



REPÚBLICA ARGENTINA
PODER EJECUTIVO NACIONAL
MINISTERIO de ECONOMÍA y PRODUCCIÓN
SECRETARÍA de INDUSTRIA, COMERCIO y de la PEQUEÑA y MEDIANA EMPRESA
INSTITUTO NACIONAL de la PROPIEDAD INDUSTRIAL



TÍTULO DE
PATENTE DE INVENCION

AR019129B1

LA ADMINISTRACION NACIONAL DE PATENTES, CONFORME LO
RESUELTO EN EL EXPEDIENTE RESPECTIVO Y EN VIRTUD DE LO
DISPUESTO POR LA LEY 24.481 (T.O. 1996), Y SU DECRETO
REGULATORIO (DECRETO 260/96, ANEXO II), EXTIENDE EN
NOMBRE DE LA NACION ARGENTINA EL PRESENTE TITULO A
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA (CNEA) ;

QUE ACREDITA LA CONCESION DE PATENTE SE INVENCION SOBRE
ELEMENTO COMBUSTIBLE MODULAR ADAPTABLE PARA DISTINTAS
CENTRALES NUCLEARES DE CANALES.

CUYA DOCUMENTACION ANEXA ES COPIA FIEL DE LA
DEPOSITADA EN EL INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD
INDUSTRIAL CONFORME A LO ESTABLECIDO EN EL ART. 35 DE
LA LEY 24.481 (DECRETO 260/96 - ANEXO I), EL TERMINO
POR EL QUE SE ACUERDA LA PATENTE ES POR VEINTE AÑOS
IMPRORROGABLES CONTADOS A PARTIR DE LA PRESENTACION DE
LA SOLICITUD, POR LO CUAL EXPIRARA EL DIA:
3 DE MAYO DE 2019

BUENOS AIRES, 22 DE JUNIO DE 2005


DR. EDUARDO ARIAS
COMISARIO
ADMINISTRACION NACIONAL DE PATENTES



INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL
ARGENTINA



Patentes de Invención
Modelos de Utilidad



Marcas



Modelos y Diseños
Industriales



Transferencia de
Tecnología



Información
Tecnológica

(19)



República Argentina
Ministerio de Economía y Producción
Secretaría de Industria, Comercio y de la
Pequeña y Mediana Empresa
Instituto Nacional de la Propiedad Industrial

(11) No de Publicación:

AR 019129 A1

(41) Fecha de Publicación:

26.12.2001

(51) Int. Cl:

G21C3/00;

(12)

Solicitud de Patente Independiente

(21) No de Solicitud: **P990102054**

(71) Solicitantes: **COMISION NAC DE EN ATOMICA CNEA
[AR]**

(22) Fecha de Solicitud: **03.05.1999**

(30) Prioridad/es: **1999P102054 AR 03.05.1999**

(72) Inventor/es:

(54) **Título:**

**ELEMENTO COMBUSTIBLE MODULAR ADAPTABLE PARA
DISTINTAS CENTRALES NUCLEARES DE CANALES.**

(57) **Resumen:**

La presente invencion se refiere a un elemento combustible nuclear modular adaptable mediante un sistema de ensamble para su utilizacion en distintas centrales nucleares de canales refrigerantes, horizontales o verticales. Este modulo está formado por un manojo de barras combustibles paralelas ubicadas en forma de coronas circulares concéntricas sostenidas por sistemas estructurales. Posee separadores autoportantes de barras combustibles construídas con vainas colapsables, fijados a éstas con menos de 9 toques extremos soldados, mientras que las posiciones longitudinales intermedias son no soldados a las vainas colapsables y dichas barras combustibles tienen un diámetro único, menor a 11mm. La cantidad de dichas barras combustibles es un número mayor a 43, como ser 52 estando dichas barras combustibles paralelas ubicadas en cuatro coronas concéntricas y tres separadores autoportantes con apoyos a barras combustibles fijos y elásticos que mantienen las posiciones relativas entre ellas. El elemento combustible modular puede contener mezclas de materiales combustibles en diferentes concentraciones isotópicas de uranio y/o plutonio y/u otros materiales de interés nuclear (actínidos, venenos neutrónicos, productos de fisión o materiales provenientes de otros reactores nucleares). El sistema de ensamble permite conformar un conjunto de combustibles de longitud y pérdida de carga hidráulica adaptables a partir de dichos módulos.

Una aplicación de la presente invención es la utilización de los módulos en forma individual en los reactores de agua pesada a presión con canales combustibles horizontales. Otra aplicación consiste en emplear el ensamble de varios módulos en los reactores con canales combustibles verticales.

999 01 02054

ANEXO

- 3 MAY 1999

(* HOJA TECNICA *)

(19) Pais ARGENTINA

(21) N° de Solicitud: _____

(11) N° de Patente: _____

(12) Tipo de Solicitud:

Invención (A)

Primaria (1)

Adicional (2)
(Perfeccionamiento)
a la Patente N°: _____

(72) Inventor: FLORIDO Pablo C. - CIRIMELLO Roberto O.
BERCALLO Juan E. - MARINO Armando C.
BRASNAROF Daniel O. - DELMASTRO Darío F.
GONZÁLEZ José H. - JUANICÓ Luis E.

(74) Agente: _____

(19) AR	(12) A1	(41) Disp.	D	M	A	G 21 C 3/00
(21) 990102054	(22) Sol.	(24) Vig.	3	✓	99	
(11)						
(30) <input type="checkbox"/> Prioridad			D	M	A	
Pais N°:						

(71) Solicitante: Comisión Nacional de Energía Atómica

Pais: República Argentina

Dirección: Av. del Libertador 8250, Buenos Aires, Capital Federal

(54) Título: "ELEMENTO COMBUSTIBLE MODULAR ADAPTABLE PARA DISTINTAS CENTRALES NUCLEARES DE CANALES"

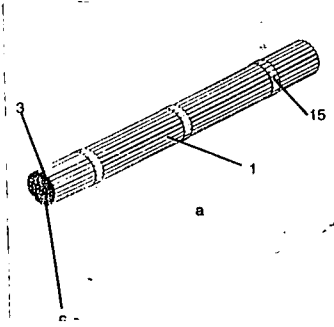
(57) Resumen o palabras clave y dibujo o fórmula: RESUMEN

La presente invención se refiere a o elemento combustible nuclear modular adaptable mediante un sistema de ensamble para su utilización en distintas centrales nucleares de canales refrigerantes, horizontales ó verticales. Este módulo está formado por un manojo de barras combustibles paralelas ubicadas en forma de coronas circulares concéntricas sostenidas por sistemas estructurales. Posee separadores autoportantes de barras combustibles construidas con vainas colapsables, fijados a éstas con menos de 9 topos extremos soldados, mientras que las posiciones longitudinales intermedias son no soldados a las vainas colapsables, y dichas barras combustibles tienen diámetro único, menor a 11 mm. La cantidad de dichas barras combustibles es un número mayor a 43, como ser 52, estando dichas barras combustibles paralelas ubicadas en cuatro coronas concéntricas y tres separadores autoportantes con apoyos a barras combustibles fijos y elásticos que mantienen las posiciones relativas entre ellas.

El elemento combustible modular puede contener mezclas de materiales combustibles en diferentes concentraciones isotópicas de uranio y/o plutonio y/u otros materiales de interés nuclear (actínidos, venenos neutrónicos, productos de fisión o materiales provenientes de otros reactores nucleares).

El sistema de ensamble permite conformar un conjunto de combustibles de longitud y pérdida de carga hidráulica adaptables a partir de dichos módulos

Una aplicación de la presente invención es la utilización de los módulos en forma individual en los reactores de agua pesada a presión con canales combustibles horizontales. Otra aplicación consiste en emplear el ensamble de varios módulos en los reactores con canales combustibles verticales.



Documentos citados:

1/9/88 AEP T Fig 5 @ Giedi Fig 5

MESA DE ENTRADAS
MAY 19 10
I.N.P.I.

EPP
Approved

A
PAC Recruitment
30-8-99

REPUBLICA ARGENTINA
(AR)



I.N.P.I.

USADO Y SERV. PUBLICOS
Secretaria de Coordinacion
Administ. Legal y Tecnica
Del SOLICITUD DE PATENTE

10-27-01
TIM:04 OPE 16
Nr:00184326
RUB: 262

TRAMITES
\$ 100.00
Prop. Industrial

PATENTE DE INVENCION:

CERTIFICADO DE MODELO DE UTILIDAD



I.N.P.I.

MAY 1999

10 41

Fecha de Presentación

I. Solicitante:

1) Apellido y Nombre/Denominación o Razón Social:

Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)

2) Documento de Identidad:

Estado Civil:

Nupcias:

Nombre del Cónyuge:

3) Caja de Jubilacion o AFJP:

Nº de CUIL o CUIT:

IVA:

4) Inscripto en el Registro Industrial de la Nación (Decreto-Ley 19.971/72) Nº

5) Domicilio Real: Av. del Libertador Nº 8250, Capital Federal, República Argentina

Legal: el mismo.

Acta Nº:
P 9 9 01 02054

INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL
SOLICITUD DE: PATENTE DE INVENCION TRAMITE:
FECHA: 03/05/1999 HORA: 10:41
RESP: Particular
CODIGO DE BARRAS DEL EXPEDIENTE
01999010205403051041

P19990102054
BUSQUEDA COLA TRABAJO

P19990102054

II. Objeto

6) Titulo de la Invención: **"ELEMENTO COMBUSTIBLE MODULAR ADAPTABLE PARA DISTINTAS CENTRALES NUCLEARES DE CANALES"**

7) Carácter de la Patente:

a) Definitiva, por el término de 20 años

b) Adicional a la Patente Nº

8) Ley 17.011 Fecha Prioridad:

Pais

Nº

III. Documentación acompañada

9) Se acompaña:

a) Comprobante pago servicio requerido

b) Formulario anexo en duplicado

c) Carátula en duplicado



SECRETARIA DE ECONOMIA
Administr. Legal y Tecnica
Delegacion DGA-TECNOLOGIA
Nº: 00184326
RUB: 263
Prop. Industrial
10:29:11

- d) Memoria descriptiva en duplicado
- e) Reivindicaciones en duplicado firmadas
- f) 2 copias de la 1° reivindicación - Resumen
- g) Dibujos en triplicado
- h) Número de planchas
- i) Reducciones
- j) Copia certificada (Ley 17.011)
- k) Documento de Cesión
- l) Dibujos informales

IV. Sociedades

10) Sociedad, representada por: Ing. Jorge Aníbal FERNÁNDEZ

FERNANDEZ JOSE LUIS

quién declare bajo juramento que inviste el caracter de Representante que su mandato se encuentra vigente y que la Sociedad se halla inscripta en

Fecha	N°	F°	Lib.	T°
-------	----	----	------	----

V. Mandato

11) Poder inscripto en: Resolución CNEA N° 60/96 Registrado en el INPI bajo N°.

Otro Registro: N°:

12) En este acto, se autoriza a:

13) Se acompaña poder - Resolución CNEA N° 60/96

14) Caja Jubilación o AFJP . N° CUIL O CUIT:

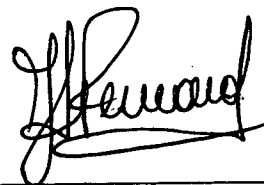
VI. Declaración:

16) A los efectos del Decreto sin número del 7 de Junio de 1901 (sobre patentabilidad en el extranjero) manifiesta que el invento no ha sido patentado en el extranjero

VII. Observaciones: _____



(Firma del autorizado)
Ing. Jorge Aníbal FERNÁNDEZ
Responsable de Patentes - CNEA



(Firma del solicitante)



Memoria Descriptiva de la Patente de Invención

denominada

**“ELEMENTO COMBUSTIBLE MODULAR ADAPTABLE PARA
DISTINTAS CENTRALES NUCLEARES DE CANALES”**

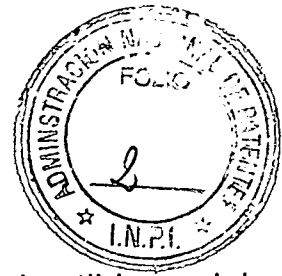
Solicitada por

Comisión Nacional de Energía Atómica, residente en

Av. Del Libertador 8250, Buenos Aires, Capital Federal
República Argentina

Inventores: FLORIDO Pablo Carlos
CIRIMELLO Roberto Omar
BERGALLO Juan Esteban
MARINO Armando Carlos
BRASNAROF Daniel Oscar
DELMASTRO Darío Fabián
GONZÁLEZ José Héctor
JUANICÓ Luis Eduardo

Por el plazo de 20 años

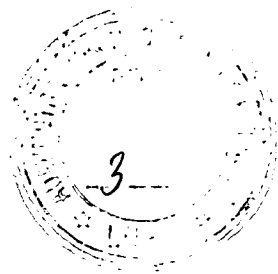


La presente invención consiste en un elemento combustible modular o nuclear adaptable mediante un sistema de ensamble para su utilización en distintas centrales nucleares de canales refrigerantes. Este módulo está formado por un manojo de barras combustibles paralelas ubicadas en forma de coronas circulares concéntricas sostenidas por sistemas estructurales. El sistema de ensamble permite conformar un conjunto de combustibles de longitud y pérdida de carga hidráulica adaptables a partir de módulos como el descripto.

Una aplicación de la presente invención es la utilización de los módulos en forma individual en los reactores de agua pesada a presión con canales combustibles horizontales. En este caso los elementos van apoyados simplemente en el canal, y colocados uno a continuación de otro hasta completar la longitud requerida. Otra aplicación consiste en emplear el ensamble de varios módulos en los reactores de agua pesada a presión con canales combustibles verticales.

Las centrales nucleares argentinas, siendo de concepción física muy similar y de canales combustibles refrigerados con agua pesada, utilizan dos diseños muy distintos, en particular para sus elementos combustibles. Se reconocen como antecedentes inmediatos del elemento combustible que se pretende patentar a los diseños de los elementos combustibles actualmente en uso en las centrales nucleares de Embalse y Atucha I, de propiedad intelectual de la Comisión Nacional de Energía Atómica y que corresponden al arte previo. Ambos diseños fueron considerados sobre la base de utilizar uranio natural como combustible, por lo que el quemado de extracción de los mismos, (y de allí las solicitaciones termomecánicas que debía soportar), era inferior a 8000 MWd/Ton U.

Se incluyen como referencia estos diseños. En las figuras 1a y 1b se muestran en vista lateral y tridimensional respectivamente un elemento combustible de la central nuclear Embalse del tipo horizontal, al que



denominaremos elemento combustible 1 (EC1). En las figuras 2a y 2b, se muestran en vista principal y corte, el combustible de la central nuclear Atucha I, del tipo vertical, al que denominaremos elemento combustible 2 (EC2).

El EC1 se conforma por un arreglo de 37 tubos cilíndricos o vainas (1) de Zircaloy de pared delgada tal que colapsen sobre las pastillas combustibles de dióxido de uranio (2) contenidas en su interior bajo las condiciones de operación. Cada vaina está cerrada en sus extremos por dos tapones (3), conformando una barra combustible. A estas barras se sueldan también patines (4) que apoyan sobre el canal combustible y espaciadores rígidos (5) que evitan su desplazamiento transversal relativo, mientras que las grillas (6) soldadas en ambos extremos sostienen al manojo de barras. Estos tres elementos constituyen los sistemas estructurales que fijan al conjunto.

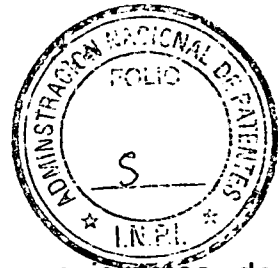
El EC2 que se observa en las figuras 2a y 2b, tiene 37 barras no colapsables sujetas a una placa portante (7) por su extremo superior, unida a su vez por medio de un conjunto de 6 tubos o varillaje inferior (8) a un anillo intermedio (9). Sobre este anillo se montan tres barras de acero inoxidable (10) o varillaje superior unido al cuerpo de acople (11), el cual soporta todo el conjunto por su extremo superior. La sujeción al canal combustible se logra mediante el empleo de zapatas fijas (12) y zapatas elásticas (13). El manojo de barras combustibles se soporta por espaciadores autoportantes (14) compuestos por anillos concéntricos solidarios ubicados en posiciones longitudinales intermedias. Estos separadores fijan la posición transversal de las barras y zunchan al manojo de barras, otorgándole una resistencia mecánica mayor, adecuada para soportar las sollicitaciones originadas por la posición vertical.

Los canales combustibles de ambas centrales presentan también diferencias. El de la central nuclear Atucha I tiene un diámetro interno

mayor que él de la central nuclear Embalse. En esta última los canales son horizontales y los elementos combustibles apoyan en el tubo de presión mediante patines deslizantes, mientras que en Atucha I son verticales y los combustibles cuelgan de la tapa superior del recipiente de presión.

Ambas centrales son de recambio de combustible en operación, pero diferenciándose en el número y longitud de los elementos combustibles recambiados. En Embalse se recambian de a dos elementos combustibles, de un total de doce que completan el canal de 6 metros de longitud, posibilitando el intercambio axial de los mismos. En cambio, en Atucha I un único elemento de 5,25 metros de longitud activa completa el canal, sin posibilidad de reposicionamiento axial.

El diseño del elemento combustible es una pieza clave del diseño de un reactor nuclear y surge de un compromiso principalmente entre fenómenos neutrónicos, termohidráulicos y termomecánicos. En forma simplificada, podemos considerar que el desempeño neutrónico mejora aumentando el volumen del combustible, en tanto y en cuanto los neutrones generados en un átomo combustible tienen mayor probabilidad de producir una fisión en otro, mientras que el desempeño termohidráulico y termomecánico van en sentido opuesto, aconsejando menos volumen de combustible y más dispersos (mayor flujo y área de transferencia del refrigerante, menor diámetro de barras). Debe destacarse la tendencia opuesta de estos fenómenos: si se utiliza un arreglo de barras más disperso (de diámetro menor) para aumentar el área de transferencia térmica, manteniendo el volumen de combustible (mayor número de barras), esto provoca una disminución en el caudal refrigerante, dado el incremento de las restricciones hidráulicas en el mismo y por ende, una disminución de los márgenes de seguridad termohidráulicos de la central nuclear.

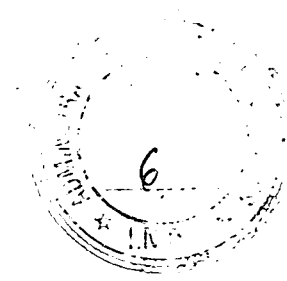


Un nuevo elemento combustible para centrales preexistentes de canales debe mejorar simultáneamente los tres aspectos antes mencionados, pero manteniendo el volumen de combustible y la pérdida hidráulica por canal combustible, de forma de no perturbar la distribución de flujos neutrónicos y refrigerantes en el núcleo del reactor. Estas condiciones permiten la convivencia de varios tipos de combustibles en el núcleo, la sustitución progresiva de uno por otro durante el recambio normal sin penalizar el tiempo de operación del reactor o perturbar la operación del mismo.

El elemento combustible EC1, tiene una razón del área de transferencia térmica sobre el área transversal de barras aproximadamente igual a 300, mientras que para el EC2 es de 313 y para el EC3 es de 327, de lo que se desprende que los diseños antecesores no pudieron superar una razón superior a 330 de dicha relación de áreas.

El problema a resolver con un único diseño del elemento combustible de alto rendimiento adaptable para distintas centrales preexistentes es mantener la compatibilidad hidráulica, neutrónica y con la máquina de recambio con todos y cada uno de las actuales centrales, mejorando la razón del área de transferencia térmica sobre el área transversal de barra a un valor mayor a 330, y además mejorar sus márgenes de seguridad termohidráulicos y termomecánicos para alcanzar mayores quemados de extracción utilizando uranio enriquecido.

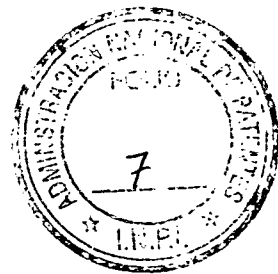
En la actualidad existe un tipo de elemento combustible propuesto para reactores de canales horizontales, al que denominaremos elemento combustible 3 (EC3), que ha recurrido a emplear dos diámetros de barras combustibles distintos pero manteniendo la longitud del EC1, para cumplir con parte de los requerimientos antes expuestos. Este diseño aumenta el área de intercambio entre el combustible y el refrigerante en un 5,4 % con respecto al EC1, manteniendo las



restricciones hidráulicas en el canal. El volumen de combustible sin embargo es menor al EC1, por lo cual no soluciona en su totalidad los aspectos antes expuestos. El EC3 presenta un mayor número de barras colapsables (43 contra las 37 del EC1), manteniendo la característica de los espaciadores soldados a las vainas; siendo entonces mayor el número de soldaduras sobre vainas, se empobrece su resistencia mecánica. Por otra parte, este combustible presenta mayor diversidad de componentes por cuanto conlleva la necesidad de contar con dos líneas de fabricación de vainas, pastillas combustibles y tapones, entre otros.

El elemento combustible y el sistema de ensamble objeto de la presente invención soluciona el problema planteado, mejorando el desempeño neutrónico, termohidráulico y termomecánico con respecto a sus antecesores (EC1, EC2 y EC3); logrando aumentar el área con el refrigerante, reducir el diámetro de barras combustibles, y mantener la masa de combustible del elemento más denso (EC1). La masa de combustible es igual a la del EC1 como ya fue mencionado, un 21% mayor a la del EC2 y un 1% mayor a la del EC3. El área de contacto con el refrigerante es un 20%, 18% y 12% mayor que en el EC1, EC2 y EC3 respectivamente, mientras que el diámetro de barras se reduce en un 17%, 9% y 15% (ó 20%) siguiendo esta comparación. Estas metas se logran no obstante manteniendo las condiciones de operación de ambos reactores.

Las solicitaciones termomecánicas del combustible objeto de la patente se reducen debido al menor diámetro de pastilla y mayor número de barras, y por ende, menor temperatura de operación en la misma. Además, el empleo de separadores elásticos autoportantes en vez de apéndices soldados a las vainas evita la degradación de las propiedades mecánicas de las barras por efecto de las soldaduras. El número de las soldaduras sobre las vainas se reduce 20 veces con



respecto al EC1, siendo éste uno de los factores que permite extender el quemado de extracción del conjunto. Adicionalmente, el uso innovativo de separadores autoportantes en barras colapsables permite zunchar al conjunto favoreciendo desde el punto de vista mecánico su utilización en canales verticales sostenidos por un extremo, tal como es el caso del EC2.

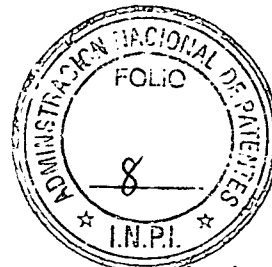
El sistema de ensamble de elementos combustible de la presente invención utiliza esta última cualidad para conformar módulos combustibles de longitud mayor y pérdida hidráulica adaptable, por medio de regular el ángulo de desalineación azimutal entre módulos. Esto permite utilizar al conjunto combustible en reactores de canales verticales y de pérdida de carga más restrictiva, como es el caso de la central Atucha I.

El objetivo principal de la invención es obtener un elemento combustible modular que tenga una razón del área de transferencia térmica sobre el área transversal de barras mayor a 330, y aproximadamente igual a 364.

El segundo objetivo de la invención es obtener un elemento combustible modular que permita, tomando como referencia los diseños actuales, aumentar los márgenes de seguridad termohidráulicos y termomecánicos y el quemado de extracción del combustible, manteniendo la masa del combustible y la restricción hidráulica totales en el canal en particular para centrales de canales horizontales, constituyendo un arreglo de barras colapsables de diámetro único.

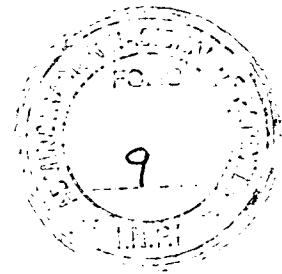
El tercer objetivo de la invención es, tomando como referencia los diseños actuales, reducir el número de soldaduras en vainas combustibles y de componentes estructurales, simplificando de esta manera el proceso de fabricación.

Un objetivo adicional de la invención es adaptar la utilización del



elemento combustible para centrales de canales combustibles verticales de longitud mayor y restricción hidráulica menor donde sea soportado de un único extremo, mediante un sistema de acople de módulos combustibles que permita reutilizar los mismos en distintas posiciones axiales, optimizando así su quemado.

Los recursos técnicos innovativos que se utilizaron en la presente Invención, para alcanzar todos los objetivos planteados, son: reducir el número de pares de extremos estructurales entre elementos contiguos maximizando (duplicando) la longitud de los módulos en forma compatible con las máquinas de recambio de todas las centrales de canales, reduciendo fuertemente las pérdidas hidráulicas en elementos estructurales en el canal. Esta ventaja permite construir un nuevo arreglo de barras de igual volumen y más disperso (mayor número de barras iguales de menor diámetro), que compensa el aumento en la pérdida de carga distribuida a lo largo de las barras (debido a la mayor área de intercambio térmico) con el ahorro en piezas estructurales. Manteniendo entonces el caudal refrigerante, pero aumentando el área de transferencia al mismo, disminuye el flujo de calor por unidad de área y aumentan los márgenes de seguridad termohidráulicos. Además, siendo el número de barras mayor y su diámetro menor, disminuyen la densidad lineal de potencia y el salto térmico en la pastilla combustible, mejorando por consiguiente su desempeño termomecánico (reduce la dilatación térmica, la liberación de gases de fisión y la interacción mecánica entre la pastilla combustible y la vaina) con lo cual se puede extender el quemado de extracción significativamente. Adicionalmente, el uso innovativo de separadores autoportantes con barras colapsables en condiciones de operación (barras de razón espesor/diámetro menor a 3,2%), reduce fuertemente el número de soldaduras en vainas (aumentando los márgenes de seguridad termomecánicos) y favorece la utilización del elemento combustible en canales verticales. El número y



la masa de los componentes estructurales se reduce al utilizar barras combustibles de longitud doble de las actuales para canales horizontales: por ejemplo el número de tapones soldados a las grillas por unidad de longitud se reduce en un 30% respecto a los diseños anteriores, el número de grillas a la mitad, etc. Estos últimos dos aspectos permiten simplificar el proceso de fabricación, siendo menor el número de pasos de fabricación sobre las barras combustibles.

De lo anterior, se puede concluir que el grado de dispersión de un elemento combustible, manteniendo la masa de combustible y las restricciones hidráulicas, es un parámetro que define el grado de diseño alcanzado. Se puede asimilar éste a la razón entre el área de transferencia térmica del combustible con el refrigerante y el área transversal del arreglo de barras, ambas normalizadas por unidad de longitud en el canal. En efecto, en elementos combustibles que mantengan el volumen de combustible encapsulado es deseable maximizar el área de transferencia térmica y minimizar el área transversal del arreglo de barras (utilizando vainas colapsables de pared delgada y aumentando la longitud activa al disminuir el número de extremos estructurales), dado que así disminuiríamos el flujo de calor y aumentaremos el área de pasaje del refrigerante. Diseños de elementos combustibles con valores mayores de esta relación de áreas siempre y cuando mantengan las pérdidas hidráulicas en el canal, serán por lo tanto ventajosos. El elemento combustible objeto de la presente invención, tiene una razón del área de transferencia térmica sobre el área transversal de barras mayor a 330, y aproximadamente igual a 364, contra 300 del EC1, 313 del EC2 y 327 del EC3; de lo que se desprende que los diseños antecesores no pudieron superar una razón superior a 330 de dicha relación de áreas.

En el caso de centrales de canales verticales, el uso de un sistema de ensamble de varios módulos combustibles permite conformar un

10

elemento combustible de longitud mayor soportado por un único extremo. El sistema de ensamble propuesto permite además fijar el ángulo de desalineación azimutal entre módulos vecinos, adaptando el combustible a canales refrigerantes de distinta pérdida hidráulica. Alineando completamente los módulos, se reduce la pérdida de carga hidráulica en el canal a los valores de la central Atucha I.

Por lo antes expuesto, el elemento combustible y su sistema de ensamble objetos de la Patente de Invención presentan las siguientes ventajas con respecto a los combustibles existentes: aumentan los márgenes de seguridad termohidráulicos y de comportamiento termomecánico; permite quemados extendidos de hasta 35000 Mwd/TonU permite adaptar la pérdida de carga a distintos reactores de canales, mantiene la densidad del combustible actual más denso (EC1), es compatible con las máquinas de recambio de todos los reactores de canales verticales y horizontales, y simplifica el número de componentes estructurales y de pasos de fabricación utilizando un único diámetro de barra combustible y menos soldaduras en vainas.

Se crea en esta invención un arreglo de barras que utilizando un único diámetro que satisface todas las condiciones mencionadas, no resueltas en su totalidad por los combustibles anteriores. Éste consta de 52 barras paralelas (una posible realización) dispuestas en 4 coronas concéntricas compactas, fijadas estructuralmente por medio de un par de grillas ubicadas en ambos extremos y por medio de separadores autoportantes con apoyos fijos y elásticos, ubicados en posiciones axiales intermedias. La posición del elemento combustible se fija respecto al canal por medio de patines o zapatas elásticas que van ubicadas sobre los separadores o en el sistema de ensamble.

A fin de una mejor comprensión de la presente invención se realiza a continuación la descripción detallada de la misma, en base a los dibujos adjuntos.

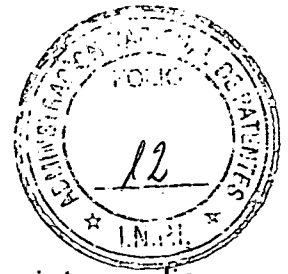
En las figuras 3a y 3b se observa un esquema de la invención en vista tridimensional y lateral respectivamente. Las barras combustibles están compuestas por vainas colapsables (1) en cuyos extremos se sueldan tapones (3), y éstos a una grilla (6). La longitud entre los extremos del combustible coincide con la de dos EC1 o EC3 ubicados uno a continuación del otro. Se utilizan separadores autoportantes (15) de baja pérdida de carga hidráulica para separar las barras entre sus extremos.

En las figuras 4a, 4b y 4c se observa un ejemplo en vista principal, lateral y detalle del separador compuesto por flejes de soporte (16) en donde se incluyen apoyos para las vainas fijos (17) y elásticos (18). En el fleje exterior se colocan los patines (19) para el apoyo al canal en centrales de canales horizontales. La posición axial de cada separador se asegura mediante la soldadura de menos de 13 toques en barras.

La zona activa del EC2 (longitud en donde se ubican las pastillas combustibles) posee una longitud superior a la del módulo combustible de la invención. A diferencia de la central Embalse los canales son verticales. Para el conformado del elemento combustible para la central Atucha I, se acoplan axialmente cinco módulos combustibles como el de la invención previamente a su inserción dentro del núcleo.

El ensamble de estos cinco módulos combustibles puede realizarse de distintas maneras.

Una manera es mediante flejes externos (20), como se ven en la figura 5, cuyas longitudes están dadas por los cinco elementos combustibles, los cuales en el extremo inferior están acoplados a un tope de baja pérdida hidráulica (21) para sostener a los combustibles, y en el otro extremo tiene un mecanismo de acople intermedio (22) conteniendo un resorte que asegura el ajuste del conjunto, y siguiendo a éste un cuerpo de acople como el del actual diseño del EC2 para mantener la compatibilidad con el cuerpo de relleno que el mismo



cuenta en la parte superior del canal. La zona del acople intermedio se caracteriza por tener una baja pérdida de carga hidráulica. En los flejes se pueden incluir aletas mezcladoras de caudal. Este tipo de ensamble permitiría en pileta externa al núcleo realizar reubicación axial de los módulos combustibles que no hayan alcanzado el máximo quemado. En los flejes o bien en los separadores se pueden ubicar los espaciadores o zapatas fijas (23) y elásticas de acople al canal Atucha I. En la figura 5 se observa un módulo combustible como el de la presente invención con los flejes externos y en sus extremos a modo explicativo el tope inferior y en el otro extremo el mecanismo de acople intermedio y el cuerpo de acople.

Otra forma de acople entre los combustibles es colocando entre las grillas espaciadoras o bien rodeándolas, un cuerpo o pieza de encastre entre las mismas de baja pérdida de carga. La figura 6 muestra un extremo del combustible y la ubicación de un cuerpo de acople entre grillas (24). En este caso los mecanismos que sostendrían todo el ensamble serían las vainas de las barras combustibles ya que se encuentran soldadas a las grillas. En un extremo del ensamble se coloca otra pieza de encastre entre la grilla y un acople intermedio de baja pérdida de carga hidráulica el cual en el otro extremo tiene el cuerpo de acople como el del actual diseño del EC2.

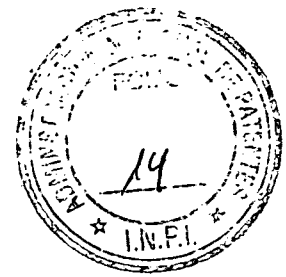
Una tercera opción es mediante un tubo externo contenedor con ventanas o perforaciones (25), (ver figura 7) diseñado para soportar el peso de todos los combustibles juntos y permitir una leve circulación del refrigerante que se encontraría entre éste y el canal, a la vez que permitiría bajar la velocidad media de circulación del refrigerante, y por consiguiente balancear las pérdidas de carga. Estas perforaciones o ventanas permitirían tener un espacio físico suficiente para colocar zapatas fijas y elásticas para el caso probable en que el huelgo entre el tubo y el canal no sea suficiente para estos cuerpos. En los extremos



del tubo se ubican de manera similar a la descrita para los flejes externos, un tope en un extremo y un mecanismo de acople intermedio con un sistema de ajuste y el cuerpo de acople.

Una cuarta opción es empleando una o varias barras internas que, aprovechando las regiones de menor potencia generada, o bien reemplazando una o varias barras combustibles, dieran rigidez adicional a todo el ensamble general. Para este caso la opción más aceptable sería colocar dicha estructura en la zona central del ensamble, ya que es la que tiene menor densidad lineal de potencia, y que entonces no se encuentra exigida en su capacidad de refrigeración. Dichas barras tienen en un extremo un tope y en el otro se acoplan a un mecanismo de ajuste de baja pérdida de carga hidráulica, que mantiene al ensamble unido. A dicho mecanismo se le monta el cuerpo de acople como el del actual diseño del EC2.

Siguen 14 reivindicaciones en página 14.



REIVINDICACIONES

Habiendo descripto y determinado la naturaleza y alcance de la presente invención y la manera de llevarla a la práctica, declaro reivindicar como invención y de propiedad exclusiva:

- 1.- Un elemento combustible modular adaptable para distintas centrales nucleares de canales del tipo que están formados por un manojo de barras combustibles paralelas ubicadas en forma de coronas circulares concéntricas sostenidas por sistemas estructurales, para ser utilizado en centrales de canales horizontales caracterizado por tener un arreglo de tubos cilíndricos o barras combustibles tal que la razón del área de transferencia térmica sobre el área transversal de barras es mayor a 330 y dichas barras combustibles tienen diámetro único.
- 2.- Un elemento combustible modular, según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha razón del área de transferencia térmica sobre el área transversal de barras es mayor a 360.
- 3.- Un elemento combustible modular, según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque la longitud del elemento combustible es la máxima longitud compatible con la máquina de recambio de elementos combustibles.
- 4.- Un elemento combustible modular, según la reivindicación 3, caracterizado porque dicha longitud del elemento combustible es mayor a 0,5 metro y menor o igual a aproximadamente 1,0 metro.
- 5.- Un elemento combustible modular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por poseer separadores autoportantes de barras combustibles construídas con vainas colapsables, fijados a éstas con menos de 20 topes extremos



soldados, mientras que las posiciones longitudinales intermedias son no soldados a las vainas colapsables.

- 6.- Un elemento combustible modular, según la reivindicación anterior, caracterizado porque la cantidad de dichos topes extremos soldados es menor a 13 topes.
- 7.- Un elemento combustible modular adaptable para distintas centrales nucleares de canales, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la cantidad de dichas barras combustibles es un número mayor a 43, y dicho diámetro único de dichas barras combustibles es menor a 11 mm.
- 8.- Un elemento combustible modular, según la reivindicación anterior, caracterizado por tener 52 barras combustibles paralelas ubicadas en cuatro coronas concéntricas y tres separadores autoportantes con apoyos a barras combustibles fijos y elásticos que mantienen las posiciones relativas entre ellas.
- 9.- Un elemento combustible modular, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque cuando es utilizado en dichas centrales nucleares de canales horizontales, sobre dichos separadores autoportantes se ubican patines deslizantes que permiten el apoyo sobre el canal combustible.
- 10.- Un elemento combustible según las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por ser capaz de adaptarse a centrales nucleares de canales verticales de agua pesada, con un medio de acople desmontable entre módulos, capaz de permitir la adaptación de la longitud total del elemento combustible .
- 11.- Un elemento combustible modular, según la reivindicación 10, caracterizado porque dicho medio de acople es una pieza de unión

entre grillas, que permite unir varios módulos combustibles, para formar un elemento combustible de mayor longitud.

- 12.- Un elemento combustible modular, según la reivindicación 10, caracterizado porque dicho medio de acople es un cuerpo externo capaz de unir varios módulos combustibles, para formar un elemento combustible de mayor longitud.
- 13.- Un elemento combustible modular, según la reivindicación 10, caracterizado porque dicho medio de acople tiene un medio interno de unión capaz de ser conectado a otro módulo combustible, para formar un elemento combustible de mayor longitud.
- 14.- Un elemento combustible modular, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por contener mezclas de materiales combustibles en diferentes concentraciones isotópicas de uranio y/o plutonio y/u otros materiales de interés nuclear (actínidos, venenos neutrónicos, productos de fisión o materiales provenientes de otros reactores nucleares).

Ing. Jorge Anibal FERNÁNDEZ
Responsable de Patentes

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

RESUMEN

La presente invención se refiere a un elemento combustible nuclear modular adaptable para su utilización en distintas centrales nucleares de canales refrigerantes, horizontales ó verticales. Este módulo está formado por un manojo de barras combustibles paralelas ubicadas en forma de coronas circulares concéntricas sostenidas por sistemas estructurales y tiene un arreglo de barras combustibles de diámetro único, tal que la razón del área de transferencia térmica sobre el área transversal de barras es mayor a 330. Posee separadores autoportantes de barras combustibles construídas con vainas colapsables, fijados a éstas con menos de 13 topos extremos soldados. La cantidad de dichas barras combustibles es un número mayor a 43. La longitud de este módulo es la máxima longitud compatible con la máquina de recambio de elementos combustibles, para reducir las restricciones hidráulicas debidas a extremos estructurales y compensar ésta generando un elemento combustible de mayor área de refrigeración que mantiene la restricción hidráulica y el volumen de combustible totales actuales en el canal.

El elemento combustible modular puede contener mezclas de materiales combustibles en diferentes concentraciones isotópicas de uranio y/o plutonio y/u otros materiales de interés nuclear (actínidos, venenos neutrónicos, productos de fisión o materiales provenientes de otros reactores nucleares).

Una aplicación de la presente invención es la utilización de los módulos en forma individual en los reactores de agua pesada a presión con canales combustibles horizontales. Otra aplicación consiste en emplear el ensamble de varios módulos en los reactores con canales combustibles verticales.

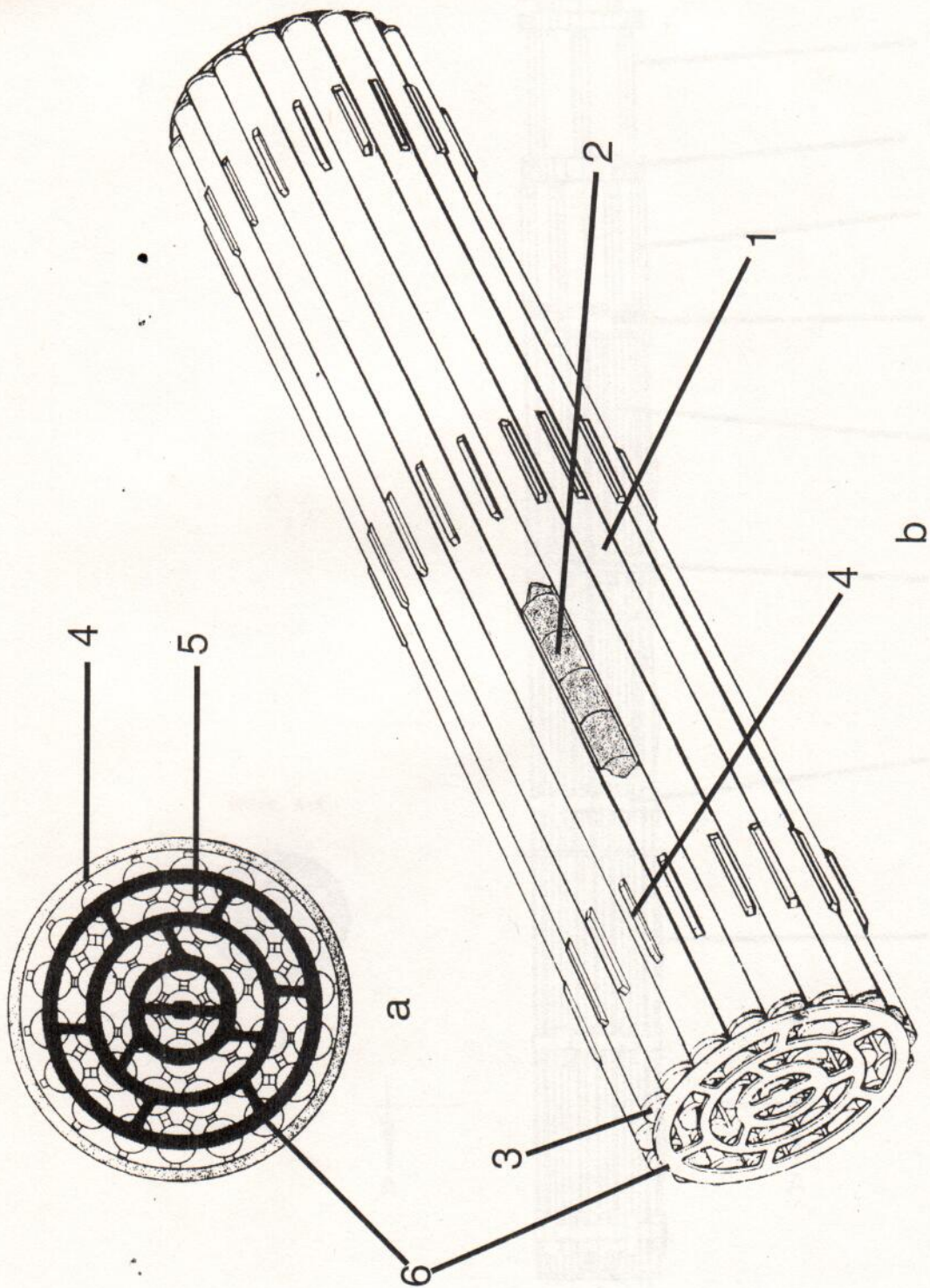


Figura 1 Arte previo

Figura 2 Arte previo

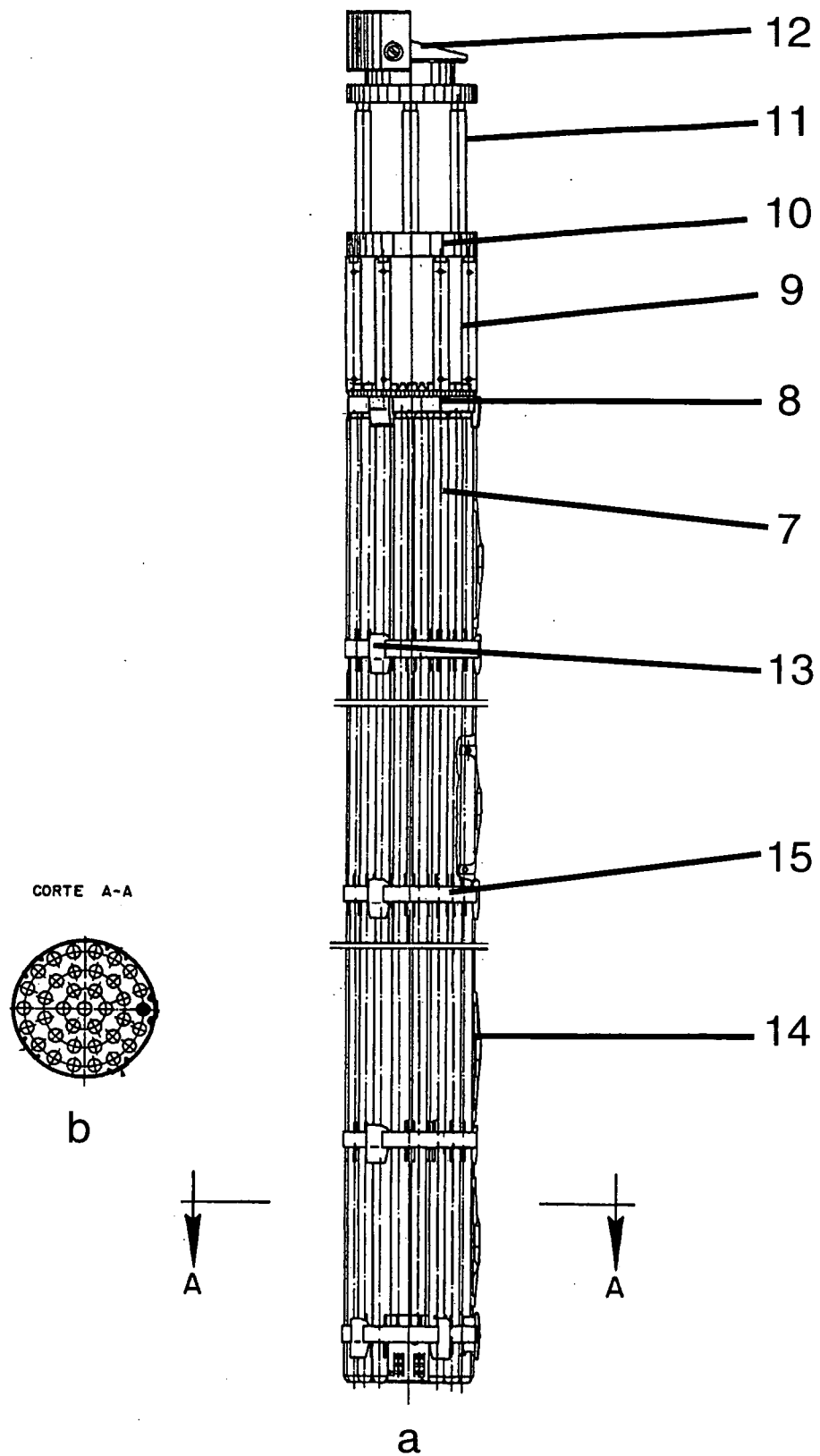
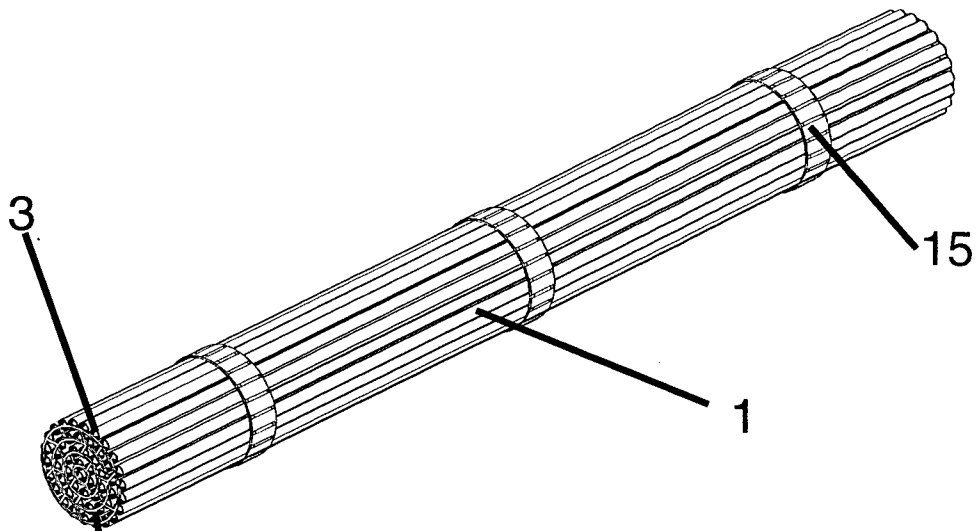
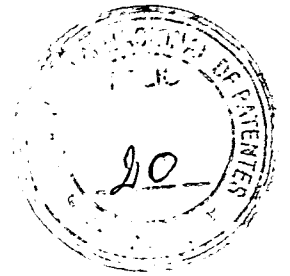
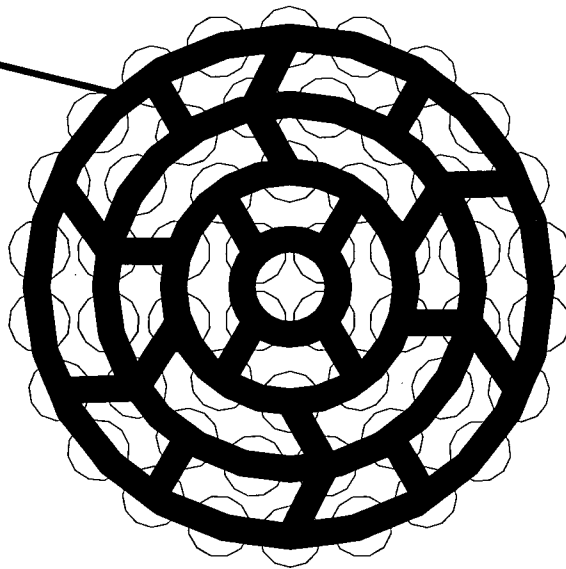


Figura 2 Arte previo



a

6



b

Figura 3

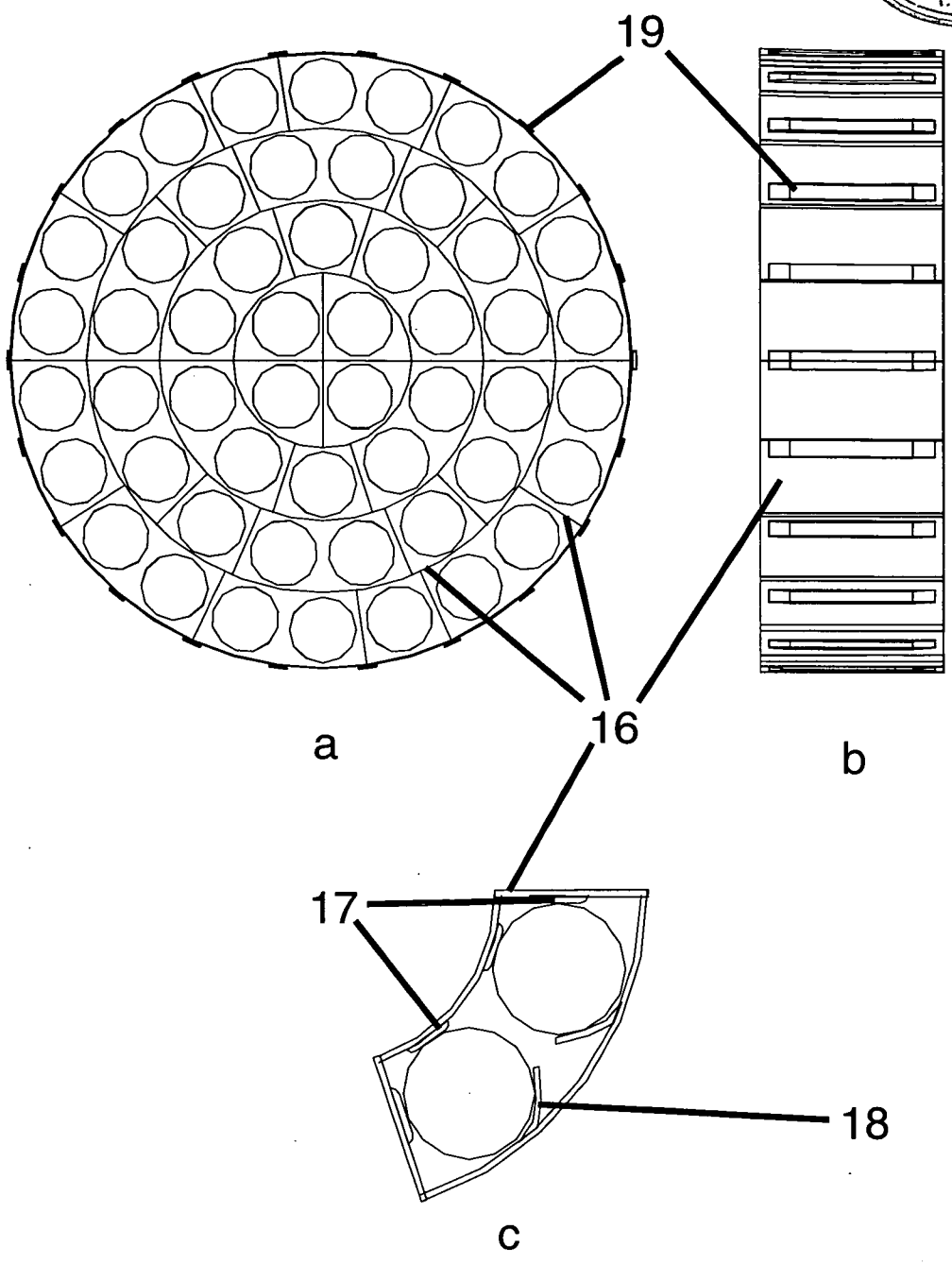
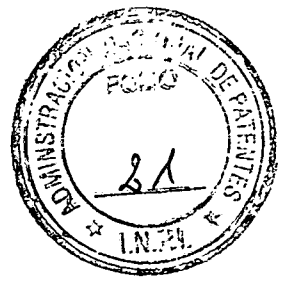


Figura 4

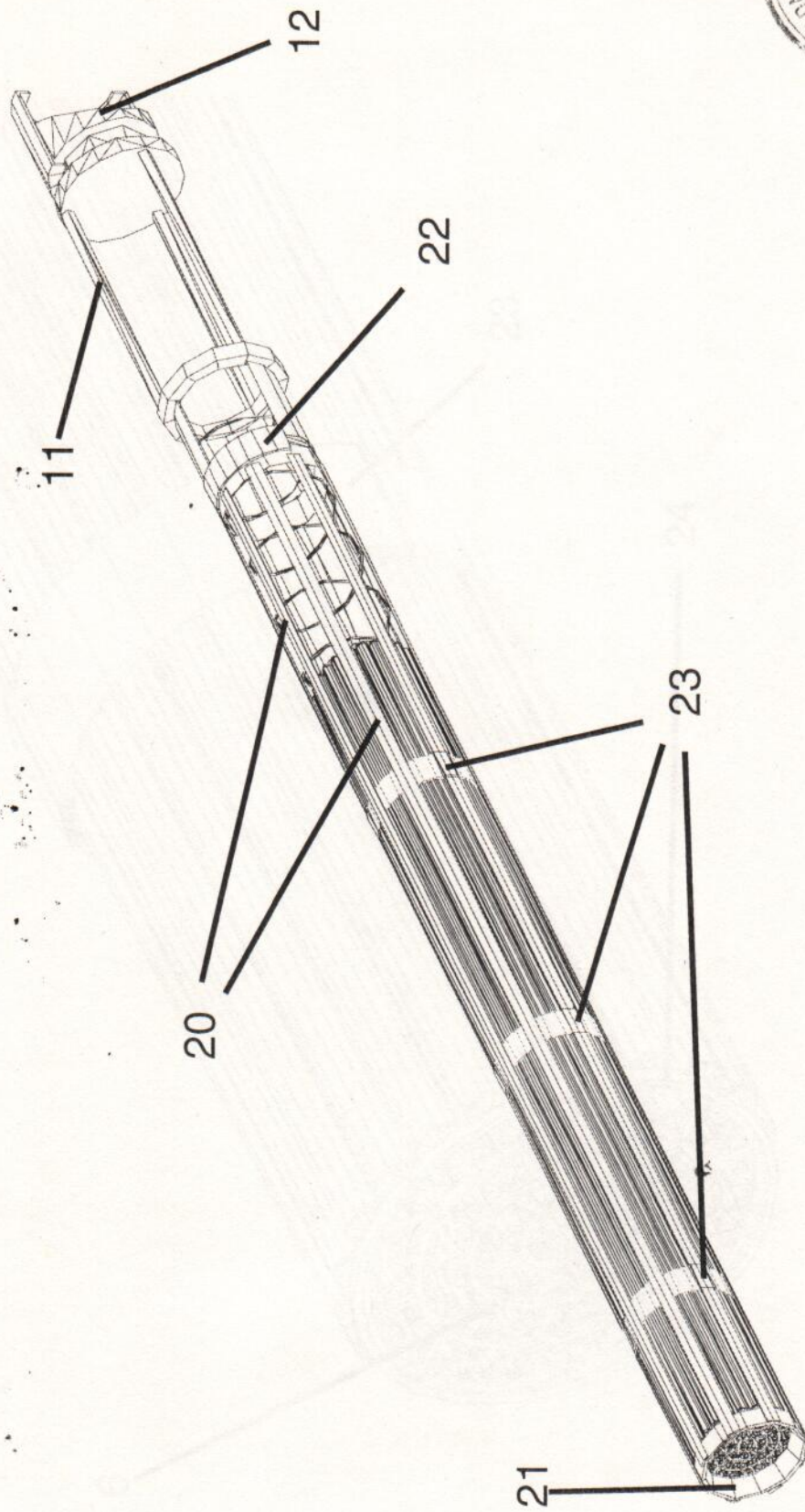


Figura 5

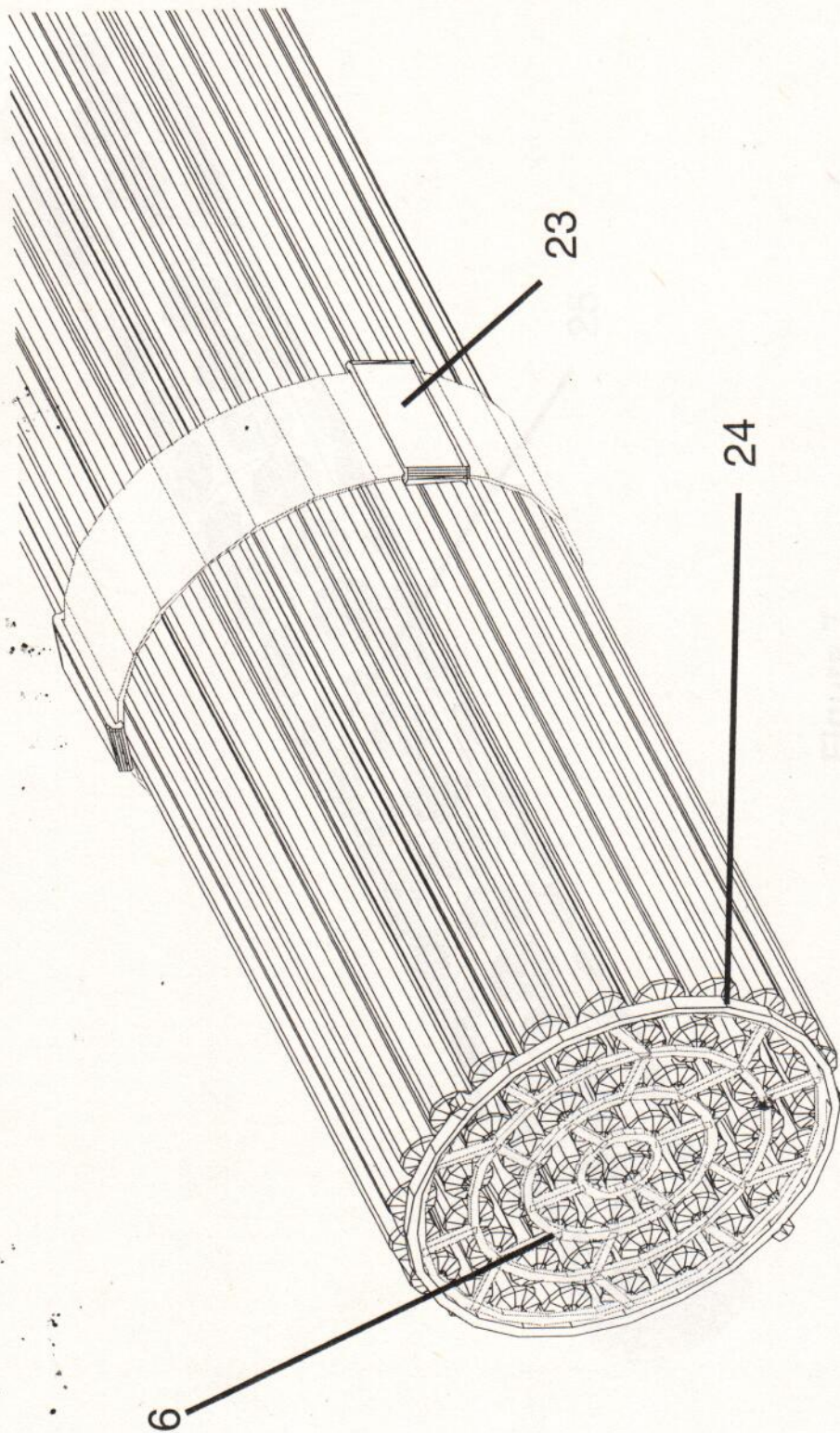


FIGURE 7

Figura 6

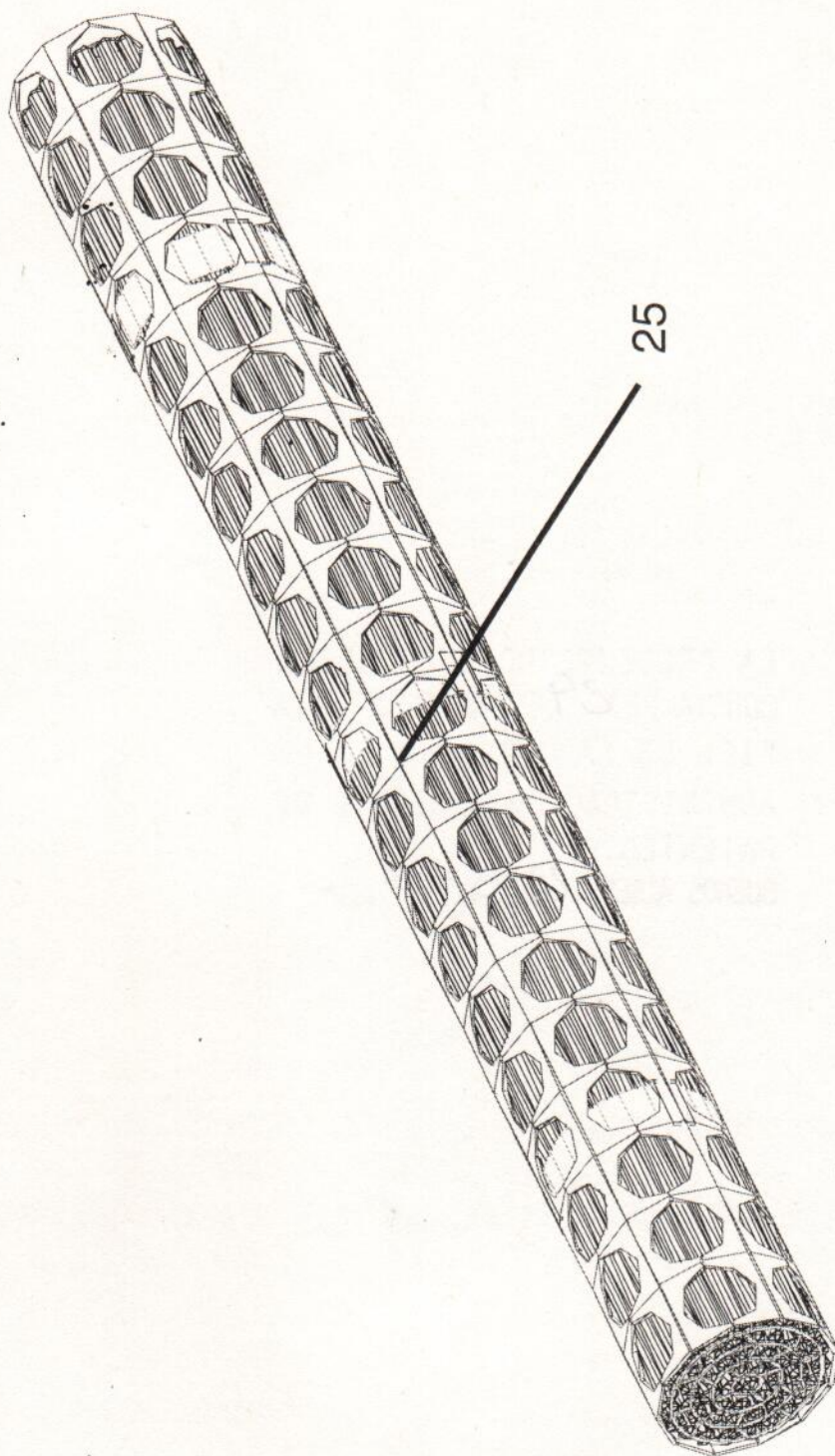


Figura 7

LA PRESENTE DOCUMENTACION

CONTIENE UN TOTAL DE 24.....FOJAS.

BUENOS AIRES, 22-6-05



REPÚBLICA ARGENTINA

- (10) PATENTE DE INVENCION
- (11) RESOLUCION NUMERO : AR019129B1
- (24) FECHA DE RESOLUCION : 22/06/2005
- (--) FECHA DE VENCIMIENTO : 03/05/2019
- (21) ACTA NUMERO : P19990102054
- (22) FECHA DE PRESENTACION : 03/05/1999
- (51) INT.CL.7 :G21C 3/00
- (30) PRIORIDAD CONVENIO DE PARIS
- (54) TITULO : ELEMENTO COMBUSTIBLE MODULAR ADAPTABLE PARA DISTINTAS CENTRALES NUCLEARES DE CANALES.
- (71) TITULAR :
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA (CNEA)
- CON RESIDENCIA EN :
AV. DEL LIBERTADOR 8250, CAPITAL FEDERAL, Pais AR
- (74) AGENTE: