



Handwritten scribbles and numbers, possibly '3/2' and '32'.



MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud
de

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 17 de Octubre de 1.966, bajo el núm. 332.347

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de FOSTER WHEELER CORPORATION, entidad norteamerica-
cana, establecida en 110 South Orange Avenue, Livingston,
Nueva Jersey, Estados Unidos de América, por:

"UN GENERADOR DE VAPOR DE TIPO DIRECTO"

Esta invención se refiere a una unidad generadora de vapor de tipo directo o de un solo paso y de circulación forzada que trabaja en condiciones supercríticas y subcríticas.

5 Más en particular, la invención se refiere a una disposición de circuito de hogar para unidades de circulación forzada, en la que los tubos del hogar están alineados verticalmente en paralelo y los tubos adyacentes están soldados por aletas por toda su longitud para formar un recinto
10 de hogar hermético y de paredes de paneles tubulares.



Es conocido construir una unidad de circulación for-
zada con un gran número de tubos paralelos soldados entre
sí para definir un recinto hermético. Los tubos están co-
nectados entre colectores de entrada y de salida. Un pro-
blema que interviene en esta construcción reside en la ob-
tención de una igual distribución de circulación entre los
tubos. Por ejemplo, factores tales como el desequilibrio
en el encendido de los quemadores, acumulación de escoria
o diferencias en las longitudes de los tubos, pueden pro-
vocar un desequilibrio de circulación que dá por resulta-
do una absorción de calor por kilógramo de fluido mayor en
algunos tubos que en otros. Esta condición puede dar por
resultado desventajas tales como temperaturas excesivas
del metal, o una ciclación de las temperaturas del metal
en estos tubos de las paredes de límite calentados por un
lado, haciendo probables las averías por fatiga.

De acuerdo con la invención, se ha descubierto que
pueden salvarse estas desventajas dividiendo periféricamen-
te el recinto de pared de hogar de generador, en la zona
radiante inferior de alta temperatura en al menos tres se-
cciones de paso lado a lado, comprendiendo cada sección de
paso tubos paralelos con aletas soldados por toda su lon-
gitud en forma de paneles verticalmente orientados. Los co-
lectores de entrada y de salida sirven a cada sección de
paso por separado, y están conectados de modo que la cir-
culación en la pared del recinto sea en serie a través de las
secciones de paso sucesivas. Como la temperatura del fluido
aumenta de la primera a la última sección de paso, las se-
cciones de paso están dispuestas de modo que la sección in-
termedia esté dividida en dos paneles que trabajan en para-



lelo y que están dispuestos entre los paneles de las secciones primera y última.

Los paneles de todas las secciones de paso están soldados entre sí y con los tubos de manera que el recinto sea hermético.

Mediante la invención, se hace la circulación en los tubos de una sección de paso suficientemente uniforme para evitar un sobrecalentamiento de los tubos y limitar la fatiga que ocasiona fluctuaciones de la temperatura en cualquier paso. Existirá una diferencia de temperatura entre tubos soldados adyacentes de secciones de paso adyacentes, pero, de acuerdo con la invención, la disposición de los paneles de la sección de paso intermedia entre los paneles de las secciones primera y última consigue una diferencia de temperatura entre los tubos de las diferentes secciones de paso menor que 38°C y aceptable con respecto a los criterios de soldadura y de diseño de la resistencia de los tubos.

La invención y las ventajas de la misma se pondrán de manifiesto al considerar la siguiente descripción y los dibujos que se acompañan, en los que:

La figura 1 es una vista en perspectiva desarrollada de un generador de vapor de tipo directo y de circulación forzada que trabaja en condiciones subcríticas de acuerdo con la invención;

La figura 2 es una vista en alzado lateral del generador de la figura 1;

La figura 3 es otra vista en despiece ordenado que muestra en detalle los elementos del generador de la figura 1;

La figura 4 es una sección de la pared de panel del generador de la figura 1;



La figura 5 es un diagrama de temperaturas en función de entalpías para el generador subcrítico de las figuras 1-4 para una carga continua máxima de 1,6 millones de kilogramos de vapor de agua por hora; Y

5 La figura 6 es una vista en perspectiva desarrollada de una unidad supercrítica generadora de vapor, de tipo directo y de circulación forzada, de acuerdo con una realización de la invención.

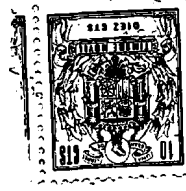
10 Haciendo referencia ahora a las figuras 1-3, el generador de vapor incluye un hogar 12 para una unidad generadora de vapor de agua de circulación forzada, que tiene una sección transversal horizontal rectangular y está orientado verticalmente. Unos quemadores 14 y 16 (esquemáticamente indicados en la figura 1) están dispuestos en la parte inferior del recinto del hogar en la pared delantera 18 del hogar y en la pared trasera 20 del hogar, respectivamente. Por encima de la parte inferior del recinto del hogar, las paredes delantera y laterales continúan hacia arriba para definir una parte superior 22 del recinto del hogar, desde la que un paso de gas por encima de la pared trasera 20 conduce a la parte de convección 23 del generador. En este aspecto, los gases del conducto de humos procedentes de la combustión de un combustible adecuado salen del recinto del hogar pasando por encima de una pantalla 24 de salida del hogar circulando primero, en relación de circulación cruzada, por encima de un supercalentador de platina 26 en la superficie de gran absorción de calor del hogar superior (delante de la pantalla 24) y luego por encima del grupo supercalentador de acabado 27 entre la pantalla delantera 24 y una pantalla trasera 28. La sección

15

20

25

30



de convección de la unidad incluye un paso economizador 30, un paso recalentador 32 y un paso super calentador primario 34. Los gases del conducto de humos que salen de la sección de convección pasan a través de un calentador de aire y llegan a la chimenea (no mostrada).

Los circuitos de circulación de fluido a gran presión que recorren el recinto del hogar de la unidad (partes superior e inferior) constan de cinco secciones de paso conectadas en serie unidas a través de colectores mezcladores. En general, el paso de piso Nº 1 y los pasos de circulación ascendente Nos. 2, 3 y 4 forman el piso y las paredes del recinto en la parte inferior del hogar, y el paso de circulación ascendente Nº 5, forma las paredes del recinto en la parte superior del hogar. Todos los tubos del hogar están soldados por toda su longitud como se muestra en la figura 4, formando paneles soldados por aletas y una construcción hermética.

Concretamente, el agua de alimentación entra por la entrada 30 a al economizador 30 (que está dispuesto en los pasajes de gases previstos para él en el conducto de humos) y pasa desde el economizador a través de dos tubos descendentes 30b para alimentar el paso de piso Nº 1 del hogar, elemento 36. El fluido procedente del paso de piso Nº 1 se transmite entonces a un colector de entrada 38a que alimenta los tubos del paso Nº 2 (elemento 38) que comprende una parte sustancial de la pared delantera 18. Desde el colector de salida 38b para el segundo paso (aproximadamente a mitad de camino hacia arriba del recinto del hogar), el fluido pasa por tubos descendentes paralelos 39 a los colectores separados 40a de forma de L que alimentan paneles opuestos



del tercer paso, elementos 40. Estos paneles de forma de L constituyen el resto de la pared delantera 18 en lados opuestos del panel 38 del segundo paso y más de la mitad de cada pared lateral.

5 El fluido procedente del paso 3 del hogar sale a través de colectores superiores opuestos 40b de forma de L a los tubos de descenso 41 que alimentan un colector inferior 42a de forma de U que constituye la entrada para el panel de forma de U del paso 4 (elemento 42). Este panel constituye las partes traseras o el resto de las paredes laterales y la pared trasera. Una botella mezcladora 43 asegura una circulación de entalpía uniforme al colector inferior del cuarto paso. Del colector superior 42b de este paso, es transmitido el fluido por los tubos ascendentes 44 hasta un colector de forma de U 46a que alimenta el quinto paso 46. Este paso constituye las paredes laterales y frontal de la parte superior del recinto del hogar, sirviendo también al paso el colector de salida 46b de forma de U.

10

15

Desde el colector de salida 46b, una pluralidad de tubos ascendentes 47 transmiten la circulación a tubos descendentes opuestos 48 que conducen a unas tes 50 (en lados opuestos de la caldera), desde las cuales unas tuberías 52 y 54 transmiten la circulación en proporciones deseadas a (a) el recinto para el supercalentador de acabado colgante 27, y (b) los recintos para la sección de convección y los pasos economizador, recalentador y supercalentador 30-34, respectivamente. Para el recinto del supercalentador colgante, la circulación en la tubería 52 se divide en la tuberías 56 y 58 que alimentan los tubos de pantalla delantero y trasero 24 y 28 y las paredes laterales 60 del re-

20

25

30



cinto, respectivamente. Para los pasos de convección, el caudal alimenta el colector 62 de forma rectangular junto a la salida del paso de convección. Este colector está provisto de un tubo transversal 64 que alimenta la pared divisora 66 para el paso de convección. Desde todos estos pasos, el caudal lleva a un colector común 68 en la parte alta de la unidad.

Desde el colector 68, los tubos ascendentes 70 alimentan el colector de entrada 72 para los tubos de cielo 74, fluyendo el fluido en sucesión al colector de salida 76 para los tubos de cielo, al supercalentador primario 34 a través del colector de entrada 78 para él, y al supercalentador primario y el colector de entrada 82 para el supercalentador de platina. El elemento 84 es el colector de salida para el supercalentador de platina y alimenta al grupo supercalentador de acabado 27 que desemboca en el colector 86.

El recalentador 32 es alimentado por el colector de entrada 90 con circulación en contracorriente respecto al paso de gas a los colectores de salida 92 y 94.

Se obtienen muchas ventajas, incluidas las siguientes:

La división de la periferia del hogar en una pluralidad de pasos en serie limita el grado de desequilibrio de circulación que puede producirse en estos circuitos de circulación forzada en virtud de la variación en la absorción de calor. Cuando el recinto del hogar está constituido por un solo circuito entre colectores mezcladoras, factores tales como el desequilibrio en el encendido, diferencias en las longitudes de los tubos y formación de depósi-



tos de escoria, pueden dar origen a graves variaciones de
circulación en este circuito de tubos múltiples. Un dese-
quilíbrio de circulación importante en un solo circuito
de esta clase daría entonces lugar a una refrigeración y a
5 un sobrecalentamiento inadecuados de algunos tubos.

De acuerdo con la invención, la confinación de un
paso a varios cientos de tubos y la limitación de la cap-
tación de entalpia del fluido en el paso, en particular
10 en la superficie de gran absorción del hogar (en la zona
de los quemadores), salva la tendencia de esta mala dis-
tribución de la circulación, evitando con ello excesivas
temperaturas en el metal de las paredes de tubos.

Una zona particularmente crítica en los circuitos
del hogar (en una unidad subcrítica) es la región enfría-
15 da de mezcla (vapor de agua y agua) de los circuitos. En
una zona de gran absorción de calor, cuando el contenido
de vapor de agua en la circulación se hace bastante alto,
una película continua de vapor de agua puede cubrir el in-
terior de la pared de los tubos provocando desvíos de la
20 ebullición en núcleos deseados y dando por resultado una
baja proporción de transferencia de calor al fluido. Es-
to, a su vez, dá por resultado un sobrecalentamiento de
los tubos. El mantenimiento de la ebullición en núcleos
depende en parte del mantenimiento de una circulación tur-
25 bulenta en los tubos. En la región enfriada de mezcla (en
la realización mostrada puede estar en el paso N^o 4), el
diseño de múltiples pasos de la invención permite cali-
brar esta región o paso de modo que se mantenga un caudal
mínimo predeterminado en los tubos del paso. Se utiliza
30 también un dispositivo "turbulador" (creador de turbulen-



cia) (dispuesto en trozos de tubo como se muestra en la figura 4). Este dispositivo, con caudales por encima de un mínimo especificado, provoca una condición de circulación turbulenta propiamente dicha en los tubos para impedir desvíos de la ebullición en núcleos, incluso con grandes velocidades de absorción y con grandes proporciones de vapor de agua en peso en los tubos. Mediante el apropiado diseño de este paso de mezcla con dispositivos creadores de turbulencia instalados, se mantiene la ebullición en núcleos en todo el margen de funcionamiento de la unidad.

Como ventaja adicional, se experimentan variaciones mínimas en la temperatura de un tubo trastornado, limitando con ello los ciclos de los esfuerzos y mejorando la resistencia a la fatiga. Con un solo paso o circuito de hogar, la captación de entalpía en el paso del circuito es muchas veces mayor que por cada paso cuando constituyen el recinto del hogar muchos pasos. Los estudios han demostrado que las diferencias en las temperaturas del metal de los tubos entre un tubo trastornado y un tubo medio aumentan marcadamente con el aumento de la captación de entalpía del circuito de modo que con un solo circuito de hogar que tenga una gran captación de entalpía, son probables ciclos excesivos de esfuerzos en el recinto enteramente soldado, dando por resultado una reducida resistencia a la fatiga. La presente invención es una mejora en la división del recinto en una pluralidad de pasos en serie cada uno con una menor captación de entalpía.

Además, para limitar la captación de entalpía por paso y para evitar un desequilibrio en la circulación, la



disposición de los pasos permite dividir el hogar vertical-
mente, en su dirección longitudinal, en porciones superior
e inferior, terminando los pasos N^o. 2, 3 y 4 de superfi-
cie de gran absorción aproximadamente a mitad de camino del
hogar y siendo de igual longitud aproximada. A este respec-
to, si los pasos del hogar se extendieran por toda la al-
tura del hogar, la captación de entalpía por paso sería al-
ta, y los tubos en la pared trasera serían de longitud di-
ferente de la de los tubos del resto del recinto (para pro-
porcionar a los gases del hogar un camino de paso a la se-
cción de convección de la unidad), contribuyendo ambos fac-
tores a la tendencia a distribuir mal la circulación.

Como norma general, los colectores mezcladores entre
el paso inferior N^o 4 y el paso superior 5, están aproxima-
damente a mitad de camino del hogar, pero están situados
suficientemente altos para tener una entrada de calor al
paso superior reducida en la medida en que los tubos de los
pasos superiores con menores caudales máxicos de fluido pue-
den ser todavía apropiadamente refrigerados.

En la unidad en cuestión, la combustión tiene lugar
en filas opuestas de quemadores en las paredes delantera y
trasera. Debido a la disposición de los pasos inferiores del
hogar y a la limitada captación de entalpía de fluido de to-
dos los pasos del hogar, este diseño puede tolerar importan-
tes desequilibrios en la combustión sin efectos perjudicia-
les. Por ejemplo, un desequilibrio en la combustión de ade-
lante a atrás aumentará la absorción global en el paso de
la pared delantera o de la trasera, pero no trastornará de
manera importante la absorción en cualquier paso dado en
forma que provoque un desequilibrio perjudicial en la cir-



culación del circuito. Sin embargo, en este diseño súbcritico, el desequilibrado en la combustión de adelante, a atrás no deberá exceder del que haría que una mezcla de vapor de agua y agua entrante en el paso N° 4 pasará del 8% en peso de vapor de agua. Para que haya una combustión equilibrada, este fluido entrante en el paso N° 4 se encuentra en una sola fase subenfriada. Un desequilibrio en la combustión de lado a lado provocará una absorción trastornada en todos los pasos del hogar, en particular en las paredes laterales (paso N° 3), pero debido a la limitada captación de entalpía de fluido del paso, un importante trastorno en la absorción provocará solamente un desequilibrio secundario de la circulación del circuito.

Como ventaja adicional, el uso de una pluralidad de pasos en serie en el recinto del hogar, como se ha descrito, permite y, de hecho, requiere el uso de tubos mayores que los convencionales en calderas de tipo directo. A medida que los tubos de un paso se van reduciendo en número de unos pocos millares a algunos centenares, se aumenta en forma correspondiente el caudal másico (Kg/hora/m^2) por tubo. La necesidad de diámetros de tubo mayores es evidente. En la unidad en cuestión, los tubos son todos de 31,7 milímetros de diámetro exterior (que es grande para una caldera de tipo directo) con un espesor mínimo de pared de 4,5 a 5 milímetros y con distancias entre centros de 37 milímetros. El uso de tubos mayores, que sean relativamente más rígidos, hace más fácil soldar los tubos en forma de paneles, hace más fácil diseñar e instalar turbuladores (dispositivos creadores de turbulencias) y tiene otras ventajas que, a su vez, proporcionan economías en la -



construcción de la unidad.

En la práctica, se tiene la intención de que el diseño específico mostrado sea utilizado con presiones subcríticas. En una unidad de este tipo, existen fases definidas de agua, de agua y vapor de agua, y de vapor de agua con el problema de mantener la ebullición en núcleos, como se ha mencionado, en el paso de mezcla de agua y vapor de agua situado en la zona inferior de gran absorción del hogar. A este respecto, es deseable que exista una fase de agua al menos en la entrada de cada tubo inferior del hogar. Para asegurar la existencia de una fase de agua en las entradas de los tubos del paso N° 4, el paso está diseñado con un número de tubos tan grande como sea posible (compatible con el mantenimiento de un caudal másico mínimo en el paso). En otras palabras, los tubos de los pasos Nos. 2 y 3 forman parte de la periferia del hogar en la menor medida posible. Así, como criterio de diseño, la captación de entalpía en el circuito hasta el paso N° 4 es menor que la que creará, con una combustión equilibrada, una fase de vapor de agua y agua en la entrada a este paso.

Como criterio para el funcionamiento apropiado del dispositivo turbulador, se considera mínimo un caudal másico de $8,25 \times 10^6$ Kg/h/m² en un tubo del paso N° 4 en la zona de gran absorción de calor del hogar. La disposición de los tubos en los pasos N°s. 2-4 del recinto asegura que entre en este paso una fase de agua. Al mismo tiempo, el número de tubos en el paso N° 4 es suficientemente limitado para asegurar que al menos se obtenga el caudal másico mínimo en los tubos de este paso.



El número de tubos en el paso N° 1 del piso viene, naturalmente, dictado por la anchura de la unidad.

Resumiendo, los problemas o criterios básicos con respecto a un desequilibrio de circulación provocado por un trastorno en la absorción, esfuerzos en los ciclos de los tubos y sobrecalentamiento de los tubos en una unidad de tipo directo han sido satisfechos o compensados en el pasado con cambios de diseño individuales y aislados de dudosa efectividad. De la exposición precedente se desprende que la invención salva con un solo diseño nuevo estos problemas principales que han suscitado interés y preocupación en la industria.

La tabla siguiente, dando ejemplos de aspectos de diseño subcríticos, ilustra, con la figura 5, los conceptos de la invención.

T A B L A I

		<u>Captación de calor</u> <u>cal/g</u>			<u>Salida de fluido</u> <u>Temp. °C</u>		
		<u>Nº de</u>	<u>100%</u>	<u>30%</u>	<u>100%</u>	<u>30%</u>	
<u>20</u>	<u>Lugar</u>	<u>tubos</u>	<u>Carga</u>	<u>Carga</u>	<u>Carga</u>	<u>Carga</u>	
	Paso N° 1	Piso	429	33,6	44,8	306°C	274°C
	Paso N° 2	Pared frontal	382	44,8	58,8	338°C	318°C
	Paso N° 3	Paredes frontales y laterales	390	44,8	61,6	360°C	352°C
<u>25</u>	Paso N° 4	Paredes laterales y trasera	664	75,6	100,8	368°C	357°C
	Paso N° 5	Paredes frontales y laterales del hogar superior	1006	44,8	53,3	366°C	357°C



La figura 6 ilustra los principios de la invención específicamente para un generador de vapor de agua supercrítica, en el que los números 112 y 114 representan los recintos de hogar y de convección, respectivamente, conteniendo el último el economizador 116. Desde el economizador, unos tubos descendentes 118 conducen a los extremos de un colector de forma de I 120, cuyo vapor alimenta en una pared de tubos 122 que constituye el paso 124 de tolva inclinada delantera del hogar y la parte inferior de la pared delantera 126. Las patas del colector 120 desembocan en tubos opuestos 124 que constituyen una parte de cada pared lateral del hogar. Los tubos que comprenden estas partes de pared lateral y la pared delantera están unidos integralmente para formar un panel de forma de U que constituye el paso N^o 1 de los circuitos del hogar. En la parte alta del paso N^o 1, los tubos desembocan en un colector de forma de U 120a, desde el que el fluido pasa a dos tubos descendentes 130 dispuestos en el exterior, cada uno de los cuales desemboca en la entrada del paso N^o 2 del hogar a través de colectores de entrada opuestos 132. Este paso está compuesto de paneles 134 de pared lateral opuestos, montados a tope y soldados a los extremos libres del panel del paso N^o 1 de forma de U. En la parte superior de estos paneles, los tubos desembocan en dos colectores de salida 136 dispuestos en lados opuestos del hogar.

Desde los colectores de salida 133, el fluido desciende a través de dos tubos descendentes externos 140 al interior de un colector de entrada de forma de U 142 para el paso N^o 3. Los tubos del paso N^o 3 se extienden desde él y forman un panel de forma de U 144 que comprende la parte inferior de la pared trasera 146 y las partes 148 de las pare



des laterales contiguas a ella. El fluido sube a través de los tubos del paso N° 3 y llega a un colector de salida de forma de U 150. Este panel está soldado a los tubos del panel del paso N° 2 de modo que todo el recinto sea hermético.

5

Desde el colector 150, el fluido se encamina a un colector de entrada de forma de U 152 del paso N° 4 del hogar a través de la tubería 154. Los tubos del paso N° 4 se extienden hacia arriba desde el colector 152 y constituyen todas las paredes laterales y la pared delantera de la región superior del hogar.

10

Desde el colector de salida 156 del paso N° 4, en la parte alta del hogar, el fluido sale a través de los tubos descendentes 158 llegando al colector de entrada 160 de un paso N° 5, que forma la parte superior de la pared trasera 162 del recinto superior del hogar, y el recinto de vestíbulo suspendido para el grupo supercalentador 168. Comprende una pantalla 170 de salida del hogar, una pantalla trasera 172 y las paredes laterales e inferior 174 y 176, respectivamente, del recinto.

15

20

Desde el paso N° 5, el fluido se dirige a través de un tubo descendente adecuado para alimentar el paso N° 6 en el que desemboca y que incluye las paredes delantera, trasera y laterales, así como los tabiques del recinto 114 para la superficie de convección horizontalmente orientada. Desde el paso N° 6 el fluido circula entonces a través de los tubos 178 del cielo y después pasa a los supercalentadores de platina y de acabado.

25

En algunas disposiciones de diseño, es posible combinar los pasos N°s. 5 y 6 conectados en serie en forma de

30

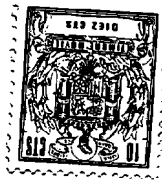


un paso de fluido de circulación ascendente.

Como con la unidad subcrítica, el generador de vapor de agua ilustrado está soportado por arriba por unos miembros de acero adecuados, (no mostrados) que permiten una libre expansión. Los elementos tubulares superiores del hogar (de los pasos N^{os}. 4 y 5) están suspendidos de la parte superior y los pasos inferiores se suspenden de los pasos superiores interconectando los tubulares adyacentes de los respectivos pasos de la menra indicada en la solicitud americana n^o 370.604 presentada el 3 de Mayo de 1.962. Como el paso N^o 5 está alineado por encima y soporta el paso N^o 3, se logra entre los tubos de los pasos superiores e inferiores del hogar una diferencia de temperatura mínima con respecto a la que se tendría en el caso de que estuvieran invertidos los pasos inferiores (o superiores) del hogar y los pasos N^{os}. 1 y 5 fueran contiguos.

Como alternativa, es posible disponer un paso intermedio adicional del hogar en la parte inferior del hogar formada de paneles de tubos soldados por aletas dispuestos en paredes laterales opuestas junto a los paneles del paso N^o 2 anteriormente descrito. En otros aspectos, la unidad sería similar a la unidad descrita y mostrada hasta ahora, con la excepción de que tiene un paso adicional. Además, el paso N^o 5, como se ha descrito anteriormente, puede extenderse de forma que abarque una parte de la periferia del hogar ocupada por el paso N^o 4, reduciendo con ello la periferia del hogar enfriada por el paso N^o 4 y permitiendo que se aumente el caudal másico en este paso.

Para las unidades generadoras de tipo directo y de circulación forzada descritas, se utilizan conexiones de tubo -



adecuadamente calibradas para conectar los pasos múltiples, estando los colectores de salida y de entrada de los pasos apropiadamente calibrados para limitar el desequilibrio en la circulación del fluido provocado por variaciones de la carga de velocidad y de la caída de presión en estos colectores.

Deberá notarse, que, como con la unidad subcrítica, los pasos están calibrados para mantener una velocidad de circulación de fluido máxima en los tubos de los pasos en que más se necesite. Los pasos de fluido en las paredes del hogar están dispuestos para asegurar que las velocidades de circulación dentro de los tubos se mantengan máximas en los lugares en que se obtenga una absorción de calor máxima. Además, en una zona de gran absorción, tal como en el hogar inferior, en un diseño supercrítico, es ventajoso diseñar mayores caudales máxicos de fluido en los pasos en que es máxima la entalpía del fluido. Por consiguiente, la caída de presión disponible en los circuitos se utiliza donde es más necesaria. Las temperaturas del metal se mantienen bajas (obsérvese la figura 5), evitando con ello el uso de costosos aceros de aleación.

Por ejemplo, en la figura 6 el paso N° 1 tiene más tubos que el paso N° 2, el cual, a su vez, tiene más tubos que el paso N° 3. En este aspecto, el caudal máxico es máximo en los tubos inferiores del hogar progresivamente sucesivos para disminuir la caída de temperatura en la película de vapor de agua compensando una mayor temperatura aparente del fluido en los pasos sucesivos. En la región superior del hogar, la absorción de calor es considerablemente menor; por consiguiente, el paso N° 4 está calibrado con un mayor número



de tubos y tiene un menor caudal másico de fluido.

Por consiguiente, los pasos están diseñados para un óptimo caudal másico de enfriamiento de fluido-kg/hora-m²- con el fin de efectuar un enfriamiento eficaz del metal de los tubos a bajas temperaturas de diseño del metal, pudiendo obtenerse de este modo una mínima caída de presión de fluido. Los caudales másicos representativos son los siguientes:

TABLA-HOGAR DE 4 PASOS

Paso	G (caudal másico) kg/hora-m ²
1	8,25 x 10 ⁶
2	10 x 10 ⁶
3	11,5 x 10 ⁶
4	5 x 10 ⁶

La unidad supercrítica se ha descrito con referencia a un fondo de tolva de forma de V. Los principios procedentes son igualmente aplicables a hogares de fondo plano, que se utilizarían si la unidad utilizara únicamente como combustible gas. En este caso, el piso plano pasa a ser un paso independiente del hogar. De igual manera, la invención es aplicable a una unidad con una pared divisoria de hogar refrigerada por agua o por vapor de agua que puede utilizarse cuando la unidad utiliza como combustible carbón. Una unidad subcrítica emplearía una pared divisoria refrigerada por vapor de agua y una unidad supercrítica, una pared divisoria refrigerada por agua.



Deberán resultar evidentes ahora otras ventajas. Debido a que cada paso del hogar está limitado a una parte de las paredes del hogar y tiene una baja captación de entalpía, las diferencias de temperatura entre los diferentes pasos bajo diversas cargas se mantienen dentro de límites satisfactorios incluso con desequilibrios extremados en la combustión, permitiendo una máxima tolerancia de absorción desigual de calor en torno de la periferia del hogar. En ninguna sección del hogar la diferencia de temperatura entre tubos adyacentes pasos excede de 55°C . Limitando esta diferencia de temperatura a 38°C , se mantienen los esfuerzos resultantes sobre el metal dentro de valores aceptados. Asimismo, estas juntas de pasos tienen lugar solamente en ciertos puntos y son poco numerosas. Las diferencias de temperatura entre los tubos del mismo paso son nulas y las desviaciones de las temperaturas de metal de los tubos en una zona de pared de hogar dada debido a una absorción trastornada no pueden experimentarse en gran medida.

Los pasos inferiores del hogar de diferentes temperaturas aparentes del fluido terminan lejos de las esquinas del recinto del hogar. Haciendo la junta soldada en la sección recta de la pared, se obtiene un diseño estructural mejorado. La soldadura de los paneles de los diferentes pasos en las esquinas daría una juntura menos satisfactoria desde el punto de vista estructural y de los esfuerzos.

Pueden subrayarse las diferencias entre el diseño subcrítico y el supercrítico. Las unidades subcríticas precisan que el último paso inferior del hogar ocupe una cantidad mucho mayor de la periferia del hogar. En tales unidades, no es deseable un excesivo desequilibrio de absorción de adelan



5 te a atrás para evitar que aumente la entalpía del fluido hasta el punto en que hay una mezcla de vapor de agua y agua entrando en el último paso inferior del hogar. Sin embargo, se han previsto medios en las conexiones con esta entrada del paso de vapor de agua y agua para permitir que entren sin márgenes de diseño excesivo mezclas de fluido con hasta el 8% en peso de vapor de agua. Una unidad subcrítica no tiene esta limitación trastornada de absorción de adelante a atrás. Por consiguiente, en unidades subcríticas, los pasos respectivos en el hogar inferior están calibrados para evitar esta condición de vapor de agua y agua entrando en el último paso del hogar inferior. En las unidades supercríticas, por otra parte, los pasos inferiores del recinto del hogar están calibrados para obtener caudales progresivamente mayores por tubo, sobrepasando el número de tubos del paso N^o 1 el del paso N^o 3. Sin embargo, en algunos diseños, los pasos inferiores del hogar pueden estar calibrados para caudales máxicos de fluido iguales. Los desequilibrios de lado a lado en unidades subcríticas se obtienen de la misma manera que en las unidades supercríticas. Utilizando la presente invención en unidades subcríticas, se logra la incorporación de una capacidad de resistencia frente a razonables desequilibrios de adelante a atrás y a extremados desequilibrios de lado a lado, manteniendo eficazmente las diferencias y desviaciones de temperatura y los esfuerzos resultantes y los ciclos de esfuerzos dentro de límites satisfactorios.

15
20
25
30 Las descripciones anteriores para las unidades subcríticas y supercríticas subrayan una importante ventaja de la invención, la flexibilidad de diseño ofrecida. Práctica-



mente con la única limitación de que se dispongan suficientes pasos para satisfacer requisitos de velocidad y de captación de entalpía, los pasos pueden ajustarse por lo demás a cualquier número para fines tales como los de evitar el uso de tubos de diámetros excesivamente pequeños o de evitar el uso de orificios (por la frecuente acción de mezcla y la limitada captación de entalpía por paso), sea la unidad supercrítica o subcrítica, e independientemente del combustible utilizando. En este aspecto, el enfoque de una acción de mezcla frecuente y la flexibilidad en el número de pasos evitan también la necesidad de recurrir al uso, como en las unidades convencionales de ventiladores de recirculación de gas y de bombas de recirculación para proteger el hogar durante periodos de puesta en marcha y de baja carga.

Resultará evidente para los versados en la materia que pueden hacerse cambios en la forma de los aparatos descritos sin apartarse del espíritu y del alcance de la invención cubiertos por las siguientes reivindicaciones.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América el 22 de Octubre de 1.965 con el número 501.269, se acoge a los beneficios del artículo 51 del Vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.



N O T A



5 Los puntos de invención propia y nueva que se presen-
tan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de In-
vención en España por VEINTE años son los siguientes:

10 1.- Un generador de vapor de tipo directo, que compren-
de un recinto de hogar rectangular y verticalmente orientado;
comprendiendo el recinto secciones de panel lado a lado, que
definen al menos tres pasos de circulación ascendente; compren-
diendo cada sección de panel tubos paralelos soldados entre -
sí, dotados de aletas y verticalmente orientados; estando las
secciones de panel soldadas entre sí de manera que el recinto
o sea esencialmente hermético a los gases; unos medios quema-
15 dores que calientan por radiación dicho recinto; unos medios
de colector que conectan los pasos de circulación en serie,
aumentando la entalpía del fluido en pasos sucesivos; estan-
do las secciones de panel dispuestas de modo que un paso de
entalpía intermedia que comprende secciones múltiples de pa-
20 nel esté dispuesto en lados opuestos de las secciones de pa-
nel de los pasos de entalpía mayor y menor y entre dichas se-
cciones.

25 2.- Un generador de vapor de tipo directo, que compren-
de medios de pared que definen una sección rectangular de cal-
deo por radiación; comprendiendo los medios de pared una plu-
ralidad de tubos paralelos dotados de aletas y soldados entre
sí longitudinalmente para definir un recinto esencialmente -
hermético a los gases; colectores para dichos tubos; estando
dispuestos los tubos y los colectores para ellos de modo que



5 el recinto quede dividido en al menos cuatro secciones de panel lado a lado, estando las secciones de panel conectadas en serie para formar al menos tres pasos de fluido de circulación ascendente de entalpía creciente; unos medios de quemador que calientan por radiación dichos medios de pared; comprendiendo el paso intermedio de entalpía intermedia al menos dos de dichas secciones de panel y en el que las dos secciones de panel se paran y están en lados opuestos de las dos restantes secciones de panel de los pasos de mayor y menor entalpía.

10 3.- Un generador de vapor de tipo directo, que comprende cuatro secciones de panel lado a lado verticalmente orientadas y soldadas entre sí para formar un recinto de hogar rectangular; comprendiendo cada sección de panel tubos paralelos dotados de aletas, verticalmente orientados y soldados entre sí de modo que el recinto sea esencialmente hermético; unos medios de quemador que calientan por radiación dicho recinto; unos medios que conectan las secciones de panel en una relación de serie de modo que un fluido
15 siga al menos tres pasos de circulación ascendente en dicho recinto, aumentando la entalpía del fluido en pasos sucesivos; comprendiendo el paso intermedio de entalpía intermedia dos de dichas secciones de panel y en que las dos secciones de panel se paran y están en lados opuestos de las
20 dos restantes secciones de panel de los pasos de mayor y menor entalpía.

25 4.- Un generador de vapor según la reivindicación 3, en el que el generador ha de ser hecho funcionar a presiones subcríticas, ocupando los paneles de los pasos de entalpía inferior e intermedio una parte limitada del recinto del hogar de modo que entre una fase de agua en el paso de mayor
30 entalpía.



5.- Un generador de vapor según la reivindicación 4, en el que el paso de mayor entalpía ocupa una parte suficientemente limitada del recinto del hogar para obtener un caudal másico de al menos $8,05 \times 10^6$ kg/hora/m² en los tubos del paso de mayor entalpía.

6.- Un generador de vapor según la reivindicación 4, en el que la disposición de las secciones de panel en el recinto es simétrica.

7.- Un generador de vapor según la reivindicación 6, en el que las secciones de panel para los pasos de mayor y menor entalpía son de forma de U con tubos en las paredes trasera, delantera y laterales, respectivamente.

8.- Un generador de vapor según la reivindicación 4, que incluye turbuladores (dispositivos creadores de turbulencia) en los tubos del paso de mayor entalpía.

9.- Un generador de vapor según la reivindicación 3, en el que las secciones de panel lado a lado ocupan una parte inferior solamente del recinto del hogar, incluyendo además un paso adicional de circulación ascendente que comprende secciones de panel de paredes delantera y laterales que ocupan la parte superior del recinto del hogar; medios de colector para transmitir fluido desde dicho paso de mayor entalpía al paso adicional; terminando las secciones de panel de la parte inferior sustancialmente en el mismo plano horizontal.

10.- Un generador de vapor según la reivindicación 9, en el que las secciones de panel de la parte inferior se extienden aproximadamente a mitad de camino hacia arriba del recinto del hogar.

11.- Un generador de vapor según la reivindicación 3,



en el que las secciones de panel están dimensionadas de modo que entre una fase de agua en el paso de mayor entalpía, teniendo cada uno de los pasos un caudal másico de al menos $8,05 \times 10^6$ kg/hora/m².

5 12.- Un generador de vapor según la reivindicación 11, en el que las secciones de panel terminan sustancialmente en el mismo plano horizontal aproximadamente a mitad de camino del recinto del hogar, incluyendo además un paso adicional de circulación ascendente que comprende secciones de panel de paredes delantera y laterales de forma de U que ocupan la 10 mitad superior del recinto del hogar; teniendo los tubos - aproximadamente 31,8 milímetros de diámetro exterior y 4,57 a 5,08 milímetros de espesor mínimo de pared.

15 13.- Un generador de vapor de tipo directo, que comprende de unos primeros medios de pared que definen una sección de caldeo por radiación del hogar; unos segundos medios de pared que definen una sección de convección en comunicación de circulación de gas, con la sección del hogar; comprendiendo los 20 primeros medios de pared al menos cuatro secciones de panel lado a lado comprendiendo cada sección de panel tubos paralelos dotados de aletas y soldados longitudinalmente entre sí, estando los paneles conectados en serie para formar al menos tres pasos de fluido de entalpía creciente; comprendiendo el paso intermedio de entalpía intermedia al menos 25 dos de dichas secciones de panel dispuestas de modo que las secciones de panel restantes de los pasos primero y tercero estén separados en lados opuestos por las dos secciones de panel del paso intermedio.

30 14.- Un generador de vapor de tipo directo y de circulación forzada, que comprende medios que definen una cámara



de hogar inferior; incluyendo dichos medios una pluralidad de paneles formados conjuntamente y cada uno de los cuales tiene tubos de circulación ascendentes paralelos, orientados, sustancialmente verticales y soldados entre sí a lo largo de toda su longitud para formar un recinto de hogar inferior hermético, comprendiendo el recinto un primer paso de circulación, un último paso de circulación y al menos un paso de circulación intermedio dispuesto en forma de circulación en serie con los pasos de circulación primero y último, comprendiendo el paso de circulación intermedio dos de tales paneles dispuestos en relación espaciada entre sí a lo largo de la periferia del recinto y entre los paneles de los pasos de circulación dispuestos en serie inmediatamente precedentes y siguientes, unos medios mezcladores entre los pasos dispuestos para recibir y mezclar todo el caudal procedente de cada paso, y unos tubos descendentes exteriores no calentados entre los pasos para conducir el caudal procedente de cada paso al paso inmediatamente siguiente.

15.- Un generador de vapor de circulación forzada según la reivindicación 14, en el que los paneles forman un recinto rectangular y están adaptados de modo que los bordes verticales de paneles de pasos adyacentes no coincidan con las esquinas de dicho recinto.

16.- Un generador de vapor de circulación forzada según la reivindicación 14, en el que el generador está diseñado para presiones supercríticas, comprendiendo los sucesivos pasos en serie números progresivamente crecientes de tubos, seleccionándose el número de tubos en cada paso para hacer óptima la caída de presión y el caudal másico de



fluido a su través.

5 17.- Un generador de vapor de circulación forzada se-
gún la reivindicación 14, que comprende además dos colectores
de entrada separados y dos colectores de salida separados -
dispuestos respectivamente para dar paso a un caudal a y
desde los dos paneles del paso de circulación intermedio.

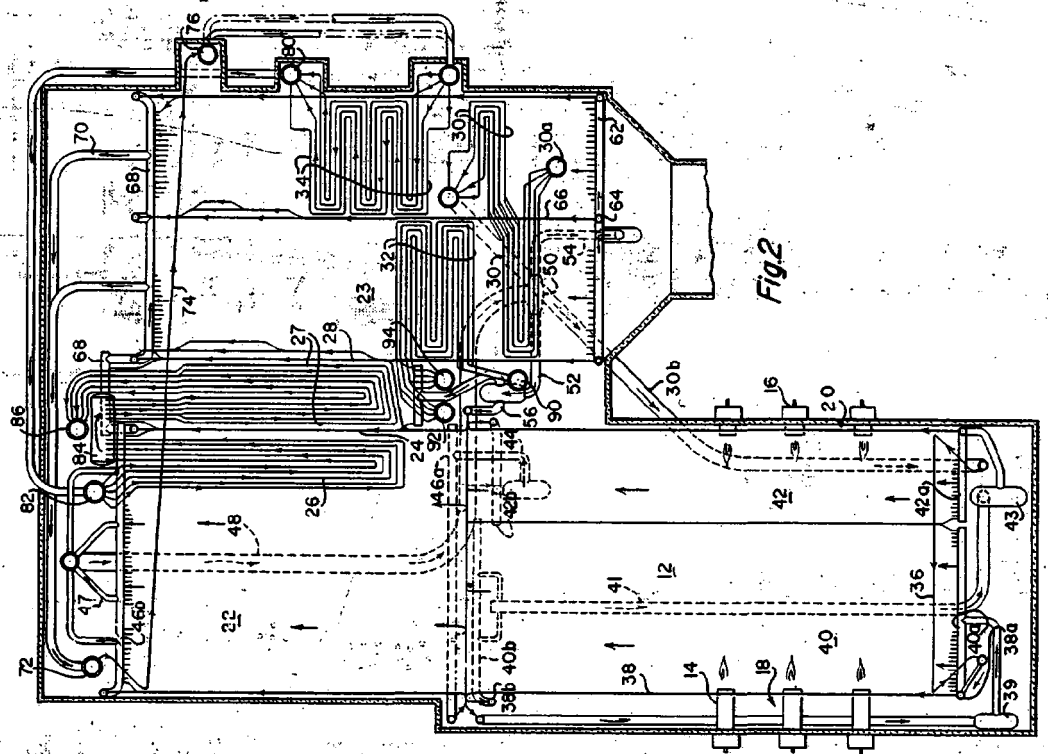
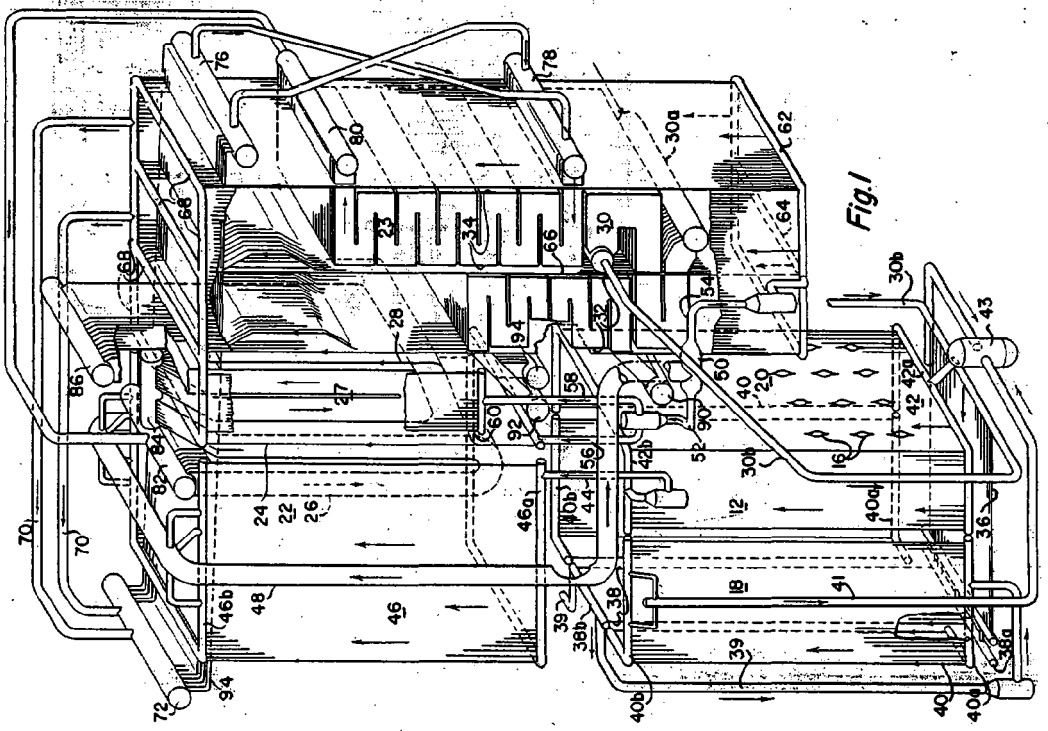
18.- Un generador de vapor de tipo directo.

10 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede
representado en los dibujos que se acompañan y para los fi-
nes que se han especificado.

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

Madrid.

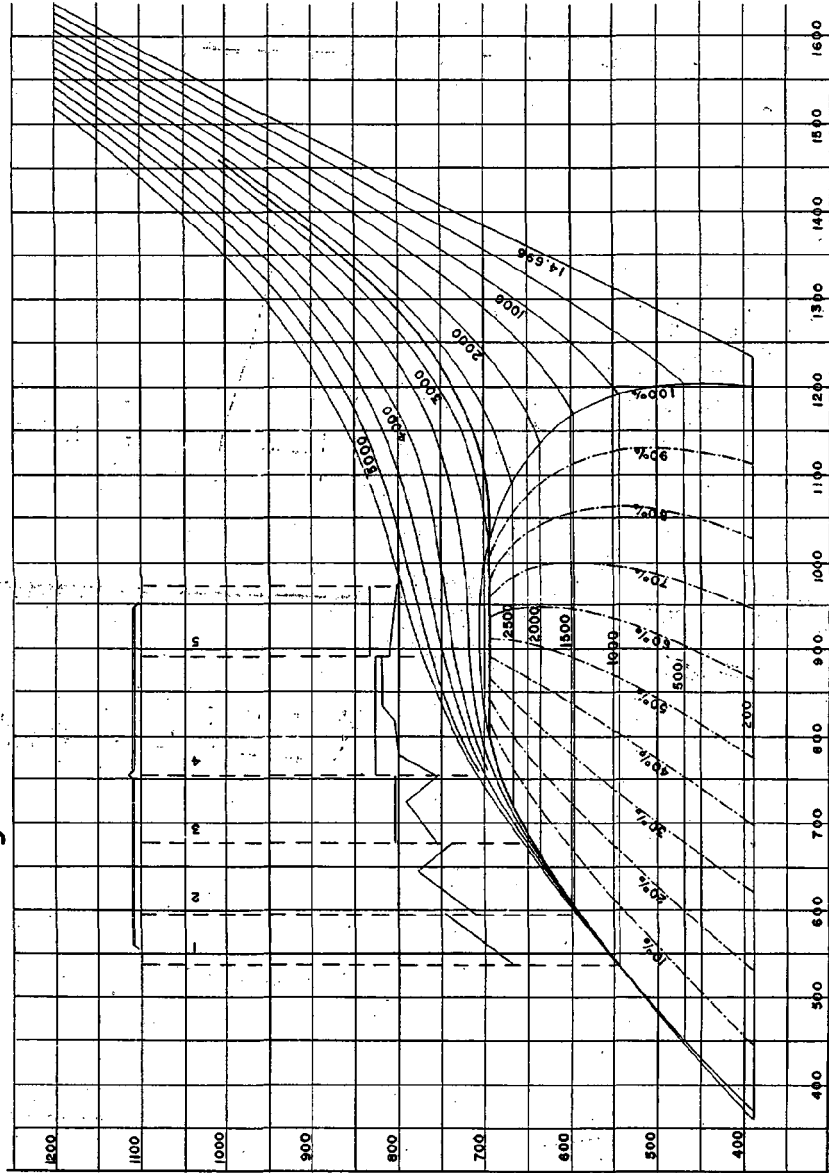
P.A.



W. W. Foster



Fig. 5



Orin