

20



440293

P.- 60.946

W.E. Case
No. 45.334

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION

A nombre de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

entidad norteamericana

establecida en Westinghouse Building, Gateway Center,
Pittsburgh, Pensilvania 15222, Estados
Unidos de América.

por: "UN METODO DE HACER FUNCIONAR UN REACTOR NUCLEAR
QUE TIENE UN NUCLEO REACTIVO QUE SE PROLONGA
AXIALMENTE".

20 SEP 1975

Esta invención se refiere al control de funcionamiento del núcleo de un reactor nuclear y, más en particular, al control de la distribución de potencia axial dentro del núcleo.

5 En general, los reactores nucleares contienen una región de reacción, comúnmente denominada núcleo, en la cual se producen las reacciones de fisión sostenidas para generar calor. El núcleo incluye una pluralidad de barras de combustible alargadas que están cons-
10 tituidas por material fisible, posicionadas en conjuntos y dispuestas en una configuración predeterminada gobernada por las características físicas de la reac-
15 ción nuclear. Los neutrones que bombardean el material fisible provocan la reacción de fisión, la cual, a su vez, libera neutrones adicionales para mantener un pro-
20 ceso sostenido. El calor generado en el núcleo es evacuado por un medio refrigerante que circula entre los conjuntos de combustible y es conducido a los intercam-
25 biadores de calor que, a su vez, producen vapor para la producción de electricidad.

 Comúnmente, en reactores de agua a presión, se incluye un elemento que absorbe electrones dentro del medio refrigerante (que también funciona como moderador) en concentraciones variables controladas para modificar
25 la reactividad y, de este modo, el calor generado den-

20



5 tro del núcleo, cuando se requiera. Además, unas barras de control están intercaladas entre los conjuntos de combustible, movibles longitudinalmente en dirección axial dentro del núcleo, para controlar la reactividad del núcleo y, de este modo, la salida de potencia. Hay tres tipos de barras de control que se utilizan para diversas finalidades. Barras de longitud total, que se extienden en longitud hasta al menos la altura axial del núcleo y se emplean normalmente para el control de la reactividad. Barras de control de longitud parcial, que tienen una longitud axial sustancialmente menor que la altura del núcleo y se utilizan normalmente para el control de la distribución axial de la potencia. Además, están previstas barras de control de la detención del reactor para hacer parar la reacción fisionable sostenida dentro del núcleo y detener el reactor. Las barras de longitud parcial y las barras de control de longitud total están dispuestas para ser movidas por pasos o incrementos dentro y fuera del núcleo para obtener el grado de control deseado.

10

15

20

25 Como un subproducto de la reacción fisionable, se crea xenon a través de un proceso de descomposición por radiación beta de yodo radiactivo. El xenon tiene la propiedad de tener una gran sección transversal de absorción de neutrones y, por lo tanto, tiene



20 SET

un efecto significativo sobre la distribución de potencia dentro del núcleo y en el control de la reactividad. Aunque las otras formas de gobierno de reactividad responden directamente al control, la concentración de xenon dentro del núcleo crea serios problemas en el control del reactor, ya que presenta un período de retardo relativamente largo y requiere al menos hasta veinte horas después de un cambio de potencia para alcanzar un valor estacionario.

10 Aunque la distribución radial de potencia del núcleo es bastante uniforme, debido a la disposición predeterminada de los conjuntos de combustible y al posicionamiento de las barras de control que están simétricamente situadas radialmente a través del núcleo, la distribución axial de potencia puede variar en gran medida durante el funcionamiento del reactor. La distribución de potencia axial del núcleo ha creado muchos problemas en toda la historia de operaciones de los reactores por muchas razones. Normalmente, el flujo de refrigerante a través de los conjuntos de combustible se dirige desde una parte inferior del núcleo hasta las regiones superiores del mismo, dando lugar a un gradiente de temperaturas axial a lo largo del núcleo. Los cambios en la velocidad de la reacción fisiónable, que es dependiente de la temperatura, variará así la

20 SEP 1975



distribución axial de potencia. En segundo lugar, la variación axial en la distribución de potencia hace va riar la distribución axial de xenon, lo que acentúa más las variaciones de la potencia axialmente a lo largo del núcleo. En tercer lugar, la inserción de las barras de control desde la parte superior del núcleo, sin una consideración apropiada del historial de funcionamiento pasado del reactor puede sumarse a la asimetría de potencia axial.

El cambio en la salida de potencia del núcleo del reactor, que se requiere para acomodarse a un cambio de la salida eléctrica de una instalación de generación de electricidad se denomina comúnmente seguimiento de la carga. Un programa de control de seguimiento de carga corrientemente recomendado por los vendedores de reactores utiliza el movimiento de las barras de control de longitud total para aumentar y disminuir el nivel de potencia, y las barras de control de longitud parcial se utilizan para controlar las oscilaciones axiales y la forma del perfil o curva de potencia axial. Los cambios de reactividad asociados con los cambios de la concentración de xenon se compensan en general por medio de los cambios correspondientes de la concentración del elemento de absorción de neutrones dentro del refrigerante o moderador del núcleo.

20 SE



En este modo de funcionamiento, las barras de longitud parcial son movidas para mantener la distribución de potencia axial dentro de cierta banda requerida, típicamente dentro de más o menos el 15%. El "desplazamiento axial" es un parámetro útil para la medición de la distribución axial de potencia y se define como:

$$A.O. = \frac{P_t - P_b}{P_t + P_b}$$

10 donde P_t y P_b designan la fracción de potencia generada en la mitad superior y en la mitad inferior del núcleo, respectivamente. No se hace ningún esfuerzo para mantener el perfil inherente de potencia axial. Las barras de longitud parcial son movidas para reducir al

15 mínimo y disminuir el desplazamiento axial con independencia del desplazamiento axial estacionario previamente establecido. Este proceso favorece una fluctuación constante del desplazamiento axial sostenido durante las operaciones de seguimiento de carga sostenidas, lo

20 que da lugar a un cierto número de condiciones de funcionamiento indeseables. En primer lugar, es probable que ocurra la contracción de potencia, que es un máximo o pico de potencia centrado axialmente grande. Tales picos de potencia dan lugar a que se perjudique la

25 potencia del reactor, lo que requiere que el reactor

20 SET



sea hecho funcionar a un nivel reducido para que tales picos no excedan de magnitudes especificadas. En segundo lugar, ocurren graves cambios en la curva de potencia axial de una naturaleza transitoria durante

5 grandes cambios de carga debidos a una fuerte introducción de las barras de control a niveles de potencia reducidos. En tercer lugar, ocurren grandes periodos transitorios de formación de xenon cuando se vuelve a la potencia anterior, lo que da lugar a que aparezcan tales

10 oscilaciones axiales de potencia. En cuarto lugar, las instrucciones que operan ampliamente las barras de longitud parcial son en general vagas y requieren anticipación e interpretación por el operario de la instalación del reactor. En quinto lugar, los factores incrementados de canal de calor (que son puntos calientes que se producen dentro de los canales de refrigeración entre los conjuntos de combustible y requieren reducciones del índice de potencia del reactor para absorber

15 estos fuertes periodos transitorios y/o curvas de potencia adversos. Finalmente, no existe corrientemente protección contra la fuerte contracción con desplazamientos axiales pequeños.

20

Debido a las muchas condiciones de funcionamiento adversas que se experimenta en el funcionamiento de un reactor nuclear durante el seguimiento de la

25



carga, muchos vendedores o fabricantes de reactores recomiendan que se haga funcionar el reactor a una salida de potencia constante sin una capacidad de seguimiento de carga.

5 Por lo tanto, es el objeto principal de la presente invención proporcionar un método de hacer funcionar un reactor nuclear que proporciona una capacidad de seguimiento de carga sin que presente las condiciones de funcionamiento adversas descritas anteriormente y evitar con ello la necesidad de perjudicar la potencia para compensar los picos de potencia axiales.

10

 Con este objeto a la vista, la presente invención reside en un método de hacer funcionar un reactor nuclear que tiene un núcleo de reacción que se extiende axialmente, que incluye material fisible y medios de control ajustables para controlar la reactividad dentro del núcleo, incluyendo dichos medios de control una pluralidad de barras de control alargadas que comprenden material de absorción de neutrones y que son

15

 movibles axialmente dentro y fuera del núcleo, siendo la longitud de las barras al menos sustancialmente igual a la longitud axial del núcleo, y un medio de refrigeración del núcleo que tiene una concentración variable de material de absorción de neutrones, en el cual se

20

 registra un parámetro representativo de la potencia ge

25

20 SE 

nerada dentro del núcleo en una primera y una segunda
posiciones axiales; la distribución axial de potencia
dentro del núcleo se calcula de los parámetros de po-
tencia del núcleo, dependientes de los registros de la
5 distribución axial de potencia, las variaciones de po-
tencia del reactor se controlan parcialmente por varia-
ción de la concentración del elemento de absorción de
neutrones y en parte por la variación de las posicio-
nes de las barras de control, de tal manera que se man-
10 tenga la distribución axial de potencia sustancialmen-
te simétrica durante el funcionamiento normal de reac-
tor.

Este método evita las características de fun-
cionamiento adversas experimentadas en el funcionamien-
15 to de un reactor nuclear mediante el mantenimiento de
una curva axial de xenon sustancialmente simétrica. La
habilitación de la distribución deseada de xenon se ob-
tiene vigilando la potencia generada en el núcleo en
una primera y una segunda posiciones axiales. Los pa-
20 rámetros de potencia del núcleo, medidos en las dos po-
siciones, se calculan de acuerdo con una relación pre-
determinada para dar un valor indicativo de la distri-
bución axial de potencia en el núcleo. Los mecanismos
de control de la reactividad del reactor se manipulan
25 de acuerdo con los valores vigilados para mantener una



distribución axial de potencia sustancialmente simétrica dentro de todo el funcionamiento del núcleo del reactor, incluyendo cambios en la salida de potencia del reactor.

5 Para esta finalidad, las barras de control de longitud parcial pueden permanecer extraídas del núcleo, en tanto que el elemento de absorción de neutrones existente dentro del refrigerante o moderador del núcleo, utilizado para ayudar a ajustar la reactividad del núcleo asociada con los cambios de potencia, y las
10 barras de control de longitud total son manipuladas para mantener la curva axial de potencia deseada. Asimismo, las barras de control de longitud total se pueden utilizar para controlar los cambios de reactividad asociados con los cambios de potencia en el núcleo y las
15 barras de longitud parcial se pueden utilizar para controlar la distribución axial de potencia, en tanto que el elemento de absorción de neutrones existente dentro del refrigerante o moderador compensa los cambios de
20 reactividad debidos a la acumulación o disminución de xenon. Cada realización es capaz de incorporar los conceptos de esta invención y cada una tiene sus respectivas ventajas distintas.

25 La invención se comprenderá más fácilmente de la siguiente descripción de una realización prefe-

20 SEP 1975

rida, mostrada a modo de ejemplo solamente en los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La figura 1 es una vista esquemática de un reactor nuclear;

5 La figura 2 es una vista en planta de un núcleo de reactor que muestra el conjunto de combustible y las posiciones de las barras de control de longitud total y de longitud parcial;

10 Las figuras 3A, 3B, 3C, 3D y 3E son representaciones gráficas de parámetros importantes que afectan a la distribución de potencia axial, los cuales muestran, respectivamente, curvas a título de ejemplo para una distribución de potencia normal de referencia y variaciones de la distribución de potencia normal causadas por la inserción de las barras de control, un cambio de nivel de potencia, historial de rendimiento y distribución de xenon;

15 Las figuras 4A y 4B muestran respectivamente representaciones gráficas de las variaciones de concentración de xenon (figura 4A) que corresponden a cambios de potencia dados (figura 4B);

20 La figura 5 es una representación gráfica de la distribución axial de potencia correspondiente a una distribución de xenon dada y la inserción de las barras de control;

25



La figura 6 es una ilustración gráfica del comportamiento típico del desplazamiento axial para varios ciclos de combustible;

5 Las figuras 7A y 7B muestran, respectivamente, una comparación de la distribución axial de potencia relativa a plena potencia y al 50 % de potencia para el comienzo de la operación de la vida de servicio (figura 7A) y el final de la operación de la vida de servicio (figura 7B) sin el uso de las barras de longitud parcial;

10

Las figuras 8A y 8B son ilustraciones gráficas de inserciones de barras de control típicas y la correspondiente distribución de potencia durante el funcionamiento utilizando barras de control de longitud parcial al 50 % de potencia (figura 8A) y a plena potencia (figura 8B);

15

La figura 9 es un ejemplo gráfico de una distribución de potencia contraída;

La figura 10 es una representación gráfica de los límites de inserción de las barras de control de longitud parcial;

20

La figura 11 es un ejemplo gráfico de la referencia de inserción de barras de control de longitud total para mantener una capacidad de reserva dispuesta para carga; y

25

20 SET.



Las figuras 12A y 12B son representaciones gráficas de una banda de funcionamiento de un desplazamiento axial permitido (figura 12A) y de la correspondiente banda de diferencia de flujos (figura 12B).

5 La figura 1 es una representación esquemática de un reactor típico de agua a presión que puede utilizar el método de esta invención para evitar dificultades de funcionamiento. El reactor de la figura 1 incluye un recipiente 10 que constituye un depósito a presión cuando se cierra herméticamente por su conjunto de cabeza 12. El recipiente tiene medios 16 de entrada de flujo refrigerante y medios 14 de salida de flujo refrigerante formados integralmente con sus paredes cilíndricas y que pasan a través de las mismas.

10

15 Como es sabido en la técnica, el recipiente 10 contiene un núcleo nuclear 18 del tipo anteriormente descrito y más concretamente ilustrado en la figura 2, que consiste principalmente en una pluralidad de elementos de combustible nuclear encerrados 20, que generan cantidades sustanciales de calor, dependiendo principalmente de la posición de la longitud o tramo parcial 22 y de las barras de control de longitud o tramo total 24 descritas anteriormente. El calor generado por el núcleo 18 del reactor es transportado desde el núcleo por medio de flujo refrigerante que entra a tra-

20

25



vés de medios de entrada 16 y que sale a través de medios de salida 14. En general, el flujo que sale a través de los medios de salida 14 es transportado a través de un conducto de salida 26 a un sistema 28 de generador de vapor con intercambio de calor, en el que el flujo refrigerante calentado es transportado a través de tubos que están en relación de intercambio de calor con el agua que se utiliza para producir calor. El vapor producido por el generador es utilizado comúnmente para accionar una turbina para la producción de electricidad. El flujo de refrigerante se transporta desde el generador de vapor 28 a través de un conducto 20 de rama fría a los medios de entrada 16. De este modo, se proporciona una recirculación cerrada primaria del circuito de generación de vapor con la tubería de refrigerante que conecta el recipiente 10 y el generador de vapor 28. El recipiente ilustrado en la figura 1 se puede adaptar a tres sistemas o circuitos de flujo de fluido cerrados del tipo indicado, aunque se debe entender que el número de tales circuitos varía de una instalación a otra y se utilizan comúnmente 2, 3 ó 4.

En la producción de potencia o energía térmica dentro del núcleo son parámetros importantes que afectan a la distribución de potencia axial, según se

20 SET



5 ha explicado anteriormente, el nivel de inserción de las barras de control, tanto de las barras de longitud total como de las de longitud parcial, el historial de rendimiento del núcleo, el nivel de potencia del reactor y la distribución de xenon. Las figuras 3A, 3B, 3C, 3D y 3E muestran la sensibilidad de la distribución de potencia para cada uno de estos parámetros.

10 La figura 3A muestra la distribución axial de potencia en un núcleo de reactor nuclear a plena potencia, con todas las barras de control retiradas;

La figura 3B muestra la distribución axial de potencia con las barras de control introducidas a su límite;

15 La figura 3C muestra la distribución axial de potencia hasta un nivel de potencia del 20 %;

La figura 3D muestra la distribución axial de potencia cerca del punto de destrucción del combustible; y

20 La figura 3E muestra la distribución axial de potencia en un núcleo con todas las barras retiradas cuando la presencia de xenon ha alcanzado el equilibrio, lo que sucede después de aproximadamente seis horas de funcionamiento a potencia constante.

25 La producción de xenon a través de todo el núcleo depende de la distribución de potencia previa

20 SE



5 en todo el núcleo y, por lo tanto, es en cualquier mo-
mento un resultado del historial del funcionamiento pa-
ra al menos las primeras 20 horas. Por lo tanto, con
el fin de obtener la distribución de xenon es necesa
ria una representación precisa del historial de poten-
cia. En las figuras 4A y 4B se ilustra un ejemplo de
la variación de la concentración de xenon durante una
variación de potencia a título de ejemplo. De la re-
presentación gráfica resulta evidente que la concentra-
10 ción de xenon varía exponencialmente en sentido inver-
so a la variación de potencia correspondiente. Por lo
tanto, se puede apreciar que debido a la disminución
exponencial de la concentración de xenon, el efecto re-
sultante de absorción de neutrones será acumulativamen-
te dependiente del historial de funcionamiento global
15 del reactor.

La figura 5 ilustra una distribución axial
de potencia a título de ejemplo y una distribución de
xenon correspondiente para la inserción de barras de
control indicadas y un historial de potencia dado del
20 núcleo. El xenon y la inserción de las barras de con-
trol están representados proporcionales a sus absorcio-
nes de neutrones. De la representación gráfica de la
figura 5 resulta evidente que la capacidad de absor-
ción de neutrones del grupo de barras de control es
25



aproximadamente un cuarto de la capacidad de absorción de neutrones del xenon presente en el núcleo. Esto significa que una vez destruida la distribución de xenon, es decir desviado oblicuamente como se muestra en la sección superior del núcleo ilustrada en la figura 5, lo que normalmente ocurre como resultado de una distribución de potencia desviada anterior, las barras de longitud parcial no son de manera necesaria suficientemente fuertes como para obtener la distribución de potencia deseada. Por lo tanto, con el fin de asegurar el factor de acción de pico de potencia mínimo, que es la menor densidad lineal de potencia, de manera que se evite perjudicar o penalizar la potencia, es deseable mantener la distribución de potencia tan simétrica como sea posible durante el funcionamiento de la instalación, incluyendo las variaciones de carga.

Como se ha indicado anteriormente, el desplazamiento axial es un parámetro útil para vigilar la distribución axial de potencia dentro del núcleo. De acuerdo con la invención, si el núcleo es hecho funcionar de manera que mantenga el desplazamiento axial en un valor constante, la generación de potencia será siempre equilibrada entre las partes superior o inferior del núcleo, dando lugar a una distribución axial simétrica de xenon. Esto elimina la creación de una dis

20 SET



tribución de xenon desviada oblicuamente y que tenga una componente de segundo armónico, que origina la desviación oblicua de la distribución de potencia y que es de disminución relativamente lenta.

5

Los reactores del tipo ilustrado en la figura 1 incluyen en general detectores 32 fuera del núcleo, de dos secciones, posicionados en torno a la periferia del recipiente 10 del reactor, coextensivos con la longitud axial del núcleo 18, que proporcionan información completa sobre el desplazamiento axial. Los detectores dan la diferencia de flujo Delta I, que se define como:

10

$$\text{Delta I} = P_M - P_B$$

La correspondencia entre el desplazamiento axial y la diferencia de flujos se puede expresar como:

15

$$\text{Desplazamiento axial} = \text{Delta I}/P$$

donde P indica la potencia relativa del reactor.

20

El método de esta invención requiere que el desplazamiento axial se mantenga a un valor de referencia pre determinado constante o, alternativamente, dentro de una banda estrecha en torno a este valor de referencia. De preferencia, el desplazamiento axial de la referencia se mide a plena potencia, con equilibrio de xenon y con todas las barras de control fuera de la región combusti-

25



ble del núcleo. Esto constituye la distribución axial más estable y las máximas oscilaciones de flujo si existe algún movimiento en torno a esta distribución.

5 El desplazamiento axial de la referencia va
riará lentamente como una función del empobrecimiento del combustible, comúnmente denominada destrucción del combustible. La figura 6 muestra las variaciones del desplazamiento axial para diversos ciclos de combustible. Por lo tanto, es deseable volver a medir el valor
10 de referencia del desplazamiento axial periódicamente para compensar el empobrecimiento de combustible. Deseablemente, esto se consigue actualizando el valor de desplazamiento axial de la referencia en cada magnitud
15 equivalente de plena potencia, midiendo el desplazamiento axial a plena potencia con el xenon de equilibrio y con todas las barras de control fuera de la región reactiva del núcleo. Este procedimiento de actualización por medición asegura el mantenimiento de la
20 distribución de potencia axial en la condición más estable durante las operaciones de seguimiento de carga. Igualmente, este procedimiento se lleva a la práctica utilizando las salidas de los detectores de xenon para calcular el valor del desplazamiento axial.

25 De acuerdo con un modo de funcionamiento de esta invención, se obtiene el funcionamiento de despla



20

zamiento axial constante sin el uso de barras de longitud parcial. Una reducción de potencia tiende siempre a mover el desplazamiento axial en un sentido positivo debido al coeficiente de temperatura negativo del moderador, que da lugar a una mayor reactividad en la parte superior del núcleo. Por lo tanto, la magnitud apropiada de la inserción de las barras de longitud total ayuda a mover el desplazamiento axial de nuevo hacia el valor de referencia original. En este modo, las barras de longitud total se utilizan para dos fines, para absorber la reactividad asociada con una reducción de potencia y para mantener el desplazamiento axial en su valor original. El factor primordial en la terminación de la inserción de las barras de longitud total es el control de desplazamiento axial y no el control de la reactividad. Por lo tanto, la inserción de las barras de longitud total no es usualmente suficiente para controlar la variación de reactividad asociada con una reducción de potencia. El equilibrio de la reactividad se tiene que controlar mediante variaciones del elemento de absorción de neutrones dentro del medio moderador o refrigerante. En general, en reactores de agua a presión, donde el agua se hace circular como medio refrigerante, se utiliza una solución de boro dentro del agua como elemento de absorción de neutrones.



En este modo de funcionamiento se debe recordar que las barras de longitud parcial están completamente extraídas del núcleo en todo momento. Mediante el despliegue apropiado de las barras de longitud total es posible preservar la distribución de potencia en toda una operación de variación de carga con el exceso de control de reactividad global asociado con la variación de potencia que se está absorbiendo por medio del sistema de boro. El éxito de este tipo de funcionamiento se puede apreciar mejor con referencia a las figuras 7A y 7B, que comparan distribuciones de potencia a título de ejemplo, plena potencia y al 50 % de potencia, tanto para el comienzo del funcionamiento de vida de servicio (figura 7A) como al final de la vida de servicio (figura 7B). Este modo de funcionamiento tiene muchas ventajas para la integridad del combustible, según se apreciará de las explicaciones que siguen. Una desventaja de menor importancia para este modo de funcionamiento es que se experimentan ciertas dificultades en cambiar la potencia del reactor a un régimen relativamente rápido, debido a que la variación de reactividad depende en cierta extensión del sistema de boro. Esto es especialmente notable cuando se requiere un rápido retorno al funcionamiento de plena potencia. La inserción de las barras de longitud total du-



5 rante el funcionamiento a potencia parcial no es suficiente para proporcionar la reactividad requerida para regresar a la plena potencia y es necesaria la dilución del boro. Sin embargo, si se emplea un sistema de dilución de boro rápida, se puede superar esta dificultad. Otra alternativa para respuesta más rápida al seguimiento de carga es proporcionada por el siguiente modo alternativo de funcionamiento, que utiliza barras de longitud parcial.

10 Un segundo modo de funcionamiento contemplado por esta invención utiliza barras de longitud parcial para el control de distribución axial de potencia. Con el fin de asegurar la capacidad de reserva disponible para carga, que es la diferencia entre la especificación o régimen a plena potencia y el régimen corriente con que se puede contar en el caso de una demanda súbita grande de potencia, las barras de longitud total en este modo de funcionamiento se deben introducir mucho más profundamente que lo necesario en el funcionamiento sin barras de longitud parcial. Esta introducción profunda de las barras de longitud total hace al desplazamiento axial fuertemente negativo y da lugar a una distribución de xenon desviada oblicuamente. Se obtiene una distribución de potencia equilibrada poniendo las barras de longitud parcial en la parte infe

20 SEP 1976



5 rior del núcleo, según se muestra en la figura 8A. En el caso de un retorno a plena potencia, las barras de longitud total se retiran del núcleo para proporcionar un incremento de reactividad, después se mueven las barras de longitud parcial hasta el centro del núcleo para preservar el desplazamiento axial en su valor original, como se apreciará con referencia a las representaciones gráficas de plena potencia y del 50% de potencia de las figuras 8B y 8A, respectivamente. Estas dos

10 distribuciones de potencia tienen el mismo desplazamiento axial. La diferencia principal entre las dos distribuciones es el tercer armónico de la distribución de xenon, que disminuye rápidamente sin efectos perjudiciales.

15 Por lo tanto, en este modo de funcionamiento las barras de longitud total se utilizan para el control de reactividad asociado con la variación de potencia y las barras de longitud parcial se utilizan para controlar el desplazamiento axial. La variación de reactividad debida a la acumulación o disminución de

20 xenon se controla por medio del sistema de boro.

En el funcionamiento con barras de longitud parcial, se busca la inserción de las barras de longitud total para dar reactividad suficiente para el retorno a plena potencia cuando se extraen de la región

25

del núcleo, con las barras de longitud parcial movidas hasta el centro del núcleo. Se debe apreciar que la inserción de las barras de longitud total varía casi linealmente como una función de la potencia y permanecerá en un nivel de inserción dado cuando se alcanza el nivel de potencia deseado. Esto se debe principalmente a que la distribución de xenon y el valor integral de las barras se perciben bien durante el funcionamiento a potencia parcial.

10 El funcionamiento a desplazamiento axial constante con barras de longitud parcial proporciona baja acción de pico y una distribución de potencia estable en toda la operación de seguimiento de carga, con la capacidad de responder a cualquier demanda súbita de potencia requerida.

15 Durante el funcionamiento a desplazamiento axial constante a plena potencia, las barras de longitud parcial son normalmente mantenidas en torno al centro del núcleo, en tanto que, a potencia parcial, las barras de longitud parcial están en general situadas en torno a la parte inferior del núcleo. La inserción más profunda de las barras de longitud parcial corresponderá a niveles de potencia inferiores del reactor. A este respecto, las barras de longitud parcial constituyen un útil muy flexible para el control de la dis-

20 SE



tribución axial de potencia. Sin embargo, es necesaria una cierta precaución en su uso. La desventaja principal de las barras de longitud parcial es que la inserción de las barras de longitud total que coinciden con las barras de longitud parcial en el fondo o parte inferior del núcleo, "contrae" a veces la distribución axial de potencia. Esta distribución tiene un pequeño desplazamiento axial, pero un elevado pico o máximo de potencia en torno a la posición central del núcleo, según se ilustra en la figura 9. Los detectores corrientes de fuera de núcleo de dos secciones no son capaces de distinguir entre una distribución de potencia normal y una distribución contraída. Una distribución de potencia contraída es usualmente aceptable durante el funcionamiento a potencia parcial, ya que el pico de potencia está en general por debajo de los límites de potencia aceptables, pero no durante el funcionamiento a plena potencia, debido a la magnitud del pico de potencia, el cual, si no se reduce, dará lugar a que se perjudique la potencia. De acuerdo con los modos de funcionamiento de esta invención, la introducción profunda de las barras de longitud parcial sólo se requiere durante el funcionamiento a potencia parcial. Por lo tanto, es aconsejable evitar la introducción de longitud o tramo parcial profunda durante el funcionamiento



to a plena potencia con el fin de evitar la posibilidad de una distribución de potencia contraída. La figura 10 muestra que la inserción de las barras de longitud parcial se debe limitar a aproximadamente el 70% de la inserción a plena potencia e incrementarse linealmente hasta aproximadamente el 90% de la inserción al 50% de potencia. Cualquier inserción de barras de longitud parcial superior al 90% disminuye el efecto de las barras de longitud parcial debido a la pequeña cantidad de potencia en la región extrema inferior del núcleo.

La inserción de las barras de longitud total durante el funcionamiento con barras de longitud parcial se define para dar al reactor una capacidad de reserva disponible para carga, suponiendo un movimiento simultáneo de las barras de longitud parcial para el control del desplazamiento axial constante. La inserción de longitud total requerida es una función de la potencia del reactor con tal de que se efectúe el control de desplazamiento axial. La figura 11 muestra una línea típica de inserción de barras de longitud total para mantener una capacidad de reserva dispuesta para la carga. Esta línea de inserción se denomina normalmente línea de inserción de referencia de barras de longitud total y es una función del defecto de potencia

20 SEP



de la instalación, que es la diferencia de reactividad asociada a un cambio de potencia. En la práctica de los modos de funcionamiento de esta invención, se pide a los operarios del reactor que mantengan la inserción de las barras de longitud total a lo largo de esta línea tanto como sea posible.

Las desviaciones con respecto a la inserción de blanco dan lugar a la disminución del rendimiento de la instalación. Por ejemplo, si las barras de longitud total se mantienen por encima de la línea de referencia, la capacidad de reserva dispuesta para la carga resultará limitada. Debido a la inadecuada inserción de las barras de longitud total, la reactividad asociada a la extracción de las barras de longitud total no será suficiente para llevar el reactor a la plena potencia. Será necesaria una dilución adicional dentro del sistema de boro para obtener el límite de potencia deseado. Sin embargo, esta limitación no está relacionada de manera segura. Como otro ejemplo, si se mantienen las barras de longitud total por debajo de la línea de referencia, en el caso de un retorno a la plena potencia, el reactor se hará crítico con una inserción de barras relativamente profunda. Esto requiere que las barras de longitud parcial sean movidas hasta el fondo o parte inferior del núcleo para el control de despla-



zamiento axial constante. Como se ha explicado anteriormente, la inserción de las barras de longitud parcial durante la plena potencia está limitada al 70% para evitar una contracción de la distribución de potencia.

5 En consecuencia, la distribución de potencia tiende a desplazarse hacia el fondo del núcleo y podría dar lugar a un factor elevado de acción de pico. Esto sería detectado por la medición del desplazamiento axial fuera del núcleo y necesitará una reducción de potencia.

10 El funcionamiento óptimo de seguimiento de carga con desplazamiento axial constante se consigue solamente cuando:

15 (i) el valor de las barras de longitud parcial, cuando se calcula en base a las barras de longitud total, es igual o ligeramente mayor que el valor de las barras de longitud total; y

(ii) el sistema de boro tiene capacidad suficiente para compensar la variación de reactividad asociada con la acumulación o empobrecimiento de xenon.

20 La extracción de las barras de longitud total por encima de la línea de referencia es un remedio para esta condición a expensas de la capacidad de reserva disponible para la carga.

25 Cuando el valor de las barras de longitud parcial, calculado en base a la longitud de las barras

20 SET 1975



de longitud total, es menor que el valor de las barras
de longitud total, el desplazamiento axial se hará
fuertemente negativo durante el funcionamiento a poten-
cia parcial, con la inserción de las barras de longitud
5 total mantenida justo lo suficiente para conservar la
capacidad de reserva disponible para la carga. Bajo es-
tas condiciones, el desplazamiento axial se hará tan
negativo como menos el 30% durante el funcionamiento
a potencia parcial. De este modo, se forma una distri-
10 bución de potencia desviada oblicuamente que destruye
la distribución de xenon deseada. Cuando el reactor
regresa a la plena potencia se crea una elevada acción
de formación de pico en el fondo del núcleo. Este pro-
blema se resuelve permitiendo que las barras de longi-
15 tud total sean extraídas para mantener el desplazamien-
to axial a un valor constante. Sin embargo, esta ope-
ración sacrifica la capacidad de reserva disponible pa-
ra carga. Las inserciones de las barras de longitud to-
tal son el 60% para la capacidad de reserva disponible
20 para carga y el 40 por ciento para el control del des-
plazamiento axial constante. La diferencia en la inser-
ción de las barras de longitud total está relacionada
con la penalización de la capacidad de reserva disponi-
ble para carga.

25 El sistema de boro tiene que ser diseñado de

20 SET.



manera que tenga la capacidad de dilución a las varia-
ciones de desplazamiento en reactividad asociada con
la acumulación o empobrecimiento de xenon. La capaci-
dad de dilución del sistema de boro depende de la con-
centración de boro dentro del núcleo. Cuanto mayor es
5 la concentración de boro mayor es la capacidad de di-
lución. Cuando el núcleo se aproxima al final de la vi-
da del ciclo, la concentración de boro se hace menor
y el proceso de dilución se hace más difícil. La inser-
ción de las barras de longitud total está determinada
10 para la capacidad de reserva disponible para carga a
partir de la potencia especificada. Sin embargo, debi-
do a esta falta de capacidad de dilución, que es reque-
rida después de la reducción de potencia para compen-
15 sar la acumulación de xenon, la potencia del reactor
no puede ser mantenida al nivel especificado, si no que
está sometida a una reducción adicional. La extracción
de las barras de longitud total desde la línea de refe-
rencia elimina este problema, igualmente a expensas de
20 la capacidad de reserva disponible para carga. Se debe
hacer observar que la extracción de las barras de lon-
gitud total por encima de la línea de referencia es
siempre favorable desde el punto de vista del control
del desplazamiento axial, asegurándose así el funciona-
25 miento con bajo factor de acción de pico. Naturalmen-



te, un diseño apropiado del sistema de boro con anterioridad a la incorporación de los conceptos de este invento evitará dichas dificultades.

5 Con el fin de mantener el desplazamiento axial en un valor constante en todo momento, es necesaria una atención continua del operador y una acción de corrección, tal como la maniobra de las barras de longitud parcial y del sistema de boro. Sin embargo, los resultados experimentales muestran que es posible
10 cierta flexibilidad sin destruir la simetría de la distribución axial de xenon. Los resultados analíticos muestran que un funcionamiento en vacío de una hora da lugar, en general a un comportamiento completamente estable durante el seguimiento de la carga. Sin embargo,
15 se debe tener cuidado de que no se produzca el funcionamiento en vacío justamente después de un retorno a la plena potencia. Por lo tanto, con la precaución indicada para después de un retorno a la plena potencia, una violación de una hora en el control de desplazamiento axial será todavía aceptable.
20

 El desplazamiento axial de referencia, según se ha definido anteriormente para control de desplazamiento axial constante, es el desplazamiento axial a plena potencia, xenon en equilibrio y con todas las barras de control fuera de la región de combustible del
25



20 SET 1975

núcleo. En el funcionamiento real, es necesaria cierta tolerancia para la flexibilidad de control. Se han hecho estudios experimentales para determinar qué variaciones del desplazamiento axial de la referencia son permisibles sin perder los beneficios del control de desplazamiento axial constante.

En base a la experiencia anterior de operación de reactores, a niveles de baja potencia se permite un desplazamiento axial mayor que a niveles de potencia más altos, desde el punto de vista de la reducción de F_z (factor de acción de pico axial) al mínimo a plena potencia. Aprovechándose de la diferencia de flujos medida, una banda de desplazamiento axial permisible se puede definir como una banda delta I constante. Por lo tanto, la desviación permisible de desplazamiento axial es inversamente proporcional al nivel de potencia. La figura 12A muestra la banda de desplazamiento axial como la función de destrucción correspondiente a una banda delta I constante ilustrada en la figura 12B (más o menos el 5% en torno a un valor correspondiente al desplazamiento axial de la referencia. Se supone que el desplazamiento axial de la referencia es de menos el 10% al comienzo de la vida y del 0% al final de la vida, para fines explicativos.

Se realizaron cálculos experimentales y con



los resultados se llegó a la conclusión de que el control de desplazamiento axial constante es perfectamente aceptable incluso si el núcleo es hecho funcionar en los extremos de la banda delta I y, de este modo, se garantiza una distribución de potencia favorable cuando el reactor regresa a la plena potencia.

En el funcionamiento real, es muy poco probable que el reactor sea hecho funcionar en este desplazamiento axial extremo durante seis horas, que fué uno de los criterios de control de los cálculos. La banda delta I se utiliza de tal manera que siempre que delta I sale de la banda, se requiere que el operador adopte la acción correctiva para poner el desplazamiento axial en el valor de referencia. De este modo, incluso aunque el reactor fuera operado o hecho funcionar en esta desviación extrema de desplazamiento axial durante tanto tiempo como seis horas, se preservaría todavía la capacidad de potencia del reactor.

El funcionamiento con barras de control de longitud parcial tiene ciertas ventajas sobre el funcionamiento sin barras de control de longitud parcial, tal como la posibilidad de proporcionar variaciones rápidas en el nivel de potencia y la facilidad de control de desplazamiento axial. Una desventaja de este funcionamiento es el sombreado de destrucción causado por las



barras de longitud parcial, que están situadas cerca del centro del núcleo durante el funcionamiento a plena potencia. Debido a que las barras de longitud parcial actúan como absorbedores de neutrones, el combustible apantallado o tamizado por las barras de longitud parcial se empobrece a una velocidad mucho menor que el resto del núcleo. Esto puede dar lugar a una elevada acción de pico cerca del centro del núcleo cuando se extraen las barras de longitud parcial si se realiza un funcionamiento de carga prolongado. El descubrimiento de este consumo menor de combustible cuando las barras de longitud parcial son extraídas se conoce como "sombreado de destrucción". Se ha observado de los cálculos experimentales que un empobrecimiento de la longitud parcial del 50 al 60% no origina una gran pérdida del factor de acción de pico de flujo radial. Por lo tanto, de acuerdo con los procedimientos de operación de esta invención, se recomienda que el uso de las barras de control de longitud parcial se limite al 60% durante cada treinta días de plena potencia.

En base a los estudios físicos fundamentales mencionados anteriormente, más abajo se presentan las instrucciones para el funcionamiento de la instalación. Las instrucciones para el funcionamiento con o sin ba-

20 SEP



rras de control de longitud parcial y los procedimientos para la transición entre el funcionamiento con barras de longitud parcial y el funcionamiento sin barras de longitud parcial se indican específicamente. Cada una de las etapas individuales tiene como base fundamental los conceptos inventivos expuestos en lo que antecede y se comprenderá si se considera con las explicaciones precedentes.

Por lo tanto, los dos modos de funcionamiento identificados anteriormente se exponen en los siguientes párrafos, que proporcionan control total a través de maniobras de seguimiento de carga. La primera realización que proporciona control de desplazamiento axial sustancialmente constante sin el uso de las barras de control de longitud parcial se describirá como modo A de funcionamiento, en tanto que la restante realización descrita como ejemplo de esta invención, que utiliza las barras de control de longitud parcial, se denominará modo B de funcionamiento. La diferencia resultante entre los dos modos, como se han explicado anteriormente, es la velocidad a la cual se puede llevar el núcleo a la plena potencia. Estos procedimientos están diseñados para mantener los factores de formación de pico en el núcleo tan bajos como resulte práctico, de manera que se reduzcan al mínimo



las penalizaciones o pérdidas de potencia.

LIMITACIONES COMUNES A AMBOS MODOS DE FUNCIONAMIENTO A y B

5 1. Los límites de la inserción de barras dependen de la potencia, sobre las barras de control de longitud parcial y las barras de control de longitud total se deben observar en todo momento.

10 2. Los límites extremos de diferencia de flujos, que se dan como parte de las especificaciones técnicas del reactor, si existen, se deben observar en todo momento.

15 3. Los límites del sistema de vigilancia de distribución de potencia axial, si existen, de acuerdo con las especificaciones técnicas del reactor, se deben observar en todo momento.

20 4. La diferencia de flujos de potencia permitida por encima del 90% se debe mantener aproximadamente dentro del margen de más o menos el 5% de la diferencia de flujos correspondiente al valor de referencia para el desplazamiento axial. Menos del 90% de diferencia de flujos de potencia permitida se debe mantener aproximadamente dentro del margen de más o menos el 5% de la diferencia de flujos correspondiente al desplazamiento axial del valor de referencia.

25



LIMITACION ADICIONAL PARA EL MODO A DE FUN-
CIONAMIENTO

5. Las barras de control de longitud parcial deben permanecer retiradas del núcleo.

5 LIMITACION ADICIONAL PARA EL MODO B DE FUN-
CIONAMIENTO

6. Las barras de control de longitud total deben permanecer, de preferencia, dentro de la banda prescrita.

10 7. El funcionamiento en el modo B se debe li
mitar en el uso acumulado a no más del 60% de cada mi-
llar de MWD/MTU (megawatio. día por tonelada métrica
de uranio) de rendimiento media del núcleo.

MODO A DE FUNCIONAMIENTO

15 Condiciones iniciales:

1. La instalación secundaria está dispuesta para aceptar las variaciones de carga.

20 2. Las barras de control de longitud total pueden estar en el modo de funcionamiento automático o manual.

3. Las barras de control de longitud parcial están completamente retiradas del núcleo.

25 4. La diferencias de flujos está dentro del margen permitido, siendo la diferencia de flujos igual al desplazamiento axial multiplicado por la energía de

fricción.

INSTRUCCIONES:

Al producirse una reducción de la carga de la instalación, se reduce la potencia del reactor y
5 tiene lugar la inserción de las barras de control de acuerdo con el programa dependiente de la carga para la temperatura del refrigerante del reactor, cuando se utiliza un sistema de control de la temperatura media del refrigerante para el control normal del reactor.
10 Dicho sistema de temperatura media se describe en la patente de G. F. Currey, número 3.423.285, concedida el 21 de enero de 1.969. Los límites de la diferencia de flujos se debe mantener por la acción del boro (boración). En el caso de que no pueda tener lugar una acción de boro con la rapidez suficiente para mantener
15 la diferencia de flujos dentro de más o menos el 5% del valor de referencia para la diferencia de flujos, el período de alteración se debe mantener tan corto como sea posible. Las desviaciones que duran menos de una
20 hora no deben tener ningún efecto adverso sobre la capacidad de cumplir los límites en un retorno subsiguiente a la potencia elevada.

Cuando la reducción de la carga de la instalación se completa, las barras de control comenzarán
25 a moverse hacia arriba desde la posición que mantiene



la diferencia correcta de flujos, como consecuencia de la acumulación de xenon. Comienza la dilución de la concentración de boro del refrigerante del reactor para mantener la diferencia de flujos correcta. La velocidad de dilución variará con el tiempo de acuerdo con los requisitos de diferencia de flujos.

Bajo demanda, para un aumento de carga de la instalación, las barras de control se moverán hacia fuera hasta una nueva posición. Una dilución adicional se requerirá para mantener la diferencia de flujos dentro de los límites y para alcanzar el nivel de potencia deseado.

En el nivel de potencia más alto, el xenon disminuirá y las barras de control se introducirán en el núcleo. Los límites de diferencia de flujos y los límites de inserción de barras se deben mantener por boración del refrigerante del reactor.

Después de varias horas al nivel de potencia elevado, la concentración de xenon comenzará de nuevo a aumentar debido al período de descomposición de seis ó siete horas que necesita el yodo radiactivo para descomponerse. Se requerirá una lenta dilución de la concentración de boro para desplazar el aumento de xenon.

Las etapas previas indicadas en lo que antecede se repiten para el seguimiento de carga cíclico.

20



Otras formas de modificación de cargas pueden requerir la aplicación de partes de este procedimiento.

MODO B DE PROCEDIMIENTO

Condiciones iniciales:

- 5 1. La instalación secundaria está preparada para aceptar las variaciones de carga.
- 2. Las barras de control de longitud total están situadas en la banda prescrita. Se recomienda que estén situadas en funcionamiento automático.
- 10 3. Las barras de control de longitud parcial están introducidas.
- 4. La diferencia de flujos está en el margen permitido.

INSTRUCCIONES:

15 Al producirse una reducción de la carga de la instalación, se reduce la potencia del reactor y tiene lugar la inserción de barras de control de acuerdo con el programa dependiente de la carga para la temperatura del refrigerante del reactor. Los límites de
20 la diferencia de flujos se deben mantener por operación manual de las barras de longitud parcial sin alteración de los límites de inserción de las barras de longitud parcial. Las barras de longitud total deben, sin embargo, permanecer automáticamente dentro de la banda de
25 funcionamiento prescrita; pequeños ajustes (dilución



o boración) de la concentración de boro se pueden necesitar para asegurar su cumplimiento.

5 Cuando se completa la reducción de la carga de la instalación, o antes si la reducción de carga se efectuó lentamente, las barras de control de longitud total comenzarán a moverse hacia arriba desde la posición requerida como consecuencia de la acumulación de xenon. Se ajusta la concentración de boro para mantener el cumplimiento con la banda de inserción de las
10 barras de longitud total.

Se mantiene la diferencia de flujos dentro del margen deseado mediante el movimiento de las barras de control de longitud parcial. Si las barras de longitud parcial alcanzan sus límites de inserción y la diferencia de flujos no se puede mantener dentro de los límites prescritos, el período de la violación o alteración se debe mantener tan corto como sea posible y la magnitud de la alteración tan pequeña como sea posible. Si el período de la violación continúa durante un tiempo dilatado, las barras de longitud total se deben ajustar para corregir las diferencias de flujos.
15
20

Bajo demanda, para un aumento de carga de la instalación, las barras de control de longitud total se moverán hacia fuera a una nueva posición. La diferencia de flujos se mantiene por actuación manual de
25

20



las barras de control de longitud parcial.

Al nivel de potencia mayor, el xenon disminui
rá y las barras de control de longitud total se move-
rán al interior del núcleo. Las barras de control de
5 longitud total se mantienen dentro de la banda de fun-
cionamiento especificada mediante la apropiada acción
del boro o boración.

Después de varias horas en los niveles de al-
ta potencia, el xenon comenzará de nuevo a aumentar y
10 se requerirá la dilución lenta del moderador.

Las etapas previas se deben repetir para el
seguimiento de carga cíclico. Otras formas de variacio-
nes de carga pueden requerir la aplicación de partes
de este procedimiento.

15 PROCEDIMIENTO PARA LA TRANSMISION DESDE EL
MODO A AL MODO B

Condiciones iniciales:

LAS MISMAS QUE EN EL MODO A ANTERIOR.

INSTRUCCIONES

20 Si se planea una reducción de potencia de la
instalación por debajo de aproximadamente el 80% de la
plena potencia, la inserción de las barras de control
de longitud parcial se puede iniciar cuando el nivel
de potencia está por debajo de aproximadamente el 80%,
25 y la inserción de las barras de longitud parcial hará



que las barras de control de longitud total ajusten la reactividad. Durante esta maniobra, se espera que la restricción de la diferencia de flujos dentro de más o menos el 5% del valor de referencia será violada, de manera que la inserción hasta la posición apropiada, para cumplir con las restricciones del modo B, se debe realizar tan rápidamente como sea posible. Si el nivel de potencia deseado de la instalación está por encima del 50%, se puede requerir dilución para estabilizar el núcleo en la condición del modo B.

Si no se planea reducción de potencia de la instalación, entonces la transición se puede realizar solamente por medio de una reducción forzada de la potencia. A elevados niveles de potencia, se requerirá la dilución para llevar las barras de control de longitud parcial en y a retorno a la plena potencia. Asimismo, las restricciones de diferencia de flujos, que están dentro de más o menos el 5% del valor correspondiente al desplazamiento axial de referencia, se deben violar durante un período tan corto como sea posible, de preferencia menor que una hora.

25

4-9-75

20 SEP 1975

PROCEDIMIENTO PARA LA TRANSICION DESDE EL
MODO B AL MODO A

Condiciones iniciales:

LAS MISMAS QUE PARA EL MODO B DE FUNCIONAMIENTO

5

INSTRUCCIONES:

10 Cuando el núcleo está funcionando a menos del 80% de potencia, entonces la extracción de las barras de control de longitud parcial se puede efectuar por dilución si es necesario mientras se mueven las barras de longitud parcial desde una posición baja en el núcleo hacia el centro del mismo, y a continuación por boración cuando las barras de longitud parcial estén completamente retiradas.

15 En esta maniobra, puesto que el movimiento de las barras de control de longitud parcial alterará la diferencia de flujos, los límites de flujos extremos se deben cumplir, ya sea por funcionamiento a una potencia suficientemente baja, ya sea por ajuste de la posición de las barras de control de longitud total mediante cambios en la concentración de boro. Esta última opción requiere la dilución y boración mediante maniobra.

25 Por lo tanto esta invención proporciona un procedimiento mejorado para hacer funcionar un reactor nuclear que proporciona una distribución axial de xenon

20 SE



sustancialmente simétrica durante el funcionamiento del reactor incluyendo el seguimiento de carga. La distribución de xenon deseada se realiza manteniendo una distribución axial de potencia relativamente uniforme durante las maniobras de seguimiento de carga, que en esencia reduce al mínimo los factores totales de acción de pico y, de este modo, evita las penalizaciones de la potencia. Además, funcionando dentro de los límites especificados prescritos por las operaciones de esta invención se simplifican los procedimientos de análisis nuclear, se reducen al mínimo los efectos de interacción de recubrimiento de nódulos y se reduce la posibilidad de alterar los límites para la alarma de la instalación, lo que pudiera interrumpir el funcionamiento de la misma. De este modo, la incorporación de los procedimientos indicados anteriormente hará posible un uso más eficaz de la instalaciones del reactor.

La presente solicitud, que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el 29 de Agosto de 1974, bajo el N° 501.569, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

25


4-9-75



REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva, que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

1^a.- Un método de hacer funcionar un reactor nuclear que tiene un núcleo reactivo que se prolonga axialmente, que incluye material fisible y medios de control ajustables para controlar la reactividad dentro del núcleo, incluyendo dichos medios de control una pluralidad de barras de control alargadas que comprenden material de absorción de neutrones y que son movibles axialmente dentro y fuera del núcleo, siendo la longitud de las barras al menos sustancialmente igual a la longitud axial del núcleo, y un medio refrigerante del núcleo que tiene una concentración variable de un material de absorción de neutrones, en el cual se registra un parámetro representativo de la potencia generada den

4-9-75


20 SET.



tro del núcleo en una primera y una segunda posiciones
axiales calculándose la distribución axial de potencia
dentro del núcleo a partir de los parámetros de potencia
del núcleo, caracterizado porque, con dependencia
5 de los registros de la distribución axial de potencia,
las variaciones de la potencia del reactor se controlan
en parte por variación de la concentración del elemento
de absorción de neutrones y en parte por variación
de las posiciones de las barras de control de tal
10 manera que se mantenga la distribución axial de potencia
sustancialmente simétrica durante el funcionamiento
normal del reactor.

2ª.- Un método según la reivindicación 1ª,
caracterizado porque dichas posiciones vigiladas primera
15 y segunda están dispuestas, respectivamente, en las
mitades superior e inferior de dicho núcleo.

3ª.- Un método según la reivindicación 2ª,
caracterizado porque los medios de control son accio-
nados para mantener la diferencia de salida de potencia
entre las mitades superior e inferior del núcleo,
20 en base a la salida de potencia total (desplazamiento
axial), sustancialmente igual a un valor de referencia
predeterminado a través de todo el funcionamiento del
reactor, incluyendo las variaciones de la potencia del
25 reactor.

4-9-75

20 SET



5 4^a.- Un método según la reivindicación 3^a, caracterizado porque dicho valor de referencia se obtiene determinando el desplazamiento axial a plena potencia con el xenon en equilibrio y todas las barras de control retiradas de la región de combustible del núcleo.

10 5^a.- Un método según la reivindicación 4^a, caracterizado porque el valor de referencia se calcula de nuevo después de un período sustancialmente igual a cada mes de funcionamiento a plena potencia.

15 6^a.- Un método según las reivindicaciones 4^a ó 5^a, caracterizado porque la distribución axial de potencia se permite que varíe durante el funcionamiento del reactor para tener una diferencia de flujos comprendida dentro de un margen o banda de aproximadamente más o menos el cinco por ciento de un valor predeterminado correspondiente al flujo en el valor de referencia del desplazamiento axial.

20 7^a.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1^a a 6^a, en el que el núcleo está provisto de barras de control de longitud parcial que tienen secciones axiales de material de absorción de neutrones más cortas que la longitud axial del núcleo, cuyas barras son movibles axialmente dentro del núcleo, caracterizado porque para el control de la reactividad aso-

25

4-9-75


20 SEP



ciado a las variaciones en la salida de potencia del núcleo, las barras de longitud parcial se ajustan de manera que se mantenga sustancialmente simétrica la distribución axial de potencia.

5 8ª.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 7ª, en el que se crea, como un subproducto de la reacción de fisión del material fisible, el elemento xenon dentro del núcleo, teniendo dicho xenon una gran sección transversal de captura de neutrones, caracterizado porque la concentración de los elementos de absorción de neutrones en todo el núcleo se controla de manera que se reduzca al mínimo la variación de reactividad debida a la acumulación o empobrecimiento de xenon correspondientes a, y asociada con, variaciones en la salida de potencia del núcleo.

10 9ª.- Un método según la reivindicación 7ª, en el cual la capacidad de absorción de neutrones de las barras de longitud parcial es sustancialmente igual a la totalidad de absorción de las barras de control de longitud equivalente, caracterizado porque dichas barras de longitud parcial se utilizan para el ajuste de la distribución axial de potencia durante un período de funcionamiento de potencia aproximadamente igual o menor que el sesenta por ciento de cada treinta días de plena potencia equivalente.

25
4-9-75 

20 SET



10ª.- Un método según la reivindicación 7ª,
en el cual las barras de longitud parcial se introdu-
cen a una distancia de aproximadamente el treinta por
ciento desde la parte inferior del núcleo en funciona-
5 miento a plena potencia y la inserción aumenta lineal-
mente hasta aproximadamente el 10 por ciento desde el
fundo o parte inferior del núcleo al 50 por ciento de
potencia del núcleo.

11ª.- Un método de hacer funcionar un reac-
10 tor nuclear que tiene un núcleo reactivo que se pro-
longa axialmente.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que
antecede, representado en los dibujos que se acompañan
y con los fines que se han especificado.

15 Esta Memoria consta de cincuenta hojas escri-
tas a máquina por una sola cara.

Madrid,

20 SET. 1975

P.A.

Alberto de Elzaburu
Por Poder

129

4-9-75
JAR.



20 SET.

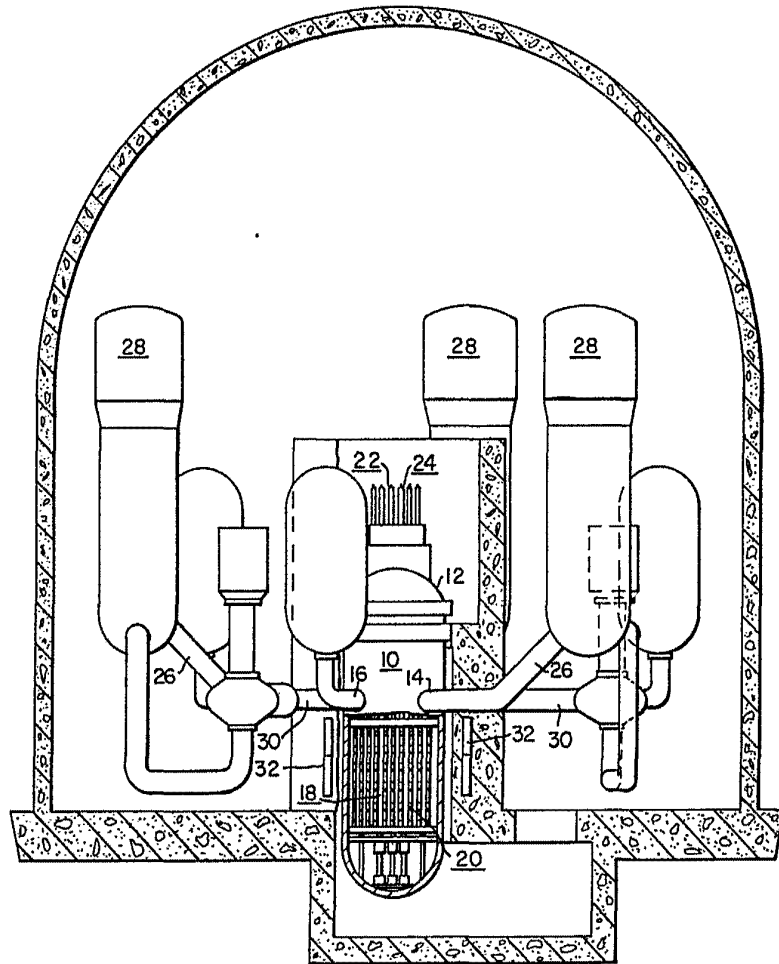


FIG. 1

Alberto de Elizaburu
Por Poder. *Alberto de Elizaburu*

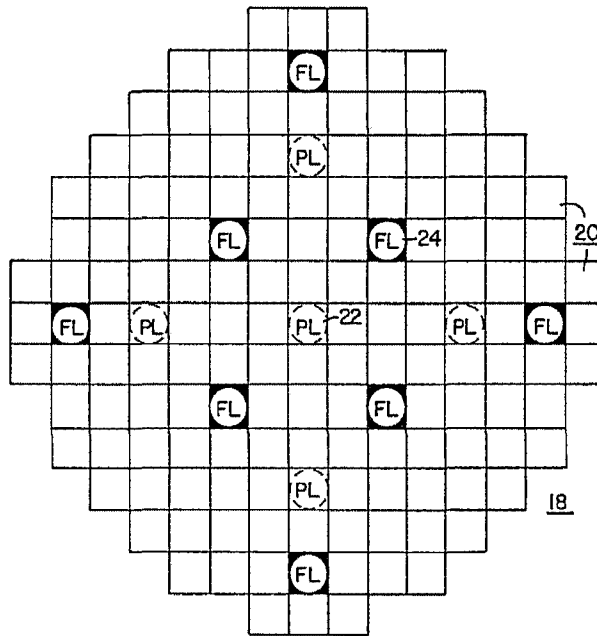
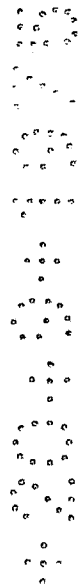


FIG. 2



Alberto de Eizaburu
Por Poder. *[Signature]*

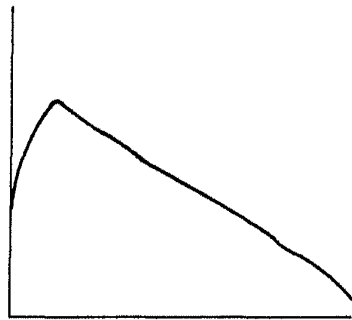


FIG.3B

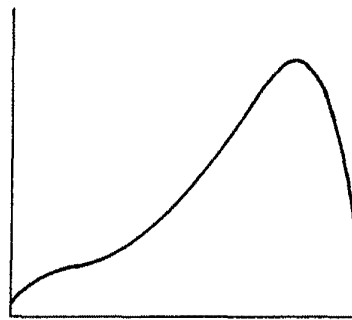


FIG.3C

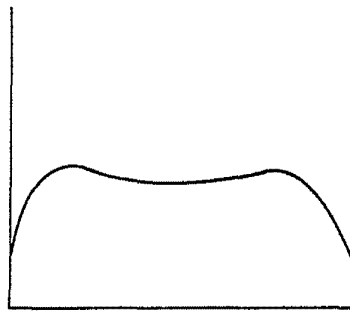


FIG.3A

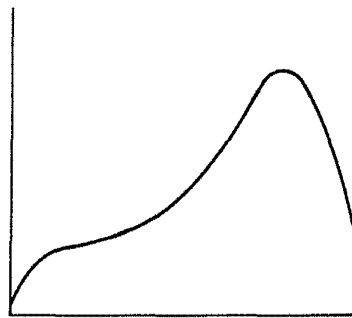


FIG.3D

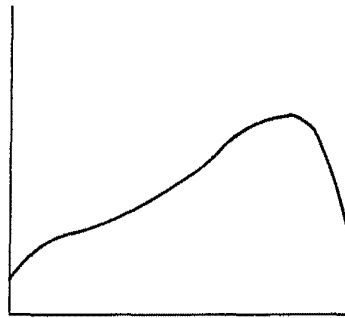


FIG.3E

Alberto de Elzaburu
Por Poder.



20 SE

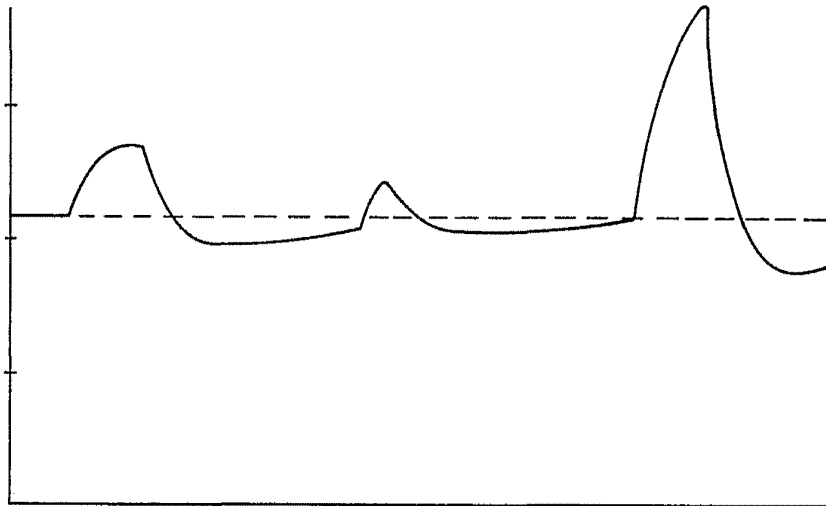


FIG.4 A

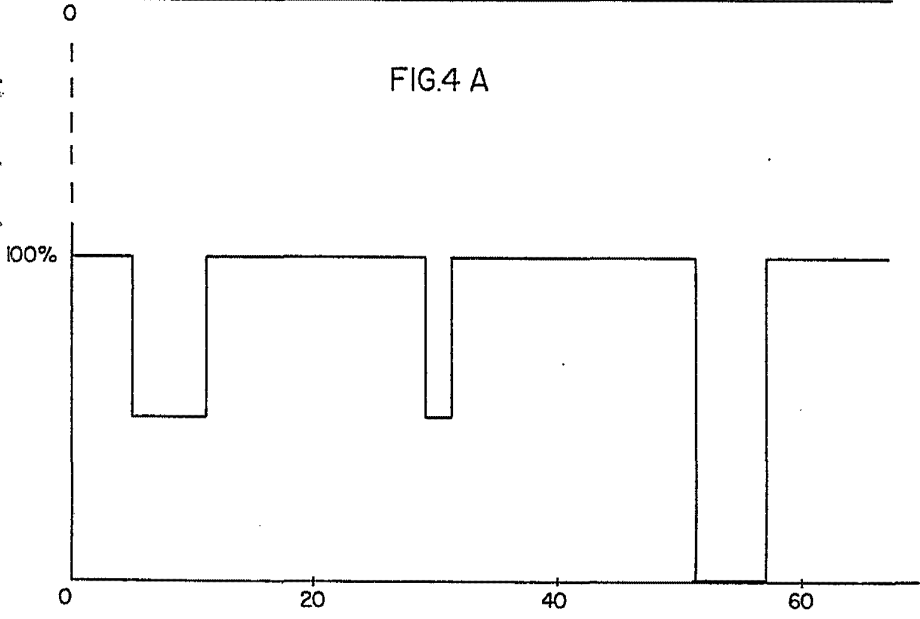


FIG.4 B

Alberfo de Elizaburu
Por Poder.

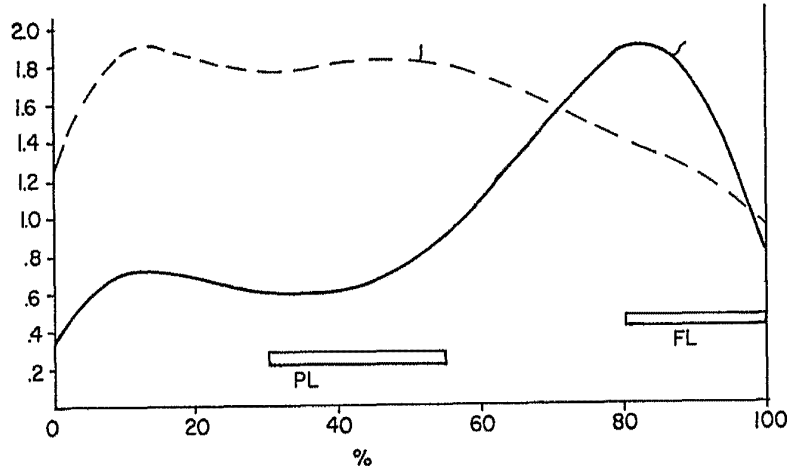


FIG.5

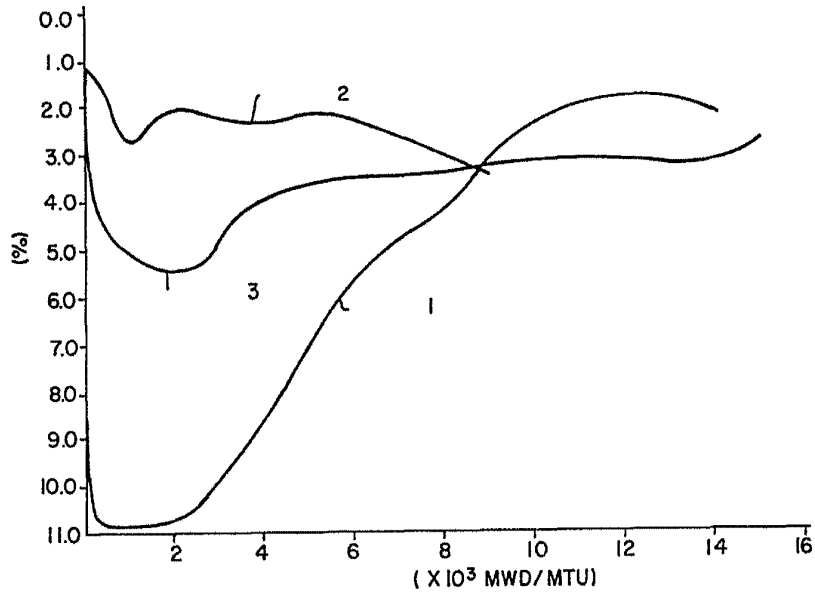


FIG.6

Alberio de Alzaburu
Por Poder *[Signature]*

PG 0 34 5
20 SET

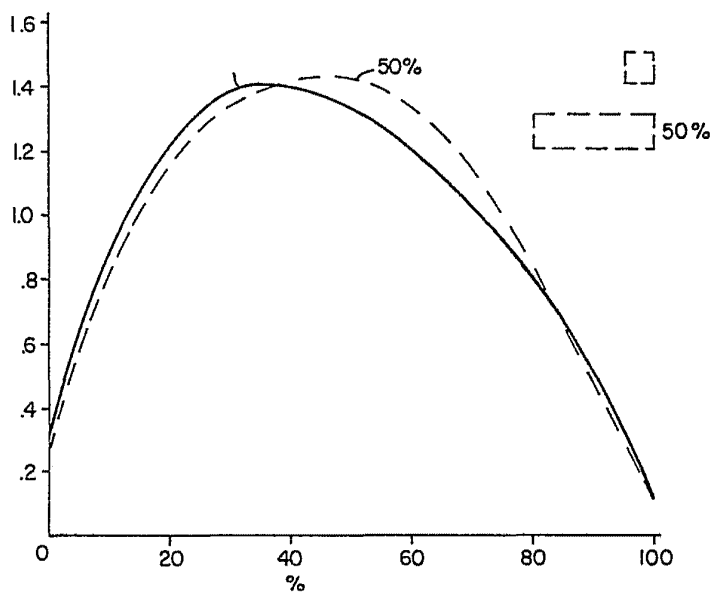


FIG. 7A

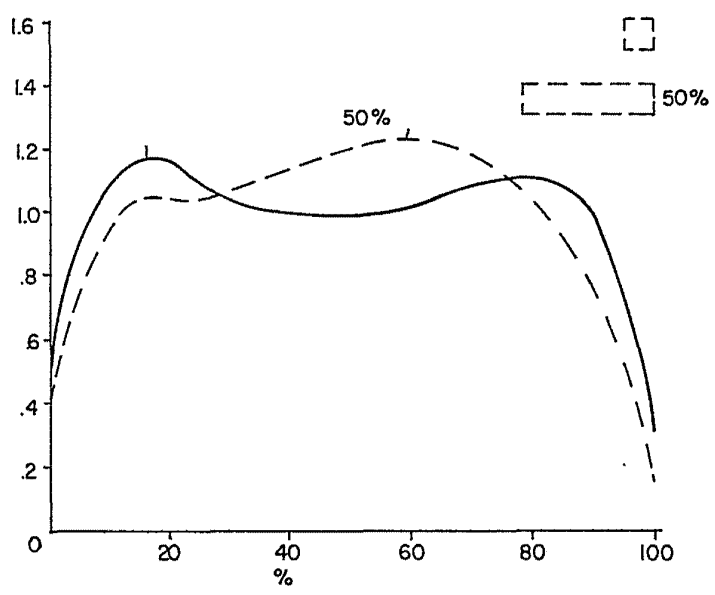


FIG. 7B

Alberto de Elzaburu
Per Podar. *[Signature]*

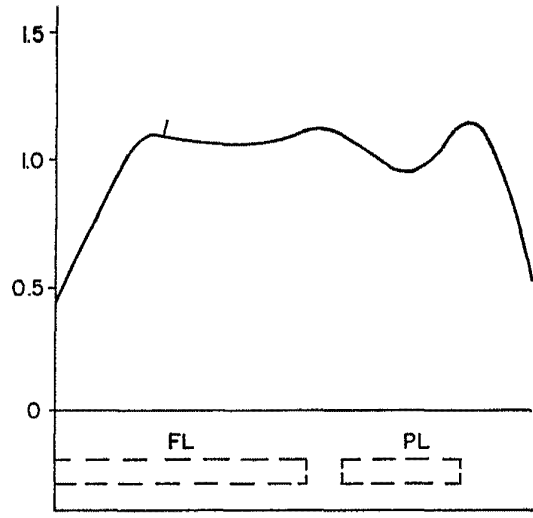


FIG. 8A

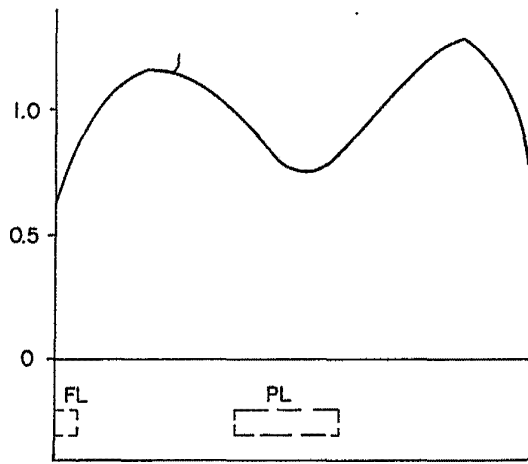


FIG. 8B

Alberto de Elizaburu
Por Poder

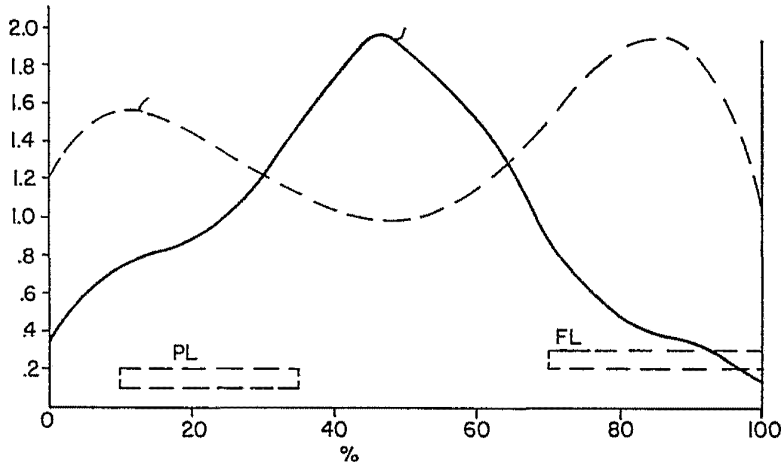


FIG. 9

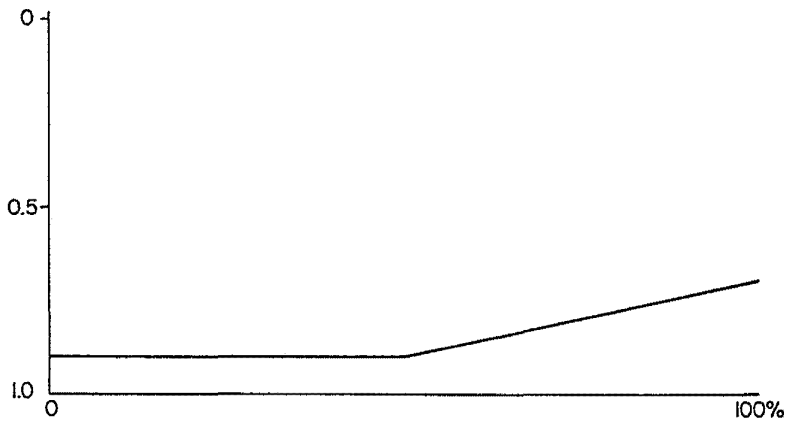


FIG. 10

Alberto de Elzaburu
Por Poder



20 SEP

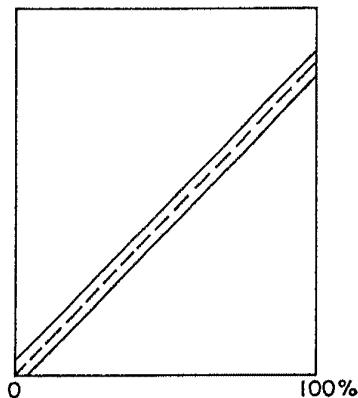


FIG. II

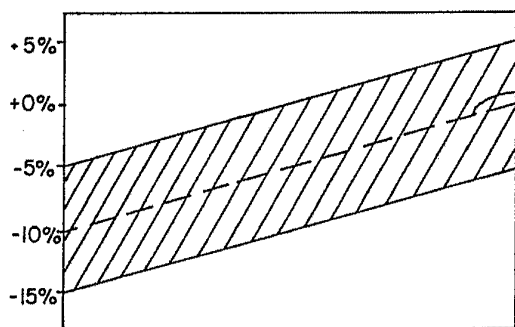


FIG. 12A

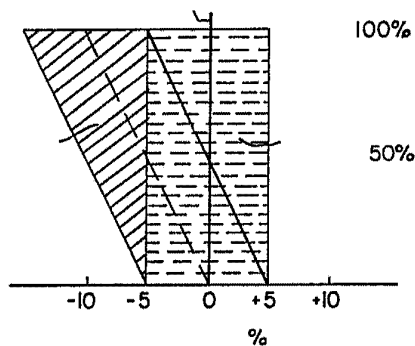


FIG. 12B

Alberto de Elzaburu
Por Fedet.