

COMPARACION CALCULO-EXPERIENCIA EN
DIFERENTES CONFIGURACIONES DEL RA-2

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº	AÑO
1	1984

H.G. AMATO y R.M.WALDMAN
Departamento de Reactores
Gerencia de Ingeniería
Comisión Nacional de Energía Atómica

I) RESUMEN

En este informe se comparan los valores de reactividad y de la distribución de flujo para diferentes configuraciones del RA-2, con los calculados utilizando juegos de secciones eficaces obtenidos por diferentes métodos de condensación.

Los cálculos fueron realizados usando los códigos DOT /1/ (de transporte) y EXTERMINATOR II /2/ (de difusión), acotando la influencia de los parámetros de entrada.

En los casos donde hay discrepancias se analizan las posibles causas. Del resultado de este estudio, se desprende el procedimiento que mejor se ajusta a los datos experimentales, para el cálculo de núcleos con elementos combustibles tipo MTR, reflejados con agua liviana y/o grafito.

II) CALCULO DE LAS SECCIONES EFICACES

Las secciones eficaces a 4 grupos y 2 grupos, siendo 1 térmico en ambos casos, se obtuvieron mediante el siguiente procedimiento:

1) Secciones eficaces para el cálculo por transporte (ver Figura I)

1.a) Combustible: Se partió de la biblioteca ENEL con 100 grupos rápidos y 100 térmicos; haciendo una pasta homogénea del núcleo se obtuvo con el código GGTC-ENEL /3/ la primera condensación para los materiales constituyentes a 20 grupos rápidos y 5 térmicos. La heterogeneidad se la consideró posteriormente con un cálculo de cel

da unidimensional tipo slab sin buckling con ANISN /4/ (ver figura II)

- 1.b) Reflector: Se partió de la biblioteca ENEL, como espectro se usó el producido por una fuente de fisión en el agua y con GGTC-ENEL se obtuvo la primera condensación a 20 grupos rápidos y 5 térmicos para el agua y grafito.
- 1.c) Constantes a 4 grupos: A fin de considerar el espectro en el reflector vecino al núcleo, se utilizaron las secciones eficaces mencionadas previamente a 25 grupos, en una condensación con geometría cilíndrica unidimensional, P_3 , con ANISN, (ver figura III), pasando a las estructuras de 4 grupos y 2 grupos, tanto para el núcleo como para el reflector. Se calcularon separadamente los casos de núcleo reflejado totalmente con agua y núcleo reflejado con grafito y agua. Estas secciones eficaces de transporte, las designaremos ANISN-GGC3.

2) Constantes para el cálculo por difusión (ver figura IV)

- 2.a) Combustible: Se partió de la biblioteca WIMS /5/ con 45 grupos rápidos y 24 térmicos, y mediante el Código WIMS /5/ método WDSN , en un cálculo de celda con simetría similar a la figura II, se obtuvieron las constantes a 4 grupos y 2 grupos. La influencia de las fugas sobre el espectro se la consideró mediante un buckling similar al de un reactor de 5 x 5.5 reflejado con agua.
- 2.b) Reflector: Se las obtuvo en dos formas diferentes:
 - i) Usando el código GGTC-ENEL en forma similar a la descripta en 1.b) se condensó a 4 grupos y a 2 grupos. Para el cálculo de los coeficientes de difusión se usó la aproximación B_1 .
 - ii) Realizando un cálculo de celda similar al 2.a) pero agregando a la misma una zona con la composición del reflector suficientemente pequeña a fin de no introducir perturbaciones.

III) INFLUENCIA DE LOS PARAMETROS DE ENTRADA

Se optimizó el tiempo de máquina a través de la elección de un sistema de parámetros que configuran un modelo de cálculo. Este modelo se determinó de forma tal que su refinamiento no alterara la reactividad en más de 100 pcm, en la configuración 5X4 del reactor.

Los parámetros de entrada así determinados fueron:

- 1) Paso de Red: Se eligió 1.5 cm. dentro del medio multiplicativo, 1 cm. en el reflector vecino al núcleo y 2 cm para los puntos más alejados. Se tomó 20 cm. como espesor cuasi infinito del reflector.
- 2) Convergencia: puntual en el flujo: $1 \text{ a } 5 \times 10^3$, en la fuente de fisión: $\leq 10^{-4}$.

- 3) A) Discretización angular: Se realizó en los cálculos de transporte usando una cuadratura S_4 , y B) Fuente de scattering la aproximación P_1 .

La validez de estas aproximaciones se determinó con ANISN en un cálculo unidimensional.

- 4) Número de Grupos: Se usó también ANISN en geometría unidimensional. La tabla I muestra la influencia del número de grupos en una misma configuración. La discrepancia que aparece al usar solamente 4 grupos, fue corregida en todos los casos bidimensionales por el factor resultante de este cálculo.
- 5) Geometría empleada en el Cálculo de Celda: La figura IV muestra diferentes configuraciones de celda, junto al número de grupos y código usado, junto al valor de K_{∞} obtenido en cada caso. Se observa valores similares en todos los casos.
- 6) Buckling axial: Se escogió el valor experimental de 7 cm. para el reflector saving. Por cálculo se obtiene 8 cm. La diferencia en reactividad es de 370 pcm/cm de reflector saving.

IV) COMPARACION ENTRE CALCULO Y EXPERIENCIA

- 1) Comparación entre cálculos con diferentes constantes de difusión

La tabla II muestra los valores calculados para diferentes configuraciones mediante el código de difusión EXTERMINATOR-2, usando los dos juegos de constantes a 4 y 2 grupos.

Los valores muestran que es necesario recalcular las constantes WIMS-WIMS si el buckling real difiere del utilizado en el cálculo de celda. Los valores a 4 y 2 grupos con las constantes WIMS-GGC3 difieren en todos los casos entre 500 y 1300 pcm.

- 2) Configuración 5 x 4 reflejada con agua: El cálculo de difusión, como se mencionó se realizó con EXT-2 con buckling axial. El cálculo de transporte se hizo con DOT 3.5 combinadamente en geometrías X-Y y R-Z a fin de considerar adecuadamente el escape vertical. Se partió de una geometría X-Y sin buckling y con los laterales de aluminio para tener en cuenta el escape rápido y obtener el K_{eff} . Con ANISN luego se determinó el radio equivalente del núcleo homogeneizado. Luego con DOT se hizo un cálculo R-Z tomando en cuenta la composición vertical (ver figura VI) y de allí surge el K_{eff} corregido por el escape vertical. A este valor se le aplicó el factor de corrección de III-4). Este factor de corrección es prácticamente igual al obtenido por un cálculo con DOT en X-Y y buckling vertical con los coeficientes de difusión de WIMS-WIMS.

El efecto de incluir los laterales de Aluminio, para describir más adecuadamente el escape rápido, disminuyó la reactividad 700 pcm. La tabla III muestra los valores calculados de la reactividad, junto al valor experimental. Este último se obtuvo a partir de la configuración crítica (núcleo 4 x 4 + 4 cajas con 13 placas de combustible /6/ sumando la reactividad de las 24 placas restantes calculadas a partir del valor experimental promedio de 6.5 pcm/gr de U-235, para las placas cercanas a los laterales. Se observa que el valor calculado por transporte sin corregir por los efectos mencionados es similar al obtenido con las constantes WIMS-WIMS, siendo el valor con las constantes WIMS-GGC3, unos 1.200 pcm menor. Si las correcciones por los efectos de estructura de grupos e inclusión de laterales hechos en el cálculo de transporte son aplicables a los casos de difusión, el cálculo con WIMS-WIMS daría 300 pcm y el de WIMS-GGC3, 1.500 pcm, ambos por defecto con respecto al valor experimental.

La figura VII muestra las distribuciones de flujo para ($E_n \leq 0,625$ eV) normalizadas a 100 neutrones de fisión por cm. de longitud axial, en geometría X,Y con buckling axial para uno de los ejes de simetría horizontal, calculadas con EXT-2 usando los 2 juegos de constantes de difusión Y con DOT con las secciones eficaces ANISN-GGC-3.

Se observa que los valores con ANISN-GGC-3 y WIMS-WIMS tienen similar distribución y flujo medio dentro del núcleo, difiriendo con las de WIMS-GGC-3. El cálculo de transporte prevé un pico más alto de flujo en el reflector cercano al núcleo.

La figura VIII muestra el ajuste del flujo epitérmico axial en geometría R-Z con el radio equivalente del núcleo homogeneizado. Se consideró la composición vertical (figura VI). Se obtuvo un reflector savings de 8 cm., que coincidió con el valor calculado por difusión.

3) Núcleo 5 x 4 reflejado con Grafito

Los cálculos se realizaron combinadamente con ANISN y DOT 3.5.

El procedimiento para corregir por escape vertical es similar al descrito en 2). El factor de corrección obtenido es de 1.097 que difiere sensiblemente del calculado con geometría X,Y y corrección vertical con buckling (1.078), ésto significa que en núcleos con grafito no es buena la corrección de escape axial con buckling, a diferencia del caso reflector agua donde sí es válida.

El cálculo en geometría X, Y incluyó los laterales de aluminio y el encamisado de grafito. El K_{eff} por este cálculo (infinito según Z) fue: 1.18913. Aplicando la corrección por escape vertical y estructura de grupos, el valor que resulta es 1.0781, o sea $\beta = 7,200$ pcm. los dos valores experimentales, obtenidos con fuente pulsada y reactímetros sin y con encamisado del grafito respectivamente, a través de la calibración de las barras de control y sin considerar el efecto apantallamiento fueron: 7,000 y 5,340 pcm /7/. La comparación entre los tres valores, no es adecuada, por tener la configuración un gran exceso de reactividad (≈ 10 dólares). Están proyectadas mediciones y cálculos en configuraciones más cercanas a la criticidad.

V) CONCLUSIONES

Cada grupo de constantes en el cálculo de difusión tiene sus ventajas y desventajas. Las constantes WIMS-WIMS da resultados similares a los cálculos de transporte a iguales configuración y número de grupos. Para obtener valores más realistas hay que aplicarle las correcciones relacionadas con la presencia de laterales de Al, y el escaso número de grupos utilizados.

Las constantes WIMS-GGC da valores de reactividad, cercanos a los experimentales, sin realizar dichas correcciones, muy probablemente debido a efectos de compensación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los miembros de la División Cálculos del Núcleo y Blindajes la colaboración prestada en la obtención de las constantes y secciones eficaces, a la Sra. M. T. de Schillman por su asesoramiento en el uso de los códigos utilizados.

REFERENCIAS

- /1/ W. A. Rhoades, F. R. Mynutto "DOT 3.5. Two dimensional discrete ordinates radiation transport code" CCC-276 (Nov. 1975)
- /2/ T. B. Fowler et al "EXTERMINATOR II. A Fortran IV code for solving multigroup neutron diffusion equation in two dimensions" ORNL 4078 (April 1967).
- /3/ O. Chiovato and F. Di Pasquantonio "A new version of GGC code including an improved intermediate resonance method and a modified THERMOS code. NEA data bank"
- /4/ W.W. Engle, dr. "ANISN - A one dimensional discrete ordinates transport code with isotropic scattering" K-1643 (March 1967)
- /5/ M. S. Roth, et al "The preparation of Input Data for WIMS" AEEW-R 538 (1967).
- /6/ R. M. Waldman - A. Gomez - Informe en preparación.
- /7/ G. H. Ricabarra y M. D. B. de Ricabarra - Informe Proyecto C. A. Perú - "Análisis de mediciones de reactividad en núcleos tipo RA-2"

TABLA I

INFLUENCIA DEL NUMERO DE GRUPOS EN EL CALCULO DE LA CTE. EFECTIVA
DEL NUCLEO CON UN BLUCKLING IGUAL A LA CONFIGURACION 5 X 4

Nro de Grupos	$\frac{k_n \text{ (n grupos)}}{K \text{ (25 grupos)}}$	
	<u>Ref1: Agua</u>	<u>Grafito + Agua</u>
2	1.05063	1.03390
4	1.00907	1.00477
25	1	1

TABLA IICOMPARACION ENTRE LAS CONSTANTES DE DIFUSION

<u>Configuración</u>	<u>Juego de constantes</u>	<u>N° de grupos</u>	<u>Reactividad(pcm)</u>
4 x 4	WIMS-WIMS	2	-2026
		4	-1274
	WIMS-GGC3	2	-3510
		4	-2230
5 x 4	WIMS-WIMS	2	2527
		4	2860
	WIMS-GGC3	2	1338
		4	2204
5 x 5	WIMS-WIMS	2	7192
		4	7265
	WIMS-GGC3	2	6293
		4	6755
6 x 5	WIMS-WIMS	2	10241
		4	10179
	WIMS-GGC3	2	9235
		4	9764

TABLA III

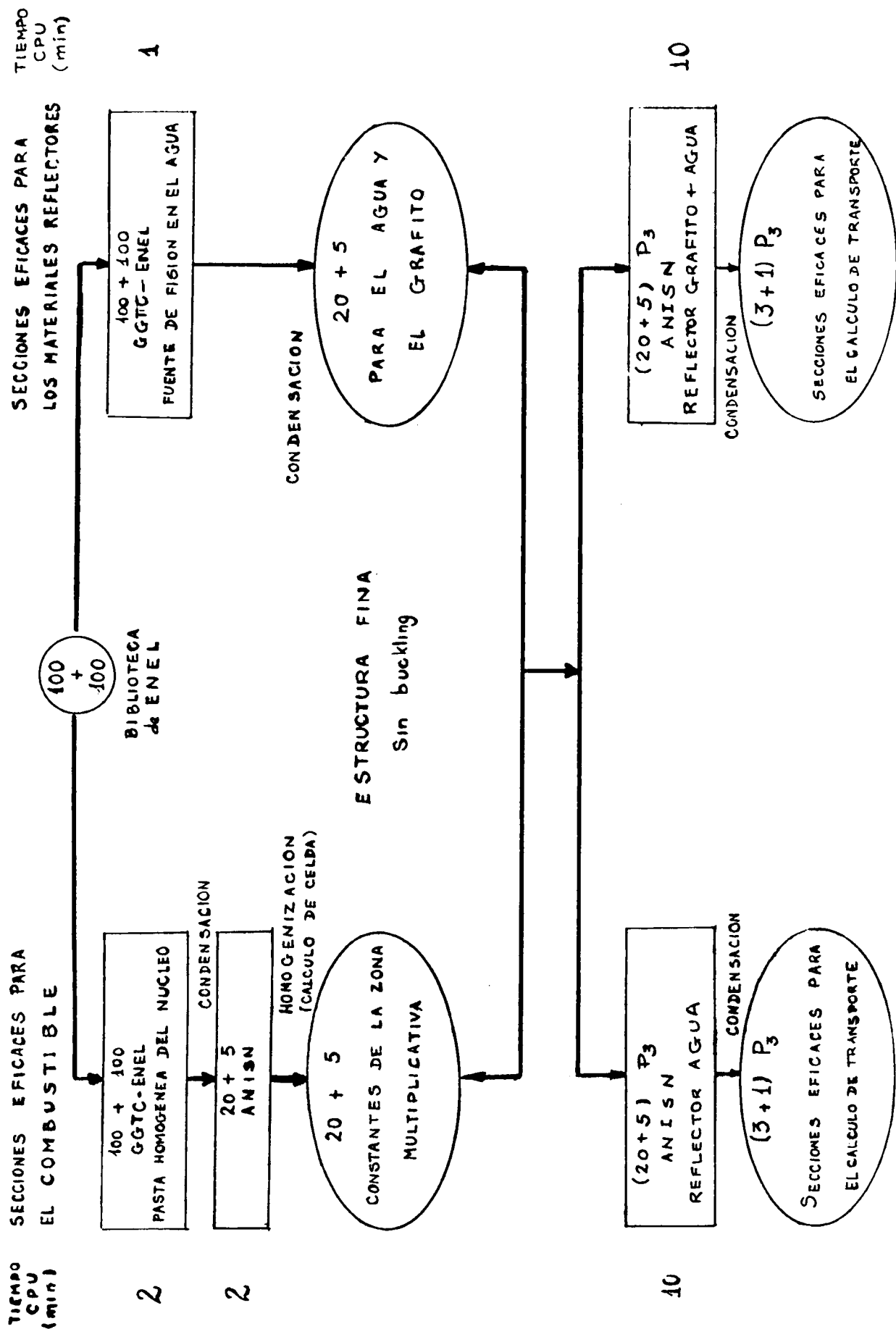
COMPARACION ENTRE VALORES MEDIDOS Y CALCULADOS EN LA CONFIGURACION

5 X 4

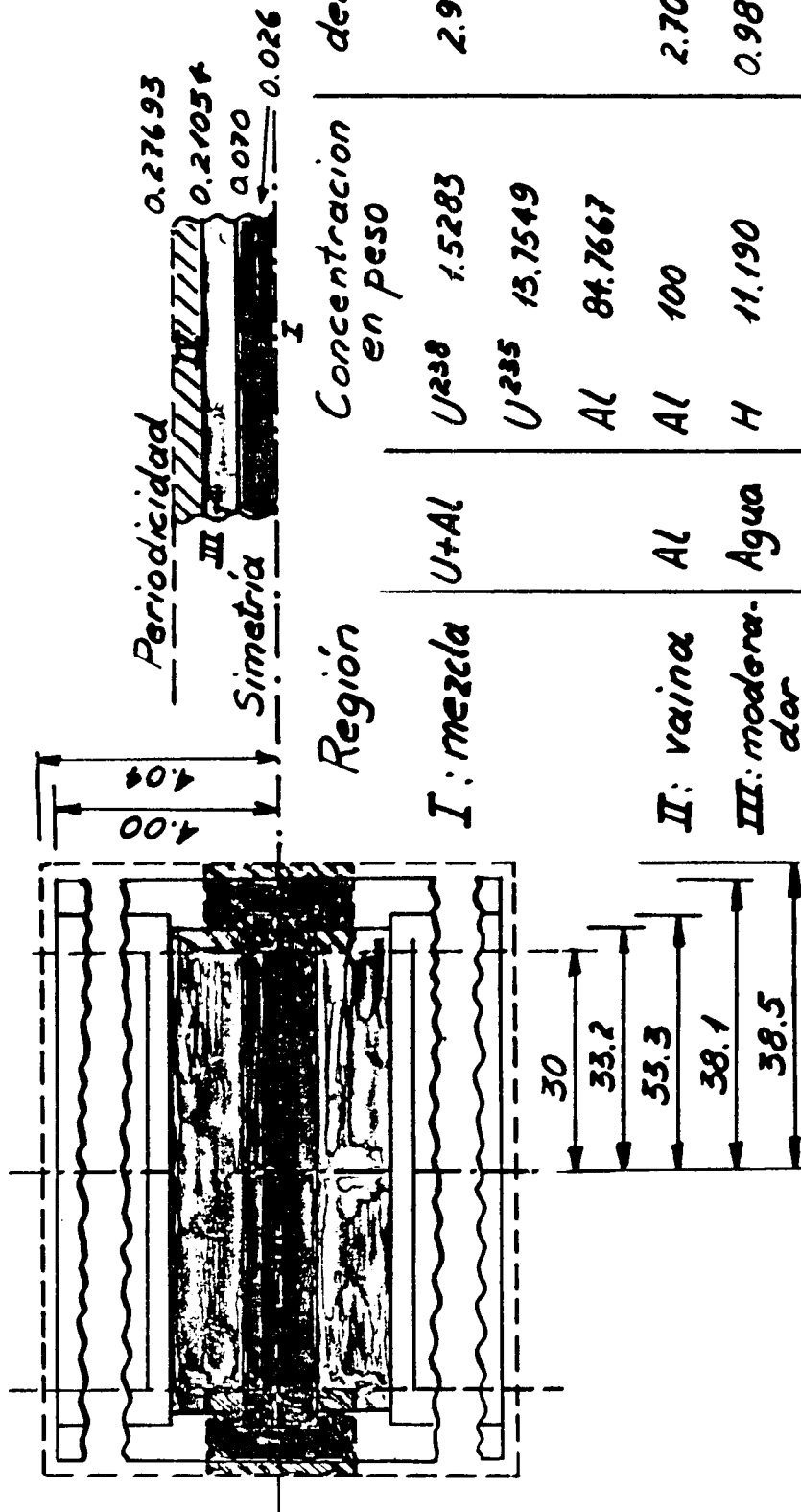
<u>Valores obtenidos usando:</u>	<u>Reactividad(pcm)</u>
WIMS-WIMS (4 grupos)	2527
WIMS-GGC3 (4 grupos)	1338
ANISN-GGC3 (sin correcciones) (4 grupos)	2350
ANISN-GGC3 (con correcciones) (4 grupos)	1200
Experimental	1100

OBTENCION DE LAS SECCIONES EFICACES PARA EL CALCULO DE TRANSPORTE

53



CALCULO DE CELDA



Región	Concentración en peso	densidad
I: mezcla	U ₂₃₈ 1.5283	2.95127
	U ₂₃₅ 13.7549	
	Al 84.7667	
II: vaina	Al 100	2.70
III: moderador	H 11.190	0.98662
	O 88.810	
IV: moderador + laterales	H 1.9929	2.07036
	O 15.8119	
	Al 82.1958	

Geometría para condensar a 4 y 2
grupos con ANISN

Combustible	Gravito	Agua	
	19.502	28.223	40

Combustible	Agua	
19.502		40

FIG. III

OBTENCION DE LAS CONSTANTES PARA EL CALCULO DE DIFUSION

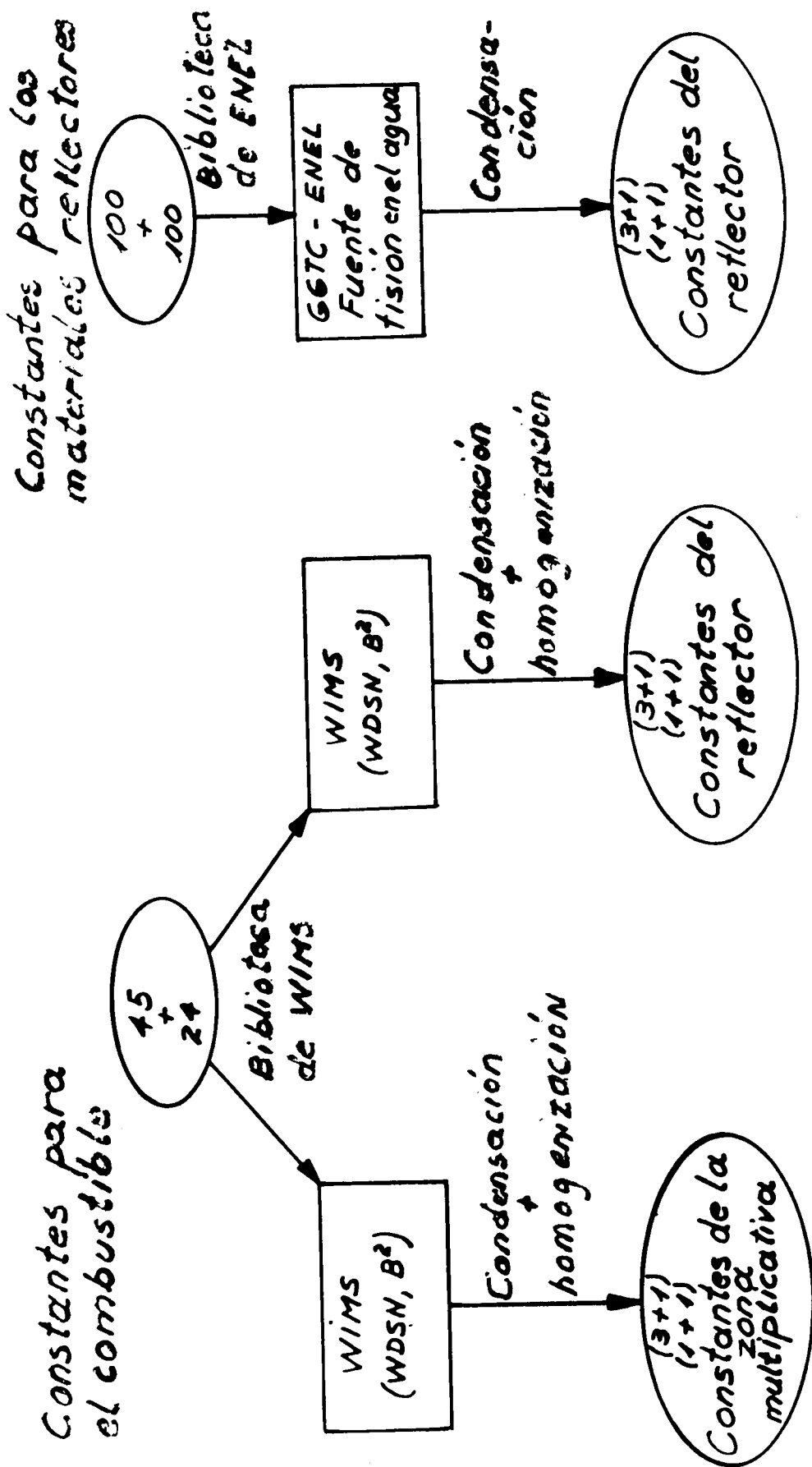


FIG. IX

*Estudio Efecto de la Geometría en el
cálculo de celda*

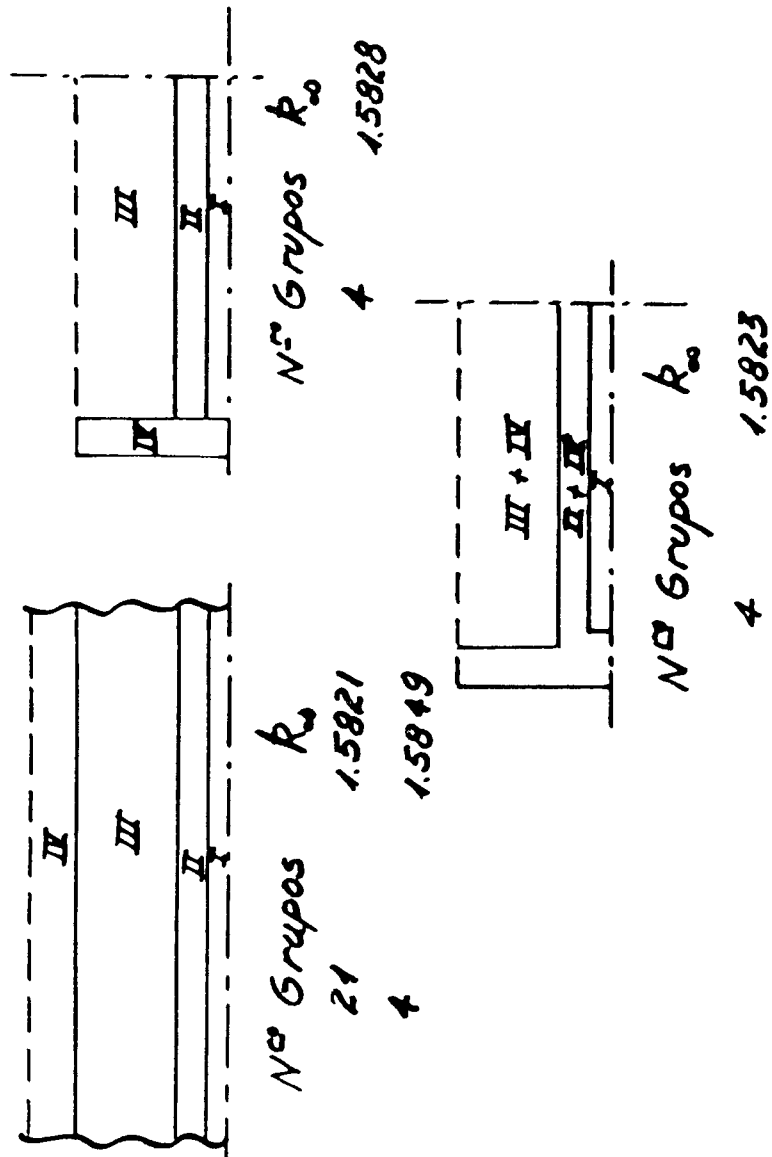


FIG. 7

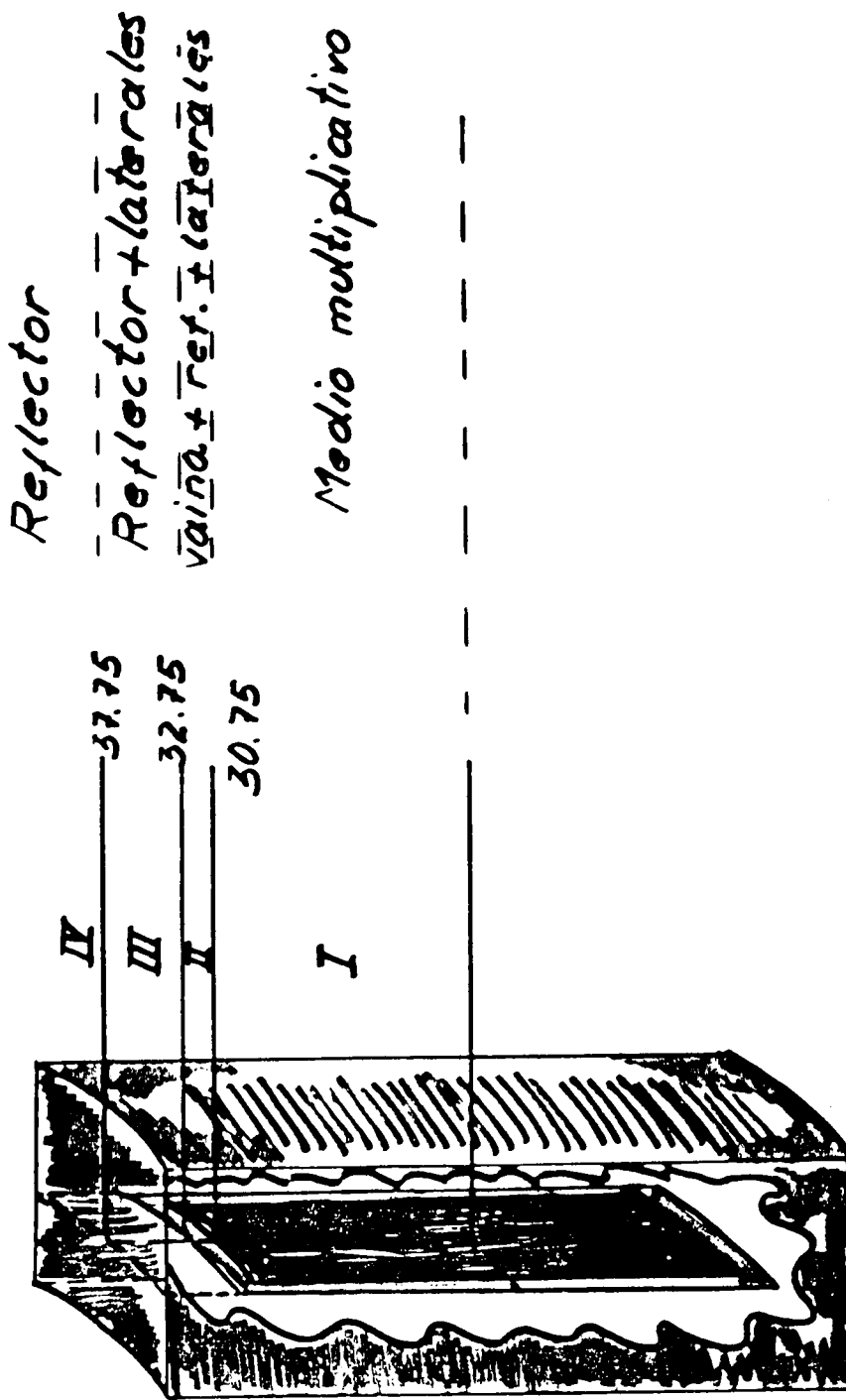


FIG. VI

