las grandes precaucio
30 nes que deben adoptarse para asegurarse de que se mantendrá la

306050



Integridad del sistema refrigerante. Además, debido a la probabilidad de que los componentes del reactor retengan una película superficial del metal líquido refrigerante, debe ponerse -
5 cuidado en que, incluso después de la retirada de los componentes del sistema, tales componentes no entren en contacto ni con el agua ni con el aire. Así, a la retirada del sistema de tales componentes, y especialmente si se gastan elementos combustibles, debe estar provisto de un sistema refrigerante que utilice un gas inerte como medio refrigerador. Esto aumenta la
10 complejidad y el coste de la planta reactiva y complica la manipulación y tratamiento de los indicados componentes.

Otro inconveniente de las disposiciones de los reactores de generación rápida del arte precedente, ha sido la necesidad de que en caso de un accidente grave que produzca una
15 pérdida de refrigerante del sistema, el núcleo del reactor debe permanecer todavía sumergido en el refrigerante del reactor para facilitar debidamente el enfriamiento del calor de desintegración. Esto ha dado por resultado disposiciones de reactores sin penetraciones de la vasija a presión bajo la parte superior del núcleo a fin de que, salvo el fallo de la misma vasija a presión, un fallo en el sistema del reactor no drenaría
20 el refrigerante de alrededor del núcleo. Como consecuencia, la parte superior del reactor se ha hecho muy complicada por la situación de entradas y salidas para el refrigerante y para los componentes del sistema de control en dicha zona, haciendo
25 extremadamente difícil la accesibilidad de los elementos del combustible para la reparación, redistribución o reemplazamiento de los mismos. Tal dificultad impone una desventaja especialmente grave en los reactores de rendimientos muy elevados, es
30 decir, en la gama de los 1.000MW como actualmente se proyectan.



306050

Con plantas de tan alta capacidad el tiempo dilatado que se emplea para la manipulación agrava seriamente todo el aspecto económico del sistema y las más difícil y complicada retirada o sustitución de los elementos del combustible hará mayores los costes de operación y de mantenimiento.

Otra característica adversa de los reactores de generación refrigerados con metal líquido, que ha complicado las disposiciones conocidas de los reactores, ha sido la necesidad de que el núcleo del reactor se disponga para la circulación ascendente del refrigerante a través de los elementos del combustible a fin de utilizar eficazmente la acción termosifónica del fluido refrigerante calentado para ayudar a la circulación del refrigerante a través del núcleo. En reactores muy grandes, con una elevada razón de flujo por el núcleo del reactor, el refrigerante ascendente ha producido fuerzas que tienden a alzar los elementos del combustible fuera de la plancha de soporte del núcleo. En vista de que cualquiera de dichos movimientos de los elementos del combustible dentro del núcleo puede ser peligroso, si nó desastroso, ha de ponerse extrema precaución para asegurarse de que los elementos del combustible permanecen debidamente posicionados en el soporte del núcleo. Aunque aparatos de sujeción que actúan desde lo alto del núcleo facilitaron la necesaria estabilidad de los elementos del combustible, fácilmente se reconoció la conveniencia de eliminar tal complicación.

La disposición del reactor de éste invento utiliza un fluido enfriador de una sola fase, tal como vapor supercrítico a presión, con lo que se evitan muchas de las desventajas citadas para las actuales disposiciones de reactores de generación rápida. En primer lugar, según se estableció en la ante

306050



riormente mencionada solicitud de patente, el uso de vapor -
supercrítico como enfriador fluido permite una amplia gama de
control mediante la variación de la densidad del vapor en el
núcleo del reactor, simplificándose así y reduciéndose al míni-
5 mo la necesidad de otros tipos de control. En segundo lugar,
dado el hecho de que no existe reacción química adversa cuando
el vapor supercrítico entra en contacto con el agua o con el
aire, el enfriamiento del calor de desintegración de los com-
ponentes del reactor, al ser retirados del mismo, puede efec-
10 tuarse muy sencillamente utilizando agua ordinariamente como
medio refrigerante. En tercer lugar como un reactor que utili-
ce vapor supercrítico siempre requerirá la circulación forzada
del refrigerante a través del núcleo del reactor para faci-
litar la eliminación del calor de desintegración, carecerán -
15 de importancia los peligros que se refieren a la pérdida del
refrigerante en las conexiones de la parte baja de la vasija,
haciendo posible el uso de conexiones para el fluido a través
de la parte inferior de la vasija a presión del reactor. Des-
de luego, esto simplifica la parte superior de la vasija a pre-
20 sión haciendo posible una accesibilidad relativamente fácil -
al núcleo para los trabajos corrientes de conservación y para
la sustitución de los elementos del combustible. En cuarto lu-
gar, puesto que el caudal de convección del vapor supercríti-
co calentado, que actúa casi como un gas perfecto es una par-
25 te tan pequeña del caudal impuesto del flujo del refrigerante
no existe necesidad de que el flujo del refrigerante sea ascen-
dente a través del núcleo, Utilizando como refrigerante vapor
supercrítico de flujo forzado, éste puede ser descendente a -
través del núcleo de forma que no existirán fuerzas que actúen
30 sobre los elementos del combustible que tendiesen a elevar a

- 6 -
306050

14 NOV



tales componentes de una placa de soporte inferior. Como cosa de hecho, todas las fuerzas que actúan sobre los elementos del combustible, incluyendo la gravedad y las fuerzas originadas por el refrigerante que fluye, tenderán a mantener a los elementos del combustible adecuadamente posicionados.

En consecuencia, éste invento facilita un reactor nuclear que comprende una vasija a presión con una pluralidad de elementos para el combustible dispuestos como un núcleo para aguantar una reacción en cadena del tipo de fisión y con un grado operante de energía espectral neutrónica sustancialmente superior al grado neutrónico térmico, una pluralidad de elementos que contienen un material nuclear capaz de transformarse en sustancia fisionable dispuesto para formar una capa generadora alrededor del núcleo, y medios que facilitan el paso ascendente de un fluido refrigerante a través de los elementos de revestimiento que rodean lateralmente al núcleo y después en sentido descendente a través de los elementos del núcleo.

Además, éste invento facilita un reactor en el que el fluido refrigerante es un fluido de una sola fase que lleva hidrógeno-isótopos capaz de un cambio sustancial de densidad con un cambio en el contenido calorífico y, específicamente, un vapor supercrítico que contiene H₂O o D₂O o una combinación de ambos, con lo que puede controlarse la reacción en cadena variando la densidad del fluido o la composición del mismo en el núcleo.

El reactor del presente invento facilita una estructura de rejilla de soporte en la parte inferior de la vasija a presión, dividiéndose el soporte en por lo menos dos partes concéntricas con la parte interior construida y dispuesta para



306050

soportar los elementos que forman el núcleo y la parte exterior dispuesta para soportar los elementos del revestimiento que rodea lateralmente al núcleo, Las varias partes de la rejilla de soporte están dispuestas además para ser soportadas independientemente por el fondo inferior de la vasija a presión del reactor de forma que facilite adecuadamente una expansión diferencial entre las partes de soporte del núcleo y del revestimiento.

Adicionalmente, la presente disposición incluye una entrada para el fluido refrigerante que se extiende a través del fondo inferior de la vasija a presión del reactor para introducir el fluido refrigerante en el extremo inferior de los elementos de revestimiento que rodean lateralmente al núcleo y una salida para el refrigerante que se extiende a través del fondo inferior de la vasija del reactor y que comunica con los extremos inferiores de los elementos del núcleo para facilitar un paso de circulación para la descarga del fluido refrigerante del reactor.

Además, la presente disposición facilita una parte de soporte del núcleo con una placa superior y una placa inferior con un espacio de circulación entre las mismas, en que el espacio de circulación está dividido en una pluralidad de zonas de circulación concéntricas, disponiendo la placa inferior de una multiplicidad de orificios para el paso del refrigerante desde los elementos del combustible a la salida del refrigerante y una pluralidad de tuberías de control del flujo que se extienden desde la zona de circulación a través de la vasija a presión para regular el flujo del refrigerante a través de los elementos del combustible que corresponden a las zonas de la plancha de rejilla.



396050

La estructura de este invento facilita además una disposición por la que el fondo superior de la vasija a presión puede estar totalmente soldada a la vasija a presión para proporcionar una estructura de una pieza.

5 Las diversas peculiaridades que caracterizan al invento se exponen particularmente en las adjuntas reivindicaciones y que forman parte de ésta memoria descriptiva. Para una mejor comprensión del invento, de sus ventajas operativas y de los objetos específicos alcanzados mediante su uso, debe hacerse referencia a los adjuntos dibujos y a la descripción en
10 que se ilustra y describe una realización preferida del invento.

En los dibujos:

15 La figura 1 ilustra una sección vertical de una realización del reactor del presente invento.

La figura 2 ilustra una sección compuesta transversal y horizontal del reactor tomada a lo largo de la línea 2-2 de la figura 1.

20 La figura 3 muestra una modificación del reactor ilustrado en la figura 1.

Con referencia ahora a la figura 1, se ilustra la disposición específica de un reactor generador (10) refrigerado por vapor y operable según se indicaba en la antes mencionada patente. El reactor (10) del presente invento comprende una
25 vasija a presión (12) cilíndrica y verticalmente alargada, cerrada en su extremo inferior mediante un fondo inferior hemisférico (14) enterizo y que termina en un extremo superior --abierto ceñido por una brida de cierre (16). Un cierre superior desmontable (18) con una brida (20) dispuesta para acoplamiento con la brida 16, se mantiene en una relación hermética
30

306050



5 a los fluidos con el extremo abierto de la vasija a presión (12) mediante una pluralidad de espárragos empernados (22) circunferencialmente dispuestos. El fondo inferior (14) está provisto de una pluralidad de toberas de entrada (24) circunferencialmente espaciadas y de una tobera impelente (26) centralmente dispuesta. Una cámara impelente de salida (28), conectada al extremo inferior de una extensión de salida (30) cilíndrica y alargada, está conectada a la tobera impelente (26) a través de una junta de brida (32). La cámara impelente de salida (28) está provista de una pluralidad de toberas de salida (34) circunferencialmente espaciadas que se extienden horizontalmente desde dicha cámara, una pluralidad de toberas (36) para control del flujo, y líneas actuadoras (38) de la varilla de seguridad, que después se describirá con más detalle.

15 Una rejilla de soporte en la parte inferior de la vasija a presión (12) soporta a los elementos del combustible - (40) del núcleo y a los de revestimiento (42), dispuestos para formar el núcleo (44) y el revestimiento (46) del reactor. Los elementos del combustible disponense, según es bien conocido en el arte como un núcleo capaz de aguantar una reacción en cadena del tipo de fisión autosostenida y con un nivel operador de la energía espectral neutrónica superior al nivel de neutrones lentos. La rejilla de soporte está dividida en dos secciones concéntricas independientemente soportadas. El soporte del núcleo central está formado por una placa de rejilla exagonal (48) conectada y montada sobre un miembro de faldon (50) que se extiende hacia abajo desde la rejilla (48) y que por su parte inferior está soportado por el fondo inferior (14) de la vasija a presión. Conectado al interior de la parte



306050

5

10

15

20

25

30

inferior del miembro de faldón (50) existe un miembro de transición del flujo (52) que dirige el flujo del fluido desde el miembro de faldón a la tobera impelente centralmente posicionada (26). Aunque no se muestra, dicho miembro de transición puede extenderse al interior de la cámara de salida (28), si se desea, para formar una defensa térmica junto a las paredes de la tobera impelente (26), de la junta de brida (32) y de la extensión de salida (30), para reducir al mínimo el choque térmico dentro de tales componentes. Una rejilla (54) de soporte del revestimiento se extiende concéntricamente alrededor de la placa de rejilla (48) del núcleo y está soportado por un miembro de faldón (56) concéntrico con el miembro de faldón 50, y que se extiende verticalmente hacia abajo desde la rejilla 54 para descansar por su parte inferior sobre el fondo inferior (14) de la vasija a presión. Si es necesario, pueden disponerse radialmente una pluralidad de varillas de soporte (58) alrededor del faldón de soporte (56) para ayudar a soportar la rejilla (54) para soporte del revestimiento. Un miembro (60) sustancialmente cilíndrico para depósito del núcleo se extiende en sentido ascendente desde la periferia de la rejilla (54) de soporte del revestimiento hasta la parte superior de la vasija a presión (12). Pueden facilitarse una pluralidad de aberturas (62) en la parte superior del miembro de depósito del núcleo (60) para permitir el flujo del fluido a través del mismo, como más ampliamente se describirá después.

Dispuesta alrededor de la periferia del núcleo y soportada en su extremidad inferior en la parte inferior de la vasija a presión mediante una placa anular de soporte (64) - existe una pluralidad de defensas térmicas (66) espaciadas y



306050

5 concéntricas. Tales defensas o escudos están colocados de forma que reducen al mínimo los daños por radiación y el calentamiento térmico de la pared de la vasija a presión por el flujo de neutrones y la radiación gamma que se propagan desde el núcleo del reactor. Los espacios entre las defensas (66) facilitan un paso por el que puede fluir una parte del fluido refrigerante para mantener a las defensas y a la vasija a presión (12) a la temperatura uniforme que se desee. El fondo de cierre superior (18) de la vasija a presión está provisto de un forro interior (68) espaciado, que generalmente sigue el contorno interior del fondo de cierre y posicionado en alineación con el depósito del núcleo (60). El espacio libre entre el forro y el fondo de cierre permite fluir a una parte del fluido refrigerante para mantener al fondo de cierre a la temperatura deseada.

10

15

Extendiéndose a través de la parte central del fondo de cierre existe una tobera (69) a cuyo través se extiende un mecanismo accionador (70) de la varilla reguladora (71) (figura 2), dispuesta centralmente del núcleo del reactor. También existe en el fondo superior de cierre una tobera (72) de reabastecimiento. Esta tobera está normalmente cerrada por un tapón (74) que puede quitarse a la parada del reactor, para la inserción del aparato manipulador de elementos en relación con la conservación, reparación o sustitución de los diversos elementos en el núcleo del reactor, eliminando la necesidad de desmontar todo el fondo superior de cierre (18).

20

25

La placa de rejilla exagonal (48) para soporte del núcleo está provista de una placa secundaria (76) dispuesta en alineación por debajo de aquella, formando entre ambas un espacio (78) para el flujo. Este espacio de flujo está dividido -

30

306050



5 en zonas independientes de flujo mediante una pluralidad de rejillas exagonales espaciadas (80) concéntricas con la placa de rejilla (48) de soporte del núcleo. La figura 2 muestra - cinco de dichas zonas concéntricas en el área del núcleo del reactor. Cada una de las zonas de flujo está provista de orificios de salida (82) que se extienden a través de la placa secundaria (76) y que son proporcionados de forma que permitan el paso de una mayor parte del flujo refrigerante. Las zonas de flujo están provistas también de una pluralidad de tubos de control del flujo (84) que se extienden desde la placa inferior (76) a través de la parte más baja de la cámara de salida (28) y de aquí a través de las toberas de control del flujo (36). La operación de dichos tubos de control del flujo se describirá mejor más adelante.

15 En la parte inferior de la vasija a presión se disponen también una pluralidad de actuadores (86) de varillas de seguridad, conectados al extremo inferior de dichas varillas de seguridad (88), de tipo bien conocido en el arte, que se extienden en sentido ascendente a través de los elementos de combustible seleccionados del núcleo. Los actuadores de las varillas de seguridad están conectados a través de un alojamiento (90) que se extiende a través de la parte más exterior de la cámara de salida (28) hasta las líneas actuadoras (38) de las varillas de seguridad.

25 Debe observarse que la figura 2 es una sección transversal del reactor del presente invento, tomada a lo largo de la línea 2-2 de la figura 1. Esta línea corta transversalmente una parte de los conjuntos de elementos del revestimiento y del combustible y a lo largo después de la parte superior de las placas de soporte del revestimiento y del núcleo y des

30

306050



pués a través del espacio entre la placa de soporte del núcleo (48) y la placa secundaria (76).

5 Los elementos del combustible y del revestimiento (40 y 42 respectivamente) utilizados en éste reactor preferi-
blemente son del tipo de pasador alargado verticalmente y en-
cerrados en un recipiente exagonal, según se ilustra en una
parte en sección de la figura 2. El elemento central de combus-
tible del núcleo está dispuesto con un paso para acomodar una
varilla reguladora de control (71) inserta o extraída del reac-
tor para facilitar el ajuste preciso de la reactividad. Los
10 elementos seleccionados del combustible en el núcleo están -
también provistos de un paso para acomodar las varillas de se-
guridad (88) que se utilizan solamente para el paro del reac-
tor. Durante la operación normal, dichas varillas de seguri-
15 dad están completamente retiradas del núcleo. Los elementos
de combustible están equipados, en sus extremos inferiores, -
con adaptadores circulares de extremidad (92) montados en aber-
turas circulares (94) en la placa de rejilla (48) de soporte
del núcleo. Los elementos de revestimiento (42) están similar-
20 mente equipados, montándose en éste caso los adaptadores de
extremo en aberturas circulares en la placa de rejilla (54)
de soporte del revestimiento.

25 Los elementos del combustible que comprende el núcleo
del presente invento, contienen un material combustible tal co-
mo U-203, Pu-239, U-233, o alguna mezcla de ellos capaz de re-
sistir la fisión bajo la influencia de neutrones rápidos. Los
elementos del combustible pueden también contener un combusti-
ble y un material fértil con la posibilidad de una adicional
concentración inicial de material fisiónable tal como en el
30 uranio agotado o natural. Según el revestimiento es sometido

306250



a la irradiación de neutrones resultante de la reacción en ca-
dena mantenida dentro del volúmen del núcleo durante la opera-
ción del reactor, el material fértil se convierte en material
fisionable, una parte del cual contribuirá beneficiosamente
5 a la reacción en cadena durante la operación del reactor, mien-
tras que el resto puede recuperarse después de la retirada
de los elementos del revestimiento del reactor. Aproximadamen-
te 18 pulgadas (45 cm) de la parte alta y de la parte baja
de los elementos que fo_rman el núcleo están rellenos con el
10 mismo material con que lo están los elementos del revestimien-
to, mejor que con material combustible, formándose así un re-
vestimiento superior e inferior para el núcleo.

La operación del presente reactor es sustancialmen-
te como se describe en la antes mencionada patente. En parti-
15 cular, el fluido refrigerante y moderador que, por ejemplo,
puede ser vapor, se introduce en el reactor a través de las
toberas de entrada (24). Este vapor es circulado a través del
reactor hasta que éste alcanza la temperatura de operación,
las varillas de seguridad se retiran una por una por un proce-
20 dimiento seguro que comprende la operación de la varilla regu-
ladora mientras que la densidad del vapor es suficientemente
baja para que no se obtenga la criticidad hasta que se hayan
retirado todas las varillas de seguridad y subsiguientemente
se haya elevado la densidad del refrigerante moderador. Para
25 alcanzar la criticidad se aumentan lentamente la presión y la
densidad del vapor refrigerante. El ajuste final de la presión
y de la temperatura del vapor para corresponder a las condicio-
nes deseadas de operación, se realiza mediante la variación -
de la relación D_2O/H_2O en el refrigerante y mediante el posi-
30 cionado de la varilla reguladora. Durante toda la vida del -

306050¹⁴ NO



reactor, la reactividad es controlada bien mediante la variación de la densidad del vapor refrigerante moderador que fluye dentro del reactor, mediante una variación en la composición del fluido refrigerante, es decir, la variación de la relación H_2O/D_2O y, o mediante el ajuste de la varilla reguladora (71) para compensar el rendimiento del combustible, la acumulación de material reductor de la reactividad de los productos de la fisión y, o la variación en las necesidades de potencia del reactor. El reactor puede ser parado insertando las varillas de seguridad, o reduciendo la densidad del fluido refrigerante moderador hasta el punto en que ya no sea posible sostener la reacción en cadena.

El fluido refrigerante moderador del reactor se introduce a través de las toberas de entrada (24) en el espacio anular de flujo (96) formado entre la pared de la vasija a presión y el faldón soporte (56). Aproximadamente una cuarta parte del refrigerante pasa entonces ascendiendo a través de la placa (54) de soporte del revestimiento y desde allí a través de los elementos (42) del revestimiento hasta la cámara impelente superior (98) según se indica en general por las flechas de la figura 1. Las restantes tres cuartas partes del refrigerante introducido a través de las toberas de entrada asciende a través de los espacios entre las defensas térmicas (66) espaciadas hacia fuera del miembro de depósito (60) del núcleo hasta la parte superior de la vasija a presión del reactor, donde también penetra en la cámara impelente superior (98) a través de las aberturas (62) existentes en el miembro de depósito del núcleo. El miembro de depósito del núcleo impide la difusión del refrigerante a través de los elementos del revestimiento y del núcleo según asciende a través de las defen-



306050

5 sas térmicas. Una parte muy pequeña de ésta última parte del fluido refrigerante circula también en el espacio entre el fondo de cierre superior (18) y el forro superior (68) para mantener la temperatura del fondo de cierre en el valor deseado. Las dos partes del refrigerante que descargan desde las defensas térmicas y de los elementos del revestimiento se mezclan en la cámara impelente superior (98) y después fluyen hacia abajo a través de los elementos del combustible (40) del núcleo, absorbiendo el calor de los elementos a su paso por los mismos. Después fluye a través de la placa de rejilla (48) de soporte del núcleo hasta cámara impelente de salida (28) y sale a través de las toberas de salida (34) hasta un punto de utilización, que no se muestra.

15 Según se observó anteriormente, las zonas de flujo concéntricamente dispuestas para acomodar el flujo del refrigerante, están provistas de la placa secundaria (76) y las cooperantes rejillas exagonales (80) espaciadas y dispuestas por debajo de la placa de soporte (48) del núcleo. La mayor parte del refrigerante pasa a través de los orificios de salida (82) para descargar directamente en la cámara de salida (28). Sin embargo, una parte del flujo del refrigerante es pasado a través de los tubos de control (84) del flujo conectados a cada zona de flujo. Estos tubos de control del flujo están dotados de válvulas al exterior del reactor para permitir la regulación del flujo a través de cada tubo. La regulación del flujo a través de los tubos de control varía la caída de la presión a través de los orificios (82) y con ello regula el flujo a través de los elementos del combustible. Por lo tanto, es posible controlar la temperatura de salida del refrigerante en cada zona de flujo. Esto proporciona un medio para reducir la tempe

20

25

30

306050



5 ratura de salida del refrigerante que sale de las zonas exteriores del núcleo para compensar los más excesivos desniveles de potencia radial en aquellas situaciones y sus perjudiciales efectos sobre la temperatura del blindaje del combustible para ajustar las razones de flujo a los cambios en la distribución y desniveles de la potencia radial durante su duración y el ajuste por diferencias entre los perfiles calculado y real de la potencia radial al iniciarse la vida del núcleo.

10 La utilización de los anteriores tubos de control del flujo, asegura el control de la temperatura del refrigerante que sale de las zonas de flujo. Tal resultado no ha sido hasta ahora fácilmente obtenido, a causa de la dificultad de relacionar la variación en la generación térmica en las
15 varias zonas del núcleo con la regulación de las razones del flujo refrigerante a través de las diversas zonas del reactor. Además, el uso de ésta disposición de control simplifica la disposición interior del reactor eliminando los orificios variables en el núcleo del reactor que se utilizaban en el arte anterior para controlar el flujo. También se observará que ésta
20 disposición de control del flujo es a prueba de fallos, pues solo una pequeña cantidad del refrigerante del núcleo fluye por el tubo de control de forma que ningún daño grave se producirá en el núcleo del reactor si se produce algún fallo en la respuesta de las válvulas de los tubos de control.

25 Con el uso del fluido refrigerante moderador de densidad variable, si alguna perturbación en el reactor produjese el aumento de la reactividad de una cierta parte del núcleo, también aumentaría la temperatura del refrigerante moderador de aquella parte del núcleo, con una consiguiente disminución
30 en la densidad del refrigerante, en la moderación de los neu-



306050

trones y en la reactividad, con lo que se reduce la potencia por unidad de volúmen del núcleo en aquella zona. Adicionalmente, a causa de la temperatura relativamente baja del refrigerante moderador que penetra en el núcleo será mayor la densidad en la parte alta del núcleo, produciéndose la más elevada moderación de los neutrones, desplazándose ventajosamente la curva de la reducción de la potencia por unidad de volúmen del núcleo hacia la parte superior o extremo de entrada. Además, como la temperatura diferencial existente entre los elementos del combustible y el fluido refrigerante moderador en el extremo de entrada es así aumentada, serán posibles razones más elevadas de extracción del calor. Para una explicación y exposición más amplias del método de controlar variablemente un reactor que utiliza un fluido refrigerante moderador de densidad variable, debe hacerse referencia a la antes mencionada patente.

El cuadro I fija los detalles de diseño del reactor del presente invento y, en el caso en que se muestran dos cifras, ellas se aplican respectivamente a un ciclo cerrado de transferencia térmica en el que el calor del fluido refrigerante moderador del reactor es transferido a un fluido secundario portador de calor para su utilización en una turbina de vapor y el fluido refrigerante moderador del reactor es circulado dentro de un sistema cerrado, y un ciclo abierto de transferencia térmica en que el fluido refrigerante moderador del reactor es utilizado directamente en una turbina de vapor.

CUADRO I

Potencia del reactor	2.326 MW calor.
Rendimiento neto de la estación	1000/1040 MW(e) ($\eta = 43\%/44,8\%$)
Presión en la garganta de la turbina	2400/3400 psia. ($168/239\text{kg/cm}^2$)



306050

	Temperatura en la garganta de la turbina	1000/1050°F (537/565°C)
	Carga de PuO ₂ (inicial)	2.300 kg.
	Carga de PuO ₂ +UO ₂ (inicial)	22.000 kg.
5	Refrigerante del reactor	Vapor
	Temperatura de entrada del refrigerante del reactor	756°F (402°C)
	Presión de entrada del refrigerante del reactor	3.650 psia. (256 kg/cm ²)
	Temperatura de salida del refrigerante del reactor	1050°F (565°C)
10	Presión de salida del refrigerante del reactor	3.475 psia. (244 kg/cm ²)
	Temperatura máxima superficial del blindaje	1.350°F (732°C)
	Caida de presión del refrigerante, en el revestimiento o manto (con derivación parcial del flujo)	20 psi. (1,4 kg/cm ²)
15	En el núcleo	155 psi. (10,8 kg/cm ²)
	Vida del núcleo	480 días
	Irradiación media de combustible	50.000 MWD/T
	Razón generadora inicial	1,14
20	Flujo térmico medio del núcleo	282.386 ₂ Btu/ft ² /hora (996.166 kcal/m ² /hora).
	Potencia volumétrica media del núcleo	352,0 kw/litro
	Potencia volumétrica media de células	389,0 kw/litro
25	Cantidad de pasadores de combustible	79.544
	Cantidad de haces de núcleo	127
	Diámetro interior de la vasisa a presión del reactor	144 in. 3,66 m.
	Diámetro del núcleo	76,0 in. 1,9 m.
30	Altura del núcleo	84,0 in. 2,10 m.

306050



	Espesor del revestimiento (costados)	17,0 in 425 m.m.
	Espesor del revestimiento (partes superior e inferior)	18,0 in. 450 mm.
5	Espaciado de los pasadores del combustible del núcleo (triangular)	0,250 in. 62 mm.
	Diámetro exterior de los pasadores de combustible del núcleo	0,185 in. 46 mm.
	Diámetro interior de los pasadores de combustible del núcleo	0,167, in. 41 mm.
10	Espesor de los pasadores de combustible del núcleo	0,009 in. 5 mm.
	Material de los pasadores de combustible del núcleo, tipo acero inoxidable	19-9 DL/Incoloy
15	Espaciamiento de los pasadores laterales del revestimiento (triangular)	0,554 in. 138 mm.
	Diámetro exterior de los pasadores laterales del revestimiento	0,500 in. 125 mm.
	Espesor de los pasadores laterales del revestimiento	0,017 in. 4 mm.
20	Material de los pasadores del revestimiento	19-9 DL.
	Cantidad de haces del revestimiento	138.

Una realización alternativa del presente invento se ilustra en la figura 3, en la que a los componentes similares a los ilustrados en la figura 1 se determinan con el mismo número de referencia con la adición del prefijo "1". En dicha disposición, la tobera impelente (26 en la figura 1) del fondo inferior de la vasija a presión (114) es sustituida por un miembro cilíndrico (210) que está íntegramente unido al fondo inferior de la vasija a presión y concéntrico con la misma y se extiende hacia abajo para terminar en un fondo inferior (212)

306050



generalmente hemiesférico que forma una cámara de salida (213).
A través de la parte inferior de éste miembro cilíndrico existen toberas de salida (134) y toberas para control del flujo (136).

5

El faldón (156) de soporte del revestimiento o manto en ésta realización descansa sobre el fondo inferior (114) de la vasija a presión con aberturas acanaladas para el flujo (214) a intervalos adecuados a través de la parte más inferior del faldón de soporte. El faldón (150) de soporte del núcleo descansa en la parte más inferior del faldón (156) de soporte del revestimiento o manto y tiene una extensión cilíndrica (216) que sobresale en el interior del miembro cilíndrico (210) para formar un paso de salida para el refrigerante que sale del núcleo del reactor a través de la placa de rejilla (148) de soporte del núcleo. La extensión cilíndrica (216)

10

15

está provista de manguitos de salida (218) que están alineados y se extienden concéntricamente en el interior de las toberas de salida (134). En esta disposición se elimina la necesidad de una extensión cilíndrica alargada (es decir, el número de referencia 30 de la figura 1) para la cámara de salida. El propósito de tal extensión en la realización de la figura 1, es acomodar el desnivel de temperaturas entre la cámara impelente de salida, que es operada a aproximadamente -

20

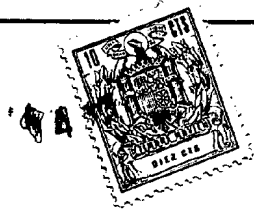
la temperatura de salida del refrigerante del reactor, y el fondo inferior de la vasija a presión, que es operado sustancialmente a la temperatura del refrigerante de entrada. En la disposición alternativa que se ilustra en la figura 3, el desnivel térmico existente entre la cámara de salida (213) y el fondo inferior (114) de la vasija a presión es transferido

25

a las líneas de salida (que no se muestran) que están conec-

30

306050



5

10

15

20

25

30

tadas a las toberas de salida (134). Esto se realiza derivando una pequeña parte del refrigerante de entrada que entra en las toberas (124) en la cámara anular (196) a través de las aberturas acanaladas (24) para el flujo del fondo del faldón de soporte del revestimiento o manto, al interior del espacio anular (220) entre el miembro cilíndrico (210) y la extensión cilíndrica (216). Como éste refrigerante se encuentra a la temperatura de entrada mantiene al miembro cilíndrico (210) sustancialmente a la temperatura de entrada del fluido, aislando lo del fluido a alta temperatura del interior de la extensión cilíndrica (216). Esta porción del fluido refrigerante de entrada fluye entonces al interior del anillo entre las toberas de salida (134) y a los manguitos de salida (218) hasta un punto retirado de la vasija a presión donde puede ser mezclado después con el refrigerante de salida. Como la cantidad de fluido refrigerante de entrada utilizada a tal propósito es muy pequeña, en comparación con el flujo del refrigerante de salida, su efecto sobre la temperatura del refrigerante de salida es insignificante. Con tal disposición, el problema del desnivel térmico es resuelto sin necesidad de un miembro alargado de extensión, facilitando así una menor altura total del reactor.

Cuando se utiliza ésta disposición, el núcleo y la estructura interior es sustancialmente similar a la que se ilustra en la figura 1, con la única excepción de que ahora el miembro de depósito (160) del núcleo no está alineado con el forro interior (168) del fondo superior de cierre (222). El forro interior (168) del fondo de cierre de ésta disposición está alineado con la defensa térmica más exterior (166), funcionando de la misma forma que se describió con la primera realización



306050

expuesta.

En la disposición alternativa que se ilustra en la figura 3, se muestra una principal distinción sobre la indicada en la figura 1, que es la eliminación del fondo de cierre (18) de bridas empernadas. Se ha comprobado que mediante el empleo del aparato manipulador de los elementos internos a través de las toberas del fondo superior de la vasija del reactor, es posible disponer nuevamente o retirar cualquiera de las partes interiores del reactor a través de tales toberas sin retirar el fondo de cierre. Las únicas excepciones son los soportes del revestimiento o manto y de las defensas o escudos térmicos. De esta forma, la presente disposición utiliza un fondo superior de cierre (222) que está íntegramente soldado en 224 a la vasija a presión (112), con lo que se reduce el tamaño total de los componentes requeridos con economías sustanciales en el material y en la fabricación. Esta disposición soldada de cierre es posible tanto por su demostrada practicabilidad por la manipulación de los componentes del fondo, como porque el equipo utilizado normalmente para la puesta en marcha puede adaptarse fácilmente al vapor o al gas de circulación a través de la vasija a temperaturas atenuadas de tensiones. Así, es posible retirar y después colocar nuevamente el fondo superior de la vasija a presión, relajando la tensión de la estructura soldada (224) circulando el fluido refrigerante del reactor o un gas a la temperatura adecuada a través del reactor durante el plazo de tiempo deseado antes de iniciarse la operación productora de la potencia. - Hasta ahora, ésto no ha sido factible debido al hecho de que las temperaturas de operación del refrigerante no eran lo bastante altas para entrar en la gama de temperaturas que se re

5

10

15

20

25

30

306050

- 24 -



quiere para facilitar la relajación de las tensiones residuales producidas durante el proceso de la soldadura, o la refrigeración y el diseño del sistema no hacían práctica la disposición.

5

Esta particular disposición de cierre comprende muchas ventajas sobre el cierre de bridas empernadas de los reactores del anterior arte. Entre tales ventajas figuran un coste inicial mas bajo, pues los pesados miembros embridados, espárragos y pernos, retenes y equipo auxiliar ya no se requieren.

10

Además, se aumenta importantemente la razón a la que el reactor y su vasija pueden ponerse con seguridad a un rendimiento de potencia abundante muy incrementado pues no existen miembros pesados de bridas empernadas cuya temperatura siempre ha tendido a amortiguarse tras la del resto de la vasija a presión. También se reduce grandemente la conservación del cierre de la vasija a presión, pues no existen espárragos ni pernos ni retenes que reacondicionar después de cada retirada del fondo de cierre.

15

20

Además, la vasija a presión entera puede ser uniformemente relajada de esfuerzos en su lugar, mediante el procedimiento de relajación antes indicado que proporciona la ventaja adicional de que, después de un largo periodo de operación la vasija completa del reactor puede ser relajada de esfuerzos eliminando la parte mayor del esfuerzo acumulado por la irradiación de neutrones.

25

30

En el presente invento, cuando se utiliza vapor supercrítico tanto como moderador como refrigerante es posible y práctico situar las entradas y salidas del refrigerante en la parte inferior de la vasija a presión; pues las características anormalmente favorables del transporte de calor del vapor

306050



5 supercrítico son tales que la masa de flujo del fluido, para un determinado rendimiento de potencia, así como las necesidades de tuberías de suministro y de descarga, pueden fácilmente proporcionarse en un fondo único de la vasija del reactor, y/o en la pared contigua de la vasija. Además, con este sistema de circulación forzada del refrigerante moderador, es posible situar las conexiones de entrada y de salida del refrigerante en la parte baja de la vasija del reactor, pues no es aplicable la necesidad de prevenir el drenaje del refrigerante desde el núcleo en caso de un accidente, como ocurre en los reactores refrigerados por líquidos.

10 Como previamente se observó, en los generadores de generación rápida del arte anterior, el coeficiente de reactividad tanto de la temperatura del combustible como de la densidad del refrigerante, ha sido tan pequeño que la reactividad del reactor podría modificarse seriamente mediante pequeños cambios en la configuración del núcleo. Tales cambios pueden resultar de ligeros movimiento de los elementos del combustible debidos a la expansión térmica diferencial o por el desplazamiento de los elementos del combustible a causa de fuerzas inducidas por el flujo del refrigerante a través de dichos elementos. Como consecuencia, en las disposiciones del arte anterior se han requerido complicados y costosos aparatos de soporte y sujeción. Sin embargo, en el presente invento, utilizando vapor ó algún otro refrigerante portador de hidrógeno, los coeficientes de la reactividad más aproximados alcanzan a aquellos de los reactores térmicos actuales de forma que los cambios moderados en la configuración del núcleo no afectarán seriamente a la reactividad total del mismo. Esto proporciona disposiciones interiores del núcleo más sencillas y



306050

económico, en combinación con el flujo descendente del refrigerante a través del núcleo, simplifica las disposiciones de fijación y alineación del núcleo.

5 Una ventaja adicional de ésta disposición es que comprendiendo la amplia cámara impelente superior (98 o 198) en el reactor, se dispone de suficiente espacio de acceso para permitir fácilmente el reabastecimiento de combustible del reactor a través del fondo superior de cierre, reduciéndose así el tiempo de parada que se requiere para tal reabastecimiento con la consiguiente mejora en las condiciones económicas de la -
10 planta. Se reconocerá que esta misma característica de acceso se presta igualmente bien para la sustitución o reposicionado de ciertos elementos del combustible en el interior del núcleo.

15 La presente disposición facilita también miembros de soporte independientes de rejilla para las zonas del revestimiento o manto y del núcleo, reduciéndose así al mínimo los problemas de la temperatura diferencial que pueden derivarse de la disposición de dos pasos para el flujo del refrigerante que tiene el paso del fluido frío de entrada a través de la
20 rejilla de soporte del revestimiento o manto y el paso del fluido caliente de salida a través de la rejilla de soporte del núcleo.

25 Ha de observarse además, que puesto que solo el fluido relativamente frío de entrada pasa a través de los elementos de revestimiento o manto, las necesidades de blindaje de tales elementos están reducidas al mínimo con un aumento resultante en la eficacia generadora del combustible. Además, como una mayor parte del fluido refrigerante de entrada pasa a través de las defensas térmicas, la caída total de la presión a través
30 del reactor está reducida al mínimo sobre la que se produciría



306050

cuando es necesario tener todo el flujo del refrigerante de entrada a través de los elementos del revestimiento o manto. Esto simplifica también la disposición del presente reactor reduciendo la caída de la presión a través de los elementos del revestimiento o manto para que la fuerza producida por el refrigerante fluyente, que tendería a elevar a los elementos del revestimiento o manto de su rejilla de soporte, sea bastante más baja que el peso de los mismos elementos, a fin de que no se requieran disposiciones algunas de sujeción adicional para los elementos del revestimiento o manto. Debe observarse también que los cambios de la reactividad antes mencionados con respecto a los elementos del núcleo no son de aplicación a los elementos del revestimiento o manto.

En las anteriores disposiciones de reactores de generación, se han encontrado dificultades en el reparto y control del flujo del refrigerante a través de los elementos del revestimiento o manto. Este control del flujo ha sido necesario a causa del hecho de que se produce relativamente poco calor en el revestimiento o manto al principio de la vida del núcleo, pero se produce un porcentaje de calor cada vez mayor en el mismo según se opera al núcleo debido a la acumulación de material combustible regenerado dentro de los elementos del revestimiento o manto. Pasar la cantidad total de refrigerante a través de los elementos del revestimiento al comienzo de la vida del núcleo, antes de acomodar satisfactoriamente la cantidad de calor a producirse después, solo produce un descenso de la temperatura final de salida del refrigerante del reactor al principio de la vida del núcleo. Así, se ha estimado deseable y necesario regular el flujo del refrigerante a través del revestimiento o manto durante toda la vida del núcleo. Tal ne-

306050



cesidad está eliminada en la presente disposición del reactor pues solo una pequeña parte del refrigerante pasa a través de los elementos del revestimiento o manto, fluyendo el resto a través de las defensas o escudos térmicos que rodean al núcleo y al revestimiento o manto. El flujo dividido se hace posible con la presente disposición mediante la mezcla del refrigerante que se descarga de las defensas térmicas con el refrigerante que se descarga de los elementos del revestimiento o manto en la cámara impelente superior antes de que el mismo penetre en los elementos del núcleo. Esto asegura que la temperatura de la mezcla de refrigerante que entra en los elementos del núcleo es sustancialmente uniforme a través de las entradas de los elementos de combustible del núcleo.

También debe observarse que con la utilización del flujo descendente a través de los elementos del núcleo, el fluido refrigerante ayuda y asegura la inserción de las varillas de seguridad cuando son necesarias, según se ha contrastado en una disposición en la que el flujo refrigerante ascendente tiende a resistir y a impedir la inserción de las varillas de seguridad haciendo aún más complicada la disposición del reactor.

La disposición completa del reactor en el presente invento hace posible un reactor de generación que es relativamente sencillo en su disposición, produciendo economías de fabricación, operación y conservación no conseguidas ni esperadas hasta ahora.

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

REIVINDICACIONES

1. Un reactor nuclear que comprende una vasija a pre



306050

5 sión con una pluralidad de elementos de combustible dispuestos como un núcleo, para resistir una reacción en cadena del tipo de fisión y con un grado operante de energía espectral neutrónico sustancialmente superior al grado neutrónico térmico y una pluralidad de elementos de un material fértil dispuestos como un revestimiento o manto que rodea a dicho núcleo, caracterizándose por el hecho de que se facilitan medios para circular en sentido ascendente un fluido refrigerante a través de los elementos del revestimiento o manto que rodean lateralmente al núcleo y después en sentido descendente a través de los elementos del núcleo.

10 2. Un reactor nuclear de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que se facilita un soporte para los elementos del núcleo en la parte inferior de la vasija a presión, un soporte para los elementos del revestimiento o manto que rodea al soporte de los elementos del núcleo en la parte inferior de la vasija a presión, disponiéndose independientemente los dos soportes.

15 3. Un reactor nuclear de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por el hecho de que los dos soportes están independientemente soportados por el fondo inferior de la vasija a presión.

20 4. Un reactor nuclear de acuerdo con cualquier-a de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que una entrada para el fluido refrigerante se extiende a través del fondo inferior de la vasija a presión para introducción del fluido refrigerante en los extremos inferiores de los elementos del revestimiento o manto que rodea al núcleo, y una salida para el fluido refrigerante se extiende a través del fondo inferior de la vasija a presión para retirar el fluido

25

30

306050



refrigerante de los extremos más bajos inferiores de los elementos del núcleo.

5 5. Un reactor nuclear de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado por el hecho de que el soporte de los elementos del núcleo comprende una placa superior y otra inferior, soportándose los elementos de combustible en la placa superior, dividiéndose el espacio comprendido entre las placas superior e inferior en una pluralidad de zonas de flujo, y medios para regular el flujo del refrigerante a través de las respectivas zonas de flujo.

10 6. Un reactor nuclear de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que los medios reguladores incluyen orificios en la placa inferior y desde las zonas de flujo se extienden tubos para control del flujo a través del fondo inferior de la vasija a presión.

15 7. Un reactor nuclear de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que los fondos de cierre superior e inferior están íntegramente unidos a la vasija a presión mediante soldaduras resistentes.

20 8. Un reactor nuclear de acuerdo con cualquiera de las precedentes reivindicaciones, caracterizado por el hecho de que el refrigerante es vapor.

25 9. Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita "UN REACTOR NUCLEAR".

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

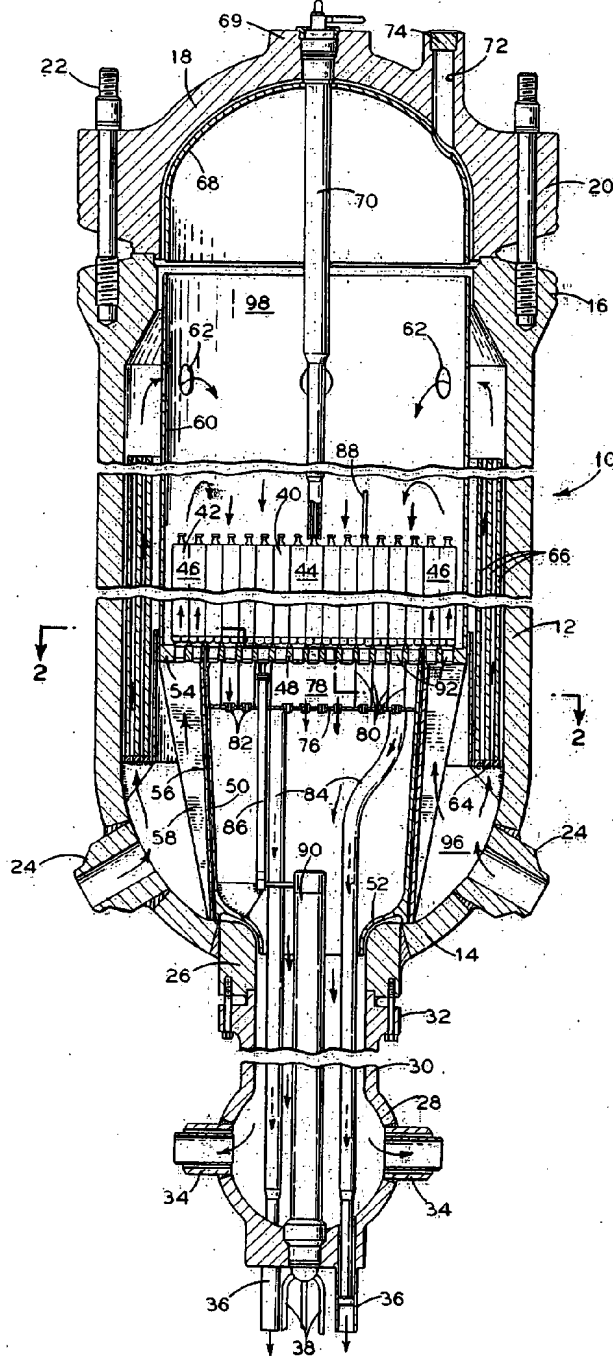
Madrid, 14 de noviembre de 1.964

ALFONSO UNGRIA
P.P.

306050



FIG. 1

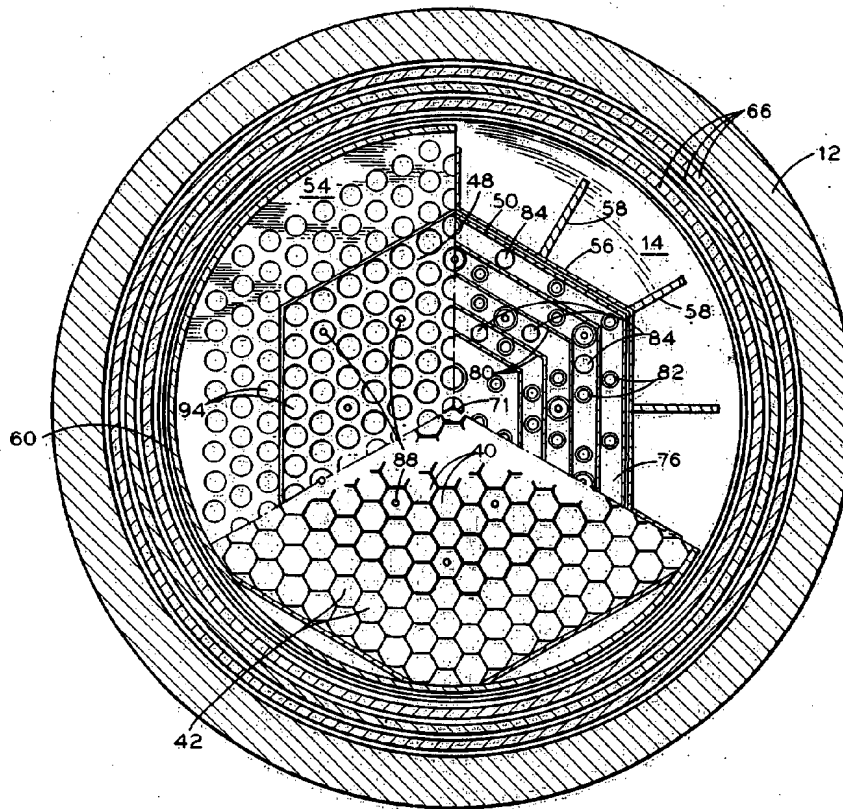


ESCALA VARIABLE
 MADRID, 14 DE NOVIEMBRE DE 1964

P.R.
[Handwritten signature]



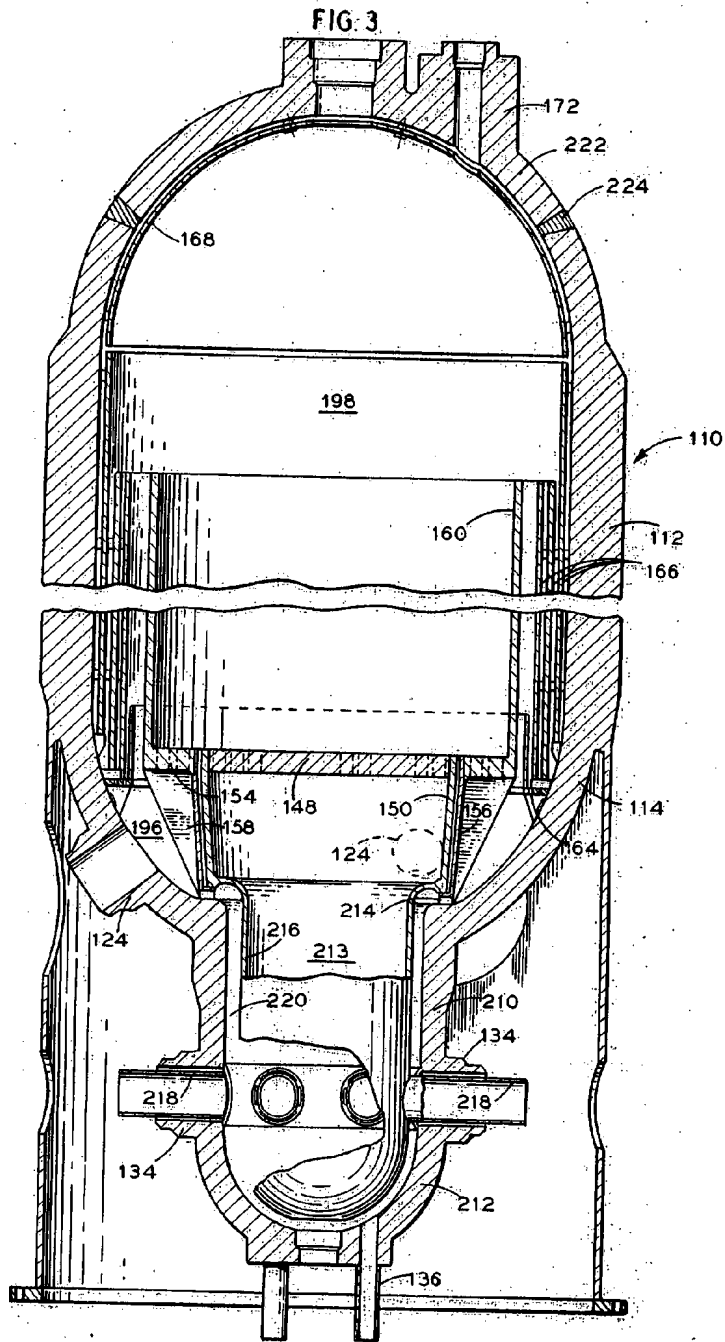
FIG. 2



ESCALA VARIABLE
MADRID, 14 DE NOVIEMBRE DE 1904

Handwritten signature or initials

34 NOV



ESCALA VARIABLE

MADRID, 14 DE noviembre DE 1964

ALFONSO UNGERÍA

[Handwritten signature]