

P.- 45.484

DS-56054

382024

SE. N TECNICA
CLASIFICACION P. C.
CLASE <u>F22</u>
SUBCLASE <u>B</u>

Memoria descriptiva



382024

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de FOSTER WHEELER CORPORATION

entidad / ~~de nacionalidad~~ norteamericana

con domicilio en 110 South Orange Avenue, Livingston, Nueva Jersey, Estados Unidos de América

por: "UN GENERADOR DE VAPOR ". (Clase Internacional F22b)

1 SEP.



Hasta ahora han sido considerados diferentes tipos de disposiciones de tubos generadores de vapor calentados por sodio, incluyendo aquellos que tienen varias configuraciones superficiales de transferencia de calor. Además, han sido usados diferentes sistemas de generadores de vapor calentados por sodio, tales como sistemas de pasodirecto y de circulación natural. Estas disposiciones usan refrigerante de sodio líquido de un reactor nuclear, como transportador de calor, para evaporar un fluido tal como agua en un generador de vapor. En años recientes ha sido dirigido considerable esfuerzo hacia el desarrollo de una instalación de energía térmica de circuito cerrado para la generación en largos períodos de energía eléctrica por calor nuclear. En una instalación de energía típica de este tipo, las economías dictan el uso del número de tubos mínimo. En unidades de circulación natural y de circulación forzada, es esencial aumentar al máximo el porcentaje de vapor en peso que abandona el banco de tubos de evaporación del generador.

El conjunto de grupos de tubos de bayoneta de la presente invención representa un diseño flexible que se presta el mismo tanto a disposiciones de circulación natural como de circulación forzada. La flexibilidad del diseño del grupo de tubos de bayoneta es utilizada para obtener baja estabilidad de carga y separación integral y configuración de tambor. También, el tubo de bayoneta sirve para aumentar el flujo máximo de calor permisible que experimenta el evaporador desde la reacción de calor inicial del sodio caliente. Esta disposición incrementará la calidad de salida del fluido en dos fases sin encon

382024

1 SE



5 trar desviación de la ebullición de la materia nuclear
mientras mantiene todavía un circuito de sodio de flujo
descendente e impide, con ello, los problemas de estan-
camiento del sodio, asociados con sistemas de sodio de
10 flujo ascendente. En relación con esto, deberá obser-
varse que es ventajoso mantener la materia nuclear hir-
viendo en los tubos del generador de vapor, puesto que
esto da lugar a un coeficiente de transferencia de calor
relativamente elevado y una temperatura correspondiente
15 de la pared de los tubos relativamente baja. Mientras
que, si existe fluctuación constante desde la ebullición
de la materia nuclear hasta la ebullición de película en
los tubos del generador de vapor, se producirán aumentos
y descensos sustanciales de temperatura, y las tensiones
20 térmicas asociadas darán origen a fallos en los tubos.

De acuerdo con una realización ilustrativa que
demuestra las ventajas y características de la presente
invención, se crea un generador de vapor destinado a si-
tuar un fluido primario de fase única, tal como sodio,
25 en cambio de calor indirecto con un fluido secundario eva-
porizable, tal como agua de alimentación, para efectuar
la evaporación parcial. El generador de vapor comprende
un recipiente alargado que tiene una abertura de entrada
y una abertura de salida, medios en comunicación de flujo
30 con el recipiente, a través de la abertura de entrada,
para mantener una reserva de sodio líquido, y medios pa-
ra hacer circular el agua de alimentación a través del
recipiente en relación de intercambio de calor indirecta
con el sodio líquido. Un grupo de tubos alargados está
montado en alineación axial dentro del recipiente para -

382024



llevar el agua de alimentación a intercambio indirecto de calor con el sodio líquido para formar una mezcla en dos fases de vapor y agua. Cada uno de los tubos alargados incluye una sección de tubo exterior formada por una primera pared continua que tiene una serie de perforaciones, y una sección de tubo separador formada por una segunda pared continua, coaxialmente alineada con la superficie exterior della primera pared continua alio largo de las perforaciones, y separada de la misma. El tubo exterior, el tubo separador y la abertura de salida están todos en comunicación de flujo. Están previstos medios en cada una de las secciones de tubo de entrada que forman una trayectoria de flujo sustancialmente helicoidal, de manera que la mezcla en dos fases de vapor y agua se arremolina hacia arriba a través de la sección de tubo de entrada, con lo cual el vapor pasa a través de la abertura superior a la abertura de salida, y el agua es hecha pasar a través de las perforaciones al tubo separador.

La breve descripción anterior, así como otros objetos características y ventajas de la presente invención, serán más completamente apreciados por referencia a la siguiente descripción detallada de realizaciones actualmente preferidas por sólo ilustrativas de acuerdo con la presente invención, en realización con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La figura 1 es una vista en sección, esquemática, de un generador de vapor de recirculación forzada, calentado por sodio, que emplea el conjunto de tubos de bayoneta de la presente invención;

382024



p 1

La figura 2 es una vista en sección, aumentada, de un generador de vapor de circulación natural que emplea el conjunto de grupos de tubos de bayoneta de la presente invención;

5 La figura 3 es una vista en sección, agrandada de un tubo de bayoneta, tomada a lo largo de la línea 3-3 de la figura 2; y

La figura 4 es una vista en sección transversal, tomada a lo largo de la línea 4-4 de la figura 3.

10 Aunque la presente invención será descrita en relación con un sistema de intercambio de calor tal como un generador de vapor que emplea sodio líquido y agua como medios de intercambio de calor, será evidente que esta invención será utilizable en otras aplicaciones y en
10 otros cambiadores de calor en los que el calor sea intercambiado entre medios diferentes del sodio y del agua. Consiguientemente, la presente invención está destinada a situar un fluido primario de una sólo fase en intercambio de calor con un fluido secundario vaporizable para
20 efectuar la vaporización parcial.

Refiriéndonos a los dibujos, y más particularmente a la figura 1, es entregado fluido de trabajo, tal como agua, a una presión predeterminada, por unos medios de bomba de alimentación de caldera que no están mostrados, a un generador de vapor, generalmente designado por
25 el número 10. El fluido de trabajo circula en una dirección como la mostrada por la flecha 12 hasta una tubería de entrada de agua 14 montada dentro de un recipiente de presión alargado 16. Un conjunto de grupos de tubos de bayoneta 18 está provisto de una conexión de entrada 20
30

382024



- 1 SEP

5 para recibir el fluido de trabajo que sale del conjunto de grupos de tubos 18 como una mezcla fluida, de dos fases de vapor y agua. Como será explicado más ampliamente a continuación, y como se muestra por la dirección de la flecha 22, el fluido de trabajo pasa a través de secadores 24, los cuales pueden ser, por ejemplo, del tipo Chevron, hasta una boquilla de salida 26, como se indica por la flecha 28. El vapor de la mezcla fluida en dos fases puede ser dirigido entonces a un sobrecalentador que no ha sido mostrado y, a continuación, a un sistema turbina-generador para producir electricidad.

10 El sodio líquido caliente es introducido dentro del recipiente de presión 16 en su extremo hemisférico inferior 30 a través de una tubería de entrada de sodio 32, en un sentido ascendente, como se muestra por la flecha 34, hasta un nivel de reserva que está designado por el número 36. Se observará que la tubería de entrada de sodio 32 puede también estar dispuesta horizontalmente en la pared lateral del recipiente de presión 16, más bien que en la posición vertical mostrada en la figura 2.

15 El conjunto de grupos de tubos de bayoneta 18 comprende una pluralidad de tubos de bayoneta 37 que incluye un tubo exterior 38, cuya parte superior está coaxialmente posicionada en un tubo separador 39, y cuya parte inferior está sumergida en el nivel de la reserva de sodio líquido 36. Deberá entenderse que las figuras 1 y 2 son sólo representaciones esquemáticas del número real de tubos de bayoneta 37. Consiguientemente, en la práctica real, el generador de vapor 10 incorporaría un número re-

382024

- 1 SEP.



lativamente grande de tubos de bayoneta 37 que cubrirían probablemente la completa área en sección transversal del recipiente de presión 16.

5 Volviendo a los dibujos detallados del generador de vapor 10, como se muestra en las figuras 2, 3 y 4, es usada circulación natural y el fluido de trabajo, a -
10 es usada circulación natural y el fluido de trabajo, a -
15 continuación denominado agua de alimentación, es forzado por unos medios de bombeo en la dirección de la flecha 12 a través de la tubería de entrada 14 que está unida a la
20 pared cilíndrica 46 del recipiente de presión 16. El agua de alimentación fluye en una trayectoria generalmente horizontal a través de un codo 47 de la tubería de entrada 14, en una posición generalmente central con respecto al plano horizontal del generador de vapor 10 y, a continua-
25 ción, en un sentido descendente, hasta una distancia pre-determinada por encima de la placa para tubos 48 y debajo del nivel de agua designado por el número 50. La tubería de entrada 14 que se extiende verticalmente desde el codo 47 está montada sobre una disposición de espaciadores en
30 forma de brazos radiales 52 que están previstos en la versión de circulación natural del generador de vapor 10 que está mostrada en la figura 2. De esta manera, el agua - desde el nivel 50 hasta la placa para tubos 48 está en comunicación de flujo con la conexión 20 para completar el
35 circuito de circulación natural.

El recipiente de presión 16 está integralmente formado con el extremo hemisférico inferior 30, para pared cilíndrica vertical 54 y un extremo hemisférico superior 56. El extremo hemisférico 56 está asegurado de manera separable a la brida 60 para la extracción completa

382024



de los secadores 24 y para el desmontaje de los conductos de grupos de tubos de bayoneta 18.

5 Como se muestra mejor en la figura 3, la parte inferior del tubo exterior 38 está asegurada a la placa para tubos 48 y pendiente de ella. Se observará que la parte inferior del tubo exterior 38 funciona como la sección evaporadora del conjunto de grupos de tubos de bayoneta 18. El tubo exterior 38 continúa verticalmente hacia arriba, a través de la placa para tubos 48 para formar un extremo de tubo deflector 62. Radialmente alrededor de la periferia del extremo de tubo deflector 62 están formadas una pluralidad de perforaciones 64. El extremo de tubo deflector 62 está coaxialmente posicionado en el tubo separador 39 y está asegurado al mismo por medio de espigas de soporte 66. El tubo separador 39 incluye un extremo hemisférico 68 que está formado con una abertura superior centralmente situada 70 y una pared cilíndrica 72 formada con una abertura inferior 74, de tal manera que las perforaciones 64 está completamente rodeadas.

10

15

20

Posicionada por encima de la placa para tubos 48, sobre la parte inferior del tubo exterior 38 está la conexión de entrada 20 que está en comunicación de flujo con un tubo de entrada de agua interior 80, que cuelga verticalmente hacia abajo desde el extremo de tubo deflector 62 hasta una punta inferior 82. Montadas a lo largo de la circunferencia exterior del tubo de entrada de agua 80 están un par de paletas arremolinadoras, continuas 84 y 85 que se extienden en la completa longitud del tubo de entrada 80 para formar una trayectoria de flujo sustancial

25

30

382024



5 mente helicoidal designada por la flecha direccional 86. Aunque las paletas arremolinadoras 84 y 85 de la figura 3 están mostradas separadas para formar la trayectoria helicoidal 86, esta puede también ser obtenida por una sola paleta que tiene una configuración helicoidal apropiada para formar la trayectoria 86. Se observara que el tubo de entrada de agua 80 funciona como un precalentador parcial o sección economizadora para el generador de vapor 10, en tanto que la parte inferior del tubo exterior 38, que se extiende hacia abajo desde el tubo separador 39, funciona como un evaporador primario.

10 Como se muestra mejor por la flecha 34 de la figura 2, el sodio del reactor caliente entra en el generador de vapor 10 a través de la tubería de entrada de sodio 32 que está integralmente formada por un manguito térmico 88 y un tubo elevador 90. El sodio es dirigido sobre el extremo superior del tubo elevador 90 y a continuación fluye hacia abajo hasta las boquillas de salida 40, en la dirección de las flechas 42. El nivel 36 de la reserva de sodio líquido es mantenido sustancialmente constante por la recirculación de sodio líquido caliente procedente del reactor.

15 Como se muestra en la figura 2, contenido dentro del recipiente de presión 16 y montado en las juntas de dilatación 92 está un deflector de flujo 93, que forma un recinto de flujo de sodio, cilíndrico, de extremo abierto, que se extiende verticalmente, para promover la eficiente transferencia de calor sobre la superficie. El deflector de flujo 93 está soportado sobre el efecto de la presión hidrostática por los efectos de equilibrio del

382024

- 1 SEP 1944

sodio estancado, acumulado en la parte externa del deflector de flujo 93 que se apoya contra el exterior del recinto. Al fluir el sodio hacia abajo y alrededor del conjunto de tubos de bayoneta 18, se enfría y este perfil de temperatura es reflejado en el sodio estancado exterior al deflector de flujo 93, haciendo así mínimo el efecto de las tensiones térmicas. Las juntas de dilatación 92 absorben cualquier efecto de crecimiento diferencial desde la transferencia de calor al deflector de flujo 93.

El espacio entre el nivel de reserva de sodio 36 y la placa para tubos 48 se define una cámara de compensación 94 que está llena con un gas de cubierta inerte. El recipiente de presión 16 está provisto de una entrada 96, a través de la cual puede ser suministrado el gas inerte, tal como argon, a la cámara de compensación 94 y mantenido en ella a una presión predeterminada. Una tubería de descarga puede estar prevista desde la cámara de compensación 94 y puede ser cerrada por un diafragma de alivio de presión hecho de un material frágil apropiado que puede romperse en el caso de que la presión dentro de la cámara de compensación 94 aumente sustancialmente por encima del valor de presión normal mantenido en ella.

En el funcionamiento del generador de vapor 10, el recipiente de presión 16 está inicialmente llenado con sodio líquido caliente a través de una tubería de entrada de sodio 32 hasta que el sodio que asciende dentro del tanque alcanza el nivel de reserva 36. El sodio caliente reaccionado es hecho reaccionar hacia y desde el generador de vapor 10 a través de la tubería de entrada de sodio 32 y de las boquillas de salida 40, respectivamente.

382024

1 SEP



5 El sodio líquido es distribuido hacia arriba a través del tubo elevador 90 y dirigido de manera sustancialmente uniforme alrededor del conjunto de grupos de tubos de bayoneta 18 y a continuación hacia abajo desde la placa para tubos 48 en un sentido en contracorriente con respecto al flujo de fluido dentro del conjunto de grupos de tubos de bayoneta 18, regresando el sodio líquido al reactor a través de las boquillas de salida 40.

10 El agua de alimentación es entregada al conjunto de grupos de tubos de bayoneta 18 a través de la tubería de entrada de agua 14 hasta que es alcanzado el nivel de agua 50, indicado en un indicador de nivel 98 que está mostrado en la figura 2. El agua de alimentación pasa desde la tubería de entrada 14 a dentro de la conexión de entrada 20 y hacia abajo, al interior de la tubería de entrada de agua 80. El agua de alimentación fluye hacia abajo desde la conexión de entrada 20 hasta la punta inferior 82 de la tubería de entrada 80 y se origina intercambio de calor indirecto por debajo de la placa para tubos 48, entre el sodio líquido en contacto con la superficie exterior del tubo exterior 38 y el agua de alimentación en contacto con la superficie interior del tubo exterior 38, de tal manera que es formada una mezcla de dos fases de vapor y agua en el tubo exterior 38. La mezcla de vapor y agua que fluye hacia arriba es arremolinada a lo largo de la trayectoria de flujo helicoidal 86. Deberá observarse que el fluido en dos fases, que se arremolina hacia arriba hacia la placa para tubos 48, sirve como unos medios de precalentamiento del agua de alimentación que es introducida hacia abajo a través de la tubería de entrada 80. La mezcla de vapor y agua en dos fa-

15

20

25

30

382024



5 ses continúa hacia arriba al interior del extremo de tubo deflector 62, siendo la parte de agua de la mezcla en dos fases lanzada hacia fuera a través de las perforaciones 64, esencialmente por fuerza centrífuga, y el vapor separado pasa, a través de la abertura 70, a contacto con los secadores 24. El agua que es impulsada a través de las perforaciones 64 forma gotitas a lo largo del interior de la pared cilíndrica 72, las cuales subsiguientemente, fluyen hacia abajo para combinarse con el agua de alimentación a recircular como se ha descrito aquí.

10 Por el proceso de evaporación que ha sido esbozado anteriormente, el vapor procedente de los secadores 24 sale en la dirección de la flecha 28 a través de la boquilla de salida 26 hasta el utilizador del vapor.

15 El generador de vapor 10 de la figura 2 funciona como una unidad de circulación natural de la manera descrita anteriormente, pero, por razones de economía, puede probarse deseable incrementar la caída de presión del lado del agua. Como se muestra en la figura 1, esto precisaría establecer una placa de tubo suplementaria 100, una bomba de recirculación 102 con un sistema de tuberías asociado 104, de tal manera que fuera obtenido un sistema de circulación forzada.

20 El funcionamiento del generador de vapor de recirculación forzada 10 de la figura 1, sería de la misma manera que se ha descrito anteriormente para el generador de vapor de circulación natural de la figura 2, excepto que el agua separada del fluido en dos fases en los tubos del separador 39 tendría que ser bombeada al área inferior debajo de la placa para tubos 100, como se mues-

30

382024



tra por la flecha 106, en donde entraría en el conjunto de grupos de tubos de bayoneta 18 por la conexión de entrada 20.

5 Una amplitud de modificación, cambio y sustitución está prevista en la descripción precedente y, en algunos casos, serán empleadas algunas características de la invención sin una utilización correspondiente de las otras características. Consiguientemente, es apropiado que las reivindicaciones adjuntas sean ampliamente estructuradas y de una manera compatible con el espíritu y
10 alcance de esta invención.

Esta solicitud, que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 22 de Julio de 1.969 bajo el N° 843.527, se acoge a los beneficios del artículo
15 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

20 - REIVINDICACIONES -

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 siguientes:
25

30 1.- Un generador de vapor capaz de conseguir intercambio de calor indirecto entre un fluido primario en una sola fase y un fluido secundario vaporizable para efectuar la vaporización parcial de dicho fluido secunda-

382024



5

10

15

20

25

30

rio, que comprende: un recipiente alargado que tiene una
 abertura de entrada y una abertura de salida; medios en
 comunicación de flujo con dicho recipiente a través de
 dicha abertura de entrada para mantener una reserva de
 dicho fluido primario; medios para hacer circular dicho
 fluido secundario a través de dicho recipiente en rela-
 ción de intercambio de calor indirecta con dicho fluido
 primario; un grupo de tubos alargados montados en alineación axial dentro de dicho recipiente para vaporizar en
 parte dicho fluido secundario convirtiéndolo en una mezcla de dos fases de líquido y vapor; incluyendo cada uno de dichos tubos alargados una sección de tubo exterior formada con una primera pared continua que tiene una serie de perforaciones, y una sección de tubo separador formada por una segunda pared continua alineada coaxialmente con la superficie exterior, y espaciada de ella, de la primera pared continua a lo largo de dichas perforaciones, estando en comunicación de flujo dicho tubo exterior, dicho tubo separador y dicha abertura de salida; medios en cada una de dichas secciones en tubo exterior que forman un trayecto de flujo en esencia en espiral tal que dicha mezcla en dos fases de líquido y vapor suba arremolinándose a través de dicho tubo exterior con lo que el vapor atraviesa dicha abertura superior pasando a dicha abertura de salida y el líquido es hecho pasar a través de dichas perforaciones a dicha sección de tubo separador.

2.- Un generador de vapor según la reivindicación 1, en el cual dicho fluido primario es sodio líquido y dicho fluido secundario es agua de alimentación, y

382024



en el cual dicha mezcla en dos fases es de vapor y agua.

5 3.- Un generador de vapor según la reivindicación 2 en el cual dicho tubo exterior está colocado coaxialmente dentro de dicho tubo separador y una parte de dicha primera pared continua se extiende longitudinalmente dentro de dicha segunda pared continua para formar una cámara anular entre dicha primera pared continua y dicha segunda pared continua.

10 4.- Un generador de vapor según la reivindicación 2 en el cual dichos medios que forman dicho trayecto de flujo en espiral incluyen un vástago vertical montado coaxial y centradamente dentro de dicho tubo separador y un par de aletas arremolinadoras continuas generadas por, sustancialmente, la misma hélice y aseguradas a dicho vástago vertical en una posición espaciada para formar dos trayectos en hélice de circulación.

15 5.- Un generador de vapor según la reivindicación 2 en el cual los medios para hacer circular agua de alimentación están en comunicación de flujo con dicha sección de tubo exterior de tal modo que dicha agua de alimentación circule a contracorriente respecto al flujo de dicha mezcla en dos fases de vapor y agua.

20 6.- Un generador de vapor según la reivindicación 2, en el cual dichas paredes continuas primera y segunda tienen una configuración cilíndrica teniendo dicha segunda pared continua un diámetro interior mayor que el diámetro exterior de dicha primera pared continua, de tal modo que se forme una cámara anular entre dicho tubo exterior y dicho tubo separador, con lo cual la circulación de dicha mezcla en dos fases de vapor y agua a lo largo

Handwritten scribbles and the number 30.

382024



de dicho trayecto de flujo helicoidal genera fuerza cen-
trífuga que proyecta a dicha agua radialmente hacia fuera
a través de dichas perforaciones a dentro de dicha cámara
anular.

5

7.- Un generador de vapor según la reivindica-
ción 2, diseñado como generador de vapor de circulación
natural y que incluye medios en dicho recipiente para re-
cibir el agua de dicha sección de tubo separador y mante-
ner un camino de circulación natural a dicha sección de
tubo de entrada.

10

8.- Un generador de vapor según la reivindica-
ción 7, en el cual una placa para tubos, formada con aber-
turas para montar las secciones de tubo exterior, está
montada en dicho recipiente, de tal modo que dicha placa
para tubos separe dicho trayecto de flujo por circulación
natural de dicho sodio líquido.

15

9.- Un generador de vapor según la reivindica-
ción 2, diseñado como generador de vapor de recirculación
forzada y que incluye medios en dicho recipiente para re-
cibir el agua de las secciones de tubo separador, y me-
dios de bombeo para hacer recircular el agua procedente
de dichas secciones de tubo separador a través de un tra-
yecto de flujo por circulación natural a las secciones de
tubo exterior.

20

25

10.- Un generador de vapor según la reivindica-
ción 9, en el cual una primera placa para tubos, formada
con aberturas para montar las secciones de tubo exterior
está, montada en dicho recipiente de tal modo que se es-
tablezca un nivel de agua de alimentación encima de dicha
primera placa para tubos, y una segunda placa para tubos,

30

382024

- 1 SEP



5 formada con aberturas para montar dichas secciones de tubo exterior, está montada en dicho recipiente por debajo de dicha primera placa para tubos para formar una cámara cilíndrica, en comunicación de flujo con los trayectos de circulación helicoidales, para recibir el agua de dichas secciones de tubo separador.

11.- Un generador de vapor.

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

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

Madrid, - 1 SEP. 1970

P.A.

15

Alberto de Elzaburu
Por Poder, 

382024

382024 1 SEP.

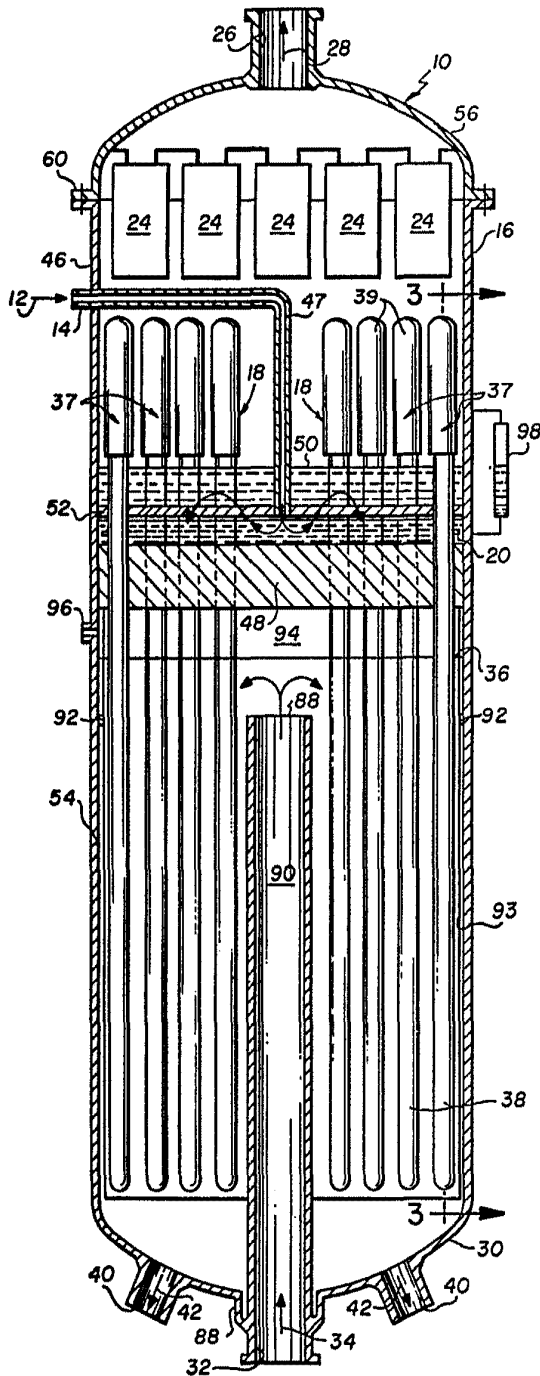


FIG. 2

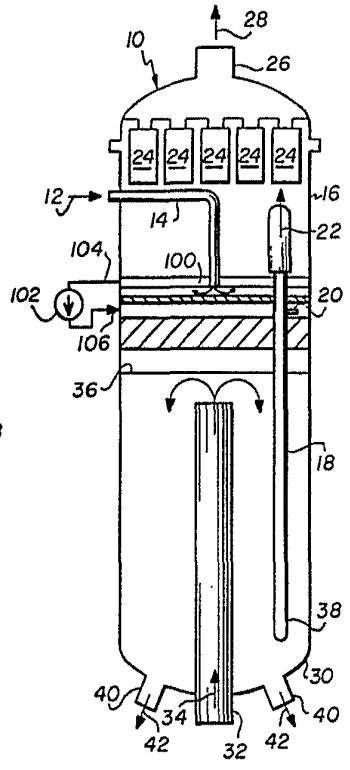


FIG. 1

Alberto de ...
 Por Poder

SPAIN

FOSTER WHEELER CORPORATION

II/II

382024



FIG. 3

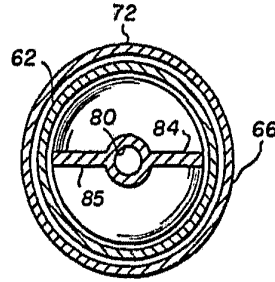
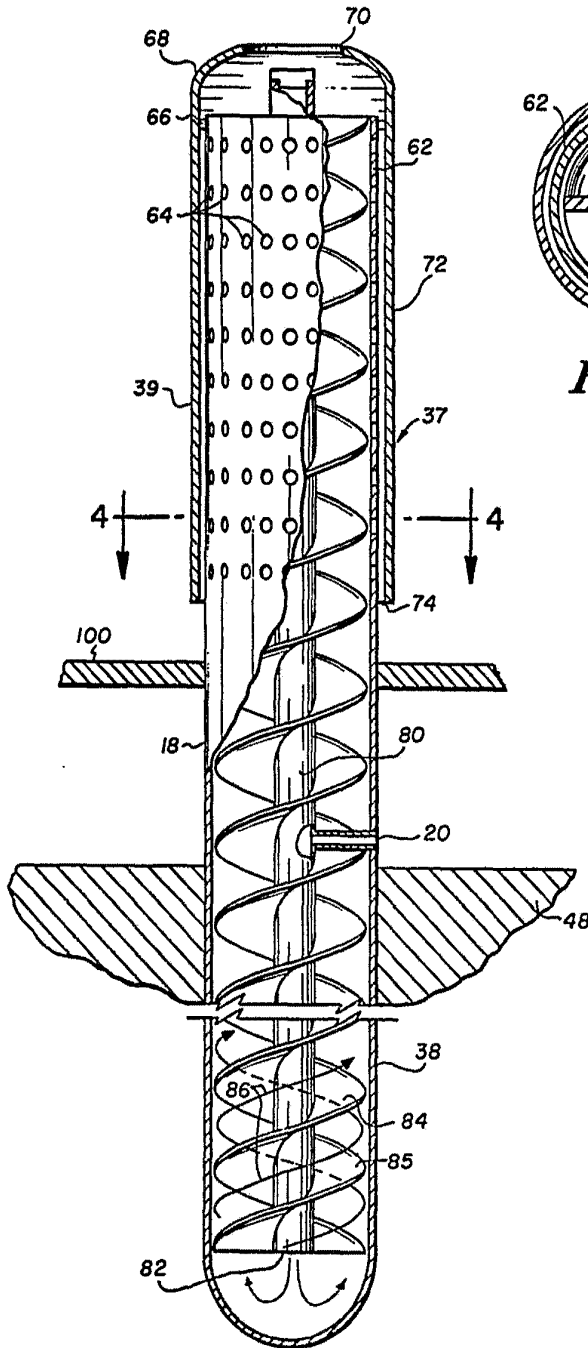


FIG. 4

Alberto de Euzkadi
Por Poder...