

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

19 ES	11 NUMERO	10 A1
	21 475.213	
	22 FECHA DE PRESENTACION	
	17-11-78	

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO		
852,535	17-11-77	Estados Unidos

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	C22B	

54 TITULO DE LA INVENCION
UN PROCEDIMIENTO PARA REDUCIR LA MENA DE METAL EN PARTICULAS.

71 SOLICITANTE (S)
HYLISA, S.A.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
Apartado 1423 - Monterrey, N.L. REPUBLICA DE MEXICO

72 INVENTOR (ES)
Juan Federico Price-Falcon; Enrique Ramón Martínez Vera; Gilberto Guerra-García, todos de nacionalidad mexicana y Patrick William McKay, de nacionalidad estadounidense.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE
D. BERNARDO UNGRIA GOIBURU

POOR  
QUALITY

1           Esta invención se relaciona con la reducción ga-  
seosa de menas metálicas en partículas en metales en forma  
de partículas en un lecho móvil de un reactor de túnel ver-  
tical, y más particularmente con un método para producir,  
5           mediante reducción gaseosa directa, metal esponjoso que tie-  
ne un grado de carburación deseado predeterminado. En la  
siguiente descripción se describe ilustrativamente el méto-  
do, tal y como se aplica a la reducción de mena de hierro  
en hierro esponjoso. Sin embargo a medida que continúa la  
10           descripción será evidente para aquellas personas expertas  
en la técnica que la invención es también aplicable para el  
tratamiento de menas que no sean mena de hierro.

          Hablando en términos generales, la producción de  
hierro esponjoso en un lecho móvil de un reactor de túnel  
15           vertical involucra por lo general dos pasos principales, a  
saber, la reducción de la mena en una zona de reducción con  
un gas reductor caliente apropiado típicamente un gas com-  
puesto principalmente de monóxido de carbono e hidrógeno,  
a temperaturas dentro del orden de 700°C. a 1000°C. de pre-  
20           ferencia de 750° a 950°C., y el enfriamiento del hierro es-  
ponjoso resultante con un refrigerante gaseoso hasta una -  
temperatura dentro del orden digamos de 100° a 200°C., de  
preferencia a menos de 100°C. Un procedimiento de este ti-  
po se da a conocer en la Patente Norteamericana de Celada  
25           y col. Número 3.765.872 en donde se usa un reactor vertical  
que tiene una zona de reducción en la porción superior del  
mismo y una zona de enfriamiento en la porción inferior del  
mismo. La mena que va a tratarse fluye hacia abajo a tra-  
vés de la zona de reducción en donde se reduce con una co-  
30           rriente de gas reductor caliente después de lo cual la mena

1 reducida fluye a través de una zona de enfriamiento en don  
de se coloca en contacto con una corriente de gas de enfria  
miento. El hierro esponjoso enfriado se quita del fondo -  
del reactor. Comunmente tanto el gas reductor como el gas  
5 de enfriamiento se hace reciclar en circuitos cerrados ha-  
cia los cuales se añaden las corrientes de gas nuevo y des  
de donde se separan las corrientes de gas agotado.

El hierro esponjoso producido mediante el proce-  
dimiento del tipo dado a conocer en la Patente Norteamerica  
10 na Número 3.765.872 se usa comunmente como una fuente de -  
unidades de hierro para la fabricación de acero en un horno  
de arco eléctrico. Este hierro esponjoso normalmente con-  
tiene una cierta proporción de óxido de hierro v. gr. de 10%  
al 20% en peso puesto que es antieconómico el tratar de lo-  
15 gar la metalización del 100% de la mena en el reactor de  
reducción gaseoso. A medida que el grado de reducción del  
material que lleva el hierro se aproxima a 100% de metali-  
zación, se hace considerablemente difícil y lento y requie  
re una cantidad excesiva de gas reductor el separar el oxí-  
20 geno restante del material. Aún cuando el régimen de reac-  
ción de reducción puede aumentarse hasta cierto grado aumen-  
tando la temperatura, este aumento de temperatura se limita  
mediante el hecho de que la temperatura de funcionamiento  
debe mantenerse a menos de la temperatura de calcinación si  
25 el hierro esponjoso debe permanecer en su estado fácilmente  
separable del reactor.

Esta limitación de temperatura no se aplica al  
horno eléctrico en donde el material ferrífero es manejado  
en forma fundida. Por lo tanto es teóricamente posible -  
30 cargar el horno eléctrico con hierro esponjoso, digamos del

1 85% de metalización y añadir una cantidad suficiente de car  
bono elemental a la carga del horno para hacerle reaccionar  
con el oxígeno que queda en la mena de hierro. Sin embar-  
5 go es difícil efectuar un contacto íntimo entre el carbono  
elemental y las partículas de hierro esponjoso en el horno  
eléctrico especialmente puesto que el carbono tiene una den-  
sidad mucho menor que el hierro y tiende a separarse del -  
mismo. Correspondientemente la carburación del hierro es-  
ponjoso se efectua deseablemente antes de que el hierro es-  
10 ponjoso sea alimentado al horno de acero v. gr. en el reac-  
tor de reducción.

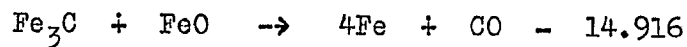
Esta carburación del hierro esponjoso con un gas  
que contiene carbono en un reactor de reducción se da a co-  
nocer por ejemplo en las Patentes Norteamericanas Números  
15 3.136.624; 3.748.120; 3.765.872 y la Patente Canadiense Nú-  
mero 508.951. Se sabe por lo general que en el funciona-  
miento de un reactor de lecho movil la deposición de carbo-  
no sobre las partículas ferríferas ocurre tanto en la zona  
de reducción como en la zona de enfriamiento y que bajo cien-  
20 tas condiciones apropiadas la mayoría si no todo el carbono  
depositado puede hacerse que reaccione para formar carburo  
de hierro.

Quando el hierro esponjoso que contiene carburo  
de hierro se usa como material de alimentación para el hor-  
25 no de arco eléctrico de fabricación de hierro, se logran  
un número de ventajas importantes. En primer lugar este -  
hierro esponjoso tiene una temperatura de fusión reducida  
que facilita la fusión del mismo en el procedimiento de fa-  
bricación de acero. Asimismo el carbono en la forma de car-  
30 buro de hierro es considerablemente más reactivo que el car

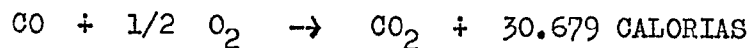
1 bono a granel y es más efectivo como agente reductor para  
el oxígeno residual del hierro esponjoso en el horno eléc-  
trico. Una ventaja todavía adicional de usar hierro espon-  
5 joso que contiene carburo de hierro es que la reacción del  
carburo de hierro con el óxido ferroso residual en el hie-  
rro esponjoso consume menos calor que la reacción entre el  
carbón elemental y el óxido ferroso.

Otras ventajas al usar el hierro esponjoso que -  
contiene carburo de hierro como carga para el horno eléctri-  
10 co provienen del hecho de que la reducción del óxido ferro-  
so residual mediante el carburo de hierro produce monóxido  
de carbono que se burbujea hacia arriba a través de la fu-  
sión y produce una agitación deseable de la misma. El gas  
producido también genera una escoria ligera espumosa que -  
15 tapa los electrodos y por lo tanto reduce las pérdidas por  
radiación hacia el techo y paredes del horno. La escoria  
esponjosa proporciona una ventaja adicional en casos en que  
se usa una alimentación continua de hierro esponjoso hacia  
el horno ya que los gránulos de hierro esponjoso se preca-  
20 lientan a medida que caen a través de la escoria y comien-  
zan a reaccionar antes de que lleguen al baño fundido.

Debe observarse que las ventajas anteriormente  
citadas pueden lograrse sin aumentar la carga térmica en el  
horno eléctrico. Las reacciones principales involucradas  
25 en la reducción del óxido de hierro residual con carburo de  
hierro puede representarse de la siguiente manera:



CALORIAS (endotérmico) (1)



30 (exotérmico) (2).

1

Es evidente de las ecuaciones anteriores que aún cuando la reacción de reducción es endotérmica produce monóxido de carbono que se oxida a dióxido de carbono mediante una reacción fuertemente exotérmica. Por lo tanto la reducción del óxido ferroso a hierro esponjoso mediante el carbono no produce aumento alguno en los requisitos térmicos del horno eléctrico. Por lo general, se ha encontrado que se logran sobre todo, economía y ventajas haciendo funcionar la planta de reducción gaseosa para producir hierro esponjoso con menos del máximo de metalización y carburación asequibles en el hierro esponjoso en la planta de reducción en un grado suficiente para completar la reducción en el horno eléctrico, con lo cual se utiliza de manera efectiva la capacidad de reducción a alta temperatura del horno.

5

10

15

20

25

30

Al tratar con la distribución de la función reductora entre la planta de reducción y el horno eléctrico, se ha encontrado conveniente utilizar un parámetro que puede caracterizarse como la metalización "potencial" o "equivalente". Se ha encontrado que en general cada porcentaje de carbono presente en el hierro esponjoso como carburo férrico o carbono elemental es capaz de reducir aproximadamente el 6% del FeO en el horno eléctrico. Por lo tanto un hierro esponjoso de 85% de metalización que contiene 2% de carbono reactivo puede decirse que tiene una metalización potencial del 97% en el sentido de que si el carbono del hierro esponjoso reacciona completamente con el FeO residual presente en el mismo, se habrá logrado una metalización del 97%.

Debe observarse que aún cuando una cierta canti-

1 dad de la carburación del hierro esponjoso proporciona ven-  
tajas importantes tal y como se ha señalado en lo que ante-  
cede, la carburación excesiva es desventajosa en numerosos  
aspectos. Por ejemplo la carburación excesiva inestabili-  
5 zada el arco eléctrico del horno de acero, aumentando de  
esta manera el régimen de desgaste del revestimiento refrac-  
tario del horno. Asimismo el periodo de refinación debe -  
prolongarse a fin de deshacerse del exceso de carbono. En  
muchos casos, el contenido de carbono deseable del hierro  
10 esponjoso disminuye dentro de la escala de 1% a 3% en peso.  
Será evidente que las razones prácticas para producir un -  
hierro esponjoso que tenga una relación predeterminada de-  
seada entre la metalización y la metalización potencial para  
lograr las ventajas señaladas anteriormente, depende de ma-  
15 nera importante en la capacidad de control del paso de car-  
buración en el procedimiento de reducción. Para cualquier  
metalización potencial deseada, el contenido de carbono de  
hierro esponjoso debe, deseablemente, mantenerse dentro de  
límites críticos.

20 Como se ha señalado anteriormente, se sabe que la  
carburación del hierro esponjoso puede efectuarse en la zo-  
na de reducción de un reactor del lecho móvil. Por ejem-  
plo, la carburación de los gránulos metalizados en la zona  
de reducción de un reactor de lecho móvil se da a conocer  
25 en la Patente Norteamericana Número 3.748.120. Sin embar-  
go, la carburación en la zona de reducción no puede contro-  
larse fácilmente hasta el grado de precisión deseado debido  
al hecho de que el requisito dominante en la zona de redu-  
ción es el que las condiciones de funcionamiento se ajusten  
30 de manera tal como para producir la reducción deseada ópti-

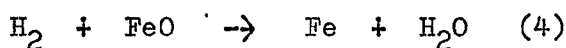
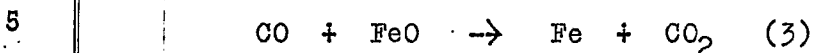
1 tima y las condiciones reductoras óptimas usualmente no son  
las condiciones de carburación óptimas. Hasta cierto gra-  
do el mismo dilema se aplica a la zona de enfriamiento si  
van a llevarse a cabo en la misma tanto el enfriamiento -  
5 como la carburación. Sin embargo como se indica en la Pa-  
tente Norteamericana Número 3.765.872, hay numerosas mane-  
ras para resolver este dilema con respecto al funcionamien  
to de la zona de enfriamiento.

10 Un problema que se ha encontrado al tratar de lo-  
grar un control preciso de la carburación en un sistema de  
reducción del tipo dado a conocer en la Patente Norteameri-  
cana Número 3.765.872 se suscita del hecho de que el grado  
de carburación que ocurre en la zona de reducción puede ser  
tan grande como para que el hierro esponjoso que entra en  
15 la zona de enfriamiento pueda ya contener más de la canti-  
dad deseada de carbono. Es evidente que bajo estas circuns-  
tancias el grado de carburación del producto de hierro es-  
ponjoso no puede regularse controlando el grado de carbura-  
ción en la zona de enfriamiento.

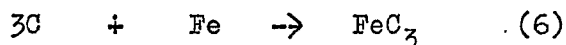
20 Correspondientemente un objeto de la presente in  
vención es proporcionar un método mejorado para controlar  
la carburación del hierro esponjoso en un reactor de reduc-  
ción de mena de lecho movil. Otro objeto de la invención  
es proporcionar un método para inhibir la deposición de --  
25 carbono en la zona de reducción de este reactor a fin de --  
permitir un control efectivo de la carburación en la zona  
de enfriamiento del reactor. Otros objetos de la invención  
en parte se harán evidentes y en parte se señalarán a con-  
tinuación.

30 Para obtener una comprensión más clara de la inven

1 ción, puede señalarse que la reducción del FeO en la zona de reducción del reactor se efectúa mediante un gas reductor caliente, compuesto principalmente de monóxido de carbono e hidrógeno, de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

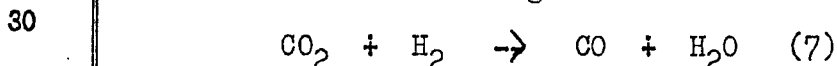


Las reacciones de carburación que ocurren simultáneamente con las reacciones de reducción pueden representarse mediante las ecuaciones:



15 Se sabe que las reacciones de carburación son favorecidas por temperaturas dentro del orden de 500° a 700°C. y por lo tanto la carburación tiende a ocurrir cerca del centro de la zona de reducción. De la ecuación (5) será evidente que el régimen de carburación en la zona de reducción es influenciado de manera importante no solamente por la temperatura, sino también por la concentración del monóxido de carbono en el gas reductor.

20 Se ha encontrado ahora de manera bastante inesperada, que aún cuando el monóxido de carbono se consume de acuerdo con la ecuación (3), la zona de reducción, frecuentemente, es un generador neto de monóxido de carbono. Aún cuando no se desea quedar limitados por ninguna teoría específica de la razón de esto, nuestra comprensión, en la actualidad, es que este resultado sorprendentemente se efectúa debido a la conversión de dióxido de carbono en monóxido de carbono en la porción inferior de la zona de reducción de acuerdo con la siguiente ecuación



1  
5  
10  
15  
20  
25  
30

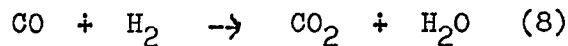
Esta reacción parece ser que se favorece en la porción inferior de la zona de reducción tanto debido a la temperatura relativamente elevada en ese punto como también debido a que el hierro esponjoso en la misma cataliza la reacción. Será evidente, al tomar en cuenta las ecuaciones (5) y (7) que la reacción de la ecuación (7) cuando ocurre activaría la deposición del carbono de acuerdo con la ecuación (5) tanto disminuyendo la concentración del dióxido de carbono en el gas como aumentando la concentración de monóxido de carbono en el mismo.

De conformidad con la invención se proporciona un procedimiento para reducir la mena de metal en partículas a partículas de metal esponjoso en un reactor de lecho móvil de túnel vertical que tiene una zona de reducción en la porción superior del mismo en donde un gas reductor caliente principalmente compuesto de monóxido de carbono e hidrógeno fluye a través de una porción del lecho para reducir la mena de metal del mismo en metal, y una zona de enfriamiento en la porción inferior del reactor para enfriar el metal, caracterizado por hacer circular el gas reductor en un circuito que consiste de la zona de reducción y un conducto externo que interconecta la parte superior y la parte inferior de la zona de reducción y que contiene un enfriador para deshidratar el gas que afluye desde la zona de reducción, suministrar gas reductor nuevo desde una fuente de gas del exterior del circuito hasta un punto en el circuito entre el enfriador y el reactor, y añadir vapor al gas reductor en la porción superior de la zona de reducción para reducir el contenido de monóxido de carbono del gas que afluye desde la zona de reducción y de esta manera dismi-

1 nuir la cantidad de carburación en la zona de reducción.

Llevando a cabo el procedimiento de la invención, la formación del carbono elemental y el carburo férrico en la zona de reducción del reactor disminuye indirectamente reduciendo el contenido de monóxido de carbono del gas en la zona de reducción. Más particularmente, el contenido de vapor de agua del gas se ajusta de manera tal como para impulsar la reacción representada por la ecuación (7) por encima hacia la izquierda, es decir, para favorecer la conocida reacción de desplazamiento de gas y agua

10



15

20

25

30

Se ha encontrado que mediante el ajuste apropiado del contenido de vapor de agua del gas reductor, la cantidad de formación de carbono en la zona de reducción puede disminuirse considerablemente debido a que el monóxido de carbono presente en la corriente de gas reacciona supuestamente de preferencia, de acuerdo con la ecuación (8), para producir dióxido de carbono en vez, de acuerdo con la ecuación (5), de producir carbono elemental. Más particularmente, el contenido de carbono del hierro esponjoso puede disminuirse de esta manera hasta un valor menor que el mínimo requerido en el hierro esponjoso producido y, de esta manera, permitir un efectivo control y regulación del contenido de carbono del hierro esponjoso en la zona de enfriamiento, sin interferir seriamente con la optimización de las condiciones de reducción en la zona reductora.

La porción externa del circuito reductor comúnmente consiste, además del enfriador de gas, de una bomba de circulación y un calentador para recalentar el gas reductor a través del cual pasa en serie el gas que afluye

1. desde el reactor. El vapor de agua puede añadirse al gas  
de circulación, por ejemplo, justamente antes de que el -  
gas entre en el calentador así como puede introducirse di-  
rectamente en el reactor cerca de la parte superior de la  
5 zona de reducción. Asimismo, el vapor de agua o vapor se  
puede introducir en la corriente del gas de reducción de -  
reposición que se alimenta hacia el circuito del gas de re-  
ducción y pueden introducirse porciones separadas del vapor  
de agua en dos o más de estos puntos en el sistema. Además,  
10 si el contenido de vapor de agua del gas reductor que afluye  
es relativamente elevado puede disminuirse hasta el va-  
lor deseado ajustando el flujo del agua de enfriamiento ha-  
cia el enfriador de gas.

15 La adición de vapor al gas reductor necesariamen-  
te diluye los constituyentes reductores del mismo. Si se  
añade vapor al gas de alimentación hacia la zona de reduc-  
ción, se reduce considerablemente la relación  $H_2:(H_2 + H_2O)$   
y consecuentemente el potencial del gas de reducción se dis-  
minuye en el fondo de la zona de reducción es decir en el  
20 punto en el sistema en donde se efectúa la parte última y  
más difícil de la reducción y es especialmente importante  
un gas de calidad superior.

25 Sin embargo cuando el vapor se añade cerca de la  
parte superior de la zona de reducción en donde ocurre la  
reducción inicial y relativamente fácil de la mena, la dilu-  
ción del gas reductor mediante el vapor tendrá relativamen-  
te poco efecto en la eficiencia de reducción total. Asimis-  
mo la reacción de desplazamiento de agua-gas deseada (ecua-  
ción 8 anterior) que ocurre al añadirse vapor al gas reduc-  
tor, es exotérmica y por lo tanto contribuye al calentamien-  
30

1 to de la mena nueva de entrada. Todavía de manera adicio-  
nal el óxido de hierro presente en la parte superior del  
lecho es un buen catalizador para la reacción de desplaza-  
5 miento de agua-gas y por lo tanto activa esta reacción de-  
seada.

La adición de vapor al gas de alimentación hacia  
la zona de reducción, aún cuando está sujeta a la desventa-  
ja anteriormente mencionada, es algunas veces ventajosa en  
el caso especial cuando el gas alimentado hacia la zona de  
10 reducción contiene una cantidad considerable de metano tal  
como, por ejemplo, cuando el gas de reposición hacia el cir-  
cuito del gas reductor es un gas reformado enriquecido con  
metano, puede usarse como gas de reposición o gas natural  
o gas de horno de coque. En estos casos, el vapor puede  
15 reaccionar con el metano de acuerdo con la siguiente ecua-  
ción:



De esta manera se producen cantidades adicionales  
de los constituyentes reductores, el hidrógeno y el mo-  
20 nóxido de carbono.

En algunos casos se ha encontrado ventajoso adop-  
tar un procedimiento de compromiso, es decir, añadir una -  
proporción pequeña del vapor al gas reductor que entra en  
el reactor y una porción predominante de vapor hacia la par-  
25 te superior del cuerpo de la mena en la zona de reducción  
del reactor.

Los objetos y ventajas de la presente invención  
pueden comprenderse y apreciarse mejor haciendo referencia  
a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

30 La Figura 1 ilustra esquemáticamente un sistema

1 de reactor de lecho movil de tunel vertical para llevar a  
cabo una modalidad preferida del método de la invención, y

La Figura 2 muestra un sistema semejante para --  
llevar a cabo una modificación del método de la invención.

5 Haciendo referencia al dibujo y en particular al  
lado a mano derecha de la Figura 1, el número 10, por lo ge  
neral, designa un reactor de tunel vertical que tiene una  
zona, 12, de reducción en la porción superior del mismo y una  
zona, 14, de enfriamiento en la porción inferior del mismo.  
10 El reactor 10 está apropiadamente aislado térmicamente y -  
está forrado o revestido interiormente con un material re-  
fractario de manera ya conocida en la técnica. La mena en  
partículas que va a tratarse se introduce en el reactor 10  
a través de un tubo, de carga, 16. La mena que va a cargar  
15 se puede ser en la forma ya sea de trozos o gránulos prefor  
mados. Fluye hacia abajo a través de la zona de reducción  
en donde se reduce, la mayor parte, a hierro esponjoso me-  
diante el gas reductor que fluye hacia arriba y luego a --  
través de la zona 14 de enfriamiento en donde se enfría me  
20 diante el gas de enfriamiento que fluye hacia arriba y sale  
del reactor a través de la salida 18. La porción interme-  
dia del reactor 10 consiste de un tubo colector de viento,  
20, el extremo superior del cual coopera con un faldón anu  
lar, 22, para formar una cámara anular, 24, hacia la cual  
25 fluye el gas reductor de entrada desde un tubo 26 y que sir  
ve para distribuir el gas reductor alrededor de la perife-  
ria del reactor. El gas reductor fluye hacia arriba a tra  
vés de la zona 12 de reducción y sale del reactor a través  
de un tubo, 28.

30 La porción inferior del tubo colector de viento,

1 20, se usa para entrar en una cámara de descarga, 30 y de-  
fine con el mismo una cámara de entrada de gas de enfria-  
miento, 32, que recibe el gas de enfriamiento desde el tu-  
bo 34 y sirve para distribuir el gas de enfriamiento alre-  
5 dedor de la periferia del reactor. El gas de enfriamiento  
fluye hacia arriba a través de la zona de enfriamiento has-  
ta una cámara de salida de gas de enfriamiento anular, 36,  
que se define mediante el tubo colector de viento, 20, y un  
deflector frustocónico, 38. La cámara 36 sirve para reco-  
10 ger el gas de enfriamiento en la parte superior de la zona  
de enfriamiento y suministrar el mismo hacia el tubo de sa-  
lida de gas de enfriamiento, 40.

Haciendo ahora referencia a la porción a mano iz-  
quierda del dibujo, el gas reductor para reducir la mena se  
15 suministra desde una fuente de gas reductor apropiada, 50.  
Típicamente la fuente puede ser un aparato de reformación  
catalítico conocido, del tipo que reforma una mezcla de gas  
natural y vapor para producir una mezcla de hidrógeno y mo-  
nóxido de carbono. Alternativamente, puede usarse gas de  
20 horno de coque ya sea como se produce o reformado. Asimis-  
mo el gas reductor puede producirse de hidrocarburos gaseo-  
sos que no sean el gas natural, o de hidrocarburos líquidos  
o carbón mineral o hulla.

El gas reductor de la fuente 50 fluye a través de  
25 un tubo, 60, hacia el circuito de gas reductor y más parti-  
cularmente hacia un aparato de control de flujo, 62, colo-  
cado en un tubo, 64, que funciona para establecer un flujo  
predeterminado de gas reductor hacia el reactor 10. El  
gas reductor se suministra mediante el tubo 64 hacia un ca-  
30 lentador, 66, en donde se calienta hasta una temperatura -

1 digamos de 750° a 950°C. y el gas luego fluye a través del tubo 26 hacia el reactor tal y como se ha descrito anteriormente.

5 El gas que afluye desde el reactor, fluye a través del tubo 28 hacia un enfriador rápido, 80, que funciona para condensar parte del agua desde el gas y separar el polvo del mismo. El gas que sale del enfriador 80 puede seguir cualesquiera de dos trayectorias. Por lo tanto puede fluir a través de tubo 82 que contiene la válvula 84 de retención hacia y a través de un regulador de contrapresión, 86, y desde ahí puede descargarse hacia la atmósfera, conducirse hacia un punto de almacenamiento apropiado o usarse como combustible. El gas que afluye del enfriador 80 puede también hacerse reciclar desde el tubo 82 a través del tubo 88, la bomba de circulación, 90, el tubo 92 que contiene la válvula 94, de nuevo hacia el tubo 64 y desde ahí nuevamente hacia la zona de reducción del reactor. Normalmente una porción predominante del gas que afluye desde el enfriador 80 se hará reciclar a través del tubo 88 y la bomba 90 del circuito de gas reductor y solamente una porción pequeña se retirará del circuito a través del tubo 82 para usarse como combustible, para almacenarse o para descargarse.

15  
20  
25 Como se ha indicado anteriormente, la mena de reducida se enfría mediante el gas de enfriamiento en la zona de enfriamiento del reactor, 14. Haciendo referencia a la porción a mano izquierda inferior del dibujo, el gas de enfriamiento entra en el sistema a través de un tubo, 96, que se suministra con una válvula 98 de cierre y un aparato de control de flujo, 100. En teoría puede usarse una amplia  
30

1 variedad de gases de enfriamiento incluyendo hidrógeno, mo  
nóxido de carbono, mezclas de los mismos, metano u otros  
hidrocarburos gaseosos, dióxido de carbono o nitrógeno. -  
Sin embargo de acuerdo con la presente invención, el hierro  
5 esponjoso se carbura en la zona de enfriamiento hasta un  
grado controlable deseado y para lograr este objeto el gas  
de enfriamiento debe contener una cantidad controlable de  
constituyentes de carburación tal y como se describirá más  
completamente a continuación. En algunos casos puede ser  
10 deseable que el gas de enfriamiento de reposición tenga la  
misma composición que el gas reductor de reposición que se  
suministra mediante la fuente 50. Para este objeto, el tu  
bo 60 se conecta con el tubo 96 mediante un tubo 102 que -  
contiene la válvula 104 de cierre.

15 Al entrar en el circuito del gas de enfriamiento,  
el gas de enfriamiento fluye hacia un soplador 106 la des-  
carga del cual se conecta con el tubo 34 que contiene el  
aparato de control 108 de flujo automático. El gas que -  
afluye sale de la zona de enfriamiento a través del tubo  
20 40, fluye hacia y a través del enfriador 110, en donde se  
enfria se deshidrata y desde ahí a través de un tubo 112  
de nuevo hacia la succión de la bomba 106 para completar  
el circuito de enfriamiento. El gas de enfriamiento puede  
ser retirado del circuito de enfriamiento a través de un  
25 tubo 114 que contiene el aparato de control de flujo 116.  
En algunos casos, la composición del gas de enfriamiento  
es de manera tal, que puede transferirse ventajosamente  
hacia el circuito de gas reductor y para este objeto el -  
tubo 114 se conecta mediante un tubo de transferencia 117,  
30 que contiene la válvula de cierre, 118, hacia el tubo 88

1 de manera tal que el gas de enfriamiento retirado del cir-  
cuito de enfriamiento, se puede añadir al gas que circula  
dentro del circuito de gas reductor. Si no se desea trans-  
5 ladar el gas de enfriamiento retirado hacia el circuito de  
gas reductor, el gas de enfriamiento agotado puede hacerse  
fluir a través de la válvula 120 del tubo 114 hacia el tu-  
bo 82 y desde ahí para descargarse, almacenarse o usarse  
como combustible tal y como se desee.

10 Como se ha señalado anteriormente, de acuerdo con  
la presente invención, la reacción de desplazamiento de --  
agua-gas que tiende normalmente a ocurrir en la porción su-  
perior de la zona de reducción se activa mediante la dismi-  
nución de vapor en el circuito del gas reductor. En una -  
15 modalidad preferida de la invención, el vapor se introduce  
en el sistema desde un tubo de abastecimiento, 130, y flu-  
ye a través del tubo 136 que contiene la válvula 138 hasta  
una cámara a presión, 140, desde donde el vapor se suminis-  
tra a través de las aberturas 142 en la porción superior -  
del cuerpo de mena en la zona de reducción. Asimismo el  
20 vapor puede fluir desde el tubo 130 a través del tubo 132  
que contiene la válvula 134 hasta el tubo 64 y desde ahí a  
través del calentador 66 hacia el fondo de la zona de re-  
ducción, 12. Todavía, de manera adicional, una porción del  
vapor puede introducirse en el circuito reductor a través -  
25 de las boquillas 142 y una porción segunda y de preferén-  
cia pequeña del vapor se alimenta hacia el tubo 64 a tra-  
vés del tubo 132.

30 La cantidad de vapor que va a usarse depende de  
factores tales como el contenido de agua del gas de recir-  
culación que fluye a través del tubo 92, la temperatura del

1 gas que se suministra al reactor, y el régimen de adición  
de la mena. Por lo general, la cantidad del vapor añadido  
quedará dentro de 1% y 20% en volúmen. Típicamente, el -  
5 vapor añadido al circuito a través del tubo 132 puede as-  
cender digamos de 1 a 5% molar del gas de circulación, y  
el vapor añadido a través del tubo 136 puede ascender diga-  
mos de 3 a 15% molar del gas de circulación.

10 Volviendo ahora al dibujo de la Figura 2, el sis-  
tema ilustrado en la misma, por lo general, es semejante al  
de la Figura 1 y por lo tanto se han usado los mismos núme-  
ros de referencia para identificar las piezas correspondien-  
tes. En el sistema de la Figura 2, se introduce en el cir-  
cuito de gas reductor un reactor catalítico separado. De  
15 manera más específica, el gas que afluye de la zona de re-  
ducción, 121, fluye a través del tubo 28 hacia y a través  
del reactor catalítico, 150, y desde ahí a través del tubo  
152 hacia el enfriador 80. El vapor se suministra hacia  
el reactor 150 a través de un tubo 154 que contiene la vál-  
20 vula 156. Como se ha indicado anteriormente esta modali-  
dad de la invención está sujeta a la desventaja de que se  
requiere una pieza de equipo separada, pero proporciona la  
ventaja de que la reacción entre el vapor y el gas reduc-  
tor puede controlarse independientemente de las reacciones  
25 que se están efectuando en la zona de reducción del reac-  
tor.

30 A fin de señalar más completamente la naturaleza  
de la presente invención, se proporcionan datos en la Tabla  
I que se dará a continuación para el número de pruebas ilus-  
trativas tanto con como sin vapor añadido. En la Tabla I  
los símbolos  $F_1$  a  $F_5$  representan los flujos, que se expre

1 san en unidades de flujo normales, en cada uno de los cinco puntos en el sistema de la siguiente manera:

$F_1$  - Tubo 60

$F_2$  - Tubo 64

5  $F_3$  - Tubo 34

$F_4$  - Tubo 136

$F_5$  - Tubo 132

10 Las unidades de flujo de la Tabla I se obtuvieron asignando al flujo del gas de reposición  $F_1$  por tonelada de mena para la prueba número 1, el valor básico arbitrario de 100 unidades de flujo. Los otros valores de unidad de flujo se proporcionan en la Tabla y representan el flujo por tonelada de la mena ajustado a este valor básico.

15

20

25

30

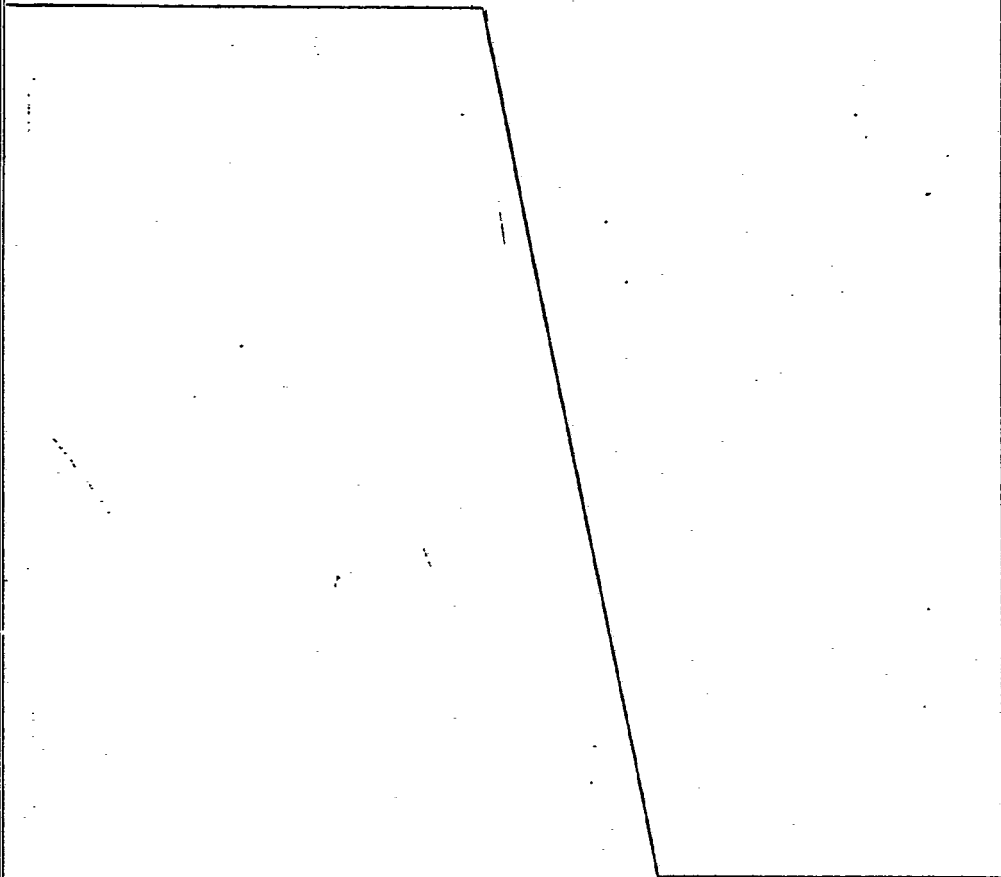


TABLA I

Prueba No.	F <sub>1</sub> Unidades de flujo	F <sub>2</sub> Unidades de flujo	F <sub>3</sub> Unidades de flujo	F <sub>4</sub> Unidades de flujo	F <sub>5</sub> Unidades de flujo	Temperatura °C.	Met. %	C%
1.	100	369	135	0	0	750	93,9	4,7
2	68	276	113	0	0	850	90,4	2,9
3	68	256	113	27	0	850	87,6	2,3
4	70	265	117	14	0	850	90,2	2,1
5	65	240	109	10	0	850	84,9	2,2
6	68	249	99	0	8	850	77,9	1,7
7	67	242	105	0	6	900	92,7	2,2

1

5

10

15

20

25

30

1

TABLA I

Prueba No.	F <sub>1</sub> Unidades de flujo	F <sub>2</sub> Unidades de flujo	F <sub>3</sub> Unidades de flujo	F <sub>4</sub> Unidades de flujo	F <sub>5</sub> Unidades de flujo
1	100	369	135	0	0
2	68	276	113	0	0
3	68	256	113	27	0
4	70	265	117	14	0
5	65	240	109	10	0
6	68	249	99	0	8
7	67	242	105	0	6

5

10

15

20

25

30

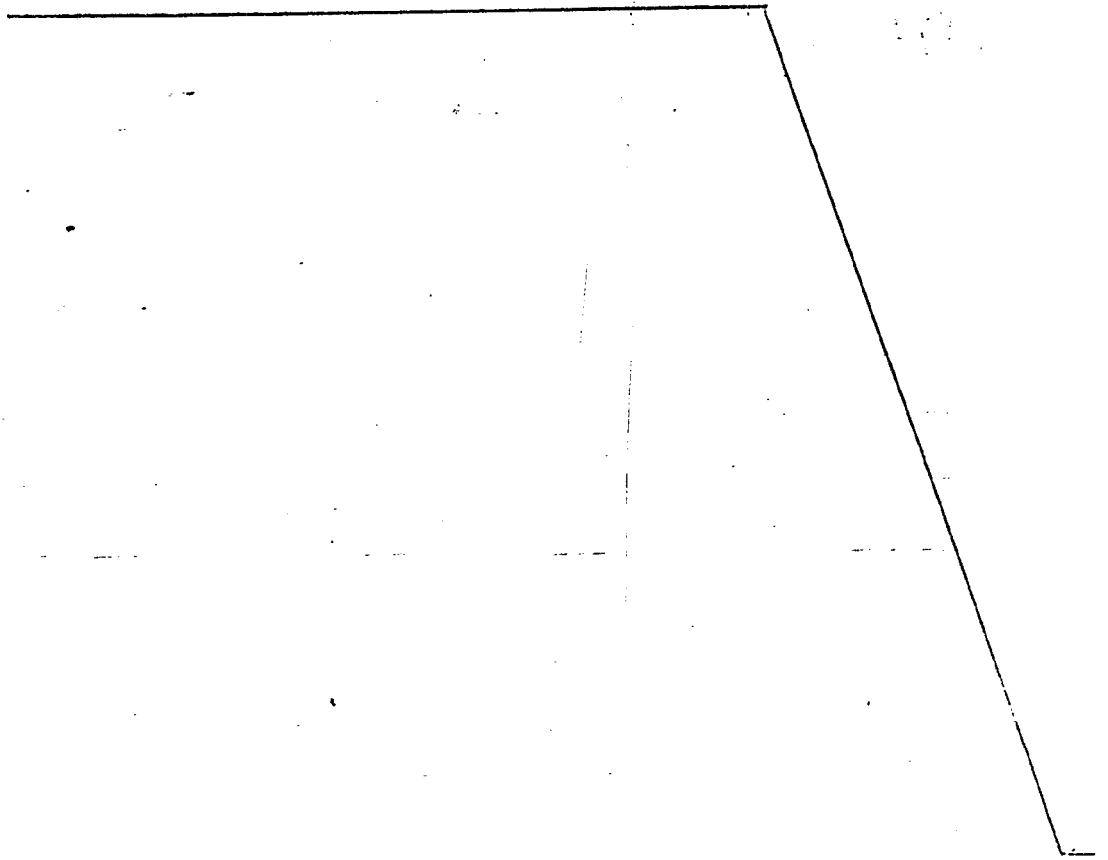


TABLA I

<u>F<sub>3</sub></u> <u>Unidades</u> <u>de flujo</u>	<u>F<sub>4</sub></u> <u>Unidades</u> <u>de flujo</u>	<u>F<sub>5</sub></u> <u>Unidades</u> <u>de flujo</u>	<u>Temperatura</u> <u>°C.</u>	<u>Met.</u> <u>%</u>	<u>C%</u>
135	0	0	750	93,9	4,7
113	0	0	850	90,4	2,9
113	27	0	850	87,6	2,3
117	14	0	850	90,2	2,1
109	10	0	850	84,9	2,2
99	0	8	850	77,9	1,7
105	0	6	900	92,7	2,2

1 De una comparación de las pruebas 1 y 2 por una  
parte y de las pruebas 3 a 7 por otra parte, es evidente  
que la adición de vapor de agua al gas reductor en circu-  
lación reduce considerablemente la carburación dentro de la  
5 zona de reducción y de esta manera permite el contro efec-  
tivo de la carburación en la zona de enfriamiento, en don-  
de puede efectuarse un control más preciso. Desde luego  
debe quedar comprendido que la descripción anterior se des-  
tina a ser ilustrativa únicamente y que pueden hacerse nu-  
10 merosos cambios en las proporciones y condiciones dadas a  
conocer sin desviarse del alcance de la invención tal y  
como se define en las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

15 1.- Un procedimiento para reducir la mena metáli-  
ca en partículas a partículas de metal esponjoso en un reac-  
tor de lecho movil de tunel vertical que tiene una zona de  
reducción en la porción superior del mismo en donde un gas  
reductor caliente compuesto principalmente de monóxido de  
20 carbono e hidrógeno se hace fluir a través de una porción  
de lecho para reducir la mena metálica del mismo a metal,  
y una zona de enfriamiento en la porción inferior del reac-  
tor para enfriar el metal, caracterizado por hacer circu-  
lar el gas reductor en un circuito que consta de dicha zona  
de reducción y un conducto externo que interconecta la par-  
25 te superior y la parte inferior de la zona de reducción y  
que contiene un enfriador para deshidratar el gas que aflu-  
ye desde la zona de reducción, suministrar gas reductor -  
nuevo desde una fuente de gas exterior al circuito hasta un  
punto en el circuito entre el enfriador y el reactor, y aña-  
30 dir vapor al gas reductor en la porción superior de la zona

1 de reducción para reducir el contenido de monóxido de carbono del gas que afluye desde la zona de reducción y de esta manera disminuir la cantidad de carburación en la zona de reducción.

5 2.- Un procedimiento según la reivindicación 1, donde se alimenta una corriente de gas reductor caliente hacia el reactor cerca del fondo de la zona de reducción para hacer que el gas fluya hacia arriba a través del lecho del metal ferrífero en esta zona, retirar el gas del reactor cerca de la parte superior de la zona de reducción y en  
10 friar el mismo para separar el agua del mismo, recalentar el gas enfriado para formar la corriente de gas caliente que se alimenta al reactor y suministrar el gas reductor nuevo desde la fuente externa del circuito entre los puntos de enfriamiento de gas y de calentamiento de gas del circuito.  
15

3.- Un procedimiento según la reivindicación 2, donde se descarga una porción del gas enfriado desde el circuito y se suministra el gas reductor nuevo desde una fuente externa hacia el circuito entre los puntos de descarga del gas y de calentamiento del gas del circuito.  
20

4.- Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el vapor total añadido en el gas reductor es entre 3 y 15% molar.

5.- Un procedimiento según las reivindicaciones 2 o 3 donde una porción de vapor se añade al circuito en un punto entre la entrada de gas nuevo y el reactor y una segunda porción del vapor se añade al reactor cerca de la parte superior de la zona de reducción.  
25

6.- Un procedimiento según la reivindicación 5, donde una porción predominante del gas se añade al reactor  
30

1 cerca de la parte superior de la zona de reducción del mis  
mo y una porción pequeña del vapor se añade al circuito en  
un punto entre la entrada de gas nuevo y el reactor.

5 7.- Un procedimiento según la reivindicación 6,  
donde el vapor se añade al gas reductor en circulación en -  
una extensión del 1 al 5% molar.

8.- Un procedimiento según cualquiera de las rei  
vindicações anteriores, donde la mena de metal es mena de  
hierro que se reduce para formar hierro esponjoso.

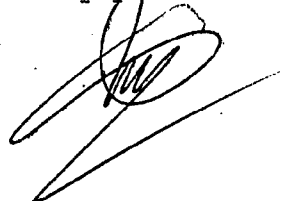
10 9.- Se reivindica por último como objeto sobre  
el que ha de recaer la patente de invención que se solicita:  
UN PROCEDIMIENTO PARA REDUCIR LA MENA DE METAL EN PARTICULAS

15 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la  
presente memoria descriptiva que consta de veinticuatro pági-  
nas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid 17 noviembre 1.978

BERNARDO UNGRIA

P. P.

20 

25

30

30

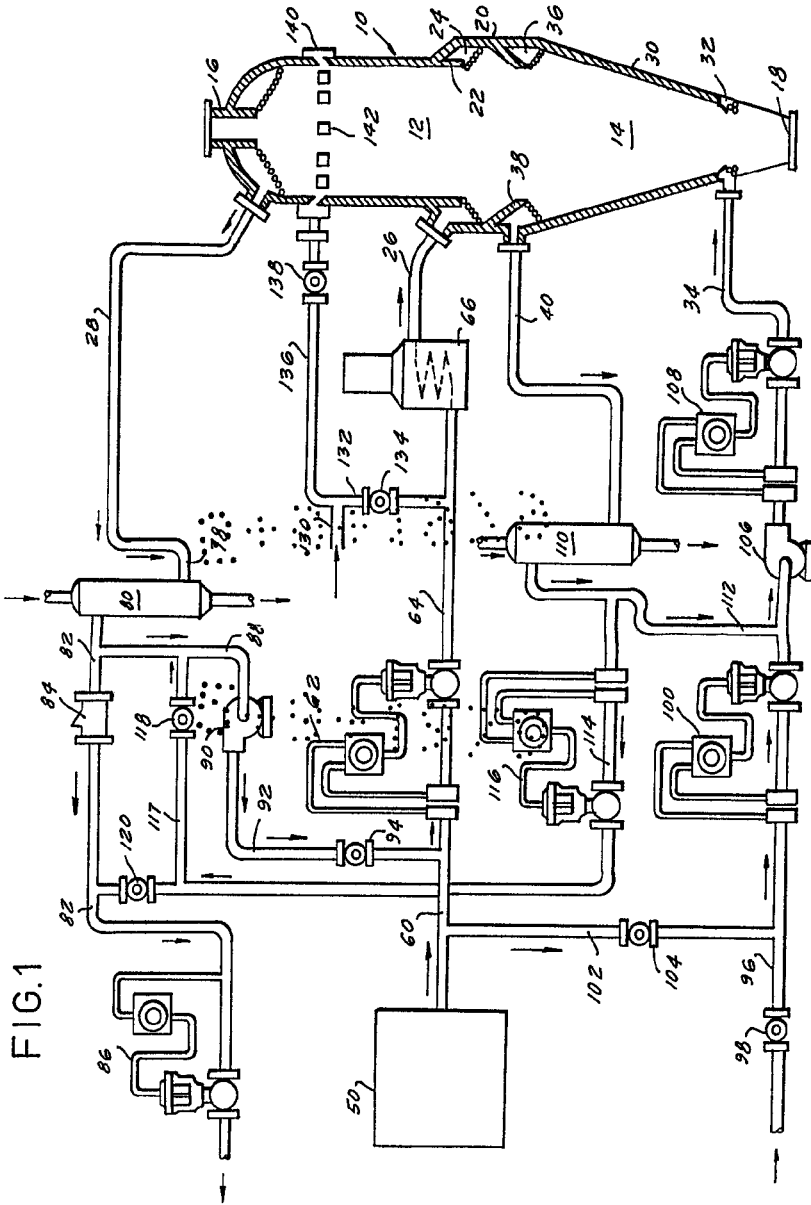
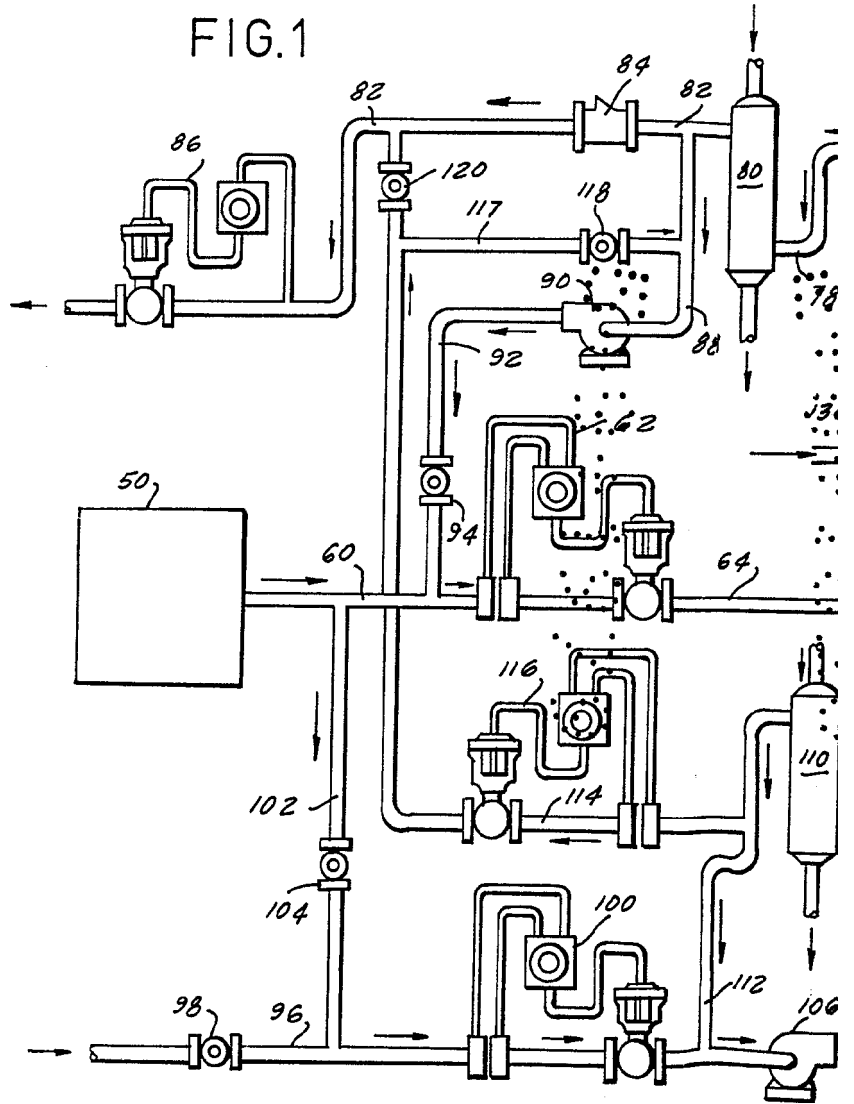
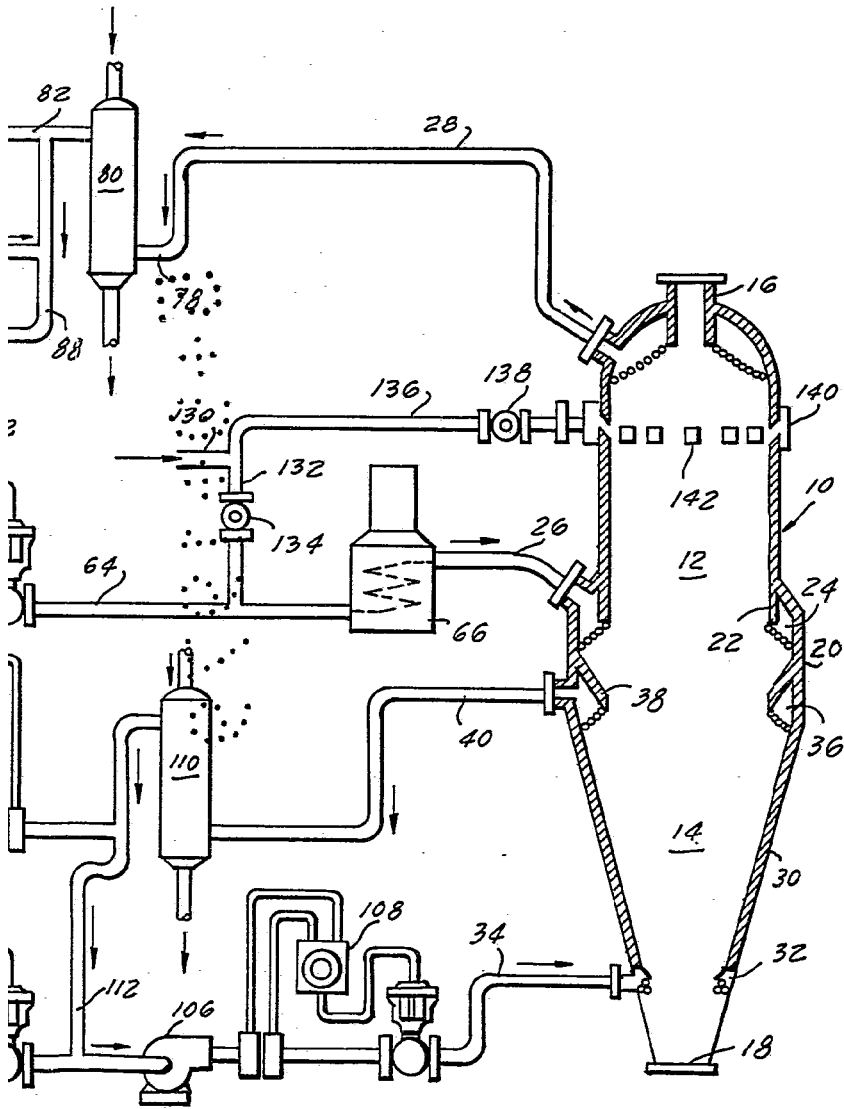


FIG. 1

ESCALA VARIABLE  
Madrid 17 de febrero 1978  
BERNARDO PARRA

FIG.1





ESCALA VARIABLE  
Madrid 17 noviembre 1978  
BERNARDO MACRÍA  
D. 107

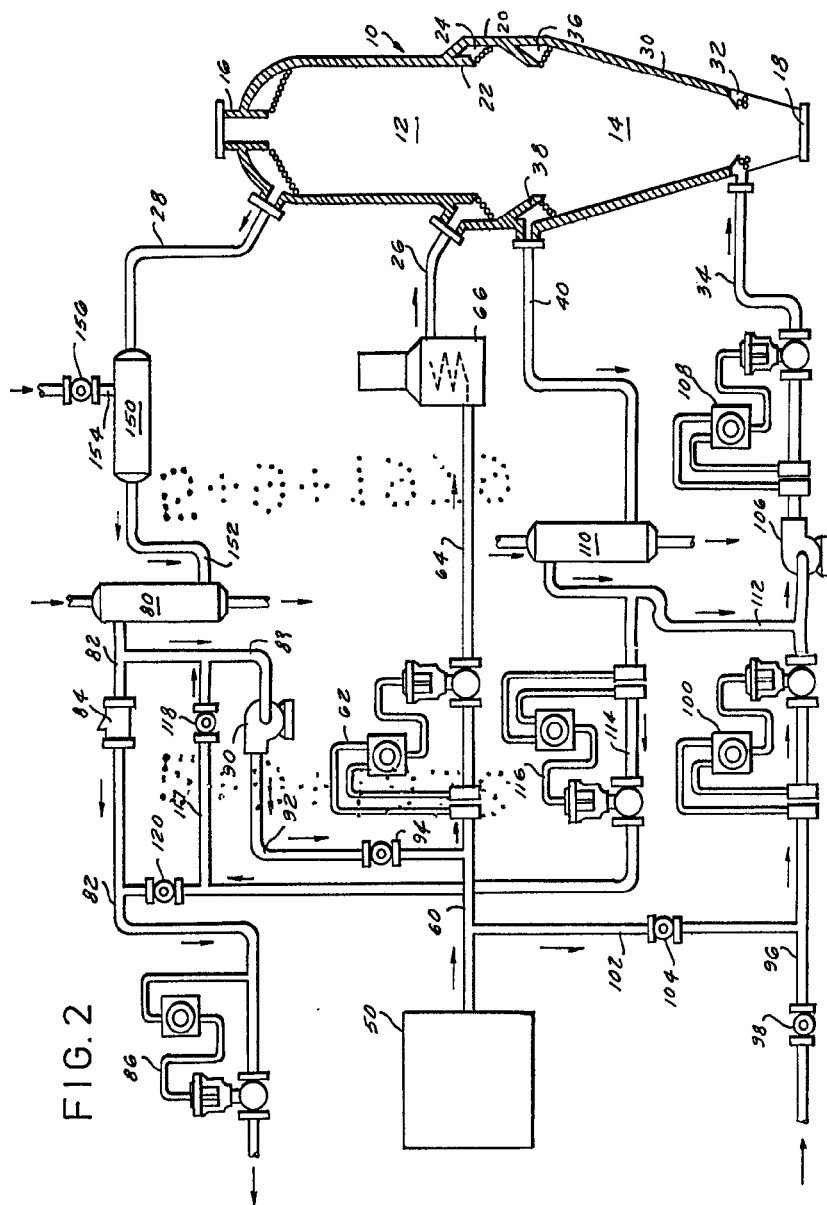
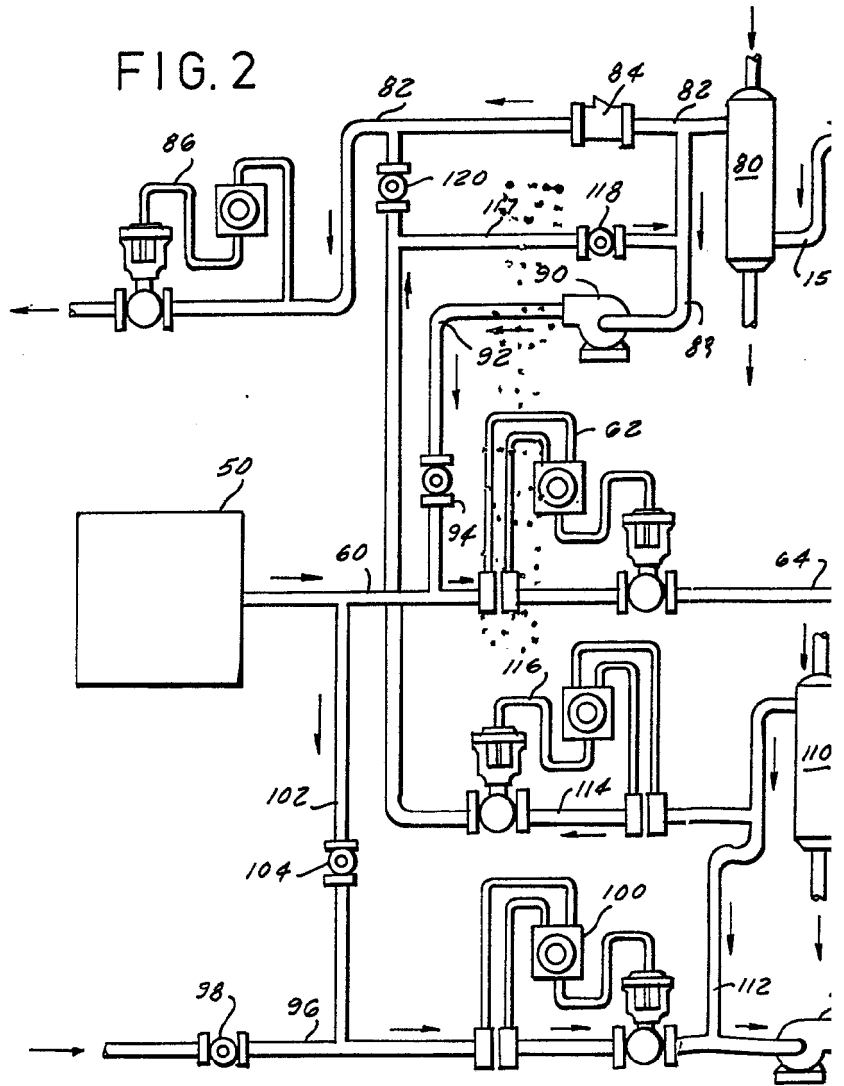
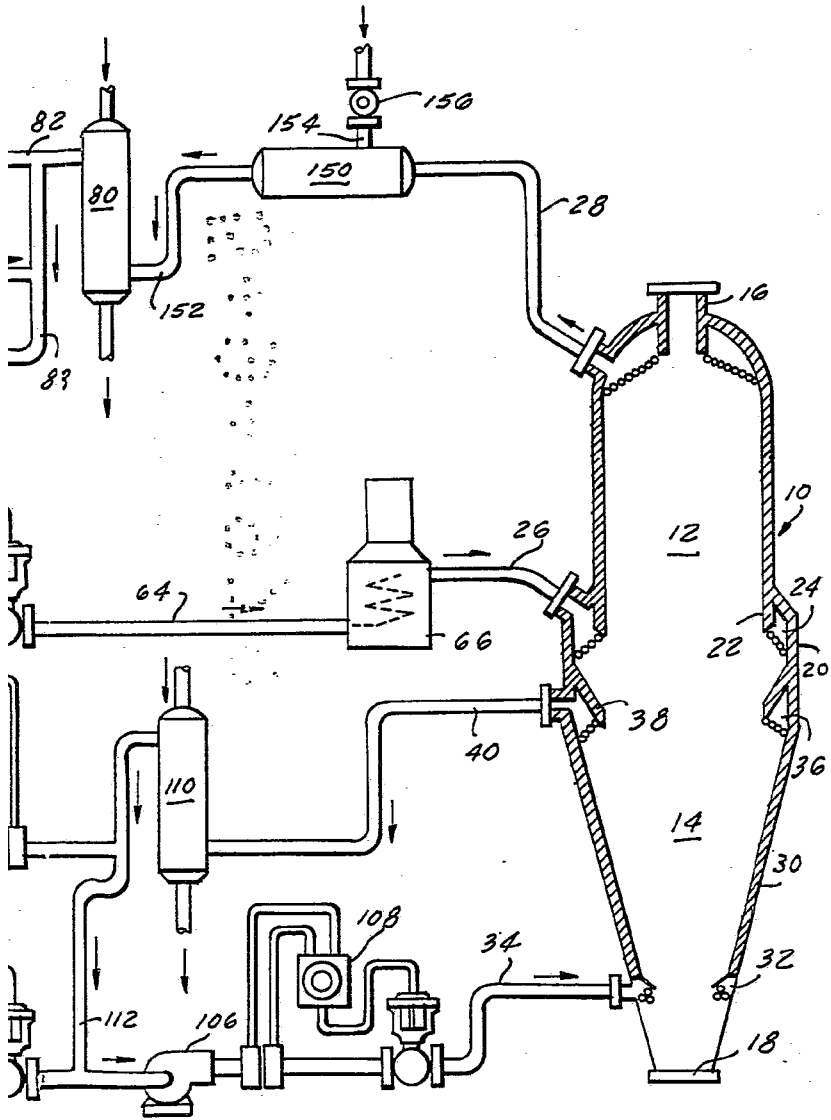


FIG. 2

ESCALA VARIABLE  
Madrid 17 Noviembre 1978  
BERNARDO GARCIA

3 1 9 9





ESCALA VARIABLE  
Madrid 17 noviembre 1978  
BERNARDO ENGELIA