

CH/M

331950



## memoria descriptiva

CLASE DE REGISTRO Una Patente de Invención, por veinte años en España.

NOMBRE Y NACIONALIDAD DEL SOLICITANTE General Electric Company  
(sociedad EE.UU.)

RESIDENCIA Y DOMICILIO New York 10016, N.Y. (EE.UU.)  
159 Madison Avenue

OBJETO " MEJORAS EN SISTEMAS DE BOMBEO DE FLUIDOS ".

INVENTOR Don John Margin Roberts (EE.UU.)

PRIORIDAD Patente EE.UU. nº 497.787, del 19 de Octubre de 1965.



1

El presente invento se refiere ampliamente a sistemas de bombeo de fluidos y más particularmente a un sistema mejorado de bombeo de fluido para reactores nucleares y que contiene un sistema de bombeo de chorro impulsado por agua de alimentación para bombear el fluido de recirculación del reactor nuclear.

5

10

La liberación de grandes cantidades de energía por medio de reacciones de fisión nuclear al presente es bastante bien conocida. En general, un átomo fisionable tal como  $U^{233}$ ,  $U^{235}$  ó  $Pu^{239}$  absorbe un neutrón en su núcleo y experimenta una desintegración nuclear. Esto produce como promedio dos productos de fisión de peso atómico inferior y gran energía cinética, y varios neutrones de fisión, también de alta energía. Por ejemplo, la fisión de  $U^{235}$  produce un producto ligero de fisión y un producto pesado de fisión con números de masa que van entre 80 y 110 y entre 125 y 155 respectivamente y con un promedio de 2.5 neutrones. La liberación de energía se acerca a 200 mev (millón de electrón voltios) por fisión.

15

20

La energía cinética de los productos de fisión se disipa rápidamente como calor en el combustible nuclear. Si después de esta generación de calor queda por lo menos un neutrón neto, que induce una fisión subsiguiente, la reacción de fisión se hace auto-sostenida y la generación de calor es continua. El calor se extrae haciendo pasar un refrigerante en relación de intercambio de calor con el combustible. La reacción puede continuarse en tanto exista suficiente material fisionable en el combustible para sobrepasar los efectos de los productos de fisión y otros absorbedores de neutrones que también pudieran

25



1 estar presentes.

5 Durante muchos años se han utilizado bombas de chorro en una variedad de aplicaciones, en que la simplicidad, robustez y falta de partes móviles de la bomba sobrepasan su eficacia algo inferior si se la compara con otros tipos de bombas. Por ejemplo, las bombas de chorro se utilizan comunmente como bombas de pozo, bombas de aire, inyectoras de agua de alimentación de calderas y eyectores de vacío de vapor. Los dos primeros ejemplos representan usos, en los que los fluidos impulsado e impulsor son los mismos. En el tercer ejemplo, el fluido impulsor es vapor, mientras que el fluido impulsado es agua, mientras que en el cuarto ejemplo, el fluido impulsor es vapor, mientras que el fluido impulsado es aire u otros gases.

15 Las bombas de chorro son atractivas para hacer recircular refrigerante de reactor en los reactores de agua hirviendo, primariamente porque pueden colocarse dentro del depósito del reactor y por lo tanto reducir el volumen de agua requerido para ser bombeado al exterior del depósito del reactor. Esto no sólo hace posible reducir el número y el tamaño de tuberías externas de recirculación, sino que también permite la reducción en el número y el tamaño de penetraciones hechas en el depósito del reactor.

25 Según aumentan las necesidades de fuerza de los reactores nucleares, es necesario incrementar correspondientemente el refrigerante que recircula, suministrando al alma de reactor. Esto significa que la proporción de flujo de masa (la proporción del fluido impulsado respecto al fluido impulsor) de las bombas de chorro tiene que aumentar para acomodarse a las deman-



1 das aumentadas del reactor. Sin embargo, se ha encontrado que  
con un aumento en la proporción de flujo de masa, el régimen de  
flujo de las bombas de chorro se hace sensitivo en aumento a los  
cambios de presión a través de las secciones de admisión de sa-  
lida de las bombas de chorro. Estos cambios ocurren con los co-  
5 rrespondientes cambios en la presión a través del alma del reac-  
tor. Para fines de control, es deseable mantener el régimen de  
la bomba de chorro a un valor aproximadamente constante, sin te-  
ner en cuenta los cambios de presión a través de sus secciones  
de admisión y de salida.

10 Para vencer esta condición, hasta ahora  
se ha considerado necesario, bien sea revertir a bombas exterior-  
res convencionales o a utilizar bombas de chorro de fase simple  
impulsadas por una fuente, que no es de agua de alimentación. Ca-  
15 da una de estas tendencias tiene inconvenientes tales como, ta-  
maño limitado, coste y penetración de la base del reactor. Enton-  
ces el problema era el de ser capaz de satisfacer el requisito  
de régimen de flujo incrementado, procurar un sistema económico  
y usar todavía bombas de chorro, que son relativamente insensi-  
20 bles a variaciones de presión.

25 El primer aspecto del presente invento  
se refiere al uso del agua de alimentación para impulsar bombas  
de chorro colocadas en el alma del reactor. Inicialmente se ob-  
servó que para una variación dada en la caída de presión a tra-  
vés del alma del reactor, una bomba de chorro impulsada con agua  
de alimentación, teniendo un régimen de flujo de masa bajo, da-  
ría por resultado solamente un pequeño cambio en el régimen de  
flujo al alma del reactor. Entonces se observó que, colocando dos



1 bombas de chorro impulsadas por agua de alimentación, en serie  
con el alma del reactor, se obtenía un régimen de flujo adecua-  
do y cada bomba tenía una masa suficientemente pequeña de régi-  
men de flujo para ser relativamente insensible a variaciones de  
5 presión.

Después de seleccionar bombas de chorro,  
teniendo un régimen de flujo de masa pequeña, se descubrió que  
el fluido impulsado (el agua de recirculación en el caso de un  
reactor de agua hirviendo) se disociaba en vapor en la admisión  
10 de la bomba lo que daba por resultado una reducción sustancial  
de eficacia. Por lo tanto, un segundo aspecto del presente inven-  
to consiste en una técnica para vencer la disociación de la ad-  
misión. Este problema se resolvió utilizando una relación única  
de intercambio térmico entre el agua de alimentación impulsora  
15 de la bomba de chorro de la primera fase y el agua impulsada re-  
circulante de tal modo que el agua impulsada recirculante se en-  
friaba hacia abajo por un importe predeterminado inferior a su  
temperatura de saturación y por ello se evitaba la disociación  
en vapor cuando su presión era reducida en la admisión de la bom-  
20 ba. De esta manera se evitaba la cavitación de la bomba de cho-  
rro, lo que permitía una eficacia óptima.

Resumiendo, en el sistema de bomba de  
chorro de agua de alimentación del presente invento, el agua de  
alimentación se divide en dos corrientes antes de entrar en el  
25 depósito de presión del reactor. Alrededor de una cuarta parte  
del agua de alimentación, que fluye, se usa para control de re-  
circulación del nivel de agua dentro del reactor. Los restantes  
tres cuartos del flujo de agua de alimentación se suministran  
a los conjuntos de bomba de chorro del sistema de bomba de cho-



1 rro para bombear el agua de recirculación a través del alma del  
reactor. Cada conjunto de bomba de chorro comprende una bomba  
de chorro de primera fase, montada concéntricamente dentro de  
un cambiador térmico, y dos bombas de chorro de segunda fase,  
5 respectivamente alojadas a lo largo de lados opuestos del cambia-  
dor térmico. El agua de alimentación entra primero en el cambia-  
dor térmico, donde fluye en relación de intercambio térmico con  
el agua de recirculación, que está fluyendo hacia la admisión  
de la bomba de chorro de primera fase. El agua de alimentación  
10 calentada fluye después a través de la tobera de chorro de la  
bomba de primera fase y aspira en el agua de recirculación en-  
friada a través de la admisión de la bomba de primera fase. La  
salida de la mezcla de agua de alimentación y agua de recircula-  
ción de la bomba de chorro de primera fase se divide después y  
15 fluye dentro de las toberas de chorro de las dos bombas de cho-  
rro de segunda fase. Esto constituye el fluido impulsor de las  
dos bombas de segunda fase, que aspiran más agua de recircula-  
ción en sus admisiones. La bomba de segunda fase después descar-  
gan el fluido impulsor y el agua de recirculación en la cámara  
20 de suministro, que comunica con la admisión del alma del reac-  
tor.

Por ello, la bomba de chorro de primera  
fase bombea un volumen relativamente pequeño de agua de recir-  
culación, mientras que las bombas de chorro de segunda fase bom-  
25 beam un gran volumen de agua de recirculación. Cada bomba de  
chorro del ejemplo aquí descrito tiene una proporción de flujo  
de masa de alrededor de 2,6 y una proporción de flujo combina-  
da de masa de alrededor de 12. Esto significa que una libra de



1  
agua de alimentación bombea 12 libras de agua de recirculación,  
que es suficiente para la mayoría de los reactores de agua hir-  
viendo de gran capacidad.

El objeto que se considera como invento  
5 se expresa particularmente y se reivindica claramente en la por-  
ción concluyente de la memoria. El invento, sin embargo, tanto  
respecto a su organización y funcionamiento, junto con ulterio-  
res objetos y ventajas del mismo, puede entenderse mejor hacien-  
do referencia a la siguiente descripción tomada en relación con  
10 los dibujos adjuntos, en que:

La fig. 1 es un diagrama esquemático, par-  
cialmente en sección; de un reactor nuclear empleando los conjun-  
tos de bomba de agua de alimentación del presente invento.

15 La fig. 2 es un alzado superior tomado en  
la sección 2-2 de la figura 1 e ilustra la disposición de los con-  
juntos de bomba en el reactor nuclear.

La fig. 3 es un diagrama esquemático ilus-  
trando los recorridos de corriente del fluido en el reactor, con-  
juntos de bomba de chorro, y espira externa de fluido de acuerdo  
20 con el presente invento.

La fig. 4 es un diagrama esquemático mos-  
trando el conjunto de bomba de chorro del presente invento e ilus-  
tra su configuración general, recorridos de corriente, e identi-  
fica sus varias dimensiones y características de fluido.

25 La fig. 5 es un diagrama mostrando las ca-  
racterísticas de temperatura y presión del agua de recirculación  
suministrada a la admisión de la bomba de primera fase.

La fig. 6 es un diagrama mostrando el ré-



1 gimen de flujo de la bomba de chorro como una función de caída  
de presión a lo largo de la bomba de chorro para bombas de cho-  
rrro teniendo proporción de flujo de masa de 2,6 y 10.

5 La fig. 7 es una vista isométrica, parcial-  
mente en sección, mostrando los detalles del conjunto de bomba  
de chorro del presente invento.

La fig. 8 es un alzado lateral parcial to-  
mado en la sección 8-8 de la fig. 7.

10 La fig. 8A es una vista sección de una dis-  
posición alternativa de la tobera de bomba de chorro de primera  
fase y de elementos de montura; y

La fig. 9 es un alzado de fondo tomado en  
la sección 9-9 de la fig. 7.

15 En la fig. 1 se ilustra esquemáticamente  
una planta de energía de reactor nuclear en que el sistema de bom-  
beo de chorro impulsado por agua de alimentación del presente in-  
vento se emplea para hacer recircular el refrigerante moderador  
en el reactor nuclear. Debe entenderse que lo dicho en el presen-  
te invento puede usarse con plantas de energía muy diferentes;  
20 sin embargo, se describe como si se utilizase con un reactor de  
agua hirviente, puesto que se ha encontrado particularmente útil  
con este tipo de planta.

25 El sistema reactor descrito en la fig. 1  
incluye el depósito 10 de presión del reactor provisto de cabeza  
12 desmontable, que está asegurada por medio de bridas 14 y 16.  
Dispuesta dentro del depósito de presión 10 está un alma 18 de  
reacción nuclear en cadena, que incluye una pluralidad de haces  
20 de combustible nuclear, montados verticalmente. Cada haz de



E5

1 combustible consiste en una pluralidad de barras de combustible  
extendidas longitudinalmente (no mostradas) que están montadas  
en relación espaciada y están rodeadas por un canal de flujo de  
extremo abierto. Un ajuste superior está previsto para cada haz  
de combustible y está conectado al extremo abierto superior del  
5 canal de flujo de haz de combustible. Una guarnición de fondo  
está conectada al extremo abierto inferior del canal de flujo  
de cada haz de combustible. Una pluralidad de tubos guidores  
24 de barra de control, extendidos longitudinalmente, tienen sus  
10 extremos superiores soportados por la placa 26 de rejilla de  
fondo. Un grupo de cuatro haces de combustible está asociado con  
cada tubo de guía de barra de control, en que la guarnición de  
fondo de cada haz está montada en un zócalo en el extremo supe-  
rior del tubo guidor de barra de control asociado. El extremo  
15 superior de cada tubo de guía está provisto de aberturas, que  
comunican con la cámara de suministro 86 y con las guarniciones  
de fondo de los haces de combustible asociados. Las guarniciones  
superior y de fondo de los haces de combustible tienen abertu-  
ras en las mismas para permitir el paso de fluido desde una cá-  
mara de suministro 86 a través de los haces de combustible has-  
20 ta la cámara de plenitud 22.

Las barras de control 28 (mostradas en  
líneas de puntos) controlan el nivel de potencia del reactor.  
Una barra de control separada está montada en cada tubo 24 guía-  
25 dor de barra de control para resbalar longitudinalmente hacia  
arriba y abajo entre los cuatro haces de combustible 20 vertica-  
les asociados descansando sobre el tubo guidor. Las barras de  
control 28 son movidas para entrar y salir del alma del reactor



1 por árboles 30 impulsores de barra de control, que se extienden  
a través y dentro de casquillos 32 de impulsión de barras de  
control verticales respectivos. Estos casquillos están cerrados  
por el fondo del depósito y están sujetos a los extremos de fon-  
do de los tubos 24 de guía de barras de control. Los árboles de  
5 impulsión de barra de control están accionados por mecanismos  
impulsores (no mostrados) que controlan las posiciones de las  
barras de control en el alma del reactor y por ello controlan  
el nivel de potencia de la manera deseada. Una cubierta 36 está  
10 montada coaxilmente dentro del recipiente de presión para dejar  
un espacio erecto o anillo 38 descendente entre la cubierta y  
la pared del recipiente. Una pluralidad de conjuntos 40 de bom-  
ba de chorro de dos fases verticales están montados en el anillo  
descendente (véase también la figura 2). Aunque los conjuntos  
15 de bomba de chorro se describirán en lo que sigue en detalle, se  
observará ahora que los componentes básicos de cada conjunto de  
bomba de chorro comprenden el cambiador térmico 42, bomba de cho-  
rro 44 de primera fase (véase también figuras 4 y 7) y dos bom-  
bas de chorro de segunda fase 46 y 48. Cada uno de los conjuntos  
20 de bomba de chorro son idénticos y cada uno es una unidad sepa-  
rada. El desmontaje se consigue desconectando el acoplamiento  
50 y levantando el conjunto desde el anillo descendente. Se su-  
ministra agua de alimentación a la cámara de plenitud anular 52,  
que tiene una pluralidad de tuberías de suministro 54 que se ex-  
25 tienden radialmente hacia dentro para suministrar agua de ali-  
mentación a los conjuntos. Cada una de estas tuberías de suminis-  
tro está conectada por medio del acoplamiento 56 y por el aco-  
plamiento 50 a la admisión del cambiador térmico 42 del conjun-  
to asociado de bomba de chorro.



1

En el funcionamiento de un típico reactor de agua hirviente, una mezcla de vapor-agua se produce por el alma 18, que se transmite a la cámara de plenitud 22. La mezcla de vapor-agua, así generada puede tener típicamente una cualidad de alrededor de 10%, es decir, una mezcla conteniendo 10% de peso de vapor. La salida de la cámara de plenitud 22 está conectada a separadores 62 de vapor que separan el vapor de la mayoría del agua. El vapor separado es transmitido al secador 64 de vapor, que está montado sobre un miembro 66 anular de soporte, que elimina el agua restante y el vapor seco obtenido del mismo es después transmitido a la turbina 68, que impulsa el generador eléctrico 70. El agua, que ha sido separada de los separadores 62 y secador 64 se retorna al agua contenida en el depósito 10, cuyo nivel superior se ilustra por la línea interrumpida 72. El vapor de escape de la turbina 68 se condensa y después se recoge en el pozo caliente 44.

5

10

15

20

25

El condensado de vapor se extrae del pozo caliente por la bomba 76, cuya salida se divide en dos diferentes recorridos de flujo de agua de alimentación. El primer recorrido de flujo de agua de alimentación pasa por la válvula 78, por la guarnición 80 y dentro de un rociador anular 81, que distribuye circunferencialmente el agua de alimentación en el agua contenida en el depósito 10 de presión del reactor. Alrededor de una cuarta parte del agua de alimentación se transmite al depósito de presión del reactor por este camino de flujo a un régimen, que es suficiente para mantener el nivel de agua 72 a un valor casi constante durante todas las condiciones de carga. El pequeño control requerido se realiza controlando la válvula 78 por



1 medio de dispositivos de control convencionales, que no se mues-  
tran ni describen, puesto que no constituyen parte del presente  
invento. El segundo camino de flujo de agua de alimentación es  
a través de la válvula 82, a través de la válvula 84 y dentro de  
5 la cámara de plenitud anular 52 a los conjuntos 40 de bomba de  
chorro. Esto constituye alrededor de tres cuartas partes del agua  
de alimentación y sirve de fluido impulsor de los conjuntos de  
bomba de chorro, que funciona para suministrar el agua de recir-  
culación necesaria al alma del reactor. Puesto que el régimen  
10 de bombeo de recirculación es un método de procurar carga auto-  
mática rellenando un reactor de agua hirviente, esto puede rea-  
lizarse, bien sea controlando la velocidad en la bomba 84, o bien  
la posición de la válvula 82, cada una de las cuales controla el  
régimen de flujo de agua de alimentación a los conjuntos de bom-  
15 ba de chorro. Los conjuntos de bomba de chorro impulsados por agua  
de alimentación transfieren agua de recirculación desde la cáma-  
ra superior 88 a la cámara de suministro 86 a una presión incre-  
mentada. Suponiendo un aumento de presión de 16 libras por pulga-  
da cuadrada por los conjuntos de bomba de chorro, existirá un  
20 aumento de presión de 16 libras por pulgada cuadrada a través del  
alma 18 del reactor y de los separadores de vapor 62. Por lo tan-  
to, el fluido de recirculación fluirá hacia arriba desde la cá-  
mara de suministro 86, a través de los haces de combustible 20,  
de la cámara de plenitud 22, de los separadores de vapor 62 a  
25 la cámara superior 88, que está en comunicación libre con el ani-  
llo descendente 38, y retornando a la admisión de los conjuntos  
de bomba de chorro.

En práctica efectiva, el agua suministra-



1 da desde la cámara de suministro 86 tiene dos caminos de flujo.  
El primer camino de flujo, comunmente citado como el flujo de  
fuga secundario, consiste en la fuga de alrededor de 10% del flu-  
jo total de la cámara de suministro 86 a través de aberturas anu-  
5 lares formadas entre las superficies exteriores en los extremos  
superiores de los tubos de guía de control de barra 24 y las  
aberturas asociadas en la placa 26 de rejilla de fondo. Este agua  
fluye hacia arriba a lo largo de la superficie exterior de haces  
20 de combustible nuclear, que mantiene las aspas de las barras  
de control y el exterior de los haces de combustible a una tem-  
peratura menor que la del vapor saturado bajo las condiciones  
de presión comprendidas. Este flujo de fuga secundario es trans-  
mitido a la cámara de plenitud 22, a través de espacios formados  
entre los extremos superiores de los haces de combustible y se  
mezcla con la mixtura de vapor-agua emitida desde los haces de  
15 combustible. El segundo camino de flujo consiste en transmitir  
el restante 90% del flujo total desde la cámara de suministro  
86 a través de las aberturas en la parte superior de las barras  
de control, a través de las guarniciones inferiores de los haces  
de combustible, a través de los canales de flujo de los haces  
20 de combustible, después a través de las guarniciones superiores  
de los haces de combustible y dentro de la cámara de plenitud  
22. Dentro de los canales de flujo, este agua sirve de refrige-  
rante moderador, en que las barras de combustible dentro de los  
canales de flujo convierten el agua en una mezcla de vapor-agua.  
25 La cualidad de la mezcla de vapor-agua, que resulta de mezclar  
el flujo de fuga secundario y la mixtura de vapor-agua de los  
haces de combustible es típicamente alrededor de 10%.

Puesto que la mezcla de vapor-agua en



1 la cámara de plenitud 22 tiene una cualidad de alrededor de 10%,  
sólo se transmitirá 10% de peso (vapor seco) a la turbina 68,  
mientras que el restante 90% es separado como agua por los sepa-  
radores 62 y secador 64 y se retorna a la cámara superior 88.  
Por lo tanto, el régimen de flujo a través del alma es alrededor  
5 de 10 veces mayor que el régimen de flujo de vapor a la turbina  
(que es lo mismo que el régimen de flujo del agua de alimenta-  
ción) puesto que sólo se usa alrededor de tres cuartos del agua  
de alimentación como fluido impulsor en los conjuntos de bomba  
de chorro, la proporción de flujo de masa de los conjuntos de  
10 bomba de chorro tiene que ser del orden de doce a uno (12/1).  
Esto es, una libra de agua de alimentación tiene que bombear al-  
rededor de 12 libras de agua de recirculación desde la cámara  
superior 88 a la cámara de suministro 86.

15 El número de conjuntos de bomba de cho-  
rro empleado en una planta de energía particular, dependerá del  
tipo de planta de energía y de la cantidad de energía, que tie-  
ne que suministrar. A fines de ilustración, la planta de energía,  
que incorpora el presente invento, puede suponerse teniendo las  
siguientes características, que son típicas de un reactor nuclear  
20 de agua hirviente de capacidad bastante grande.

#### DATOS DEL REACTOR

25 Energía neta del reactor	600 MWe
Flujo del alma del reactor	$72 \times 10^6$ #/hr.
Cualidad de salida de vapor de la cámara de plenitud	10,3%
Flujo de vapor	$7,42 \times 10^6$ #/hr.



1	Flujo de agua de la alimentación (Control de nivel)	1,86 x 10 <sup>6</sup> #/hr.
	Flujo de agua de alimentación (bombeo)	5,56 x 10 <sup>6</sup> #/hr.
5	Presión de reactor	1000 libras por pulgada cuadrada.
	Temperatura de reacción (saturación)	545°F
	Caída de presión del alma	16 libras por pulgada cuadrada.

10 Como se ha explicado anteriormente, es de-  
seable usar bombas de chorro montadas dentro del depósito del  
reactor para hacer circular el agua desde la cámara superior 88  
a la cámara de suministro 86. Esto es, porque entonces es inne-  
sario penetrar en el depósito del reactor con grandes conducto-  
res de recirculación, como se requiere cuando se usan bombas de  
15 recirculación exterior del reactor. El presente invento no sólo  
usa bombas de chorro, que están dentro del depósito del reactor,  
sino que está dispuesto de tal modo que sólo pequeños conductos  
penetran en el depósito en una situación muy por encima de la  
20 cámara de suministro 86.

En la figura 3 existe un diagrama esquemá-  
tico, que ilustra los caminos de flujo del fluido en el reactor,  
conjuntos de bomba de chorro y espira de fluido externa. Como  
se describió anteriormente, el agua de alimentación se divide  
25 en dos corrientes antes de entrar en el depósito de presión. Un  
cuarto del flujo del agua de alimentación se usa para el control  
de nivel. Los restantes tres cuartos del flujo del agua de ali-  
mentación se aumentan de presión por la bomba 84 y se suminis-



1106

1 tran después a los conjuntos 40 de bombas de chorro para bombear  
el agua de recirculación. Este flujo de agua de alimentación de  
alta presión entra en la cámara superior de plenitud 90 del cam-  
biador térmico de cada conjunto de bomba de chorro. El agua de  
5 alimentación pasa entonces bajando a través de los tubos 92 del  
cambiador térmico y sale a la cámara inferior de plenitud 94 del  
cambiador térmico. Desde la cámara de plenitud inferior el agua  
de alimentación fluye ascendiendo a través de la tobera de cho-  
rro 98 de la bomba 44 de chorro de primera fase, que está concén-  
tricamente dispuesta dentro del cambiador térmico. Los caminos  
10 de flujo del agua de recirculación, tomados directamente de la  
cámara superior 88, se indican por las flechas punteadas. El agua  
de recirculación, impulsada por la bomba de chorro de primera fa-  
se, entra en el cambiador térmico inmediatamente debajo de la cá-  
mara superior de plenitud 90 y pasa descendiendo dentro de la en-  
15 vuelta 107 y en relación de intercambio térmico con los tubos 92  
del cambiador térmico. Este agua de recirculación se refrigera  
por tubos 92 a través de los cuales está fluyendo el agua fría  
de alimentación, a una temperatura por debajo de aquella que pu-  
diera causar cavitación perjudicial, cuando entrase en la admi-  
20 sión de la bomba de chorro de primera fase. Los fluidos mixtos  
impulsor (agua de alimentación) e impulsado (agua de recircula-  
ción), de la bomba de chorro de primera fase, fluyen hacia arri-  
ba y después se dividen y se suministran a las toberas 114 y 116  
25 de las dos bombas de chorro de segunda fase y constituyen el flui-  
do impulsor de las dos bombas de segunda fase. Las dos bombas de  
chorro de segunda fase están alojadas en lados opuestos del cam-  
biador térmico y se extienden en una dirección descendente. El  
agua de recirculación impulsada por las dos bombas de chorro de



1 segunda fase, se toman de una región en el anillo descendente  
38 que está inmediatamente por encima de la cámara de plenitud  
90 y se impulsa hacia abajo y descarga en la cámara de suministro,  
86. El agua de la cámara de suministro 86 fluye hacia arriba a través  
5 del alma 18, donde se convierte en mezcla de vapor-agua. El agua de esta  
mezcla de vapor-agua es separada por los separadores 62 y se retorna a la  
cámara superior 88, como se indica. El vapor fluye hacia arriba como se  
indica por líneas interrumpidas.

10 Los principios de funcionamiento y los componentes básicos de la bomba  
de chorro de agua de alimentación del presente invento se describirán ahora  
en relación con las figuras 4, 5 y 6. Una descripción detallada de una  
ejecución específica de la bomba de chorro de agua de alimentación se  
15 hará más tarde en relación con las figuras 7, 8 y 9.

Haciendo ahora referencia a la figura 4, el conjunto 40 de bomba de  
chorro incluye el cambiador térmico 42, la bomba de chorro 44 de primera  
fase y dos bombas de chorro de segunda fase 46 y 48. Se suministra agua  
de alimentación a través de la tubería de abastecimiento 54 a la cámara  
20 superior de plenitud 90 del conjunto 40 de bomba de chorro. Este agua  
de alimentación fluye después a través de una pluralidad de tubos  
cambiadores térmicos 92, extendidos verticalmente, a la cámara inferior  
de plenitud 94, después a través del conducto 96 a la tobera de chorro  
25 98 de la bomba de chorro 44 de primera fase. La tobera 98 está  
parcialmente inserta en la caja 100 convergente que penetra en una  
garganta alargada o cámara mezcladora 102 de área de sección transversal  
sustancialmente uniforme a través de



1 su longitud, que penetra en su extremo corriente abajo en un di-  
fusor 104, que aumenta de área de sección transversal en la di-  
rección de flujo. La admisión de la bomba de chorro de primera  
fase o abertura de succión 106 está formada entre la tobera 98  
5 y la caja 100 convergente.

El difusor 104 penetra dentro del conduc-  
to 96 de extensión de primera fase, que está conectado a dos con-  
ductos de derivación 110 y 112, que están respectivamente conec-  
tados a toberas de chorro 114 y 116 de las bombas de chorro 46  
10 y 48 de segunda fase. Las toberas de chorro 114 y 116 están par-  
cialmente insertas en cajas convergentes 118 y 120 respectivamen-  
te. Estas cajas convergentes penetran respectivamente en la gar-  
ganta alargada o cámaras mezcladoras 122 y 124 de área de sección  
transversal sustancialmente uniforme a través de sus longitudes.

15 Los extremos corriente abajo de estas cámaras mezcladoras pene-  
tran respectivamente dentro de difusores 126 y 128 que aumentan  
de área de sección transversal en la dirección de flujo. Las bom-  
bas de segunda fase tienen aberturas de admisión 130 y 132 que  
son aberturas anulares convergentes, respectivamente formadas en-  
20 tre la tobera de chorro 114 y la caja 118 convergente y la tobe-  
ra de chorro 116 y la caja 120 convergente. Los difusores 126 y  
128 respectivamente penetran en conductos 164 y 166 de extensión  
de segunda fase. Cada uno de estos conductos de salida descargan  
directamente dentro de la cámara de suministro 86 para procurar  
25 la necesaria agua de recirculación para el funcionamiento del  
reactor nuclear.

Preferentemente, las cajas convergentes,  
gargantas, difusores y conductos están hechos separadamente y



1 después soldados o conectados de otro modo para formar una unidad integral. Los diferentes pesos de fluido, presiones y temperaturas y las dimensiones asociadas con las fases primera y segunda (haciéndose idénticas ambas segundas fases) se considerarán en detalle más tarde.

5 El funcionamiento básico de cada una de las bombas de chorro es el mismo, de modo que la descripción siguiente se limitará a la bomba de chorro de primera fase. Además la bomba de chorro de primera fase tiene un problema de disociación de vapor, relacionado con su abertura de admisión 106, que también se considerará en detalle.

10 La tobera 98 de la bomba de chorro 44 de primera fase está situada concéntricamente en la caja convergente 100 para convertir una fuente de fluido impulsor  $(W_1)_1$  de baja velocidad, alta presión  $(P_1)_1$  en un fluido impulsor de chorro de alta velocidad y baja presión, que fluye coaxialmente a través de la sección de admisión y dentro de la cámara mezcladora 102. El chorro de alta velocidad de fluido impulsor está a presión mucho más baja que el fluido de recirculación enfriado  $(W_2)_1$  que rodea la tobera en la vecindad de la abertura de admisión 106 y así este fluido  $(W_2)_1$  es impulsado o aspirado en la admisión de la bomba por el chorro. La caja convergente 100 y la superficie exterior de la tobera 98 dirigen el fluido impulsor a la cámara mezcladora 102. Dentro de la cámara mezcladora, el chorro de alta velocidad de fluido impulsor se ensancha gradualmente según va teniendo lugar un proceso de arrastre-mezcla con el fluido impulsor. El mezclado transfiere momento de fuerza del fluido impulsor al fluido impulsado, aumentando así la presión de la corriente combinada. En teoría la cámara mezcladora termina des-



1  
5  
10  
15  
20  
25

pués de haberse conseguido un perfil de velocidad uniforme, y esto ocurre usualmente poco después de que la corriente de chorro impulsor ampliada toque las paredes de la cámara mezcladora. Desde la cámara mezcladora de área de sección transversal relativamente pequeña, los fluidos mezclados impulsor e impulsado, fluyen dentro del difusor 104 de sección transversal en aumento, en la dirección del flujo, aumentando ulteriormente la presión de descarga de la bomba según se reduce la velocidad del fluido mezclado para extraer la cantidad óptima de energía de la corriente.

La envoltura 107 rodea los tubos 92 del cambiador térmico, la tobera 98 y la caja convergente 100 de la bomba de chorro de primera fase. El agua de recirculación  $(W_2)_1$ , que debe ser impulsada por la bomba de chorro de primera fase, entra en el cambiador térmico sólo en el extremo abierto superior de la envuelta 107, puesto que el resto de la envuelta está cerrado herméticamente respecto al agua circundante en el anillo descendente 38. Este agua recirculante fluye en dirección descendente dentro de la envuelta 107 y a lo largo de la superficie exterior de los tubos 92 de intercambio térmico. Cuando el agua recirculante entra en el cambiador térmico, se encuentra a temperatura de saturación, que es de alrededor de 545°F para 1000 libras por pulgada cuadrada, puesto que éstas son las condiciones del agua en la cámara superior 88 y en el anillo descendente 38 durante el funcionamiento típico del reactor. El agua de alimentación en los tubos 92 cambiadores de calor, fluye hacia abajo y está a mayor presión pero a menor temperatura, que el agua de recirculación. Por lo tanto, el agua de recirculación  $(W_2)_1$  que debe ser impulsada por la bomba de chorro de primera



1 fase se enfría por el agua de alimentación  $(W_1)_1$  en el cambiador  
térmico 42 según fluye hacia abajo dentro del canal 107.

5 La refrigeración del agua de recircula-  
ción o del fluido impulsado es una faceta importante del presen-  
te invento, porque si no se enfriase o se enfriase por debajo  
5 (la cantidad enfriada por debajo de la temperatura de saturación)  
por el cambiador térmico 42, se disociaría en vapor en la aber-  
tura de admisión 106 y por ello causaría cavitación en la admi-  
sión de la bomba de primera fase con una pérdida resultante de  
10 eficacia de la bomba. Para reducir al mínimo la disociación, es  
esencial enfriar por debajo el líquido por lo menos a una tempe-  
ratura mínima predeterminada para un juego dado de parámetros  
operantes.

15 El grado aproximado de su refrigeración  
se ilustra en la fig. 5 por la curva de líneas punteadas desig-  
nadas como "línea operante". Para una presión dada esta curva  
indica la temperatura precedida del fluido impulsado, que entra  
en la bomba de chorro de primera fase. Suponiendo las condicio-  
nes previamente discutidas de 1000 libras por pulgada cuadrada  
20 y 545°F, el fluido impulsado  $(W_2)_1$  estaría sobre el punto a so-  
bre la "línea de saturación" de la figura 5. Si el fluido impul-  
sado no se sub-refrigerase, entonces al ser aspirado en la aber-  
tura de admisión 106, se produciría una caída de presión del flui-  
do impulsado a aproximadamente al punto b. Puesto que el punto  
25 b está en la región de vapor, existe una disociación del fluido  
impulsado con resultante cavitación de la bomba. Al subrefrige-  
rar el fluido impulsado, el punto operante del fluido impulsado  
es trasladado desde el punto a (1000 libras por pulgada cuadra-



1 da, 545°F) al punto c (1000 libras por pulgada cuadrada, 514°F).  
Cuando el fluido impulsado es ahora aspirado a la abertura de  
admisión 106, no se producirá ninguna disociación y ninguna ca-  
vitación de bomba, puesto que el punto d está por debajo de la  
5 línea de saturación. La sub-refrigeración a un punto intermedio,  
tal como e, no sería adecuada, puesto que el fluido impulsado  
se reduciría en presión al punto f que está sustancialmente en  
la región de vapor. Sin embargo, la sub-refrigeración al punto  
g (alrededor de 524°F) puede ser adecuada, puesto que al dismi-  
10 nuir la temperatura al punto h, que está ligeramente en la re-  
gión del vapor, pudiera no producir suficiente disociación para  
causar la cavitación, que sería perjudicial a la eficacia de la  
bomba de chorro. No obstante, se prefiere sub-refrigerar el flui-  
do impulsado a una temperatura, que no dé por resultado la diso-  
15 ciación. Por lo tanto, puede observarse que meramente sub-refri-  
gerar el fluido impulsado no es adecuado, sino que es esencial  
sub-refrigerar el fluido impulsado a una temperatura, en que el  
mismo preferentemente no se disociará en vapor en la entrada de  
succión de la bomba de chorro de primera fase.

20 Un ejemplo de la disposición de cambia-  
dor térmico, que realiza la función arriba descrita bajo los pa-  
rámetros aquí descritos de bomba de chorro y de reactor es como  
sigue:

DATOS DEL CAMBIADOR TERMICO

25	Número de tubos	72
	Diámetro de tubos	1.0"
	Longitud de tubos	156"
	Area de transferencia de calor	245 pies cuadrados.



1	Flujo de calor	147,000 btu/hr/ft. <sup>2</sup>
	Temperatura de admisión de agua de alimentación (T <sub>1</sub> )	300°F.
	Temperatura de salida de agua de alimentación (T <sub>2</sub> )	398°F.
5	Temperatura de admisión (T <sub>3</sub> ) de agua recirculante (W <sub>2</sub> ) <sub>1</sub>	545°F
	Temperatura de salida (T <sub>4</sub> ) de agua recirculante (W <sub>2</sub> ) <sub>1</sub>	514°F.
10	Coefficiente general de transferencia de calor.	1000 btu/hr/ft. <sup>2</sup> - °F.

Otra importante característica del presente invento pertenece a la cuidadosa selección de las proporciones de flujo de masa para la bomba de chorro de primera fase y de las bombas de chorro combinadas de segunda fase. Una de las características de un sistema de bomba de chorro de agua de alimentación de fase simple se refiere a su sensibilidad de régimen de flujo a cambios en la presión. Para conseguir recirculación adecuada en un reactor de capacidad razonablemente grande durante el funcionamiento normal, es necesario que una bomba de chorro de fase simple tenga una proporción de flujo de masa en el alcance de 8 a 13, por ejemplo. Sin embargo, con una proporción de flujo de masa en este alcance, una pequeña variación en caída de presión a través del alma del reactor, da por resultado un cambio relativamente grande en la proporción de flujo a través de la bomba de chorro. Aunque estas variaciones puedan acomodarse adecuadamente por los sistemas de control existentes, no obstante, es deseable reducir al mismo las variaciones de flujo, pues-



1 to que ésto procura un control más liso y menos persecución por el sistema de control.

Uno de los objetos primarios del presente invento es procurar un sistema de bomba de chorro teniendo una proporción de flujo de masa baja y suficiente flujo de recirculación para cumplir los requisitos de reactores bastante grandes. El presente sistema de bomba de chorro emplea una proporción de flujo de masa de alrededor de 2,6, que le hace relativamente insensible a variaciones en la caída de presión a través del alma del reactor. Además el mismo puede procurar también un régimen de flujo  $72 \times 10^6$  #/hr. que es suficiente para hacer funcionar un reactor teniendo los parámetros operantes previamente supuestos. La siguiente discursión y análisis se presentan para ilustrar, cómo se descubrió que estos elevados regímenes de flujo y proporciones bajas de flujo de masa pueden conseguirse simultáneamente.

La proporción de flujo de masa equivalente del sistema de bomba de chorro puede ser definida por la relación:

$$(1) \quad M_E = \frac{\text{fluido impulsado}}{\text{fluido impulsor}}$$

Donde  $M_E$  es la proporción de flujo de masa equivalente o total del sistema de bomba de chorro, "fluido impulsado" es el fluido que se está impulsando por el sistema de bomba de chorro, "fluido impulsor" es el fluido, que se impulsa al fluido impulsado en el sistema de bomba de chorro.

La proporción ( $M_E$ ) de flujo de masa equivalente del presente invento también puede definirse en términos



1236

1 de agua de alimentación y agua de recirculación suministrados directamente a los conjuntos de bomba de chorro como sigue:

$$(2) \quad M_E = \frac{(W_2)_1 + (W_2)_2}{(W_1)_1} = M_1 + \frac{(W_2)_2}{(W_1)_1}$$

5

donde  $(W_1)_1$  es el régimen de flujo del "fluido impulsor" (o agua de alimentación) suministrado a la bomba de primera fase,  $(W_2)_1$  y  $(W_2)_2$  son respectivamente los regímenes de flujo del "fluido impulsado" (o agua de recirculación) de las bombas de primera y de segunda fase, y  $M_1$  es el régimen de flujo de masa de la bomba de chorro de primera fase.

10

La proporción  $M_2$  de flujo de masa de bomba de segunda fase puede definirse como:

15

$$(3) \quad M_2 = \frac{(W_2)_2}{(W_1)_2}$$

Donde  $(W_1)_2$  es el "fluido impulsor" de la bomba de chorro de segunda fase:

20

Puesto que  $(W_1)_2 = [(W_2)_1 + (W_1)_1]$  entonces  $(W_2)_2$  pueden definirse como:

$$(4) \quad (W_2)_2 = M_2(W_1)_2 = M_2 [(W_2)_1 + (W_1)_1]$$

25

Dividiendo ambos lados de la ecuación (4) por  $(W_1)_1$  resulta:

$$(5) \quad \frac{(W_2)_2}{(W_1)_1} = M_2 \left[ \frac{(W_2)_1 + (W_1)_1}{(W_1)_1} \right] = M_2 (M_1 + 1)$$



1085

1

Combinando ecuaciones (2) y (5) da por resultado:

$$(6) \quad M_E = (M_1 + 1) M_2 + M_1$$

5

Donde  $M_1$  y  $M_2$  son respectivamente las proporciones de flujo de masa de las bombas de chorro de primera y segunda fase.

10

Se ha descubierto que la bomba de segunda fase es la bomba más crítica para mantener a una proporción de flujo de masa baja, puesto que la caída de presión a través del alma efectuará materialmente su operación. Esto es porque un cambio en la caída de presión del reactor dará por resultado un correspondiente cambio en la caída de presión a través de las bombas de chorro de segunda fase. Esto es, que una variación en la caída de presión del reactor dará por resultado los cambios correspondientes en presiones  $(P_2)_2$  y  $(Pd)_2$  respectivamente del anillo descendente 38 y cámara de suministro 86. La bomba de primera fase es afectada en grado menor, puesto que se descarga en las toberas 114 y 116 de las bombas de chorro de segunda fase, en que la presión  $(P_1)_2$  de estas toberas es relativamente independiente de la presión  $(P_2)_2$  del anillo descendente 38. Se han descubierto excelentes características ajustando las proporciones de flujo de masa de las dos bombas a valores iguales (es decir,  $M_1 = M_2 = M$ ). Sin embargo, deberá entenderse que las proporciones de flujo de masa de las dos bombas pueden elegirse para tener valores diferentes, a condición de que las bombas trabajen de acuerdo con los objetivos aquí descritos.

15

20

25

Con valores iguales, la ecuación (6) resulta:



1

$$(7) M_E = M^2 + 2 M$$

La proporción de flujo de masa equivalente puede definirse también en términos de proporción de flujo de masa de la planta de energía, como un sistema, como sigue:

5

$$(8) M_E = \frac{W_T - (X) W_T (\% \text{ FW})}{(X) W_T (\% \text{ FW})} = \frac{W_T - (.103) W_T (.75)}{.103 W_T (.75)} = 11.99$$

10

Donde  $W_T$  es el régimen total de flujo de masa a través del alma, X es la cualidad de vapor y % FW es aquella parte del agua de alimentación transmitida al sistema de bomba de chorro.

15

20

25

Ahora, ajustando las ecuaciones (7) y (8) iguales entre sí, la proporción de flujo de masa de las bombas de chorro de primera y segunda fase se encuentra que es 2,6 cada uno. Las ventajas de este descubrimiento se describirán con relación a la figura 6, que es un juego de curvas ilustrando el efecto sobre los regímenes de flujo de bombas de chorro de proporción de flujo de masa alta y baja con cambios en la presión a través del alma del reactor. En esta figura la abcisa representa el régimen de flujo del alma del reactor (que es aproximadamente igual al régimen de flujo en las bombas de chorro de segunda fase), la ordenada representa la caída de presión del reactor, que ocurre a través del alma del reactor, de la cámara de plenitud y de los separadores de vapor (que es aproximadamente igual a la caída de presión  $[(P_d)_2 - (P_2)_2]$  a través de las bombas de chorro de segunda fase) y las curvas inscritas representan proporciones de flujo de masa de 2,6 y 10, como se indica.

Suponiendo que la caída de presión normal del



1 reactor en funcionamiento es de 16 libras por pulgada cuadrada,  
como se indica por  $+\Delta p$ . Bajo este juego de condiciones y con  
una bomba de chorro teniendo una proporción de flujo de masa de  
2,6, existirá un cambio negativo en régimen de flujo, como se  
indica por el símbolo ( $-\Delta W_{T_1}$ ). Con un sistema de bomba de cho-  
5 rro teniendo una proporción de flujo de masa de 10, habrá un cam-  
bio negativo en el régimen de flujo, como se indica por el sím-  
bolo ( $-\Delta W_{T_2}$ ). La situación equivalente ocurre cuando hay una  
perturbación en el alma del reactor, que causa una disminución  
en la caída de presión ( $-\Delta p$ ) a través del reactor, que da por  
10 resultado una variación en los regímenes de flujo de ( $+\Delta W_{T_2}$ )  
y ( $+\Delta W_{T_1}$ ) para bombas de chorro teniendo proporciones de flu-  
jo de masa de  $M = 10$  y  $M = 2,6$  respectivamente. Por lo tanto,  
puede observarse que, para un cambio dado en la caída de presión  
del reactor, la variación en el régimen de flujo de una bomba  
15 de chorro teniendo una gran proporción de flujo de masa ( $M = 10$ )  
es mucho mayor que para una bomba de chorro teniendo una peque-  
ña proporción de flujo de masa ( $M = 2,6$ ). Esto es, ( $\Delta W_{T_2}$ )  $\gg$   
( $\Delta W_{T_1}$ ) para una ( $\Delta p$ ) dada.

20 En las figuras 7, 8 y 9 se ilustra la eje-  
cución preferida del conjunto de bomba de chorro de agua de ali-  
mentación del presente invento. Los elementos básicos del conjun-  
to 40 de bomba de chorro de agua de alimentación se describieron  
en general anteriormente y se incluyeron el cambiador térmico  
25 42, la bomba de chorro 44 de primera fase y dos bombas de chorro  
de segunda fase 46 y 48. Más específicamente, en la figura 7 pue-  
de observarse que la bomba de chorro 44 de primera fase está mon-  
tada concéntricamente dentro del cambiador térmico 42, y las dos



1 bombas de chorro de segunda fase 46 y 48 están alojadas respec-  
tivamente a lo largo de los lados opuestos del cambiador térmi-  
co, en que los ejes longitudinales de las bombas de chorro de  
primera fase y de segunda fase son paralelos y ocupan el mismo  
5 plano. Como se ha mencionado previamente, fluye fluido hacia aba-  
jo a través del cambiador térmico (tanto en el interior como en  
el exterior de los tubos del cambiador térmico) hacia arriba a  
través de la bomba de chorro de primera fase, y hacia abajo a  
través de ambas bombas de chorro de segunda fase.

10 El cambiador térmico 42 incluye la cámara  
de plenitud 90 superior, tubos 92 de cambiador térmico, la cáma-  
ra de plenitud inferior 94 y envuelta 107. Las cámaras de pleni-  
tud de agua de alimentación superior e inferior están interconec-  
tadas por tubos 92 de agua de alimentación espaciados aparte,  
15 extendidos longitudinalmente, que están cerrados herméticamente  
en sus extremos para evitar las fugas de agua de alimentación  
al agua de recirculación. El agua de alimentación se suministra  
a la cámara superior de plenitud 90 a través de la tubería de su-  
ministro 54 y del acoplamiento 50. La tubería de suministro 54  
20 penetra en el depósito de presión 10 del reactor y está cerrada  
por medio de la guarnición 59. El acoplamiento 50 es preferente-  
mente del tipo "Marman", sin embargo, será suficiente cualquier  
acoplamiento, que pueda conectarse y desconectarse fácilmente  
para desmontar el conjunto de bomba de chorro. La cámara supe-  
rior de plenitud está provista de un paso cilíndrico cerrado her-  
25 méticamente, teniendo un diámetro suficientemente grande para  
permitir el paso del conducto 96 de extensión y el desmontaje y  
la inserción de la bomba de chorro 44 de primera fase. Un colla-  
rín 142 está conectado al conducto 96 de extensión por soldadu-



1 ra o semejante y puede estar unido a la superficie superior de  
la cámara superior de plenitud 40 por pernos 144 ó semejantes.  
Con los pernos 144 quitados, las toberas 114 y 116 de las dos  
bombas de chorro de segunda fase y la mayoría o todas (véase fi-  
5 guras 8 y 8A) de la bomba de chorro de primera fase, pueden in-  
sertarse o desmontarse como una unidad. Los lados opuestos de  
la cámara superior de plenitud 90 tienen endentaciones de forma  
cilíndrica 148 y 150 para recibir respectivamente alojamientos  
convergentes 118 y 120 de las dos bombas de chorro de segunda  
10 fase.

Los tubos 92 del cambiador térmico es-  
tán dispuestos para formar una cavidad 152 generalmente cilíndri-  
ca, extendida longitudinalmente. El diámetro de la cavidad 152  
está elegido para ser suficientemente grande para fácil desmontaje  
15 e inserción de la bomba de chorro 42 de primera fase, que está  
contenida en la misma. La envuelta 102 está extendida longitudinal-  
mente e incluye los canales 154 y 156, que se extienden en toda  
su longitud para recibir respectivamente las dos bombas de cho-  
rro 46 y 48 de segunda fase. Cada uno de estos canales tiene sec-  
20 ciones laterales 158 y 160 planas inclinadas, que penetran en  
una sección 162 plana del fondo. Muchas diferentes configuracio-  
nes podrían utilizarse para formar estos canales; sin embargo  
la configuración arriba descrita es preferida a la forma cilín-  
drica, puesto que se fabrica más fácilmente. La disposición de  
25 tubos cambiadores térmicos dentro de la envuelta 107 depende de  
su tamaño y número, que dependen de la bomba particular y re-  
quisitos de la planta de energía. Sin embargo, en la disposición  
específica de la figura 7 es necesario que los tubos cambiadores



1 térmicos formen una cavidad 152 para recibir la bomba de chorro  
de primera fase y tengan una configuración periférica, que gene-  
ralmente se conforma con la de la envuelta 107. La cámara de ple-  
nitud 94 de agua de alimentación tiene endentaciones laterales  
5 (no mostradas) similares a las endentaciones laterales 148 y 150  
de la cámara de plenitud superior 90 de agua de alimentación pa-  
ra recibir la extensión 164 y 166 de las dos bombas de chorro  
de segunda fase. Para procurar alineación apropiada y evitar mo-  
vimiento lateral del cambiador térmico, la espiga centradora 168  
10 está conectada al fondo de la cámara de plenitud 94 y está inser-  
ta en la abertura 170, que está formada en la placa 26 de rejilla  
del fondo. Debido a la temperatura fría de marcha del cambia-  
dor térmico 42 en relación al depósito de presión 10, existirá  
un movimiento vertical de la espiga 168 en el agujero 170. El  
15 conjunto de cambiador térmico está soportado arriba por un tubo  
de suministro 54.

Dos diferentes disposiciones soportado-  
ras para la tobera 98 de la bomba de chorro de primera fase es-  
tán ilustradas respectivamente en las figuras 8 y 8A. En la dis-  
20 posición de la figura 8, cuatro aletas 172, radialmente espacia-  
das entre sí, están conectadas a la superficie interior de la  
caja convergente 100 por soldadura o semejante y descansan con-  
tra la superficie exterior de la tobera 98. Las aletas 162 están  
hechas de material delgado y están diseñadas preferentemente pa-  
25 ra ofrecer la resistencia mínima posible al flujo de líquido en  
la admisión 106 de la bomba de primera fase. El extremo inferior  
de la tobera 98 de la bomba de chorro de primera fase está in-  
serto dentro de la abertura 174, que está formada en el lado su-  
perior de la cámara de plenitud 94 inferior. El collarín 176 es-



1 tá sujeto por soldadura o semejante al extremo inferior de la to-  
bera 98 para procurar soporte vertical. Se apreciará que la aber-  
tura 174 y el extremo inferior de la tobera 98 pueden estar ros-  
cados para procurar interconexión líquida. Además, una junta,  
5 tal como un anillo 178 en forma de O puede estar previsto para  
impedir que el agua de alimentación en la cámara de alimentación  
94 escape a la cavidad cilíndrica 152. El desmontaje o la inser-  
ción de la tobera 98 puede requerir el uso de una herramienta  
especial, que alcanza hacia abajo hasta la cavidad 152 y girará  
10 y/o levantará la tobera según sea el caso. También puede ser de-  
seable conformar la superficie exterior de la tobera para acomodo-  
dar la herramienta particular.

En la figura 8A se ilustra un diseño  
alternativo, en que la tobera 98 está directamente sujeta por  
15 cuatro aletas 180 radialmente espaciadas entre sí, a la caja con-  
vergente 100. Con esta disposición, la tobera 98 es levantada  
hacia fuera con los elementos superiores de la bomba de primera  
fase. Los extremos inferiores de las aletas 180 están conectados  
por soldadura o análogo a la superficie exterior de la tobera 98  
20 y los extremos superiores están conectados al anillo de soporte  
182. El anillo de soporte 182 tiene roscas internas, que coope-  
ran con las roscas externas del collarín anular 184, que está  
conectado, bien sea a la caja convergente 100 ó a la cámara mez-  
cladora 102, o a ambas por técnicas convencionales. Las aletas  
25 180 están hechas preferentemente de material delgado y tienen li-  
neas dinámicas de corriente para reducir al mínimo la resisten-  
cia al flujo de fluido en la abertura de admisión 106. Se obser-  
vará que variando los espacios y los números de aletas puede uti-  
lizarse para acomodarse a necesidades particulares.

En ambas configuraciones de las figu-



1386

1 ras 8 y 8A, el extremo superior de la tobera 98 está parcialmen-  
te inserto en la caja convergente 100, que penetra en una cámara  
mezcladora 102 alargada de área de sección transversal sus-  
tancialmente uniforme a través de su largo, que penetra en su  
5 extremo corriente abajo, en un difusor 104, que aumenta de área  
en sección transversal, en la dirección de flujo. La abertura  
de admisión 106 de la bomba de chorro de primera fase está for-  
mada entre el extremo superior de la tobera 98 y la caja conver-  
gente 100. El difusor 104 penetra en el paso 140, que está conec-  
10 tado a dos conductos derivados 110 y 112 que están curvados pa-  
ra girar el fluido por 180 grados y procurar resistencia mínima  
al flujo del fluido. Los conductos derivados 110 y 112 transpor-  
tan cantidades iguales de fluido y sus extremos respectivamente  
penetran en toberas de chorro 114 y 116 de las bombas de chorro  
15 46 y 48 de segunda fase. Las toberas de chorro 114 y 116 están  
respectivamente insertas en parte en cajas convergentes 118 y  
120, que están alojadas en endentaciones 148 y 150 de la cámara  
superior de plenitud 90. Las toberas de chorro 114 y 116 están  
respectivamente conectadas a los alojamientos 118 y 120 por me-  
20 dio de aletas 147. Las dos bombas de chorro de segunda fase tie-  
nen aberturas de admisión formadas entre la tobera 114 de chorro  
y la caja convergente 118 y la tobera de chorro 116 y la caja  
convergente 120. Las cajas convergentes 118 y 120 de las dos bom-  
bas de chorro de segunda fase, respectivamente penetran en cáma-  
25 ras mezcladoras alargadas 122 y 124 de área de sección transver-  
sal sustancialmente uniforme a través de sus largos. Los extre-  
mos de corriente abajo de estas cámaras mezcladoras respectiva-  
mente penetran en difusores 126 y 128, que aumentan en área de sec-



1 ción transversal en la dirección de flujo. Los extremos corrien-  
te abajo de los difusores 126 y 128 se sumergen respectivamente  
en conductos de tensión 164 y 166. Los extremos inferiores de  
los conductos 164 y 166 están insertos a través de aberturas 186  
y 188 de la rejilla inferior 26. Collarines 190 y 192 están res-  
5 pectivamente conectados por soldadura o semejante cerca de los  
extremos de conductos de extensión 164 y 166 y descansan contra  
la superficie superior de la rejilla inferior 26 para soportar  
las bombas de segunda fase.

10 Dos bombas de segunda fase se emplean  
en lugar de una sola bomba de segunda fase para disminuir la lon-  
gitud total y anchura (como se observa en la figura 1 del con-  
junto de bomba, de modo que se ajuste dentro de un anillo descen-  
dente 38 de tamaño mínimo. Esta es una importante característica  
del presente invento, puesto que el aumento en el tamaño del de-  
15 pósito 10 de presión del reactor, que sería necesario si se aumen-  
tase el tamaño del anillo descendente, es muy costoso.

Los requisitos impuestos al cambiador  
térmico establecen la longitud y el número de tubos cambiadores  
térmicos necesarios para procurar una refrigeración adecuada.  
20 La extensión 96 de la bomba de primera fase y las extensiones 164  
y 166 de las bombas de segunda fase tienen longitudes, que son  
necesarias para conseguir las conexiones requeridas. Sin embargo,  
estas extensiones también sirven para suavizar el flujo dentro  
de las bombas de chorro, lo que mejora sus características de  
25 rendimiento. Deberá observarse que una sola bomba de segunda fase  
sería más larga que el cambiador térmico y por ello requeriría  
un aumento en el tamaño del depósito de presión.

Las dimensiones específicas y caracte-



1966

1 rísticas de las bombas de chorro del presente invento para el uso con el reactor arriba descrito y con el cambiador térmico son como sigue:

DATOS DE BOMBA DE CHORRO

	<u>1ª fase</u>	<u>2ª fase (2 bombas)</u>
5 Número de bombas	16	32
Proporción flujo masa	2.6 ( $M_1$ )	2.6 ( $M_2$ )
Diámetro tobera	.817" ( $D_n$ ) <sub>1</sub>	2.18" ( $D_n$ ) <sub>2</sub>
Diámetro garganta	2.31" ( $D_t$ ) <sub>1</sub>	6.15" ( $D_t$ ) <sub>2</sub>
10 Diámetro difusor	5" ( $D_d$ ) <sub>1</sub>	12" ( $D_d$ ) <sub>2</sub>
Longitud garganta	18.5	49.0
Longitud difusor	21.0	55.5
Presión tobera	2241 psi ( $P_1$ ) <sub>1</sub>	1141 psi ( $P_1$ ) <sub>2</sub>
Proporción presión	.128 ( $N_1$ )	.128 ( $N_2$ )
15 Rendimiento bomba chorro	33%	33%
Flujo primario	97 #/sec. ( $W_1$ ) <sub>1</sub>	173.5 #/sec. ( $W_1$ ) <sub>2</sub>
Flujo secundario	250 #/sec. ( $W_2$ ) <sub>1</sub>	452 #/sec. ( $W_2$ ) <sub>2</sub>

20 Se apreciará por los expertos en la materia que el conjunto de bomba de chorro del presente invento y los componentes del mismo puede ser modificados o variados para acomodarse a necesidades particulares. Por ejemplo, puede ser deseable procurar un conjunto de bomba de chorro para administrar agua recirculante a un reactor de capacidad mayor o menor que la

25 descrita. Para acomodarse a un reactor de mayor capacidad o procurar un régimen de flujo incrementado, se necesitaría un aumento en el tamaño o en el número de conjuntos de bomba de chorro o de sus partes componentes o de ambas. Además, las formas y di-



OCT. 1966

1 mensiones, pueden variarse para acomodarse a necesidades parti-  
culares. Como se ha indicado arriba, se emplean dos bombas de  
segunda fase para disminuir la longitud y anchura total del con-  
junto de bomba. Sin embargo, en ciertas situaciones puede ser  
5 deseable emplear sólo una bomba de segunda fase o tres ó más bom-  
bas de segunda fase según sea el caso.

N O T A

=====

10 La presente patente de invención, compren-  
de las siguientes reivindicaciones:

15 1.- Mejoras en sistemas de bombeo de flui-  
dos especialmente para sistemas de reactores nucleares, carac-  
terizadas porque se incluye en el sistema un depósito de presión,  
un alma comprendiendo combustible nuclear dentro de dicho depó-  
sito y formando en el mismo un cambiador térmico, teniendo di-  
cho cambiador térmico un fluido impulsor a una primera tempera-  
tura pasando a través del mismo en relación de intercambio tér-  
mico con un fluido impulsado a una segunda temperatura, siendo  
dicha segunda temperatura mayor que la primera temperatura, una  
20 bomba de chorro de primera fase, conectada en serie por lo menos  
con una bomba de chorro de segunda fase, medios para transmitir  
el fluido impulsor, descargado por dicho cambiador térmico, a  
la tobera de dicha bomba de chorro de primera fase, medios para  
transmitir el fluido impulsado, descargado por dicho cambiador  
25 térmico, a la admisión de dicha bomba de chorro de primera fase,  
enfriando dicho cambiador térmico el fluido suministrado a la  
admisión de dicha bomba de chorro de primera fase, a una tempe-  
ratura que evita la disociación, que es perjudicial para la efi-



1 cacia de la bomba.

2.- Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque dichas bombas de chorro de primera y segunda fase tienen cada una una proporción de flujo de masa de alrededor de dos y medio.

5 3.- Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque dicha bomba de chorro de primera fase está conectada en serie con bombas de chorro primera y segunda, paralelas, de segunda fase, estando dispuesta dicha bomba de chorro de primera fase concéntricamente dentro de dicho cambiador térmico y porque dichas bombas de chorro paralelas primera y segunda de segunda fase están dispuestas respectivamente en lados opuestos de dicho cambiador térmico.

10 4.- Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque dicha alma comprende combustible nuclear concéntricamente dispuesto dentro de dicho depósito de presión y forma un anillo entre ellos, una cámara inferior debajo de dicha alma, una cámara superior por encima y rodeando dicha alma e incluyendo dicho anillo, una pluralidad de conjuntos de bomba de chorro montados en dicho anillo para bombear agua desde dicha cámara superior a dicha cámara inferior, por lo que dicho fluido fluye desde dicha cámara inferior a través del alma mencionada, donde se convierte en vapor, transmitiéndose dicho vapor a un dispositivo consumidor de vapor, donde es convertido en agua de alimentación, comprendiendo cada uno de dichos conjuntos de bomba de chorro, una bomba de chorro de primera fase, conectada en serie, por lo menos con una bomba de chorro de segunda fase, un cambiador térmico, un medio para transmitir dicha agua de alimentación a través de dicho cambiador térmico a la

15

20

25



1 tobera de chorro de dicha bomba de chorro de primera fase, medios  
para transmitir fluido desde dicha cámara superior a través del  
citado cambiador térmico y en relación de intercambio térmico  
con dicha agua de alimentación a la admisión de dicha bomba de  
5 chorro de primera fase, comunicando las admisiones de dichas  
bombas de chorro de segunda fase, con el fluido en dicha cámara  
superior y las salidas de dichas bombas de chorro de segunda fa-  
se comunicando con dicha cámara inferior.

10 5.- Mejoras en sistemas de bombeo de  
fluidos.

Según se describe y reivindica en esta  
memoria descriptiva y se ilustra con los dibujos que a la misma  
se acompañan.

15 Consta dicha memoria de treinta y siete  
hojas foliadas y escritas a máquina por una sóla de sus caras.

Madrid, 5 OCT. 1966

CARLOS ROEB

20

25

1308

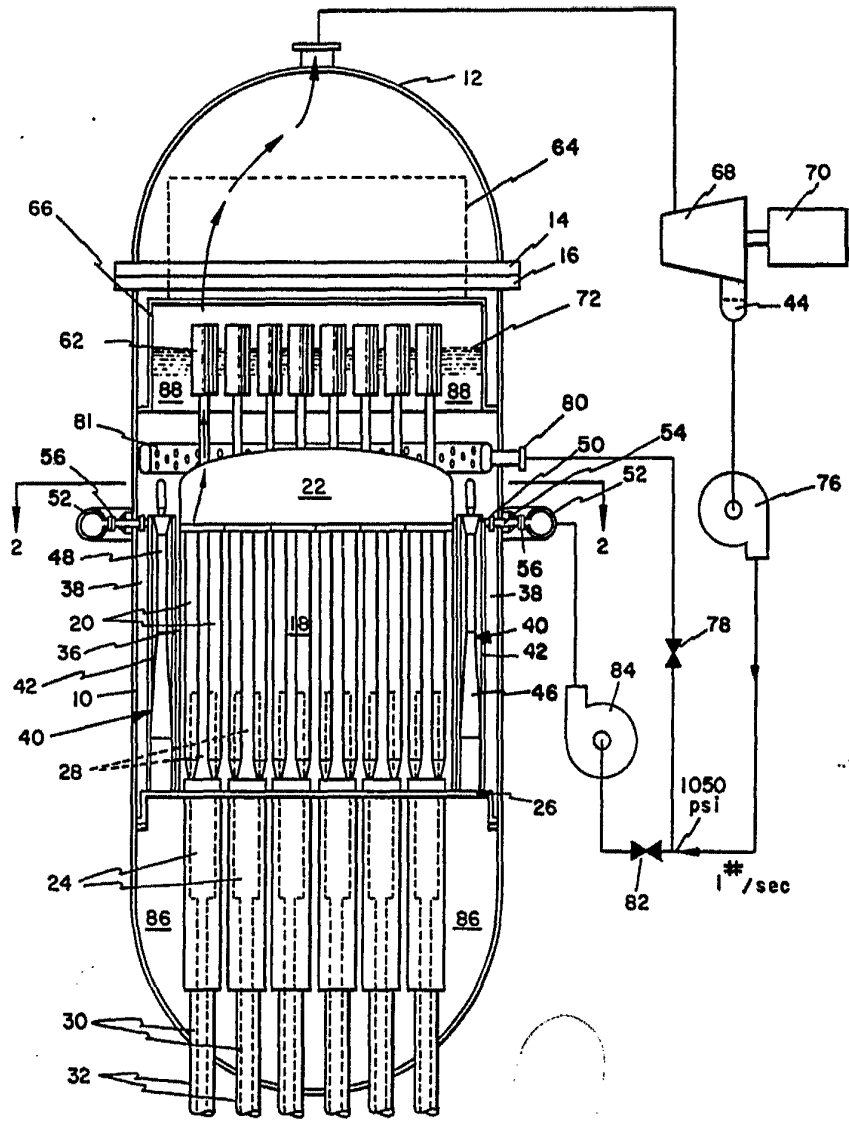


Fig. 1.

**ESCALA VARIABLE**  
CARLOS ROEB  
P.A.

166

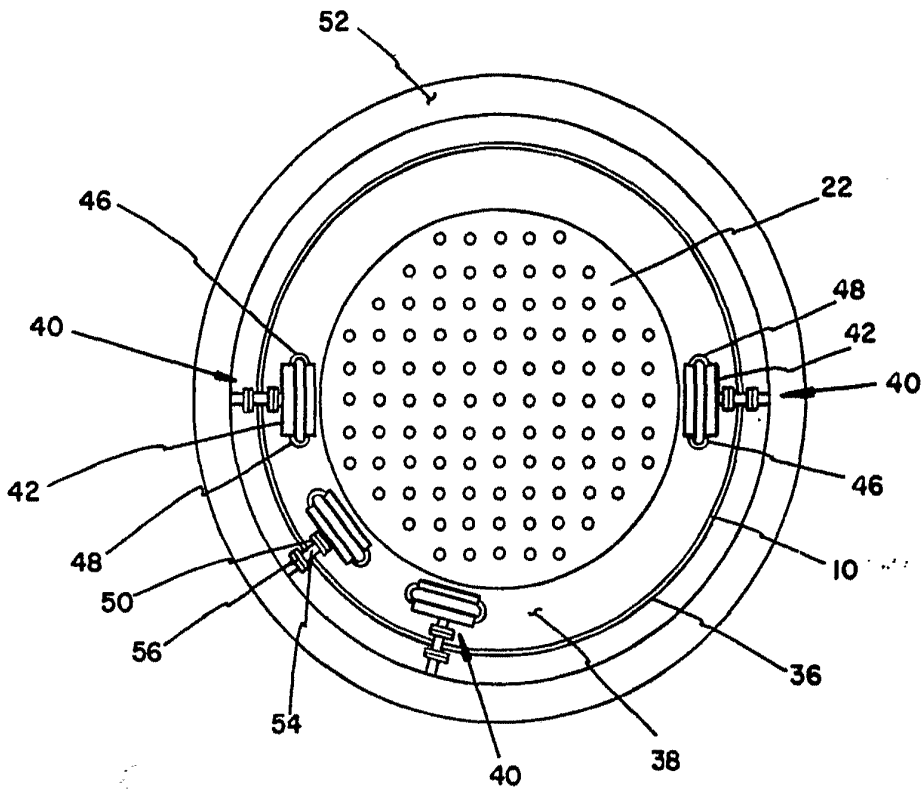


Fig. 2.

ESCALA VARIABLE

CARLOS ROEB

*Handwritten signature*



1966

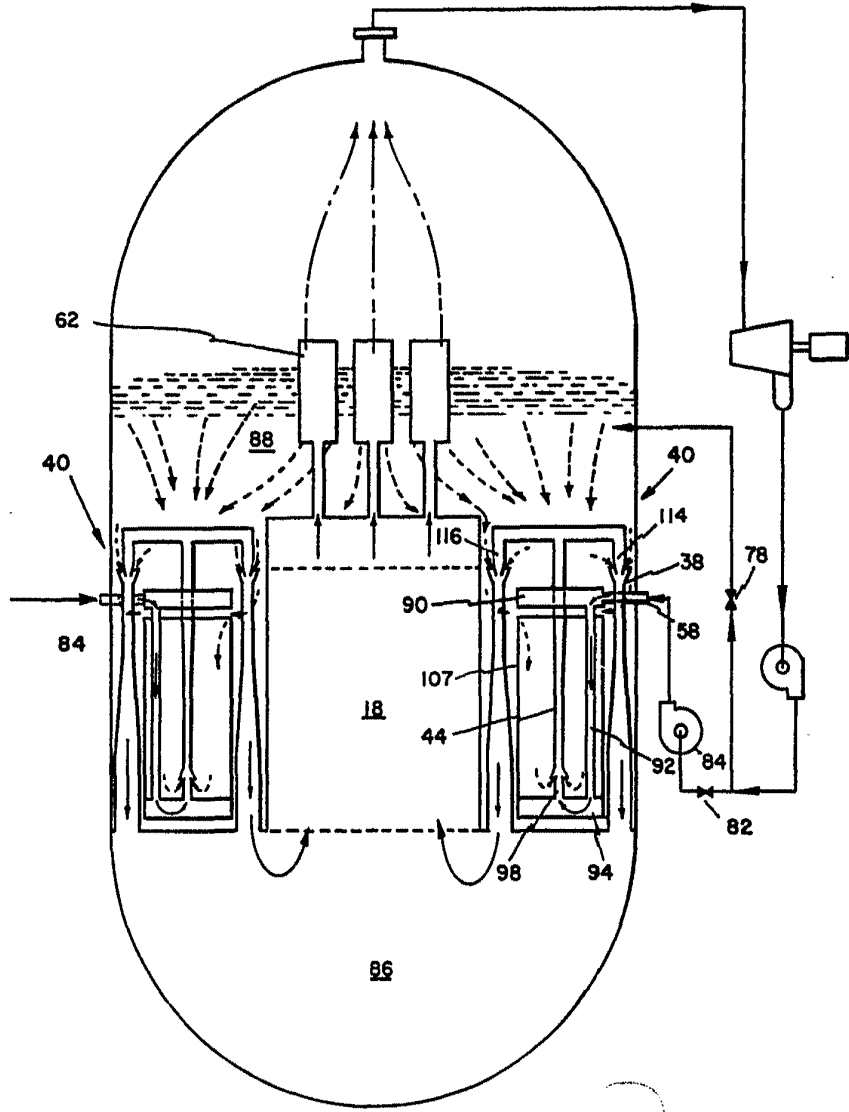


Fig. 3.

ESCALA VARIABLE

CARLOS ROEB  
*Carlos Roeb*



7. 1966

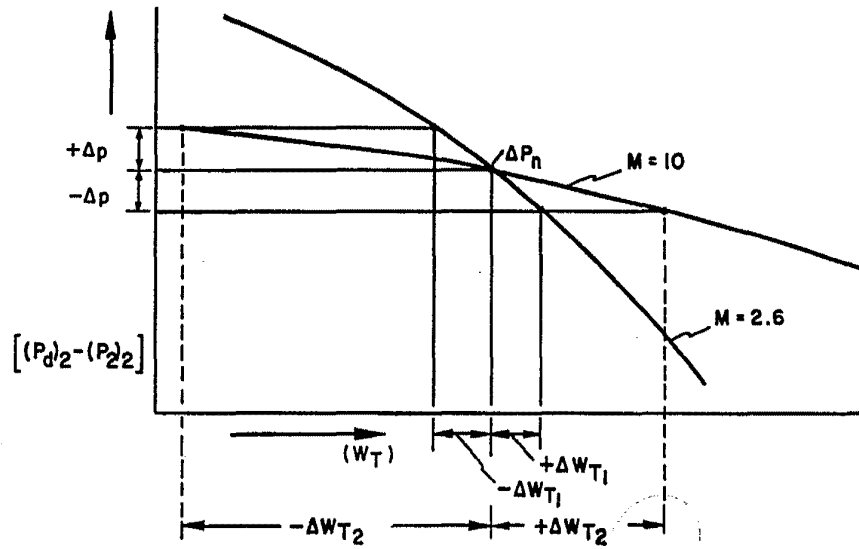
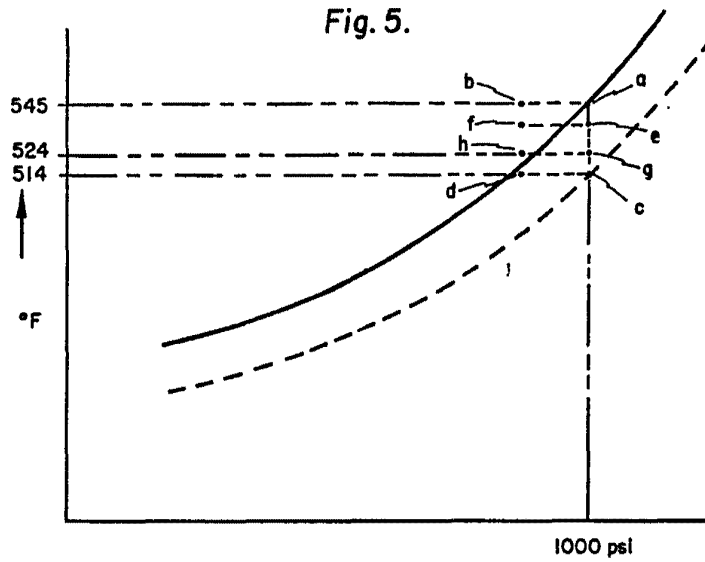


Fig. 6.

**ESCALA VARIABLE**  
 CARLOS ROEB  
*[Signature]*

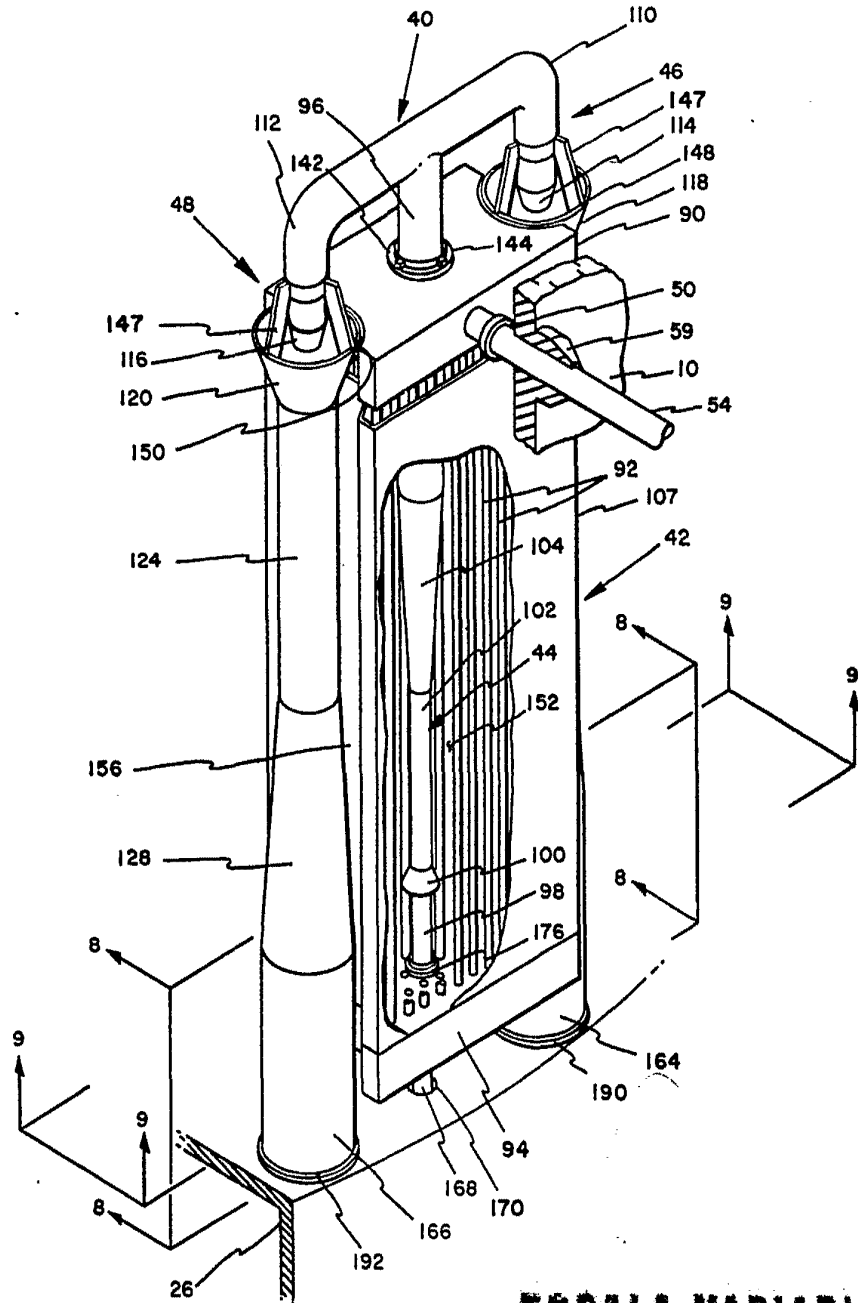
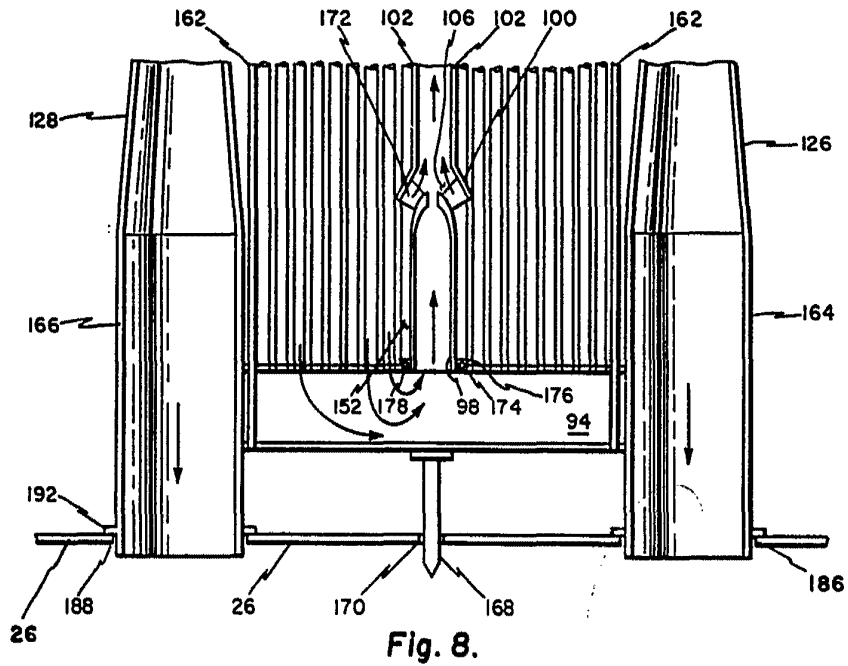
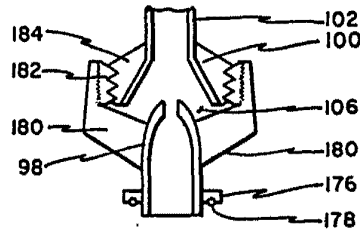
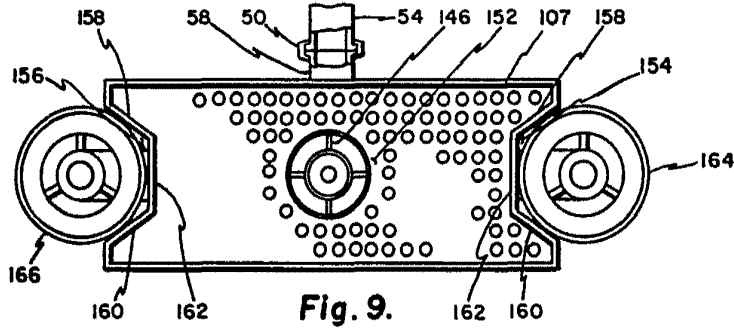


Fig. 7.

**ESCALA VARIABLE**  
CARLOS ROED



ESCALA VARIABLE  
CARLOS ROER