



283111

MEMORIA DESCRIPTIVA

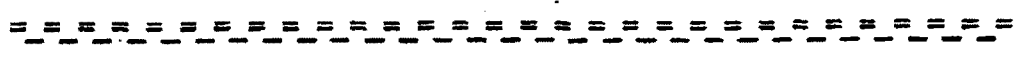
que se acompaña a la solicitud de

UNA PATENTE DE INVENCION

a favor de UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION, agencia del Gobierno de los EE.UU. de América, residente en GERMANTOWN, Maryland, U.S.A.,

por:

"UN METODO PARA ELIMINAR CALOR Y LOS PRODUCTOS DE FISION Y REACTOR NUCLEAR DE CONTACTO DIRECTO QUE LO REALIZA", con prioridad de la patente norteamericana núm. 159.195, de fecha 13 de Diciembre de 1961.



La presente invención se refiere a reactores nucleares y más particularmente a reactores nucleares homogéneos que utilizan combustible líquido.

El reactor nuclear de la presente invención es



283111

5 un reactor mejorado del tipo homogéneo que utiliza un -  
combustible líquido de aleación de plutonio. La inven-  
ción se refiere a un núcleo de contacto directo que to-  
ma ventaja de la inmiscibilidad del sodio con aleación  
de plutonio fundida para extracción del producto de fi-  
10 sión parcial y la eliminación de calor a partir del nú-  
cleo por mezcla directa del combustible líquido con el  
refrigerante.

La utilización del plutonio como un combusti-  
ble para reactor de potencia presenta diferencias mayo-  
res con respecto al uso de uranio. La toxicidad del plu-  
15 tonio evita el uso de procedimientos de manejo y fabri-  
cación directos, y el bajo punto de fusión, hace comple-  
ja la metalurgia de sus aleaciones, y las tendencias -  
fundentes fuertes del metal hacen el funcionamiento tér-  
mico de los elementos de combustible metálico muy pobre.  
20 Para un combustible sólido, la forma más factible será  
una cerámica, pero los procedimientos de manejo remotos  
requeridos hacen costoso el fabricar dicho material.

Ya que el núcleo de contacto directo contiene  
25 esencialmente sólo combustible líquido, y está siempre  
lleno, una elevación de la temperatura produce tanto -  
disminución de la densidad del combustible como separa-  
ción del combustible a partir del núcleo. El efecto ne-  
to es un rápido coeficiente de reactividad con la tempe-  
30 ratura de aproximadamente  $-5 \times 10^{-5}$ . Este gran coeficien-  
te produce un alto grado de estabilidad y auto-regula-  
ción, según se ha demostrado bien con otros reactores  
de combustible líquido, tales como el hervidor de agua  
de Los Alamos, LAMP II, LAMP I, y el Oak Ridge HRS y

283111



35 HRT. Cuando se opera a potencia, tales reactores res-  
ponden a la inserción o extracción de reactividad pri-  
mariamente mediante un cambio en la temperatura de ope-  
ración, la potencia permaneciendo invariable hasta que  
se cambia la demanda del sistema de extracción de calor.

40 El control de operación de dicho reactor se  
logra así convenientemente por demanda de calor, y la  
reactividad se ajusta sólo para obtener la temperatu-  
ra de operación deseada. Con esta forma de control no  
se mantiene exceso de reactividad en los mecanismos -  
de control, eliminando una fuente principal de peligro.

45 En el núcleo de contacto directo, el ajuste de la tem-  
peratura puede hacerse mejor por medio de la concentra-  
ción de plutonio del combustible. Con el combustible a  
la concentración apropiada, el núcleo estará caliente  
y se hará crítico siempre que esté lleno, de modo que  
50 la congelación accidental del combustible es imposible.  
Para extinguir el núcleo, el combustible debe combear-  
se a un recipiente de almacenamiento mediante una bom-  
ba de chorro de sodio pequeña. La disposición del nú-  
cleo mostrada en la figura incluye un émbolo de des-  
plazamiento de combustible, que debe emplearse sólo -  
55 si ocurre una emergencia en la cual se desee o no sea  
importante la congelación del combustible.

Las características inherentes de seguridad  
60 de este concepto de reactor pueden volverse aún más im-  
portantes que el costo de potencia que producen. El nú-  
cleo del reactor de contacto directo es esencialmente  
carente de estructura, Consiste de un recipiente cerra-  
do completamente lleno de combustible. Tubos de entra-



283111

65 da y de salida conectan el núcleo con una bomba de -  
chorro y un separador, que se aíslan neutrónicamente  
con respecto al núcleo en cierto grado. Ajustando in-  
timamente alrededor del núcleo se encuentra un reci-  
70 piente secundario y una región de manto. Si ocurrie-  
ra una ruptura o fuga del núcleo, sería casi imposi-  
ble que el combustible líquido asumiera una configu-  
ración de mayor característica crítica (mayor pandeo)  
que el que tenía en el núcleo. El sistema de combus-  
tible no contiene huecos que pueden llenarse con el  
75 combustible, ni elementos de combustible que pueden  
fundirse o moverse juntos, ni refrigerante desplaza-  
ble. La pantalla neutrónica que separa el núcleo y la  
bomba de chorro y el separador deben prevenirse rígi-  
damente con respecto al movimiento en cualquier direc-  
80 ción.

El margen de temperatura que separa la con-  
dición de operación normal de un elemento de combus-  
tible sólido y la temperatura de fusión es relativa-  
mente estrecha, siendo a menudo de sólo unos cuantos  
85 cientos de grados. Para el reactor de contacto direc-  
to no existe el peligro de fusión pues el combustible  
está ya fundido, y el margen de temperatura de más de  
2200°C entre la mayor temperatura de operación y el -  
punto de fusión del tantalio es mayor que el de cual-  
90 quier otro reactor.

El rápido coeficiente de reactividad nega-  
tivo y grande de temperatura, de un reactor de combus-  
tible líquido, es bien conocido. Proporciona un meca-  
nismo de extinción interconstruido que tiene la capa-

283111



- 95 ciedad de absorber inserciones de reactividad relativamente grandes y rápidas sin efecto posterior excepto - una elevación en la temperatura. El coeficiente de temperatura calculado del núcleo de contacto directo es - de  $-5 \times 10^{-5}$  por grado centígrado, que es el mismo que
- 100 el medido para LAMPRE I. Para el último reactor, R.M. Kiehn ha calculado que una inserción en pendiente a razón de cinco mil dólares por segundo no dá como resultado daño mecánico al núcleo, siempre que la elevación total de la temperatura no sea demasiado alta.
- 105 El contacto directo de sodio con el combustible proporciona la separación continua de los productos de fisión, de modo que se almacena un inventario más pequeño en el sistema de núcleo en el caso de liberación al medio ambiente.
- 110 Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un método y medios novedosos para separar directamente tanto el calor como los productos de fisión a partir de un núcleo líquido de reactor.
- 115 Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar una cápsula de núcleo para reactor nuclear homogéneo que contiene un recipiente de núcleo, una bomba de chorro y un separador de fases, un cambiador de calor del refrigerante de sodio, una bomba refrigerante de sodio, y una cámara aforadora de refrigerante de sodio, cada uno de cuyos elementos puede disponerse uno sobre el otro dentro de la envolvente cilíndrica
- 120 de la cápsula de núcleo.
- Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un reactor nuclear homogéneo que es al-



125 tamente compacto, usa el mínimo de tubería de conexión, proporciona su propio soporte estructural, resuelve los problemas de protección, mantiene inventario, y proporciona relativamente pocas conexiones para reemplazar el recipiente de núcleo individual y la bomba de chorro.

130 Otros objetos y ventajas de la presente invención se harán más aparentes a partir de la siguiente descripción que incluye el dibujo hecho aquí una parte de la especificación.

135 La figura es una vista en sección transversal parcial vertical a través de la cápsula de núcleo que muestra sus compartimentos internos.

140 APARATO. La modalidad preferida de la presente invención según se muestra en la figura comprende un recipiente de reactor (1) en forma de tubo de ensayo fabricado preferiblemente de tantalio. El recipiente 1 está cerrado en el fondo y termina en la estapaña 2 en la parte superior. Suspendingo a partir de dicha pestaña 2 se encuentra un soporte estructural cilíndrico y hueco 3 que soporta la bomba de sodio primaria 4, mostrada esquemáticamente en la figura, cuya bomba está conectada a través del alojamiento 39 a sus accesorios necesarios externos al recipiente 1. La bomba 4 se provee con las aberturas de entrada de sodio 5 en su extremo superior. Soportado por la bomba 4 y extendiéndose hacia adentro a partir de la misma se encuentra el conducto de salida de sodio 11 que define el ducto de salida de sodio 10. El conducto 11 está soportado contra el movimiento lateral por una pluralidad de pestaña 12.

Colocado debajo de dicha bomba 4 y soportado

283111



155 por la pared del recipiente 1 se encuentra un cambiador  
de calor 6, mostrado simbólicamente, que se provee con  
una perforación concéntrica central 7 dentro de la cual  
ajusta el conducto 11. El sodio caliente entra al cam-  
160 biador de calor 6 en la abertura 13 en donde cede su  
calor a un circuito de sodio secundario que se emplea  
para generar vapor. El sodio enfriado deja el cambia-  
dor de calor 6 en la abertura 14 en donde fluye hacia  
la cámara aforadora de sodio 15. El circuito de sodio  
secundario incluye un canal de entrada anular 16 y un  
165 canal de salida anular 17. Estos canales se definen me-  
diante el recipiente 1, la mampara cilíndrica 18 de di-  
rección de flujo, y el recipiente externo 19. La bomba  
del sistema de sodio secundario y los medios generado-  
res de vapor se conectan a los canales 16 y 17 en la -  
170 conexión 20.

Extendiéndose hacia abajo a través de la par-  
te superior de la pestaña horizontal de soporte 3 se -  
encuentra un conducto de control 21. El conducto 21 se  
conecta al accionador de barra de desplazamiento 25 que  
175 está soportado dentro del conducto de salida de sodio -  
al cual está unido por medio de una pluralidad de so-  
portes 26. Extendiéndose hacia abajo a partir del ac-  
cionador 25 a un punto adyacente a la parte superior -  
del núcleo 27 se encuentra el alojamiento de la barra  
de desplazamiento 28 dentro del cual se extiende la ba-  
180 rra de desplazamiento 29 fabricada preferiblemente a -  
partir de tantalio o tungsteno. El alojamiento 28 ter-  
mina dentro del escudo 30 que define la parte superior  
del núcleo 27. El escudo 30 se fabrica preferiblemente



185 de tantalio o tungsteno. La barra 29 se mantiene normal-  
mente en la posición retraída dentro de su aloja-  
miento mediante presión flúida en el conducto 21 que  
actúa sobre el pistón 22 (este puede ser de fuelles -  
expansibles en vez de pistón ). Si la presión de flúido  
190 es interrumpida, el sodio primario en la región 10  
entra a través del respiradero 24, e impulsa la barra  
29 hacia abajo, ayudado por la gravedad. El desplaza-  
miento del combustible mediante la barra 29 terminará  
la reacción en cadena.

195 Provista dentro de dicho conducto de salida  
de sodio 11 en su extremo inferior se encuentra una se-  
rie de mamparas en espiral 31 que se extienden entre la  
pared del conducto 11 y una extensión superior del escu-  
do 30. Estas mamparas sirven para proporcionar el sodio  
200 que fluye a través del ducto 10 a partir de la bomba 4  
con un movimiento rotatorio rápido. El conducto 11 se  
extiende hacia abajo adyacente a, pero separado, del -  
escudo 30 para proporcionar una región de inversión de  
flujo de sodio 32. La parte superior del escudo 30 es  
205 cóncava para proporcionar un flujo de sodio más bien uni-  
forme que turbulento. Una mampara 33 de dirección de -  
flujo se extiende tanto hacia arriba como hacia abajo  
a partir del escudo 30. La mampara 33 está separada de  
la pared del recipiente 1 para proporcionar una trayec-  
210 toria de retorno de combustible 42 a partir de la región  
de separación centrífuga 34 al núcleo 27. El escudo 30  
se provee con ductos 35 de comunicación de flúido peri-  
féricos, circunferencialmente separados. El sodio, al -  
fluir más allá de estas aberturas extrae continuamente



283111

215 una porción del combustible a partir del núcleo 27, en  
una acción de bomba de chorro. Una ranura anular de des-  
carga de pesados se provee en la región de separación -  
34 en el extremo superior de la mampara 33 por medio -  
del aro anular 36 que está unido a la pared del reci-  
220 piente 1 y se extiende hacia adentro y hacia abajo más  
allá del extremo superior de la mampara 33 adyacente a  
la misma pero separada de la misma.

El extremo superior del recipiente 1 se cie-  
rra y se sella por medio del escudo 37, que puede con-  
225 sistir de un escudo de concreto dentro de un alojamien-  
to de acero. Esto proporciona un volumen de gas sella-  
do 38 sobre el sodio en el volumen aforado 15. Pueden  
proporcionarse tuberías de entrada y salida de gas (no  
mostradas) para establecer comunicación con este volu-  
230 men de gas 38.

Provisto dentro del recipiente 40 afuera del  
recipiente 19 y debajo del circuito de sodio secundario  
se encuentra una región de manto 41. Ya que un manto de  
generación es bien conocido en el arte y no forma parte  
235 de la presente invención, no se muestra en sus detalles.

SISTEMA DE COMBUSTIBLE LIQUIDO.- El combusti-  
ble propuesto para el uso de contacto directo es una -  
aleación de plutonio, cerio, y cobalto. La aleación -  
exhibe un valle eutéctico de menor temperatura con un  
240 punto de fusión cercano a 420°C y un contenido de co-  
balto más o menos constante de aproximadamente 25% ató-  
mico (a/o). Esto significa que el plutonio y el cerio  
pueden emplearse en relaciones variables sobre una am-  
plia escala, con poco cambio en el punto de fusión. Es-



245 ta racterística permite que el enriquecimiento en plutonio del combustible se seleccione de manera que se apropie al diseño de reactor, un grado de libertad - que es más importante en la obtención de diseño de núcleo de alto funcionamiento.

250 En la modalidad preferida de la presente invención el combustible consiste de 67.5 a/o de cerio, 25 a/o de cobalto, y 7.5 a/o de plutonio.

255 Son también posibles otros sistemas de combustible, pero no han sido estudiados aún tan completamente. El sistema plutonio, cerio, cobre, aunque está limitado a las concentraciones de plutonio sobre una escala más estrecha, incluye aquellos de interés para aplicación en gran escala. Hay indicaciones de que este sistema puede probarse que es menos corrosivo que -  
260 el sistema de cobalto, aunque las pruebas de este punto están aún en principio.

RECIPIENTES Y MATERIALES ESTRUCTURALES. Los -  
requerimientos para un núcleo de contacto directo son significativamente diferentes de aquellos para un núcleo que modaliza un cambiador de calor interno.  
265

El núcleo consiste principalmente de una coraza de recipiente; hay muy poca estructura interna, y esto no necesita ser hermético a las fugas, ya que funciona sólo como una guía de flujo.

270 No hay transmisión de calor a través de las paredes del recipiente, de modo que pueden hacerse tan gruesas como se desee dentro de las limitaciones de - pérdida de neutrones. Los esfuerzos a la presión pueden mantenerse bastante bajos, y los esfuerzos térmicos existirán sólo durante las transiciones de tempe-  
275



283111

ratura.

280 Pueden tolerarse velocidades de corrosión regularmente altas debido a las paredes gruesas y a la baja relación de superficie a volumen. No hay pequeños pasajes para combustible refrigerante que se taponen.

285 Los altos gradientes de temperatura y las altas velocidades en el combustible significan que la transferencia de masa y la erosión deben resistirse con éxito.

290 Permanecerán pequeñas gotas de combustible arrastradas en la corriente de sodio después del paso de separación de fases. Tales gotas se alejarán con los componentes de acero inoxidable, de modo que el sistema de sodio primario, la bomba, y el cambiador de calor deben construirse o aderezarse con metal refractario sobre el lado de refrigerante primario.

295 Los esfuerzos materiales hasta la fecha se han referido primariamente al combustible de plutonio altamente concentrado (15 g/cc) empleado en MAPPS I. Las pruebas hasta ahora, con combustible diluido, indican que es más fácil de contener que el combustible de MAPPS I. El tantalio, itrio, y niobio de alta pureza, muestran también buenas promesas en estas pruebas estáticas y son resistentes todos al sodio. Para 300 las porciones no estructurales del núcleo, tal como por ejemplo en los revestimientos, boquillas, y mamparas de flujo, sería factible un cuerpo de cerámica. En las pruebas preliminares, unos cuantos materiales 305 de cerámica tales como alúmina, de óxido de berilio,



23341

y óxido de itrio han mostrado buena resistencia al combustible diluido.

CIRCULACIÓN DE COMBUSTIBLE LIQUIDO Y REFRIGERANTE.

310 El combustible líquido utilizado en el reactor -  
de la presente invención se hace circular por medio de  
la bomba de chorro de sodio. Se provee suficiente sodio  
a manera de mantener el nivel de sodio mostrado en la -  
figura en la cámara aforadora 15. De la cámara aforadora  
el sodio fluye a través de las aberturas de entrada  
315 de la bomba 5 a través de la bomba de sodio 4, hacia -  
abajo por el ducto de entrada 10, hacia la región de -  
inversión de flujo 32. Justamente antes de alcanzar la  
región 32, el sodio recibe un movimiento rotacional por  
medio de una mampara en espiral 31. Debido a la acción  
320 de la bomba de chorro del sodio que pasa sobre las aberturas  
periféricas 35 circunferencialmente separadas en  
el escudo 30, el combustible líquido es extraído a través  
de dichas aberturas 35 y es llevado a la región de  
inversión de flujo 32 en donde el combustible se mezcla  
325 íntimamente con el sodio. El calor y los productos de  
fisión se transfieren del combustible al sodio en este  
punto. A medida que esta mezcla viaja hacia la región  
separadora 34, el combustible que es más denso se mueve  
hacia afuera debido a la fuerza centrífuga que resulta  
330 del movimiento de rotación de la mezcla. En el momento  
en que la mezcla ha alcanzado las ranuras de descarga  
de pesados provista por el anillo 36, la mezcla se ha  
estratificado en una capa externa de combustible y una  
capa interna de sodio.

335 Este entremezclado íntimo es el medio de pro-



porciona la eliminación de calor a partir del núcleo. Como en cualquier reactor de combustible circulante, la eliminación de calor se determina mediante la velocidad de flujo y la elevación de temperatura. La capacidad calorífica volumétrica del combustible se estima en aproximadamente 0.47 calorías por centímetro cúbico grados centígrados, que significa que a una elevación de temperatura de 250°C, deben hacerse circular aproximadamente 121 litros por minuto por megawatt de potencia. El flujo de sodio más apropiado para un flujo de combustible dado está sujeto a varios factores, una relación de volumen cercana a 3:1 seleccionándose para la presente invención. Un flujo de sodio de 378.5 litros por minuto por megawatt da una elevación de temperatura de aproximadamente 150°C.

La elevación de temperatura del combustible se sobrepone a la del sodio, ya que la transmisión de calor es concurrente. La menor temperatura en el sistema de sodio debe estar sobre el punto de fusión del combustible, de modo que cualesquiera gotas arrastradas se drenen de regreso al núcleo, en lugar de congelarse en el cambiador de calor u otra superficie. El sodio fluye entonces hacia arriba por el ducto anular 43 y hacia el cambiador de calor 6 a partir del cual fluye a la cámara aforadora 15.

EXTRACCIÓN DEL PRODUCTO DE FISIÓN. El contacto continuo de las corrientes de combustible y sodio en la región 32 permitirá la extracción de los productos de fisión de los grupos alcalino, alcalino-térreo, de telurio, y de halógeno al sodio, junto con -



los elementos gaseosos. Los productos solubles en so-  
dio pueden dejarse en el sodio, ya que están en canti-  
dad despreciable, alcanzando una cantidad de aproxima-  
damente una parte por mil después de un año. La crea-  
370 ción de especies radioactivas, sin embargo, puede evi-  
tarse re-elaborando el sodio, y el equipo para esto -  
puede incluirse en el diseño de la planta.

Los otros productos de fisión se espera que  
permanezcan en la fase de combustible. Las estimaciones  
375 de la solubilidad y la velocidad de creación de tales  
productos en el combustible muestran que deben esperar-  
se perturbaciones sólo mínimas de la composición y del  
punto de fusión aún si se fisionara todo el plutonio -  
original, con nuevo plutonio añadido para mantener la  
380 reactividad. Este nivel de combustión al 100% se alcan-  
za en 6 a 7 años a la potencia específica esperada en  
tales núcleos. En algún punto debe alcanzarse el lími-  
te de solubilidad del zirconio y el molibdeno, y estos  
elementos se depositarán como una fase sólida. Aún no  
385 se sabe cuando sucede esto, pero la pequeña cantidad  
de material involucrada, no se espera que cause pro-  
blemas.

No hay probabilidad de que un núcleo de con-  
tacto directo grande, diluido, requiera la eliminación  
390 de algún producto de fisión durante largos periodos. La  
única elaboración de núcleo necesaria será la adición  
de plutonio para reemplazar el consumido.

Sin embargo, existe un mecanismo conveniente  
por si se hiciera necesaria la elaboración adicional -  
395 del combustible. Una pequeña cantidad (0.1%) de cloru-



ro de sodio añadida a la fase de sodio producirá una solubilidad apreciable de muchos productos de fisión adicionales en la fase de sodio, que pueden después - elaborarse de manera bien conocida sobre una base continua.

400

OPERACION. El arranque debe iniciarse calentando los sistemas de sodio secundario y primario, cargando con sodio, y elevando la temperatura de todos los sistemas a aproximadamente  $450^{\circ}\text{C}$  con calentamiento eléctrico. Por ejemplo, puede colocarse un calentador eléctrico adyacente al exterior del recipiente 40. El núcleo de reactor no debe contener en este momento combustible, llenándose con sodio primario. El combustible, que se almacena en una celda de almacenamiento de combustible (no mostrada), se añade después al recipiente 1 por medio de una pequeña bomba de chorro de sodio, por lo cual el combustible pesado desplazará al sodio en el núcleo. La capacidad total de la bomba es lo suficientemente pequeña para dar una aproximación segura a la capacidad crítica, de modo que se requieren varias horas para la transferencia. Cuando se han transferido aproximadamente dos terceras partes del combustible para el primer núcleo, el núcleo apropiado está casi lleno y se alcanza la capacidad crítica. Un entrelazamiento evita la transferencia de combustible al núcleo a menos que la bomba de sodio primario para ese núcleo está quitada, de modo que no se establecerá demanda de calor sobre un núcleo que no esté completamente lleno. Después de que se alcanza la capacidad crítica, una adición ulterior del combustible sirve para incrementar la temperatura

405

410

415

420

425



del núcleo de modo que cuando todo el combustible está  
adentro, el núcleo está a la temperatura caliente de -  
extinción de aproximadamente 525°C. Algo del calor se  
transfiere por convección natural al sodio y el manto  
430 interno tan pronto como la temperatura del núcleo excede  
de la temperatura del sistema; en el momento en el  
cual se completa la adición de combustible al núcleo  
produce posiblemente 50 kilowatts. La lenta iniciación  
del flujo de sodio produce una primera igualación de  
435 la temperatura entre el combustible y el sodio y fuer-  
za finalmente la circulación del combustible.

La separación de la carga a partir del núcleo  
se logra reduciendo la demanda de calor en el genera-  
dor o turbina de vapor. El núcleo en esta condición es  
440 tá operando a potencia en forma de calor con la circu-  
lación total del combustible, y puede aceptar brusca-  
mente una demanda de calor. Una extinción más completa  
consiste en interrumpir el flujo de sodio, que detie-  
ne la circulación del combustible excepto por convec-  
445 ción natural. El núcleo permanece crítico y no se con-  
gelará, de modo que puede quedar así indefinidamente.

Por lo tanto, es aparente que la presente -  
invención proporciona una disposición y asociación de  
partes novedosas que da como resultado un reactor nu-  
clear que tiene ventajas numerosas con respecto a los  
450 dispositivos del arte anterior. Aunque en el presente  
se han descrito las modalidades preferidas de la in-  
vención, es claro que pueden hacerse muchas otras mo-  
dificaciones sin apartarse del alcance de la invención.  
455 Por lo tanto, la presente invención no está limitada -  
por la descripción anterior, sino únicamente por las



2831

cláusulas anexas.

N O T A

460 Describa suficientemente la naturaleza y alcance de la invención y la manera como la misma puede ser llevada a la práctica, se reivindican a título privativo las siguientes particularidades sobre las cuales ha de recaer la concesión del privilegio de **PATENTE DE INVENCION** que se solicita.

465 1.- Un método para eliminar calor y los productos de fisión a partir del núcleo de un reactor de plutonio fundido que comprende los pasos de: (a) mezclar directamente el combustible líquido con un refrigerante de sodio, (b) separar dicho combustible y refrigerante, (c) dirigir dicho sodio a un cambiador de calor y después (d) dirigir dicho sodio a una bomba por  
470 la cual se recircula al núcleo que se vá a mezclar con el combustible.

475 2.- Un método para eliminar calor y los productos de fisión a partir del núcleo de un reactor de plutonio fundido que comprende: (a) hacer circular el combustible rápidamente a través del núcleo por medio de un chorro externo de sodio líquido, (b) mezclar dicho combustible en circulación con dicho sodio líquido por lo cual el calor y los productos de fisión se transfieren de dicho combustible a dicho sodio, (c) separar  
480



283111

dicho sodio de dicho combustible en circulación, y (d) dirigir dicho sodio a un cambiador de calor y bomba por lo cual el sodio líquido se regresa a la región de núcleo como dicho chorro externo.

485                   3.- Un método para eliminar calor y los productos de fisión a partir del combustible de un reactor nuclear homogéneo de plutonio fundido que comprende: (a) hacer circular continuamente dicho combustible a través del núcleo, (b) hacer circular continuamente un refrigerante de sodio dentro del reactor, (c) llevar dicho combustible en circulación y dicho sodio en circulación juntos en una región de intersección de dichas dos corrientes en circulación, en donde las dos corrientes se mezclan y el calor y los productos de fisión se transfieren de dicho combustible a dicho sodio, y (d) separar dicha corriente de sodio en circulación a partir de dicho combustible en circulación.

490

495

4.- Un método para eliminar el calor y los productos de fisión a partir del combustible en el núcleo de un reactor nuclear homogéneo que comprende: (a) hacer fluir continuamente una corriente de sodio líquido hacia dicho núcleo, (b) eliminar continuamente una porción de dicho combustible a partir de dicho núcleo, (c) mezclar continuamente dicha porción de combustible con dicho sodio líquido por lo cual el calor y los productos de fisión se transfieren de dicha porción de combustible a dicho sodio líquido, (d) separar continuamente dicha porción de combustible a partir de dicha mezcla de combustible y sodio líquido, (e) regresar continuamente dicha porción de combustible a dicho núcleo,

500

505

510



233111

y (f) dirigir dicha corriente de sodio líquido a un -  
cambiador de calor.

515 5.- Un reactor nuclear homogéneo que comprende:  
de: (a) un recipiente de reactor, (b) un núcleo en dicho  
recipiente, (c) un combustible líquido en dicho núcleo,  
que consiste de una cantidad de combustible líquido fisionable,  
(d) medios para alcanzar la capacidad crítica nuclear en una zona  
de capacidad crítica en dicho núcleo, (e) medios para eliminar  
continuamente una porción de dicho combustible líquido a partir  
de dicho núcleo, (f) medios para eliminar el calor y los productos  
de fisión a partir de dicha porción de combustible, y (g) medios  
para regresar continuamente dicha porción de combustible a dicha  
zona de capacidad crítica.

525 6.- Un reactor nuclear homogéneo que comprende:  
de: (a) un recipiente, (b) un núcleo que contiene una cantidad  
de combustible líquido fisionable localizada en el fondo de dicho  
recipiente, (c) medios para obtener capacidad crítica nuclear en  
una zona de capacidad crítica en dicho combustible líquido fisionable,  
(d) medios para hacer circular rápidamente dicho combustible a  
través de dicho núcleo que comprenden un chorro externo de sodio  
líquido, (e) medios para mezclar dicho combustible en circulación  
con dicho sodio líquido por lo cual el calor y los productos de  
fisión se transfieren de dicho combustible a dicho sodio, (f) medios  
para separar dicho sodio a partir de dicho combustible en circulación,  
(g) medios cambiadores de calor dentro de dicho recipiente para  
eliminar el calor a partir de dicho sodio, y (h) una bomba para  
recircular dicho sodio a di-



cho núcleo como dicho chorro.

283111

545 7.- Un reactor nuclear homogéneo que comprende: (a) un recipiente, (b) una bomba en el extremo superior de dicho recipiente, (c) un cambiador de calor localizado debajo de dicha bomba, (d) un núcleo en el fondo de dicho recipiente que contiene una cantidad de combustible líquido fisionable, (e) medios para alcanzar capacidad crítica nuclear en una zona de capacidad crítica en dicho núcleo, (f) medios para proporcionar un chorro de sodio líquido sobre dicho núcleo, (g) 550 medios para proporcionar comunicación de fluido entre dicho núcleo y dicho chorro por lo cual se elimina una porción de dicho combustible a partir de dicho núcleo y se lleva hacia dicho chorro y se mezcla con dicho chorro, (h) medios para separar centrífugamente dicha porción de combustible a partir de dicha mezcla de combustible y sodio líquido, (i) medios para regresar 555 dicho combustible separado a dicho núcleo, y (j) medios para dirigir dicho sodio a dicho cambiador de calor y después a dicha bomba por lo cual dicha bomba fuerza dicho sodio líquido de regreso a dichos medios para proporcionar un chorro de sodio líquido. 560

565 8.- "UN METODO PARA GENERAR CALOR Y LOS PRODUCTOS DE FISION Y REACTOR NUCLEAR DE CONTACTO DIRECTO QUE LO REALIZA", con prioridad de la patente norteamericana núm. 159.195, de fecha 13 Diciembre de 1961.

---



23111

Según queda sustancialmente descrito y reivindicado en la presente memoria que consta de veintuna hojas foliadas y mecanografiadas por una sola cara y hoja de dibujos que a la misma se acompaña.

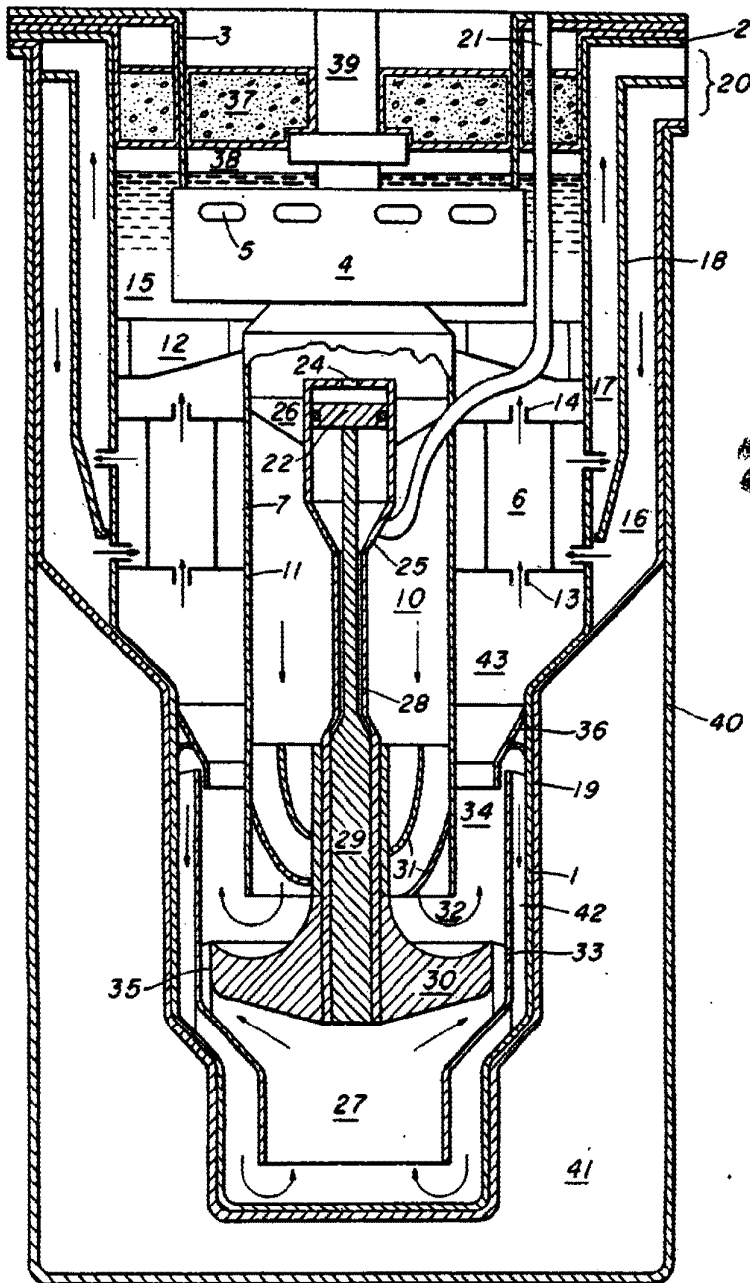
Madrid, 5 de Diciembre de 1962.

P.A. *Modesto Polo*

SPAIN

U.S. ATOMIC ENERGY COMMISSION.

HOJA UNICA.



283111

Madrid. MAR 1950

ESCALA VARIABLE.

*Madrid*  
*Handwritten signature*