

261210

MP/.

## memoria descriptiva

CLASE DE  
REGISTRO

una Patente de Invención, por veinte años en España,

NOMBRE Y  
NACIONA-  
LIDAD DEL  
SOLICITANTE

General Electric Company  
(sociedad norteamericana)

RESIDENCIA  
Y DOMICILIO

New York, 10016, N.Y. (USA)  
159 Madison Avenue

OBJETO

"PROCEDIMIENTO PARA RECUPERAR MATERIAL DE CHATARRA DE  
COMBUSTIBLE NUCLEAR DURO".

-----

INVENTOR:

Richard Kaylor Wlty, de nacionalidad norteamericana.

-----

PRIORIDAD:

Solicitud Patente USA Serial nº 690.635 del día 14 de  
Diciembre de 1967.

-----

**POOR  
QUALITY**

1 En un reactor nuclear típico se produce una gran cantidad de energía térmica por fisión nuclear controlada de isótopos fisionables, tales como  $U^{233}$ ,  $U^{235}$ ,  $Pu^{239}$  y  $Pu^{241}$ . Esta energía es liberada como calor desde una estructura, que reacciona en cadena o desde un núcleo de reactor conteniendo elementos de combustible nuclear. Este calor es separado para producir trabajo útil haciendo pasar un refrigerante a través del núcleo.

5 Pueden usarse en algunos reactores nucleares óxidos de uranio de yacimiento natural conteniendo alrededor de 5,7% fisionable de  $U^{235}$  y  $U^{238}$ . Generalmente, sin embargo, el contenido de  $U^{235}$  del combustible se incrementa hasta alrededor de 2 - 3%. En adición pueden incluirse en el combustible otros isótopos fisionables, tales como  $Pu^{238}$  y  $Pu^{241}$  ó materiales fértiles, tales como  $Th^{232}$  y  $Pu^{240}$ .

15 El material de combustible es generalmente encerrado en un recipiente o revestimiento de un material resistente a la corrosión, tal como una aleación de circonio o acero inoxidable.

20 El revestimiento puede estar en la forma de un tubo, teniendo una longitud mayor de 10 pies y un diámetro menor de 0,5 pulgadas. Una barra de combustible típica consiste en tal tubo, relleno con combustible nuclear, en forma de granos o perdigones. Se prefieren frecuentemente los perdigones de combustible, puesto que tienen mayor densidad y no tienden a posarse durante el uso. Los perdigones de combustible se preparan generalmente moliendo partículas de  $UO_2$  enriquecidas, a un diámetro medio de menos de 5 micras, prensando en frío para formar

1 un cuerpo sólido crudo o no sinterizado teniendo una densidad  
de alrededor de 40% de la densidad máxima teórica y después sin  
2 sinterizando el perdigón a una alta temperatura para producir un  
perdigón sinterizado, teniendo una densidad por encima de 90%  
5 del máximo teórico. Los perdigones tienen que ser molidos a un  
diámetro, que permita la fácil carga dentro del revestimiento,  
pero que no deje ningún intersticio indeseablemente grande en-  
tre el perdigón y las paredes del tubo. Este procedimiento de  
molturación produce una cantidad significativa de combustible  
10 de chatarra dura, principalmente  $UO_2$  que no es adecuado para  
nueva sinterización directa. También durante la sinterización  
algunos perdigones se derrumban o deforman a una forma de "cris-  
tal de reloj" teniendo una área central demasiado estrecha pa-  
ra el uso. Otros perdigones se trituran, agrietan o hacen mi-  
15 gas durante la manipulación y sinterización. Así existe una -  
considerable cantidad de chatarra dura sinterizada, resultante  
del procedimiento de fabricación del combustible. Este material  
es costoso y ligeramente radiactivo, de modo que no puede ser  
desperdiciado económicamente. Las partículas duras sinteriza-  
20 das, aún antes de haber sido molidas a un polvo, no son adecua-  
das para nueva sinterización. Es muy difícil moler chatarra de  
combustible duro al tamaño de partícula muy pequeño, requerido  
para prensar y sinterizar. Tampoco la chatarra molida sinteri-  
za bien a la densidad tan alta de las partículas, como es de-  
25 seable. Es necesario que el  $UO_2$ , por ejemplo, se oxide a  $U_3O_8$   
y después vuelva a reducirse a  $UO_2$ , bajo condiciones cuidadosa-  
mente controladas, para producir un material ligero, fácilmen-  
te prensado y sinterizado. En el pasado, esta elaboración se

1 había realizado en una base de lotes. La chatarra se había oxi-  
dado en pequeñas cantidades en cubetas en un horno de tubo, se-  
guido de una reducción química y reducción del tamaño de las -  
partículas. Este método es lento, ineficaz y frecuentemente da  
5 por resultado conversión química incompleta en las cubetas. Va-  
riaciones en las características del producto, tales como en  
la dureza, ocurren frecuentemente de lote en lote.

Así, existe una necesidad continuada de procedimien-  
tos mejorados para recuperar y volver a usar material de combus-  
10 tible nuclear en chatarra.

Uno de los objetos de este invento es procurar un -  
procedimiento para convertir chatarra dura de  $UO_2$  en  $U_3O_8$ , que  
consigue conversión sustancialmente completa.

15 Los objetos arriba citados y otros se consiguen de  
acuerdo con el presente invento, alimentando las partículas de  
combustible nuclear de chatarra en un reactor de lecho fluidi-  
zado mientras que se alimenta un gas oxidante, tal como aire,  
en el fondo del reactor en un régimen de flujo de oxígeno de  
20 por lo menos dos veces el estequiométrico. El flujo de gas se  
ajusta de tal modo que las partículas mayores no se fluidicen,  
pero se posen en el fondo del reactor y formen una sección de  
lecho fija. Cerca de la cima de esta sección de lecho fija, las  
paredes del reactor preferentemente se calientan para ayudar a  
25 la oxidación del material de combustible. Durante esta oxida-  
ción, las partículas en el lecho fijo comienzan a romperse en  
piezas cada vez menores, aparentemente debido a la difusión de  
oxígeno en la red cristalina. En un cierto tamaño intermedio -  
de partícula, las partículas se hacen lo bastante pequeñas pa-

1 ra comenzar a fluidizarse; esto es, que se soportan por la co-  
rriente de gas y se hacen libres para moverse en direcciones al  
azar. En este punto, son posibles excelente transferencia de ca-  
lor y contacto gas-sólidos, asegurando la oxidación completa.  
5 Según las partículas van haciéndose todavía menores, las mismas  
alcanzan un punto, en que ya no estarán el equilibrio con el -  
gas fluidizador y son neumáticamente transportadas fuera de la  
cima del reactor. Las partículas de combustible oxidadas, fina-  
mente divididas, son después separadas de la corriente de gas;  
10 por ejemplo, por medio de un separador de ciclón.

Se ha encontrado que pueden variarse fácilmente la  
dureza del producto, el tamaño de partícula, el grado de oxida-  
ción etc., variando la composición del gas, el régimen de flujo  
del gas y la temperatura del reactor. También se ha hallado que  
15 estas partículas después pueden ser fácilmente reducidas quími-  
camente para producir un polvo de combustible altamente sinte-  
rizable. Con el fin de obtener la conversión completa de la cha-  
tarra al óxido más alto, es decir desde  $UO_2$  a  $U_3O_8$ , es neces-  
rio que el flujo del gas oxidante sea tal que procure por lo me-  
20 nos dos veces la cantidad estequiométrica de oxígeno, neces-  
aria para la reacción de oxidación. Es preferente que el oxígeno  
en este gas sea incluso más alto, hasta alrededor de 10 veces  
el estequiométrico, para asegurar la conversión completa a ele-  
vados regímenes de sistema pasante.  
25

Mientras que este procedimiento es especialmente ade-  
cuado para combustible de  $UO_2$ , bien sean enriquecidos o natura-  
les, también es adecuado para combustibles que incluyen otros  
materiales, tales como  $PuO_2$  ó  $ThO_2$  o para combustibles que con-  
30

1 sisten en óxidos de materiales fisionables distintos al uranio.

Los detalles del invento podrán comprenderse mejor -  
haciendo referencia al dibujo, en que:

5 La figura 1 muestra una simple hoja esquemática de  
flujo del procedimiento para convertir combustible de chatarra  
dura en material sinterizable; y

la figura 2 muestra un reactor del lecho fluidizado,  
parcialmente separado, útil en el procedimiento de este inven-  
to.

10 En la figura 1 las letras mayúsculas tienen el si-  
guiente significado: A = entrada de chatarra; B = depósito de  
chatarra; C = triturador; D = alimentador; E = reactor de oxi-  
dación; F = termostato; G = entrada de aire; H = producto  $U_3O_8$ ;  
15 I = separador; J = tolva alimentadora; K = reactor de reducción;  
L = mechero de hidrógeno; M = purgador; N = salida agua refri-  
gerante; O = filtro de gas; P = finos; Q = filtro; R = entrada  
de hidrógeno; S = entrada agua refrigerante; T = producto  $UO_2$ ;  
VCK = válvula de comprobación.

20 Haciendo ahora referencia a la figura 1, en la misma  
se ilustra un simple diagrama esquemático de flujo para un pro-  
cedimiento, que primeramente convierte chatarra dura de  $UO_2$  en  
un  $U_3O_8$  molturable y después, si se desea, reduce el  $U_3O_8$  a una  
forma molturable de  $UO_2$ , adecuada para volver a prensar y vol-  
25 ver a sinterizar en perdigones de combustible nuclear.

En este procedimiento, la chatarra dura de  $UO_2$ , que  
puede estar en la forma de residuo de molturación, perdigones  
defectuosos, etc. se transporta a un depósito 10 de chatarra.  
Las piezas mayores de la chatarra son entonces trituradas por

1 un triturador 11 de chatarra dura a un diámetro medio de menos  
de aproximadamente 0, 1 pulgadas, adecuado para la introducción  
5 en el reactor 12 de oxidación. Las partículas trituradas de -  
chatarra pasan desde el triturador 11 a través de un plano in-  
clinado 13 de gravedad, alimentador 14 y válvula 15, al reac-  
tor de oxidación 12. Mientras la figura 1 muestra las partícu-  
las duras de chatarra, tal como se introducen en la cima del  
reactor de oxidación 12. Esto es meramente ilustrativo y las  
partículas podrían alimentarse en el reactor de oxidación 12,  
10 bien sea por un lado o por el fondo, si se desea. Cuando las  
partículas entran en el reactor de oxidación 12, se encuentran  
con un flujo ascendente de un gas oxidante, tal como aire, que  
entra en el reactor de oxidación 12 en el vértice del fondo có-  
nico 16. Generalmente, cuando el gas oxidante es aire, un flujo  
15 total desde alrededor de 10 hasta alrededor de 20 cfm es ade-  
cuado en un reactor, teniendo un diámetro de alrededor de 6 pul-  
gadas. Deseablemente, el aire está a una temperatura desde al-  
rededor de 400 hasta alrededor de 600°F y tiene una velocidad  
superficial de alrededor de 1,33 ft<sup>3</sup>/seg. Estas condiciones pro-  
ducen oxidación óptima con fluidización eficaz de las partícu-  
20 las. El gas oxidante de cualquier fuente adecuada (no mostrada)  
pasa primeramente a través de la válvula 17. Una porción del  
gas se desvía a través de la válvula 18 termostática a un ser-  
pentín 19, que rodea el casco del reactor de oxidación 12. Un  
25 horno rodea la porción central del reactor de oxidación 12 y  
el serpentín 19. Este horno puede ser cualesquiera de diseño  
convencional y no se muestra en detalle. Sin embargo, el área  
calentada se indica por la caja 20 señalada en trazos interrump-

1 pidos. El horno puede mantener el reactor de oxidación 12 a -  
cualquier temperatura adecuada. Se ha obtenido oxidación comple  
ta junto con uso económico de calor con temperaturas de horno  
5 en el orden desde alrededor de 800 hasta alrededor de 1300°F.  
Se han obtenido resultados óptimos cuando la temperatura del  
horno está en el régimen desde alrededor de 825 hasta alrededor  
de 875°F. La porción no desviada del gas pasa a través de una  
válvula de retención 21, después de lo cual es mezclada con el  
10 gas desviado calentado, y la mezcla entra en el reactor de oxi-  
dación. La válvula 18 termostática comprueba la proporción del  
gas que es calentada, de modo que el gas, que entra en el reac-  
tor de oxidación, se encuentre a la temperatura deseada. Como  
se ha expuesto arriba, la temperatura del gas, el régimen de  
15 flujo del gas y la temperatura del reactor oxidante se ajustan  
de modo que abandonen el reactor de oxidación partículas comple-  
tamente convertidas de  $U_3O_8$ , teniendo el deseado tamaño de par-  
tícula. Si las temperaturas fueran demasiado bajas y/o el régi-  
men de flujo de gas fuera demasiado alto, abandonarían el reac-  
20 tor partículas mayores, incompletamente convertidas. Si las tem-  
peraturas son demasiado altas y/o el régimen de flujo del gas  
fuera demasiado bajo, el procedimiento sería innecesariamente  
lento y desperdiciador de energía. En general, los mejores re-  
sultados se obtienen cuando la altura del lecho fluidizado es  
25 de alrededor de 2,5 hasta alrededor de 3,5 veces el diámetro -  
del reactor de oxidación, y el espacio libre (entre la cima del  
lecho fluidizado y la cima del reactor) y la altura del lecho  
fluidizado son aproximadamente iguales.

Quando el reactor de oxidación 12 se hace funcionar

1 correctamente, partículas muy pequeñas de  $U_3O_8$  son arrastradas  
en el gas y transportadas de modo continuo neumáticamente por  
la corriente de gas, que sale a través del conducto 22 al sepa-  
5 rador 23. El separador 23 puede ser cualquier separador conven-  
cional de gas-sólido, tal como un ciclón. Las partículas arras-  
tradas se posan en el fondo del separador 23. Pueden hacerse  
pasar por la válvula 24 desviadora neumática, bien sea al reci-  
piente 25 de producto  $U_3O_8$  o bien a la tolva 26 de alimentación  
10 para ulterior elaboración. Se ha encontrado, que hasta alrede-  
dor de 15% de  $U_3O_8$  sinterizable puede mezclarse con  $UO_2$  sinte-  
rizable, convertido en perdigones y sinterizado en una atmósfe-  
ra reductora, para dar un deseable compacto de  $UO_2$ . También es-  
te producto de  $U_3O_8$  del recipiente 25 puede ser mezclado con -  
15  $UO_2$  para dar un producto teniendo una proporción medida de áto-  
mos de oxígeno respecto a átomos de uranio mayor de 2, que es  
deseable para varias aplicaciones.

Por otra parte, cuando se desée convertir el  $U_3O_8$  en  
 $UO_2$ , la válvula desviadora 24 dirige el  $U_3O_8$  a la tolva de ali-  
20 mentación 26, desde la que pasa al reactor de reducción 27 a  
través de la válvula 28 y de la válvula medidora 29. El régi-  
men de alimentación de  $U_3O_8$  al reactor de reducción 27 se con-  
trola por medios 30 de medición de nivel, que controla la vál-  
vula medidora 29. Un gas reductor, tal como hidrógeno o amonia-  
25 co disociado se alimenta en la porción inferior del reactor de  
reducción 27 a través de la línea 31 y válvula 32. Cuando el  
hidrógeno pasa hacia arriba a través de las partículas, se for-  
ma agua por la reacción de reducción. El agua y el gas restan-  
te salen a través del filtro 33 al quemador de hidrógeno 34.

1 Es necesario que el filtro 33 se mantenga a una temperatura su-  
ficientemente alta para evitar que se condense en el mismo el  
vapor de agua. El reactor de reducción 27 se mantiene a la tem-  
peratura deseada, preferentemente en el orden desde alrededor  
5 de 1300 hasta alrededor de 1400°F, por medio de un horno conven-  
cional circundante, que se indica esquemáticamente por la caja  
35 de trazos interrumpidos. El reactor de reducción puede ser  
típicamente un horno tubular de contracorriente de 6" con calor  
exterior de pared, mantenido a una temperatura desde alrededor  
10 de 1150 hasta alrededor de 1350°F. Preferentemente el flujo de  
gas deberá incluir alrededor de 40 ft<sup>3</sup>/min., de hidrógeno para  
asegurar la reducción completa. Según va progresando la reac-  
ción de reducción, el producto UO<sub>2</sub> es separado del fondo del  
reactor de reducción por medios de descarga 36. El producto de  
15 UO<sub>2</sub> es refrigerado por un serpentín refrigerador 37, al que se  
suministra el líquido frío, tal como agua, a través de la línea  
38 y válvula 39. El producto de UO<sub>2</sub> es enfriado para evitar la  
reoxidación en aire ambiente, cuando el producto pasa a través  
20 de la válvula 40 al depósito 41 de producto de UO<sub>2</sub>. Este produc-  
to de UO<sub>2</sub> es ahora adecuado para resinterización en perligones  
de combustible nuclear. Si se desea, el tamaño de estas parti-  
culas de UO<sub>2</sub> puede ser ulteriormente reducido por molturación,  
por ejemplo, en un molino convencional de chorro.

25 La corriente de gas desde el separador 23, que puede  
contener una pequeña cantidad de partículas muy finas de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>,  
se hace pasar a un filtro de gas 42, donde esas partículas fi-  
nas son separadas y dirigidas al depósito 43 de partículas fi-  
nas. Estas partículas finas de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> después pueden ser trasla-

1 dadas, bien sea al recipiente 25 de producto de  $U_3O_8$  o a la tol-  
va 26 de alimentación, para la conversión en  $UO_2$ , según se de-  
sée.

5 Aunque este procedimiento ha sido descrito en relación  
con la recuperación de chatarra dura de  $UO_2$ , deberá recordarse,  
como se ha indicado arriba, que la chatarra puede incluir otras  
composiciones, tales como  $ThO_2$  ó  $PuO_2$ , o podría ser enteramente  
otro combustible de reactor nuclear de chatarra dura, tal como  
enteramente chatarra dura de  $PuO_2$ .

10 La figura 2 ilustra una representación esquemática,  
parcialmente separada, de una ejecución preferida del reactor  
de oxidación, tal como el mostrado en 12 en la figura 1.

15 El reactor 12 de oxidación consiste principalmente en  
una sección 44 de cuerpo cilíndrico, mostrada algo abreviada en  
la figura 2. El cuerpo 44 deberá tener un diámetro de menos de  
aproximadamente 10 pulgadas para evitar la acumulación de una  
masa crítica de material fisionable en el mismo. En los extre-  
mos del cuerpo 44 existen bridas 45 y 46 superior e inferior  
respectivamente. La proporción de la longitud del cuerpo 44 en-  
20 tre las bridas 45 y 46 y el diámetro del cuerpo 44 deberá ser  
generalmente desde alrededor de 5:1 hasta alrededor de 7:1. Den-  
tro del cuerpo 44, la cima del lecho fluidizado deberá estar pre-  
ferentemente aproximadamente a medio camino entre las bridas 45  
y 46. Así, la altura del lecho fluidizado y el espacio libre por  
25 encima del lecho son aproximadamente iguales.

El cuerpo cilíndrico 44 tiene una extensión cónica 47,  
que se extiende pasando de la brida 46 en su extremo inferior  
con una abertura 48 en el vértice. Una válvula de retención de

1 bola 49 está colocada por encima de la abertura 48 para evitar  
la pérdida de partículas de combustible a través de la abertura  
48. La bola 49 también sirve para distribuir gases entrantes a  
través del lecho inferior de partículas fijas, ayudando a obte-  
5 ner un contacto uniforme de gas-partícula. Una cámara 50 de ad-  
misión de gas encierra el vértice del cono 47 y la abertura 48.  
La cámara 50 es cilíndrica en sección transversal, con la brida  
51 emparejando con la brida inferior 46 del cuerpo 44. En el ex-  
tremo inferior de la cámara 50 una brida 52 empareja con una  
10 placa de fondo 53. La placa de fondo 53 es fácilmente desmonta-  
ble para permitir la limpieza desde la cámara 50 de cualquier  
material en partículas que pudiera caer a través de la abertura  
48. Un tubo 54 penetra por la pared lateral de la cámara 50, de  
modo que el gas oxidante pueda ser pasado al lecho fluidizado  
15 a través de la abertura 48.

Un colector cónico 55 está unido a la brida superior  
45 por medio de una brida emparejada 56. En el vértice del co-  
lector 55 está prevista una abertura de salida 57 para permitir  
que el gas transporte partículas oxidadas, finalmente divididas,  
20 al colector de partículas 23, tal como se muestra en la figura  
1. Partículas de combustible de chatarra dura, se introducen  
dentro del reactor de oxidación 12 a través del tubo 58, que pe-  
netra a través del colector 55. El tubo 58 penetra en una dis-  
tancia sustancial bajando dentro del cuerpo cilíndrico 44 para  
25 entregar las partículas cerca de la cima del lecho fluidizado.

En funcionamiento, las partículas de combustible nu-  
clear de chatarra dura se introducen dentro del reactor 12 de  
oxidación a través del tubo 58, mientras que un gas oxidante

1 calentado es introducido a través del tubo 54. La porción cen-  
tral del cuerpo 44 se calienta para aumentar el régimen de oxi-  
dación. Las partículas mayores permanecen en el fondo del reac-  
tor de oxidación. Según las partículas van oxidándose, se frac-  
5 turan simultáneamente. Según las partículas se van oxidando com-  
pletamente, su tamaño se hace lo bastante pequeño para que la  
corriente de gas las traslade fuera del reactor de oxidación a  
través de la abertura 57. La oxidación y trituración se ejecu-  
tan así continuamente.

10 Los detalles de una ejecución preferida del invento  
se comprenderán ulteriormente haciendo referencia al siguiente  
ejemplo detallado. Las partes y los tantos por ciento son de  
peso, a no ser que se indique de otro modo.

#### 15 Ejemplo

Se construye un sistema de oxidación-reducción de  
acuerdo con las hojas esquemáticas de flujo mostradas en la fi-  
gura 1, empleando un reactor de oxidación, tal como el mostra-  
do en la figura 2.

20 El cuerpo cilíndrico del reactor de oxidación tiene  
una longitud de alrededor de 40 pulgadas y un diámetro de alre-  
dedor de 6 pulgadas. La abertura de entrada de aire en la sec-  
ción inferior cónica del reactor tiene un diámetro de alrede-  
dor de 0,5 pulgadas con una bola de 0,75 pulgadas de diámetro  
25 sobre el interior del cono. El tubo de alimentación de particu-  
las se extiende por alrededor de 12 pulgadas dentro del cuerpo  
cilíndrico del reactor de oxidación hasta alrededor de la su-  
perficie superior del lecho fluidizado. La abertura en el extre-

1 mo superior del reactor de oxidación tiene un diámetro de alrededor de dos pulgadas. Todas las partes de los reactores de oxidación y reducción y las tuberías asociadas están construidas de acero inoxidable.

5 Aproximadamente las 40 pulgadas inferiores del cuerpo cilíndrico se calientan por medio de un horno circundante a una temperatura de alrededor de 850°F, ± 25°F. El aire entra en el reactor de oxidación a una velocidad superficial de alrededor de 1,33 ft/seg a una temperatura de alrededor de 500°F. El aire es calentado por circulación al exterior del horno, para dar la deseada temperatura de entrada. El flujo total del aire es de  
10 alrededor de 15 pies cúbicos/minuto.

15 Las partículas de combustible nuclear de chatarra dura, en este caso  $UO_2$  conteniendo alrededor de 2% de  $U^{235}$  y alrededor de 98% de  $U^{238}$ , trituradas a la malla 8, se alimentan en la cima del reactor de oxidación a un régimen de alrededor de 20 lbs/hr. Esta alimentación y este flujo de aire se ajustan como sea necesario para mantener el nivel del lecho fluidizado hasta alrededor de 20 pulgadas por encima del fondo del cuerpo  
20 cilíndrico.

25 El gas, que transporta las partículas de  $U_3O_8$ , sale por la cima del reactor de oxidación y pasa a un separador de ciclón. Son recogidas alrededor de 20,8 lb/hr de las partículas de  $U_3O_8$ , teniendo un diámetro medio de alrededor de 6 a 8 micras. Estas partículas pueden enviarse a un depósito de producto de  $U_3O_8$  o a una tolva alimentadora para la reducción en  $UO_2$ . La corriente de gas, que abandona el ciclón, se dirige a un filtro de gas. Se separan partículas muy finas de  $U_3O_8$  con el gas, que

1 sale a través de un respiradero. Con excepción de alrededor de  
0,001% se separa la totalidad de  $U_3O_8$  en el separador de ciclón  
y filtro de gas. Las partículas finas de  $U_3O_8$  se devuelven,  
bien sea al depósito recipiente de producto de  $U_3O_8$  o a la tol-  
5 va de alimentación del reactor de reducción, según se desée.

Cuando se desée la reducción a  $UO_2$ , las partículas de  
 $U_3O_8$  son alimentadas dentro de la cima de un reactor de lecho  
de contracorriente, teniendo un diámetro de alrededor de 6 pul-  
gadas y una altura de alrededor de 48 pulgadas a un régimen de  
10 alrededor de 20 lb/hr. El reactor está rodeado por un horno que  
mantiene el reactor de reducción a una temperatura de alrededor  
de 1350°F. Se alimenta gas de hidrógeno dentro del reactor de  
reducción en el sitio adyacente a la pared cilíndrica, cerca  
del extremo inferior del reactor. Las partículas del producto  
15  $UO_2$  se separan continuamente del fondo del reactor de reducción,  
mientras que el hidrógeno restante y el vapor de agua, produci-  
do en la reacción de reducción, pasan desde la cima del reactor  
a través de un filtro, y un quemador de hidrógeno hasta una sa-  
lida. El filtro se mantiene a una temperatura por encima de al-  
20 rededor de 212°F para evitar la condensación del agua en el mis-  
mo. El transportador de descarga de partículas de  $UO_2$  es enfria-  
do por serpentines refrigeradores de agua fría hasta temperatu-  
ra ambiente para evitar la posterior oxidación indeseada. El  
producto de  $UO_2$  es recogido en un recipiente, desde el cual pue-  
25 de tomarse para ser resinterizado en perdigones de combustible.  
Si se desea, el tamaño de partícula de producto de  $UO_2$  puede  
ser ulteriormente reducido, por ejemplo, por molienda de chorro.  
El producto de  $UO_2$  es fácilmente sinterizado y es fácilmente

30.

1 molido. El  $UO_2$  original de chatarra dura era difícil de moler y se producían perdigones pobres, cuando se resinterizaban directamente.

5 N O T A

=====

La presente patente de invención, comprende las siguientes reivindicaciones:

10 1.- Procedimiento para recuperar material de chatarra de combustible nuclear duro, caracterizado por las siguientes fases: alimentación de partículas de combustible nuclear de chatarra, comprendiendo una composición seleccionada del grupo consistente en  $UO_2$ ,  $PuO_2$  y mezclas de los mismos, en un reactor de lecho fluidizado; alimentación de un gas conteniendo oxígeno a 15 una temperatura desde alrededor de 400 hasta alrededor de 600°F dentro del extremo inferior de dicho reactor, conteniendo dicho gas desde alrededor de 2 hasta alrededor de 10 veces la cantidad estequiométrica de oxígeno, teóricamente requerida para completar la reacción de oxidación; manteniendo dicho reactor a 20 una temperatura en el régimen desde alrededor de 800 hasta alrededor de 1300°F por lo que dichas partículas son desmenuzadas de modo continuo simultáneamente y oxidadas a un estado de oxidación más elevado; controlando el flujo de dicho gas dentro de dicho reactor de modo que las mayores partículas sustancialmente no oxidadas, no sean fluidizadas, fluidizándose las partículas 25 parcialmente oxidadas de tamaño medio y transportándose las partículas sustancialmente oxidadas por completo y menores fuera de la cima de dicho reactor por el citado gas; y separando dichas partículas menores desde dicho gas después de haber sido 30

1 transportadas desde dicho reactor por el citado gas.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracte-  
rizado por la operación de poner en contacto dichas partículas  
5 mínimas con un gas conteniendo hidrógeno, a una temperatura ele-  
vada, para reducir el óxido, volviendo al estado original de  
óxido, por lo que se producen partículas finamente divididas,  
molturables, sinterizables.

3.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracte-  
rizado porque dicha temperatura elevada está en el régimen des-  
10 de alrededor de 1150 hasta alrededor de 1350°F.

4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracte-  
rizado porque dicho reactor de lecho fluidizado tiene un diáme-  
tro interior de menos de aproximadamente 10 pulgadas y una al-  
15 tura interior desde alrededor de 5 hasta alrededor de 7 veces  
el diámetro interior de dicho reactor y las citadas partículas  
de combustible nuclear de chatarra se alimentan dentro de di-  
cho reactor a un régimen suficiente para mantener dicha super-  
ficie del lecho fluidizado aproximadamente en el punto medio  
20 de dicha altura.

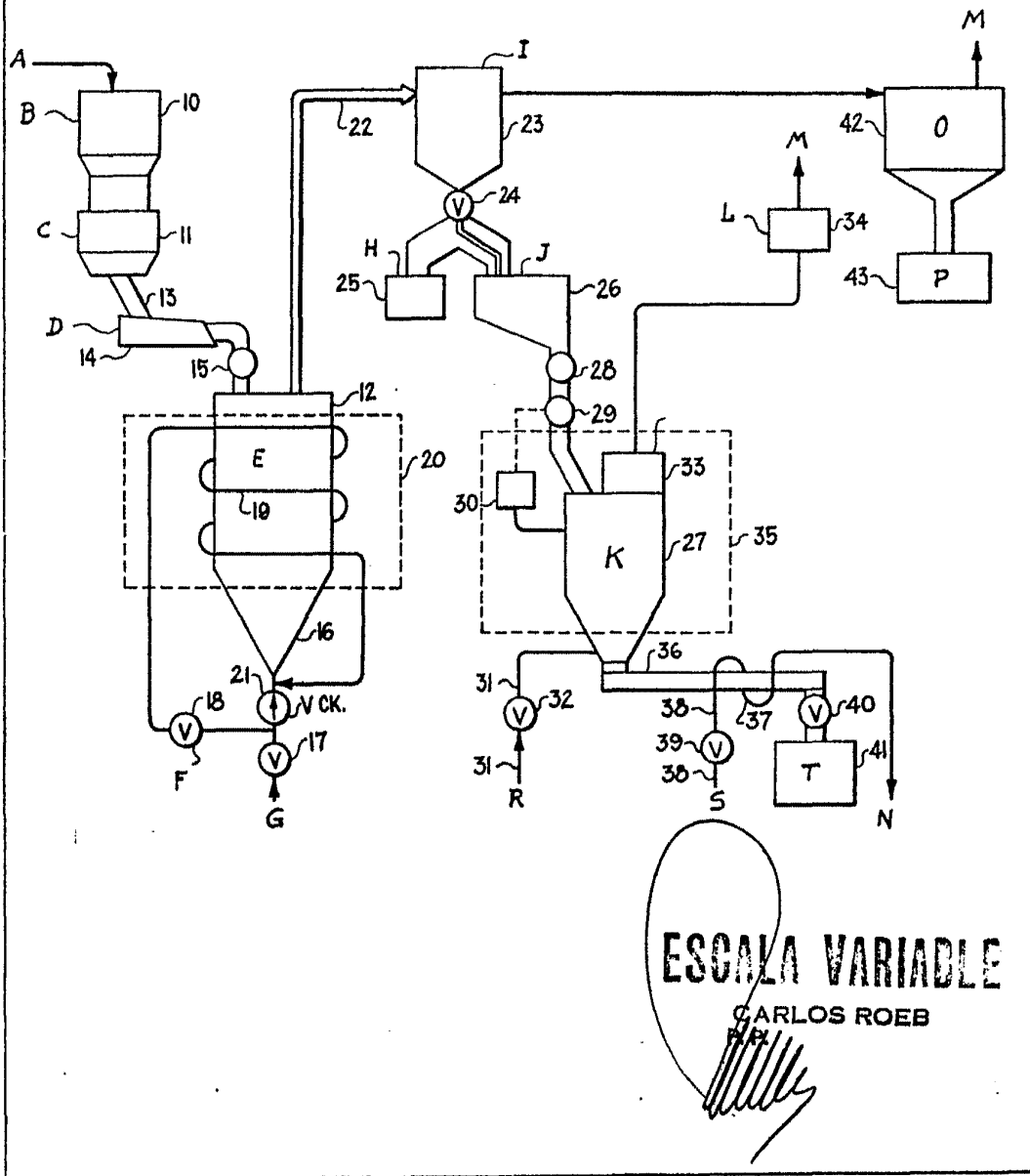
5.- Procedimiento para recuperar material de chatarra  
de combustible nuclear duro.

Según se describe y reivindica en esta memoria des-  
criptiva y se ilustra en los dibujos adjuntos, constando de  
25 dieciseis hojas foliadas y escritas a máquina.

Madrid, 7 DIC. 1968

CARLOS ROEM

Fig 1



**ESCALA VARIABLE**

CARLOS ROEB

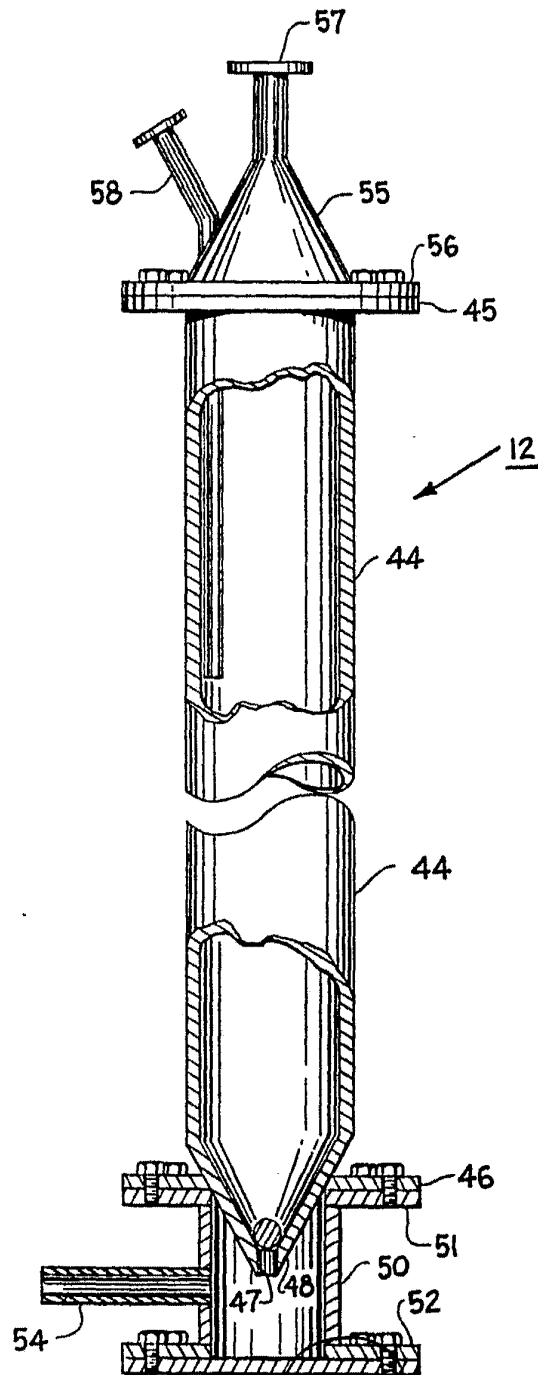


Fig 2

53  
ESCALA VARIABLE

CARLOS ROEB

PA  
*[Handwritten signature]*