

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

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

19 ES	11 NUMERO	10 A1
	21 478.846	
	22 FECHA DE PRESENTACION	
	21.III.79	

PATENTE DE INVENCION

20 PRIORIDADES:	52 FECHA	53 PAIS
31 NUMERO		
888.881	21-III-78	U.S.A.

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	G21C 17/06	

64 TITULO DE LA INVENCION

"DISPOSITIVO DE MEDIDA DE LA POTENCIA LOCAL DE UN CONJUNTO DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES DE UN REACTOR NUCLEAR"

71 SOLICITANTE (S)

ELECTRICITE DE FRANCE (Service National)

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

2, rue Louis Murat, 75008 PARIS (Francia)

75 INVENTOR (ES)

ERIK ROLSTAD, THOR-HARRALD KORPAS, ROBERT H. LEYSE y ROBERT D. SMITH que ceden sus derechos a la Empresa solicitante.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE

D. MIGUEL FERNANDEZ-LOAYSA PINZON

Z-53 A.M. T/F.

BAD ORIGINAL

1 La presente memoria descriptiva tiene como fin la
declaración del objeto sobre el que ha de recaer el privilegio -
de explotación industrial y comercial, exclusivo en el territo-
rio nacional de una Patente de Invención, de acuerdo con la vi-
5 gente Legislación sobre Propiedad Industrial que, como el enun-
ciado indica, se trata de "DISPOSITIVO DE MEDIDA DE LA POTENCIA-
LOCAL ^{FAI} DE UN CONJUNTO DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES DE UN REACTOR NU-
CLEAR".

10 La presente invención, que es el resultado de un
estudio confiado por la Empresa francesa Electricité de France -
a la Empresa Societé Intertechnique, y cuyos autores son los se-
ñores ERIK ROLSTAD, THOR-HARRALD KORPAS, ROBERT H. LEYSE y RO-
BERT D. SMITH, tiene por objeto un dispositivo capaz de medir lo
15 calmente la cantidad de calor producida en el seno del combusti-
ble dispuesto en un conjunto de elementos combustibles del nú-
cleo de un reactor nuclear; el conocimiento de esta magnitud y,
en particular, la apreciación de la velocidad específica con la
que se producen las calorías, permiten, por medio de órganos -
20 apropiados, una protección segura y eficaz de los citados conjun-
tos de elementos combustibles (por tanto, del núcleo), y, conse-
cuentemente, de toda la instalación nuclear.

25 Ya se conocen diversos aparatos que realizan una
medida de la potencia local; éstos se basan, por lo general, en
la determinación del flujo de neutrones en la inmediata proximi-
dad del combustible, permitiendo una relación conocida el ligar-
el valor de este flujo a la potencia desprendida. En particular,
se pueden mencionar para este género de aparatos, las cámaras de
fisión, los detectores de neutrones, los termómetros neutrónicos
y los colectrones. Sin embargo, ninguno de estos aparatos cumpli-
30 menta perfectamente la función prevista, pues las señales emiti-

1
5
das por los mismos no son habitualmente proporcionales a la potencia local desprendida por el combustible, al variar aquéllas con el flujo de neutrones incidente; por esta razón, la determinación de la potencia emitida necesita de ciertas aproximaciones que tengan en cuenta, a lo largo de la vida útil del aparato, la disminución de la sección eficaz del consumible consumido, así como el debilitamiento del propio emisor de señales.

10
15
20
25
Asimismo, se ha previsto el efectuar una medida local de la potencia desprendida, por medio de unos aparatos conocidos con la denominación de "termómetros de rayos gamma", en los que la elevación de la temperatura medida se debe a la exposición a la radiación electromagnética de los rayos gamma, en una proporción que puede ir hasta el 95%; de los que el 70%, aproximadamente, se deben a las fisiones producidas en el instante de la medida; el 25%, a otras fisiones que han tenido lugar durante un lapso de tiempo que precede a esta medida y que es del orden de 5 minutos. En los termómetros de rayos gamma de este tipo, se puede medir, en efecto, el valor de la elevación de la temperatura en un cuerpo que absorba los rayos, a lo largo de una trayectoria controlada y constante, prevista para la evacuación del calor producido. Las leyes de la conducción muestran, entonces, que la diferencia de temperatura, medida a lo largo de un trayecto dado a través del cuerpo de conductibilidad constante, es proporcional a la producción de calor y, consecuentemente, a la potencia desprendida por el combustible nuclear situado en sus alrededores inmediatos, en razón de las fisiones sufridas por este combustible.

30
Ahora bien, en la práctica, los termómetros de rayos gamma se han utilizado, hasta el momento actual, únicamente en los reactores de agua pesada, donde aquéllos suministran seña

1 les proporcionales a la producción específica de calor, sin nece-
sitar de ninguna compensación con respecto al empobrecimiento -
del uranio en el transcurso de la marcha del reactor, ni con re-
lación a la pérdida de sensibilidad del instrumento de medida. -
5 Por otra parte, estos aparatos presentan una estabilidad muy ele-
vada; pues la absorción de rayos gamma dependen solamente de la
densidad del cuerpo absorbente, y no se ve afectada por las vari-
aciones debidas a las modificaciones de la estructura atómica-
o isotópica que caracterizan a los otros tipos de detector. El -
10 efecto provocado sobre el material por parte del flujo de neutro-
nes adyacentes, tiene, aquí, consecuentemente, una consecuencia-
despreciable sobre las propiedades que determinan la absorción -
de rayos gamma y la elevación de temperatura que resulta de ella

15 Sin embargo, los termómetros de rayos gamma reali-
zados hasta el presente, en particular para los reactores de agua
pesada, se adaptan únicamente a mediciones de potencia puntuales,
cifradas en mW/g; utilizando estos aparatos, por lo general, mon-
tada en el interior de una vaina de protección dispuesta dentro-
del núcleo entre los elementos combustibles, una masa metálica -
20 absorbente, una parte de la cual, en contacto con la vaina y las
inmediaciones externas, se encuentra sensiblemente a la tempera-
tura de estas últimas, en tanto que la otra parte de la citada -
masa está unida a la primera, pero situada en una cámara aislada
(estando el espacio existente entre esta última parte y la vaina,
25 relleno de un gas, o de aire, o incluso sometida al vacío). El -
dispositivo lleva, así, a la práctica un sumidero de calor, en el
que puede medirse, por medio de termopares, la diferencia de tem-
peratura entre las dos partes de la masa absorbente. Si se cono-
cen las características geométricas de esta última, se deduce, -
30 de ahí, después de un tarado previo, la potencia térmica absorbi

1 da, esto es, la potencia desprendida por el combustible nuclear-
colindante.

5 La presente invención se propone el objetivo de -
permitir la realización práctica de un termómetro de rayos gamma
de este tipo; pero que posibilita su utilización en flujos de ga
mma notablemente más elevados que los que se encuentran en los -
reactores de agua pesada; por ejemplo, en reactores de agua lige
ra y, eventualmente, en reactores de neutrones rápidos; permiti
10 tiendo una medida de la potencia lineal desprendida por el com-
bustible, expresada normalmente en W/cm.

15 La invención tiene asimismo como objetivo, el ha-
cer posible (gracias a las velocidades de elevación de la tempe-
ratura, sensiblemente mayores en un reactor de agua ligera) una
miniaturización suficiente del termómetro de rayos gamma conside
rado, a fin de permitir su montaje dentro de una vaina de muy pe
queño diámetro y de gran longitud, que pueda ser introducida en-
tre el haz de agujas envainadas constitutivas de un conjunto de
20 elementos combustibles como el utilizado de manera usual en un -
reactor de este tipo (8 a 10 mm. de diámetro y 4 metros de longi-
tud.)

25 Otro de los objetivos de la invención, consiste -
en permitir una medición precisa y segura, que no presente nin-
gún tipo de deriva sensible a lo largo del tiempo y que, en con-
secuencia, sea particularmente fiable: pudiendo esta medición -
efectuarse en una serie de zonas sucesivas distintas, en toda la
altura del conjunto.

30 La invención se propone, además, el objetivo de -
permitir la realización de un termómetro de rayos gamma, suscep-
tible de recibir un tarado preciso en el taller, antes del monta
je en el núcleo del reactor: en este tarado colaborará un siste-

1 ma que simula la potencia desprendida por el combustible.

5 La presente invención se refiere a unos perfeccionamientos aportados a las realizaciones aludidas más arriba, de manera que sea posible el obtener una medición que corresponda a una diferencia de temperatura notable; respondiendo el dispositivo considerado, por otra parte, al conjunto de objetivos que se acaban de especificar.

10 A este efecto, el dispositivo considerado se caracteriza porque comporta:

- 10 - un cuerpo alargado, hecho de un material que es un buen conductor del calor y un buen conductor de la electricidad;
- 15 - una serie de zonas, cada una de las cuales constituye un termómetro de radiación gamma y que se hallan distribuidas - todas ellas - axialmente a lo largo del citado cuerpo alargado conductor; incluyendo cada zona constitutiva de un termómetro de radiación gamma, un puente térmico y una fuente fría y un par de uniones, en forma de termopares dispuestos de modo que estos termopares midan la diferencia de temperatura a lo largo de un trayecto térmico que se extiende sensiblemente según una sola dimensión, entre el citado puente térmico y la citada fuente fría,

20 de suerte que la potencia generada por el conjunto de elementos combustibles en las proximidades de cada zona constitutiva de un termómetro de rayos gamma, pueda ser deducida a partir de las señales representativas de la citada diferencia de temperatura.

30 La elección de un material, no sólo conductor del

1 calor, sino también de la electricidad, para constituir la varilla cilíndrica, permite, por otra parte, el realizar un tarado -
5. previo del material: por ejemplo, conectando las extremidades de esta varilla a un generador de corriente eléctrica que crea, para una resistencia eléctrica conocida de la varilla, una potencia calorífica determinada. Experimentando reiteradamente, en el momento de la fabricación, sobre la longitud de las partes de -
10 sección reducida de la varilla (es decir, sobre la dimensión de las cámaras anulares creadas entre la varilla y el tubo de protección externo), se podrá, así, determinar, para una potencia eléctrica dada, la diferencia de temperatura correspondiente. Inversamente, y ya en funcionamiento, conociendo la longitud así fijada por construcción, y la diferencia de temperatura marcada, se deduce de ahí, instantáneamente, la potencia calorífica desprendida.

Preferentemente, la Varilla cilíndrica estará hecha de un acero inoxidable, en particular de la calidad 304 L. -
20 Como variante, esta varilla puede estar hecha de aluminio, de tungsteno o de cualquier otro metal o aleación apropiado a las condiciones de funcionamiento; dicha varilla, puede asimismo estar hecha de un material cerámico conductor.

El cuerpo alargado consiste en una varilla cilíndrica alargada, hecha de un material buen conductor del calor y de la electricidad, que incluye un canal central que contiene un conjunto de termopares, cuyas uniones respectivamente fría y caliente (entre las que se efectúa cada medida) se hallan dispuestas dentro de zonas diferentes según la dimensión longitudinal -
25 de la varilla: presentando esta última, en cada zona, una parte de sección reducida, que se extiende, constructivamente, a lo -
30 largo de una determinada longitud, de manera que la unión calien

1 te de un termopar se encuentre, inmovilizada, en el centro de la
longitud de esta parte, en tanto que la unión fría se halle si-
tuada más allá de la extremidad de esta parte, y entre dos par-
tes de sección reducida correspondientes a dos zonas sucesivas.-
5 El dispositivo comporta, igualmente, un tubo de protección exter-
na, que rodea o envuelve a la citada varilla y que delimita, al
nivel de la parte de sección reducida en cada zona, una cámara -
anular aislante; en cada una de sus partes de diámetro no reduci-
do, la varilla está provista, en su periferia, de al menos una -
10 gargante anular, en tanto que el citado tubo de protección exter-
na está provisto de penetraciones que encajan en el interior de-
las citadas gargantas, asegurando, así, un contacto térmico en-
tre el citado tubo y la citada varilla.

15 Este cuerpo alargado puede consistir optativamente-
en una varilla cilíndrica alargada, hecha de un material buen -
conductor del calor y de la electricidad, que comporta un canal-
que aloja un conjunto de termopares (cuyas uniones, respectiva-
mente fría y caliente, entre las que se efectúa cada medida, se-
hallan dispuestas en zonas distintas según la dimensión longitu-
dinal de la varilla), presentando la varilla, en cada una de las
20 zonas, una parte de sección reducida que se extiende en una lon-
gitud determinada por construcción; estando la unión caliente de
un termopar, inmovilizada en el centro de la longitud de la cita-
da parte de sección reducida, en tanto que la unión fría está -
25 dispuesta al otro lado de la extremidad de esta parte, y entre -
dos partes de sección reducida correspondientes a dos zonas suce-
sivas; el dispositivo comporta, asimismo, un tubo de protección-
externa, que rodea o envuelve a la citada varilla, y delimita, -
al nivel de la parte de sección reducida integrante de cada zona,
30 una cámara anular aislante; estando el citado tubo constituido -

1 por al menos una pared, hecha de un material susceptible de constituir una barrera con respecto al hidrógeno.

Se prevé incluso al dispositivo de la invención con el tubo de protección suprimido.

5 Además el cuerpo alargado puede estar constituido por una varilla de sección recta constante; estando la citada varilla agujereada con unas cavidades capaces de alojar los citados termopares, donde cada cavidad, que corresponde a una zona que forma un termómetro de rayos gamma, incluye una parte central con respecto a la citada varilla (parte central que contiene la unión caliente del citado termopar) y una parte dispuesta en la periferia de la citada varilla y que contiene la unión fría del citado termopar.

10 Para comprender mejor la naturaleza del presente invento, en los planos adjuntos representamos (a título de ejemplo meramente ilustrativo y no limitativo) una forma preferente de realización industrial, a la que nos remitimos en nuestra descripción; sobre dichos planos.

15 La figura 1 es una vista esquemática, en perspectiva parcial, de un conjunto de elementos combustibles, integrante de un reactor nuclear y provisto de un dispositivo de medida de acuerdo con la invención.

20 La figura 2 es una vista en corte, a escala ampliada, de un detalle del dispositivo considerado.

25 La figura 3 es una vista en sección, a una escala mayor, según la línea III-III de la figura 2.

La figura 4 es una vista en alzado y en corte parcial, según la línea IV-IV de la figura 3.

30 Las figuras 5 y 6 son unas correspondientes vistas en corte análogas a la figura 2

1 Las figuras 7a a 7c son vistas que muestran una variante de realización práctica del dispositivo en objeto.

5 En la vista en perspectiva de la figura 1, la referencia (1) designa globalmente una estructura de un conjunto de elementos combustibles integrante de un reactor nuclear, en particular del tipo de agua ligera, conjunto que comporta - en forma ya conocida - una serie de agujas o barras combustibles envasadas (2), distribuidas regularmente; donde la geometría de la red según la cual se hallan dispuestas estas agujas, se mantiene invariable merced a las rejillas alveolares (3), montadas en el conjunto a intervalos regulares.

10 De acuerdo con la invención, el haz de agujas (2) - comporta, en un lugar convenientemente determinado de la red, un tubo de protección (4) que permite la inserción, en el interior del mismo, del dispositivo de medida (5); este último se coloca dentro del tubo (4), especialmente, por su parte inferior, y permite el efectuar una medida local de la potencia desprendida por las agujas combustibles colindantes, a diferentes niveles del conjunto, habiéndose referenciado estos niveles en el dibujo con una serie de flechas (6).

15 Tal como aparece ilustrado a escala ampliada en la figura 2, el dispositivo de medida (5) - o termómetro de rayos gamma - considerado, comporta, esencialmente, una varilla cilíndrica (7) de pequeño diámetro y gran longitud, hecha de un material buen conductor del calor y de la electricidad (preferentemente, hecha de un metal, por ejemplo acero inoxidable o una aleación, o bien de un material cerámico conductor apropiado), y un tubo (7a), ajustado sobre la varilla, de protección de la varilla (7) ensartada en este tubo.

20 25 30 Esta varilla alargada (7), susceptible, así, de pro

1 longarse a lo largo de toda la altura del tubo de protección exte-
rior (4) intercalado en el conjunto (1) de elementos combustibles,
5 presenta, una vez posicionada dentro de este tubo (4) y al nivel-
de las zonas dónde hayande efectuarse las mediciones de potencia-
(zonas que se han esquematizado en la figura 1, por medio de las-
6 fechas (6)), unas partes de sección reducida (9), rodeadas por -
las cámaras anulares (10) delimitadas entre estas partes (9) y la
10 pared interna del tubo (7a), en el ejemplo de realización prácti-
ca representado. La varilla (7) está introducida en el interior -
del tubo (7a) con una holgura (11), que permite su desplazamiento
en el interior de este tubo para su posicionado final.

15 Sin embargo, se observa en la figura 2 que, en las-
partes (8) de gran diámetro de la varilla (7), se han practicado-
unas gargantas circulares (8a). Al nivel de estas gargantas (8a),
se procede a deformar el tubo (7a), después de su posicionado: -
realizando, para ello, las penetraciones anulares (7b) conjugadas
20 con las gargantas (8a). La deformación resulta suficiente para -
asegurar un contacto entre el tubo de protección (7a) y la vari-
lla (7). Se puede adaptar el número de gargantas y la superficie-
de contacto, a fin de regular el "contacto" térmico que resulta -
de ahí, y, por tanto, para regular el "contacto" térmico entre el
25 fluido circundante al tubo de protección (7a) y las partes (8) de
la varilla (7) que constituyen los puentes térmicos. Las partes -
de diámetro reducido (9) rodeadas por las cámaras anulares (10), -
constituyen los sumideros térmicos o fuentes frías.

Según esta solución preconizada, no existe un con-
tacto continuo directo entre las partes (8) de la varilla (7) y -
el tubo de protección (7a): un dispositivo de medida de estas ca-
30 racterísticas recibe el nombre de "seco".

De acuerdo con la invención asimismo, la varilla ci

1 lndrica (7) comporta un canal axial longitudinal (12), que se ex-
tiende a lo largo de toda la altura de esta varilla y en el inte-
rior del cual está dispuesto un conjunto de termopares, tales co-
5 mó el termopar (13), cuyo detalle de realización se dará más ade-
lante; cada uno de estos termopares está asociado a una de las zo-
nas de medida señaladas por las flechas (6) (figura 1) en el sen-
tido longitudinal del tubo (4), de suerte tal, que, en un punto -
situado sensiblemente en el centro de la altura de cada parte (9)
de sección reducida, se encuentra una unión caliente (14) de ter-
10 mopar, en tanto que una unión fría (15) se encuentra más allá de
la extremidad de la cámara (10) correspondiente: en la parte (8) -
de la varilla (7) de sección nominal.

En funcionamiento, la radiación gamma producida por
15 el combustible nuclear de las agujas (2) que rodean a la varilla
de medida (7), es absorbida por la masa de esta última y determi-
na una elevación de temperatura. Las calorías así absorbidas flu-
yen radialmente a través de cada una de las partes de la varilla-
(7), salvo en las regiones de menor sección (9), donde, como con-
secuencia de la presencia de las cámaras (10) anulares y aislan-
20 tes, la transmisión del calor se efectúa axialmente. En estas con-
diciones, se hace posible detectar entre la unión caliente (14) -
y la unión fría (15) de cada uno de los termopares (13), una di-
ferencia de temperatura Δt , que, cuando se conocen las dimensio-
nes de la parte (9) y el coeficiente de conductibilidad térmico -
25 del material constitutivo de la varilla (7), permite deducir de
ellos - según la fórmula (a) dada a continuación - la cantidad de
calor g producida y absorbida por esta varilla (7).

$$g = \frac{4K \cdot \Delta t}{L^2} \quad (a);$$

30 donde L representa la mitad de la longitud de la parte (9), y K -

1 es el coeficiente de conductibilidad térmica de la varilla (7).

La figura 3 ilustra, a escala ampliada, una vista en
sección de la varilla (7) del dispositivo de medida, en particu-
lar en la región de su canal central (12), donde se hallan repar-
5 tidos los termopares (13). Estos termopares son en número de seis
y están dispuestos contra la pared cilíndrica interna del canal -
central (12). Cada uno de estos termopares está constituido por -
dos conductores, respectivamente (16) y (17), hechos de "Chromel"
por ejemplo, rodeados por una vaina de protección externa (18), -
10 de "inconel"; estando la región comprendida entre esta vaina y -
los hilos conductores (16) y (17), rellena con un material aislan-
te (19), hecho generalmente de alúmina, magnesia, o cualquier -
otro aislante eléctrico. Los seis termopares, una vez montados en
el canal central (12), están centrados en el interior de este úl-
15 timo por medio de una espiga central (20), que permite, a la vez,
el posicionamiento correcto y la inmovilización de estos termopa-
res, al mismo tiempo que esa espiga mejora la transmisión radial-
del calor.

Tal como se observa con mayor detalle en la figura -
20 4, los conductores (16) y (17) de cada termopar (13), hechos de -
"chromel", están ensamblados el uno al otro por un tramo interme-
dio (21), hecho de otro material (generalmente de "alumel"); las-
soldaduras de estos hilos constituyen, respectivamente, las unio-
nes caliente (14) y fría (15), que permiten efectuar la medición-
25 en la forma anteriormente indicada. En esta misma figura 4, se -
observa, en particular, que la unión caliente (14) está dispuesta
en el centro de la cámara anular (10), en tanto que la unión (15)
se encuentra en el exterior de esta cámara y embebida en la zona-
de sección nominal de la varilla (7), donde la temperatura es sen-
30 siblemente uniforme en todos los puntos. Es de hacer notar que la

1 vaina (18) de cada termopar se prolonga por toda la altura del ca-
nal central (12), en especial más allá de la unión caliente (14),
por una parte (22) hecha asimismo de inconel.

Las cámaras (10) están rellenas con un gas inerte.

5 Sin embargo, se comprende que, manteniendo realmente
un vacío de alto grado dentro de las cámaras (10), se mejorará el
aislamiento térmico que éstas realizan al nivel de las zonas de -
fuente fría. De forma ideal, la presión de gas en las cámaras de-
bería ser del orden de una millonésima de atmósfera o menos. La -
10 conducción térmica debida al gas sería, en estas condiciones, in-
significante.

Los inventores han constatado que, sometiendo a un -
vacío tan elevado las cámaras, y utilizando, para la ejecución -
del tubo de protección (7a), un acero austenítico o aleaciones de
15 níquel -cromo tales como el inconel, se hacían notar, con el paso
del tiempo, unas variaciones de la señal recibida, sin que hubie-
ra modificaciones de la potencia que se trata de detectar. Los in-
ventores han descubierto que estas fluctuaciones anormales de la
señal de medida, son debidas al hecho de que estos materiales son
20 muy permeables a las moléculas de hidrógeno, y a que, asimismo, -
en presencia de este vacío, estos materiales emiten moléculas de
hidrógeno por un proceso de desgasificación.

Por ejemplo, con el dispositivo que se acaba de des-
25 cribir (vacío de 1/1.000.000 atm; tubo de acero austenítico), se
observa al cabo de algunas horas de funcionamiento en un reactor-
de agua a presión, una reducción de la señal de medida de 40 °C a
19 °C, pasando la presión a 1/10.000 o incluso a 1/1.000 de atmós-
fera, bajo el efecto de la permeabilidad del tubo de protección -
y del fenómeno de desgasificación.

30 Tal y como se aprecia en la figura 5, la varilla (7)-

1 puede estar realizada exactamente como en las figuras 2 a 4. El -
tubo de protección referenciado con (50) asegura una estanqueidad
para el conjunto del dispositivo, de manera tal, que se pueda man-
5 tener en él una vacío del orden de 1/1.000.000 de atmósfera en -
las cámaras (10). Sin embargo, a fin de evitar los dos inconve-
nientes aludidos con anterioridad, el tubo (50) está constituido-
por una doble pared, a saber: una pared externa (50a), que asegu-
ra la resistencia mecánica, y una pared interna (50b) hecha de -
Zircaloy. Por una parte, el Zircaloy se usa habitualmente en los-
10 reactores nucleares, y por otra parte, el óxido de Zircaloy es -
muy impermeable al hidrógeno (y el propio material absorbe las mo-
léculas de hidrógeno a alta temperatura para formar el hidruro de
zirconio). En lugar del Zircaloy, se podrían utilizar otros mate-
riales o aleaciones que presenten propiedades análogas de absor-
15 ción del hidrógeno y de realización de una barrera frente al hi-
drógeno.

Si, de esta forma se consigue un contacto térmico -
entre las partes (8) de gran diámetro de la varilla (7) y el tubo
de protección (50), se tiene entonces un dispositivo del tipo "hú-
20 medo"; es decir, que estas partes de gran diámetro están directa-
mente en contacto térmico con el fluido refrigerante del reactor.

En la figura 6 se ha representado una varilla (7')-
de modo que sea idéntica a la varilla (7) de la figura 2. En par-
ticular, la varilla (7') comporta las porciones (9') de diámetro-
25 reducido, entre las porciones (8') de mayor diámetro. Asimismo, -
se vuelve a encontrar el canal central (12') que aloja los termo-
pares, cuyas soldaduras calientes (15') y frías (14') están dis-
puestas como las soldaduras (14) y (15) del dispositivo de la fi-
30 gura 2. La diferencia estriba en que no existe, ahora, un tubo -
de protección y, por tanto, tampoco hay cámaras aislantes. El lí-

1 quido de refrigeración circula directamente alrededor de la varilla (7ⁱ). Se comprende que la temperatura al nivel de la soldadura (14ⁱ), en la porción (9ⁱ) de diámetro reducido, es inferior a la temperatura al nivel de la soldadura (15ⁱ), en la parte de mayor diámetro (8ⁱ).

5 En las figuras 7a a 7c se aprecia como la varilla central se determina de modo que sea maciza y comporte una sucesión de zonas que forman, cada una de ellas, un termómetro de rayos gamma. Tal como se explicará más adelante, la medida de potencia se hace, no por medición de un gradiente térmico según la dirección axial (como en los modos de realización descritos con anterioridad), sino según un gradiente radial con respecto a esta varilla. Este modo particular de realización, es particularmente interesante en el caso de los reactores nucleares de neutrones rápidos, refrigerados por sodio líquido.

10 Tal como se observa en la figura 7a, el dispositivo de medida puede estar constituido por una varilla (70) de sección recta constante, hecha de un material que es, a la vez, buen conductor térmico y buen conductor de la electricidad y en la que se encuentran definidas varias zonas de medida localizadas: (Z₁), (Z₂), etc ... Como se puede ver, el dispositivo según este modo de realización no comporta ningún tubo externo de protección, sino que se halla directamente en contacto con el refrigerante (que es, por ejemplo, sodio líquido). Haciendo referencia a la figura 7b, se comprenderá mejor cómo se define cada zona de medida localizada. Cada termopar, provisto de su unión caliente y de su unión fría, está alojado en una cavidad (72) practicada en la varilla maciza (70). Esta cavidad (72) comporta: una parte central (72a), de longitud relativamente reducida y dispuesta según el eje de la varilla (70); una parte (72b), dispuesta en la periferia

1 feria de la varilla (70), tal como se observa con mayor claridad
en la figura 7b; y una parte inclinada de enlace (72c), que co--
necta la parte central (72a) con la parte periférica (72b). En --
5 el interior de esta cavidad se aloja un conjunto de conductores--
que forman un termopar, el cual es del mismo tipo que el que se--
ha descrito con anterioridad. Este conjunto que forma un termopar
lleva la referencia general (74). Basta con indicar que la solda--
dura fría (74b) está alojada en la parte periférica (72b) de la--
cavidad (72), en tanto que la soldadura caliente (74a) está alo--
10 jada, de preferencia, en la extremidad superior de la parte cen--
tral (72a) de la cavidad (72). Se comprende que, así, midiendo --
el gradiente radial entre una soldadura caliente (74a) y la sol--
dadura fría correspondiente (74b), se obtiene una medición de di--
ferencia de temperaturas que puede convertirse en medida de po--
15 tencia para la zona (Zi) considerada. Así, para un mismo termo--
par, la parte periférica define el sumidero de calor o fuente --
fría, y la parte central define el puente térmico o fuente ca--
liente.

20 Las disposiciones de realización expuestas más --
arriba permiten, así, cualquiera que sea el modo de realización--
adoptado, el reducir considerablemente las dimensiones del termó--
metro de rayos gamma, pues la varilla de medida utilizada presen--
ta un diámetro nominal externo capaz de permitir su inserción en
25 el tubo de protección (7a) - cuando existe este último -: desli--
zando el conjunto en el interior del tubo de guiado (4), montado
éste, a su vez, en el conjunto (1) de elementos combustibles y --
posicionado entre las agujas combustibles (2) del haz; presentan--
do el citado tubo de guiado (4) un diámetro externo que no es su--
perior al de estas agujas (en el caso de un reactor de agua a --
30 presión). La repartición de los termopares según la dimensión --

1 longitudinal de la varilla de medida, permite, por otra parte, -
el determinar de zona a zona la potencia calorífica desprendida-
y, consecuentemente, el deducir de ahí, por medición inmediata,-
5 el valor de las potencias lineales producidas en el combustible-
de las agujas que rodean o son colindantes con la varilla.

Sin embargo, para permitir una medida de este tipo,
el dispositivo habrá de sufrir, previamente a su montaje dentro-
del tubo de protección (si éste se halla presente), un tarado -
previo, que, según la invención, puede llevarse a la práctica con
10 sencillez, en razón del hecho de la naturaleza conductora de la -
electricidad de la varilla (7), (7') ó (70). A este efecto, se -
procede a reunir esta última con una fuente de corriente (no re-
presentada), que permite, conociendo la resistencia eléctrica de
esta varilla, el producir artificialmente una cantidad de calor-
15 apropiada, y medir, al nivel de cada uno de los termopares, la -
diferencia de temperaturas creada. Gracias a este tarado, se ha-
ce posible más tarde, en funcionamiento, el deducir, en base al-
valor de la diferencia de temperatura aparecida, la potencia tér-
mica absorbida, y, consecuentemente, la potencia desprendida por
20 el combustible colindante. Eventualmente, se puede ejecutar un -
tarado análogo después del montaje del termómetro en el interior
de su tubo de protección.

Evidentemente, ha de aceptarse que la invención no
se limita a los ejemplos descritos más especialmente en los pá-
25 rrafos y páginas anteriores; por el contrario, aquélla abraza y-
engloba todas las variantes. En particular, se puede hacer notar
que no se ha dado ninguna precisión particular que afecte a la -
conexión de los hilos de los termopares con un conjunto exterior
de medida y de control que permita tratar las señales obtenidas:
30 un conjunto de estas características podrá acomodarse a los re--

1 quisitos de puesta en práctica y a las condiciones de funciona--
 miento.

5 Descrita suficientemente la naturaleza del presen-
 te invento, así como su realización industrial, sólo cabe añadir
 que en su conjunto y partes constitutivas es posible introducir-
 cambios de forma, materia y disposición, sin salirse del cuadro-
 del invento, en cuanto tales alteraciones no desvirtúen su funda-
 mento.

10 El solicitante, al amparo de los Convenios Interna-
 cionales sobre Propiedad Industrial, se reserva el derecho de ex-
 tender la presente demanda a los países extranjeros, si fuera po-
 sible, reivindicando la misma prioridad de la presente solicitud

15 Igualmente el solicitante se reserva el derecho de
 solicitar los adecuados Certificados de Adición, en la forma seña-
 lada por la Ley, al introducir en el presente invento cuantos -
 perfeccionamientos se deriven del mismo.

NOTA

20 La Patente de Invención que se solicita por veinte
 años como nueva en España, de acuerdo con la vigente Legislación
 sobre Propiedad Industrial, deberá recaer sobre "DISPOSITIVO DE-
 MEDIDA DE LA POTENCIA LOCAL DE UN CONJUNTO DE ELEMENTOS COMBUSTI-
 BLES DE UN REACTOR NUCLEAR, en todo de acuerdo con las siguien--
 tes:

REIVINDICACIONES

25 1ª.- Dispositivo de medida de la potencia local de
 un conjunto de elementos combustibles de un reactor nuclear, ca-
 racterizado porque incluye: a) un cuerpo alargado, hecho de un -
 material que es buen conductor del calor y de la electricidad; -
30 b) una serie de zonas configuradas como termómetros de rayos ga-
 mma, distribuidas axialmente a lo largo del citado cuerpo alarga

1 do conductor, donde cada zona configurada como termómetro de ra-
2 yos gamma incluye un puente térmico y una fuente fría, así como -
3 un par de uniones, constitutivos de termopares dispuestos de mane-
4 ra que midan la diferencia de temperatura a través de un trayecto
5 térmico que se extiende, sensiblemente según una sola dimensión,-
6 entre el citado puente térmico y la citada fuente fría; y porque-
7 la potencia creada por el conjunto de elementos combustibles en -
8 las proximidades de cada zona configurada como termómetro de ra-
9 yos gamma, se deduce de las señales representativas de la citada-
10 diferencia de temperatura.

11 2ª.- Dispositivo de medida de la potencia local de-
12 un conjunto de elementos combustibles de un reactor nuclear, en -
13 todo de acuerdo con la primera reivindicación, caracterizado por-
14 que el cuerpo alargado está constituido por una varilla de sec-
15 ción recta constante, estando la citada varilla agujereada con ca-
16 vidades capaces de alojar los citados termopares, de manera que -
17 cada cavidad corresponde a una zona configurada como termómetro -
18 de rayos gamma; comportando la citada cavidad una parte central -
19 con respecto a la citada varilla, parte central que contiene la -
20 unión caliente del citado termopar, y una parte dispuesta en la -
21 periferia de la citada varilla y que contiene la unión fría del -
22 citado termopar.

23 3ª.- Dispositivo de medida de la potencia local de-
24 un conjunto de elementos combustibles de un reactor nuclear, en -
25 todo de acuerdo con la primera reivindicación, caracterizado por-
26 que se prevé que el citado cuerpo alargado consista en una vari-
27 lla cilíndrica alargada, hecha de un material buen conductor del-
28 calor y de la electricidad y que comporta un canal central que -
29 aloja una serie de termopares, cuyas uniones, respectivamente -
30 fría y caliente, entre las que se efectúa cada medida, se hallan-

1 dispuestas en zonas distintas según la dirección longitudinal de
la varilla; presentando esta última, en cada zona, una parte de -
sección reducida, que se extiende en una cierta longitud, determi-
5 nada por construcción, de manera que la unión caliente de un ter-
mopar se halla colocada inmovilizada en el centro de la longitud-
de esta parte, en tanto que la unión fría se encuentra dispuesta-
más allá de la extremidad de esta parte, y entre dos partes de -
sección reducida correspondientes a dos zonas sucesivas.

10 4ª.- Dispositivo de medida de la potencia local de
un conjunto de elementos combustibles de un reactor nuclear, en -
todo de acuerdo con la primera reivindicación, caracterizado por-
que se prevé que el citado cuerpo alargado consista en un varilla
cilíndrica alargada, hecha de un material buen conductor del ca-
lor y de la electricidad, y que comporta un canal central que alo-
15 ja una serie de termopares, cuyas uniones, respectivamente fría y
caliente, entre las que se efectúa cada medida, se hallan dispues-
tas en zonas distintas según la dimensión longitudinal de la va--
rilla; presentando esta varilla, en cada zona, una parte de sec--
ción reducida que se extiende en una cierta longitud determina-
20 por construcción; estando la unión caliente de un termopar, dis--
puesta de manera inmóvil en el centro de la longitud de esta par-
te de sección reducida, en tanto que la unión fría se halla colo-
cada más allá de la extremidad de esta parte, y entre dos partes-
de sección reducida correspondientes a dos zonas sucesivas; y ca-
25 racterizado, asimismo, porque el dispositivo comporta un tubo ex-
terno de protección, que rodea o envuelve la citada varilla y que
delimita, al nivel de la parte de sección reducida de cada zona,-
una cámara anular aislante, estando el citado tubo constituido -
por al menos una pared, hecha de un cuerpo capaz de constituir -
30 una barrera frente al hidrógeno.

1
5
5^a.- Dispositivo de medida de la potencia local de un conjunto de elementos combustibles de un reactor nuclear, en todo de acuerdo con la cuarta reivindicación, caracterizado porque se prevé que el citado tubo esté constituido por una pared hecha de un cuerpo de la familia del Zircaloy, capaz de formar una barrera frente al hidrógeno, y por una pared de acero inoxidable, capaz de absorber las tensiones mecánicas.

10
6^a.- Dispositivo de medida de la potencia local de un conjunto de elementos combustibles de un reactor nuclear, en todo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones cuarta y quinta, caracterizado porque las citadas cámaras se mantienen sometidas a un vacío.

15
20
25
30
7^a.- Dispositivo de medida de la potencia local de un conjunto de elementos combustibles de un reactor nuclear, en todo de acuerdo con la primera reivindicación, caracterizado porque se prevé que el citado cuerpo alargado consista en una varilla cilíndrica alargada, hecha de un material buen conductor del calor y de la electricidad, la cual varilla comporta un canal central que aloja una serie de termopares, cuyas uniones, respectivamente fría y caliente, entre las que se efectúa cada medida, están dispuestas en zonas distintas según la dimensión longitudinal de la varilla; presentando ésta última, en cada zona, una parte de sección reducida que se extiende a lo largo de una longitud determinada por construcción; estando la unión caliente de un termopar, inmovilizada en el centro de la longitud de esta parte de sección reducida, en tanto que la unión fría se halla dispuesta más allá de la extremidad de esta parte; entre dos partes de sección reducida correspondientes a dos zonas sucesivas; y caracterizado, asimismo, porque el dispositivo incluye un tubo externo de protección, que rodea o envuelve a la citada varilla y que delimita

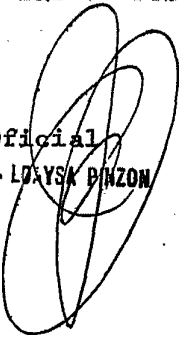
1 ta, al nivel de la parte de sección reducida integrante de cada-
zona, una cámara anular aislante; y porque, en cada una de sus -
partes de diámetro no reducido, la varilla está provista, en su-
5 periferia, de una garganta anular, al menos, estando el citado -
tubo provisto de penetraciones que encajan en el interior de las
citadas gargantas, a fin de asegurar un contacto térmico entre -
el citado tubo externo de protección y la citada varilla.

8a.- "DISPOSITIVO DE MEDIDA DE LA POTENCIA LOCAL DE
UN CONJUNTO DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES DE UN REACTOR NUCLEAR".

10 Según queda sustancialmente descrito en la presente
memoria descriptiva que consta de veintitres hojas, mecanografía
das por una sola cara, acompañadas de sus correspondientes dibu-
jos.

15 Madrid, a

El Agente Oficial
MIGUEL FERNANDEZ - LOAYSA PINZON
P. P.



20

25

30

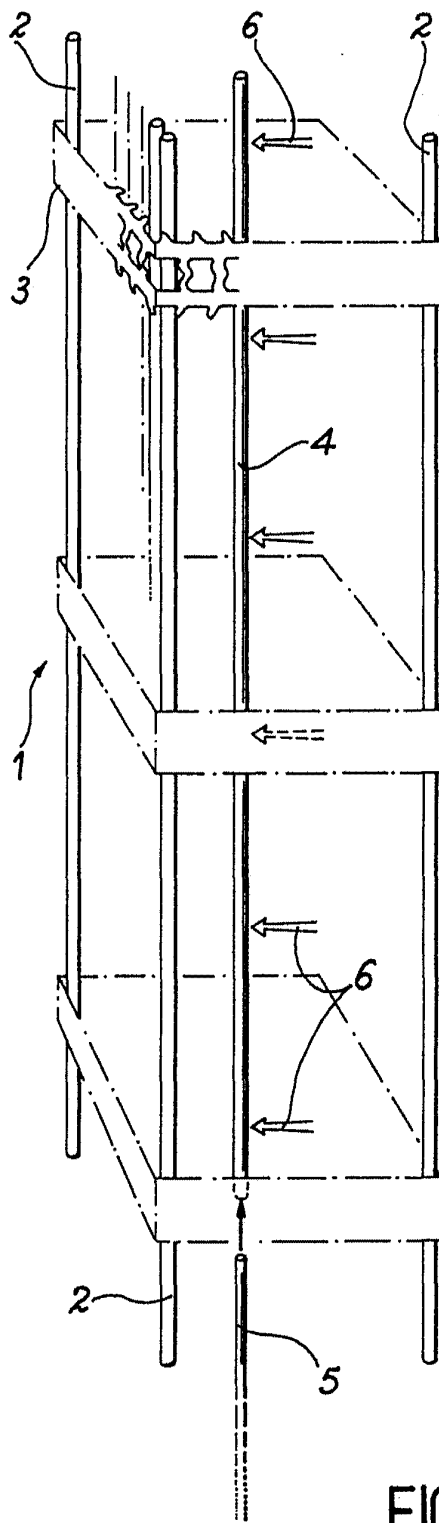


FIG. 1

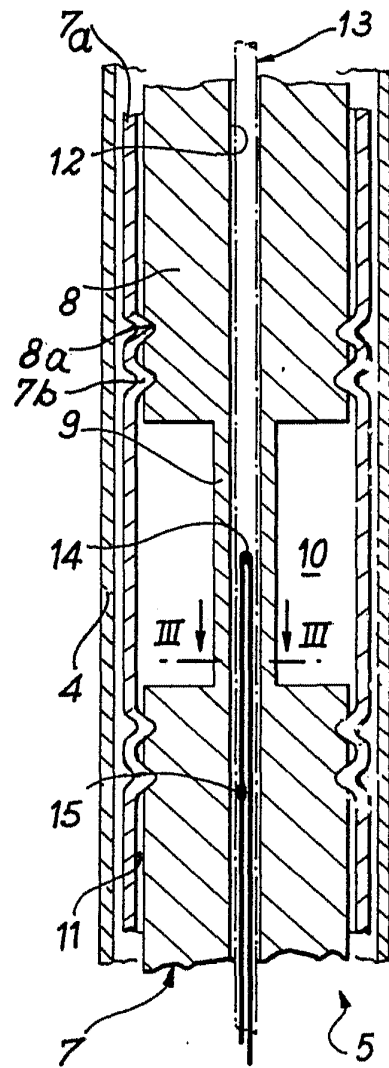


FIG. 2

Escala variable
Madrid 2-3-79
El Agente Oficial
MIGUEL FERNANDEZ LOAYSA PINZON
P. P.

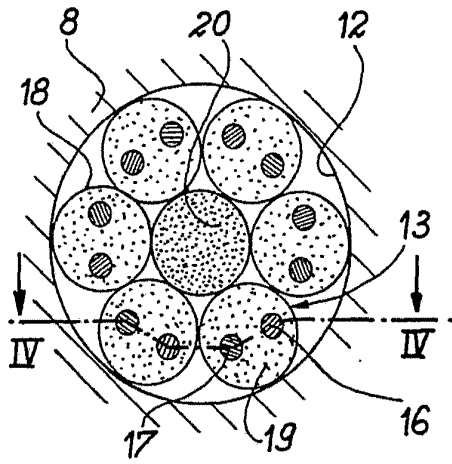


FIG. 3

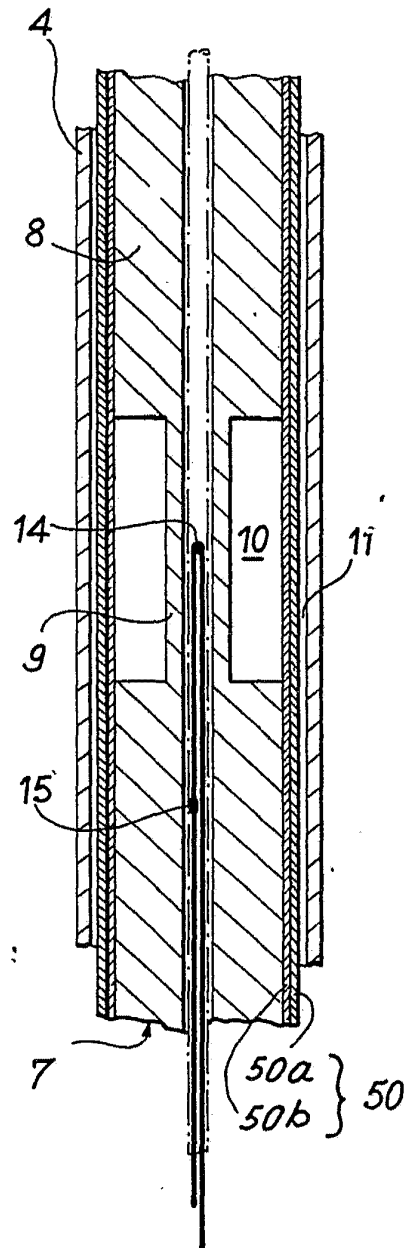


FIG. 5

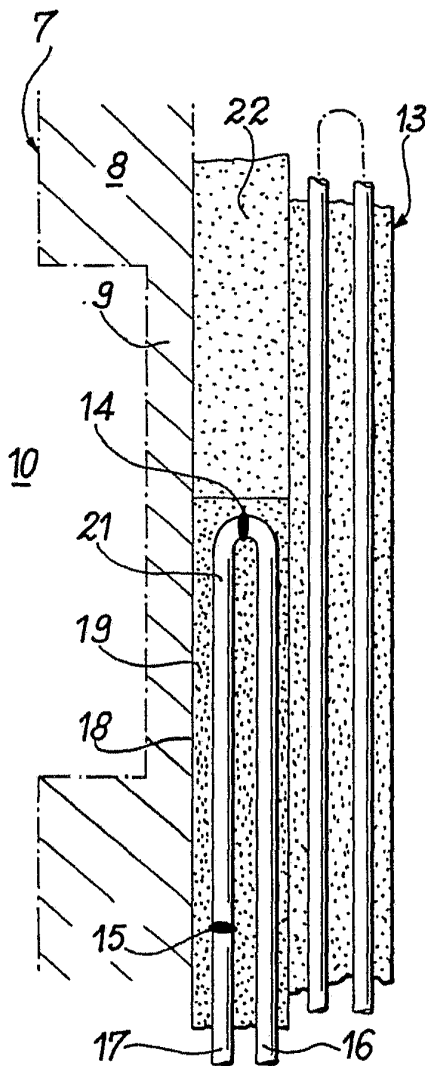


FIG. 4

Escala variable
 Madrid 2-3-49
 El Agente Oficial
 MIGUEL FERNANDEZ - LOAYSA PINZON
 P. P.

FIG. 6

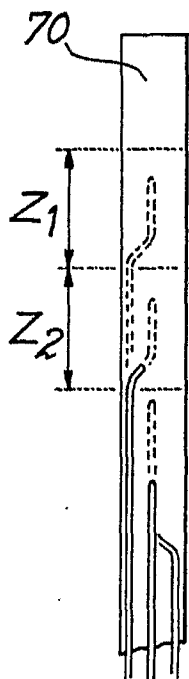
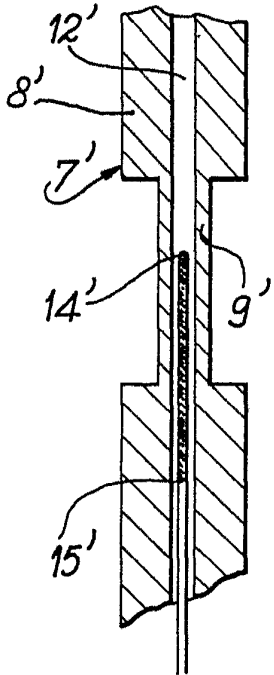
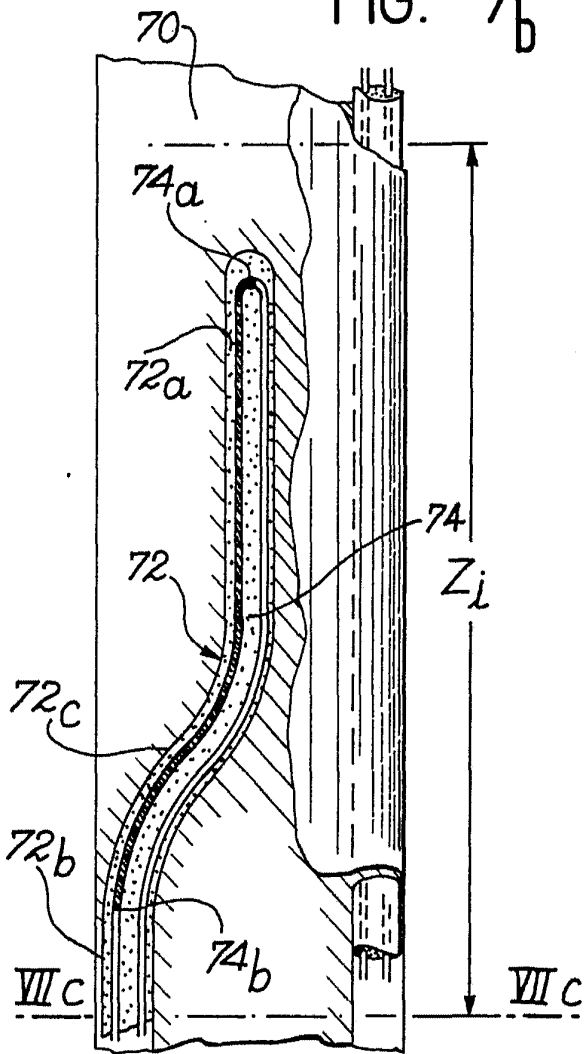


FIG. 7a

FIG. 7b



Escala variable
Madrid
El Agente Oficial
MIGUEL FERNANDEZ - LOAYSA PINZON
P. P.

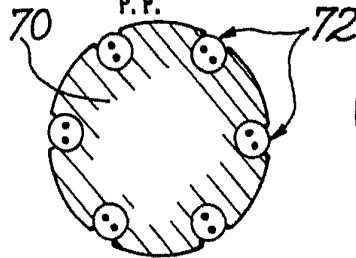


FIG. 7c