

1	Biblioteca
	COLECCIONES
	AÑO 1980

CAUDAL EFECTIVO DE REFRIGERACION EN EL RA-3

Lic. Alicia GARCIA - Dr. David PARKANSKY - C.N.E.A.

C.N.E.A.

El presente trabajo está referido al reactor RA-3.

El principal objetivo de este trabajo es comprobar que la máxima potencia admisible en operación normal depende exclusivamente del caudal efectivo de refrigeración.

Se define el caudal externo como la suma de aquellos que, circulando conjuntamente con el primero, por el circuito primario no refrigeran el núcleo del reactor.

Se define caudal efectivo de refrigeración aquel que circulando por dentro y entre las cajas de elementos combustibles refrigeran las placas generadoras de calor.

El caudalímetro del circuito primario mide la suma de ambos caudales.

El estudio tiene por objeto entonces:

- a) Mostrar los métodos experimental y analítico para la determinación de caudal efectivo de refrigeración.

La configuración analizada para el núcleo del RA-3 fue de 30 cajas de elementos combustibles calzada en una grilla rectangular de 80 orificios en 8 x 10.

De acuerdo con las definiciones se puede decir que el caudal externo está integrado por los siguientes caudales (Figura I).

Q_1 : caudal que refrigera la placa de plomo interpuesta entre el núcleo y la columna térmica.

- Q_2 : suma de todos los caudales que circulando por la grilla no son aprovechables en la refrigeración del núcleo. Ejemplo de ello es el caudal que pasa por los orificios ubicados entre los grafitos. (Esquema d).
- Q_3 : caudal que pasaría en by-pass al núcleo en caso de cierre no hermético de la clapeta de convección natural.
- Q_4 : caudal que pasaría en ausencia del calafateado de plomo existente entre el caño de aluminio de salida del núcleo y el caño de inoxidable del circuito primario.

Se trata ahora de establecer una relación entre la velocidad de circulación en las cajas, el caudal efectivo, el flujo calórico máximo admisible y la potencia máxima admisible.

Para fijar la máxima potencia admisible de operación es necesario determinar la velocidad de circulación en la caja y a partir de allí el caudal que circula por dicha caja y el caudal efectivo de refrigeración.

El caudal de circulación en una caja de elementos combustibles fue obtenido experimentalmente y analíticamente calculando (Figura 2) las pérdidas de carga por frotamiento en los tramos rectos y en las singularidades a lo largo de la caja.

Los términos ΔH_1 a ΔH_{10} son funciones exclusivas del caudal que circula por la caja, mientras que el ΔH_{11} depende del valor de la sección S_6 y del número de cajas presentes en el núcleo.

A fin de determinar experimentalmente la relación existente entre el caudal pasante por una caja ubicada en el núcleo del reactor a lo que es lo mismo la velocidad de circulación y la pérdida de carga que se establece entre la entrada y la sa-

lida del núcleo, se monto un dispositivo experimental (Figura 3) consistente en un circuito de ensayos hidráulicos el cual consta de:

- a) Un tanque que simula el tanque principal del reactor que contiene un sector de grilla con 3 orificios principales donde se ubican cajas que simulan las cajas de elementos combustibles reales, construídas totalmente en aluminio geométricamente iguales a las del núcleo o hidráulicamente equivalentes a las mismas.

En la parte superior se ubicó un "nido de abejas" a fin de evitar turbulencia en el agua que ingresa al tanque.

Para evitar que el fluído transporte burbujas de aire que alterarían el valor de la pérdida de carga se incrementó la presión en el tanque por conexión a un tanque atmosférico más elevado.

- b) El tanque principal desagua a un circuito hidráulico que contiene:

Una bomba con un caudal máximo de $70 \text{ m}^3/\text{hr}$ y una altura de carga de 20 m de c. de a.

Un by pass conectado entre la entrada y salida de la bomba.

Dos válvulas reguladoras de modo de regular el caudal que pasa por los elementos combustibles falsos a ensayar desde uno hasta el caudal máximo entregable por la bomba .

Un caudalímetro tipo placa orificio que cubre el rango de operación.

El circuito retorna al tanque principal por la parte superior al nido de abejas.

En este circuito se realizaron una serie de ensayos variando el número de cajas hasta un máximo de 3 de modo que tenien-

do en cuenta el caudal máximo disponible, no ubicara las velocidades de circulación por debajo de los valores normales en el reactor.

La adaptación de los valores experimentales al núcleo del RA-3 se realizó del siguiente modo:

Para un mismo caudal circulando por una caja la pérdida de carga entre la entrada a la caja y la salida de la grilla varía según si la caja está ubicada en el circuito de ensayos o en el núcleo y varía también con el número total de cajas en el momento de la medición (Figura 2) y la diferencia fundamental aparece en la pérdida de carga parcial ΔH_{11} que corresponde a una expansión brusca a la salida de la grilla.

En el circuito de ensayos hidráulicos se realizaron una serie de mediciones a 25°C para dos y tres cajas.

Dado que el fin último de estas experiencias fue determinar la velocidad de circulación y el caudal efectivo de refrigeración para las condiciones normales de operación del núcleo es decir 30 cjas y 45°C aproximadamente fue necesario realizar algunas correcciones.

La primera corrección al valor de la pérdida de carga obtenida experimentalmente es reemplazar el ΔH_{11} calculado para el circuito de ensayos por el valor también calculado para el núcleo.

De este modo, solo resta realizar la corrección por temperatura, que también se hizo por un método analítico (Tabla I).

Vemos en las columnas 1, 2 y 3 los valores de velocidad (o caudal) y las mediciones de pérdida de carga tomadas en el circuito de ensayos a 25°C.

En las columnas 4 y 5 los valores calculados para la

pérdida de carga parcial ΔH_{11} según se trata del núcleo o del circuito.

La columna 6 muestra ya los valores de la pérdida de carga corregida para el núcleo a 25°C.

Las columnas 7 y 8 los valores de pérdida de presión calculados mediante un código de cálculo a 25°C y 45°C. En la columna 9 se muestra la relación que corrige por temperatura los valores medidos.

Finalmente la columna 10 indica los valores de pérdida de carga medidos y corregidos para N cajas y por temperatura. Se graficó entonces la pérdida de carga obtenida en la columna 10 vs. la velocidad. (Gráfico II).

A fin de obtener el valor concreto del caudal efectivo que refrigera el núcleo y del valor de la máxima potencia admisible en el mismo se realizaron mediciones de la pérdida de carga en el núcleo del RA-3 mediante un dispositivo que según vemos consta de: (Figura 4).

- Un manómetro en U en el cual se utiliza como fluido de referencia tetrabromoetano. De una rama sale una tubería de acero que termina en el cono de salida del núcleo por debajo del nivel de la grilla y del otro extremo sale la otra tubería que termina en el tanque principal y fuera del núcleo.

Ambas ramas están conectadas a sendos recipientes de lucite los cuales están a una presión menor que la atmosférica y su función es permitir el rápido llenado de las tuberías y evitar la formación de burbujas que alterarían el valor de las mediciones.

Cuando no circula el refrigerante en el núcleo las

ramas del manómetro se igualan acusando un dado desnivel cuando circula un determinado caudal por el núcleo. Entrando con este valor de la pérdida de carga en el Gráfico II se va la velocidad de circulación y con ella el caudal que circula por una caja y el caudal efectivo de referencia.

(Figura 5) Teniendo en cuenta que el circuito primario de refrigeración para el RA-3 consta de:

- Dos tanques de decaimiento a fin de disminuir la actividad en sala de bombas.
- Dos bombas de circulación en paralelo.
- Dos intercambiadores de calor, el IC1 preparado para una potencia nominal de trabajo de 4 NW y el IC 2 para 2 NW.

Una rama de interconexión B1-IC1 con B2-IC2 y válvulas de apertura y cierre total que permiten los siguientes modos de operación (Figura 6).

Estos modos de operación fijan los distintos caudales a circular por el núcleo ya que las válvulas como se dijo no son de tipo regulador.

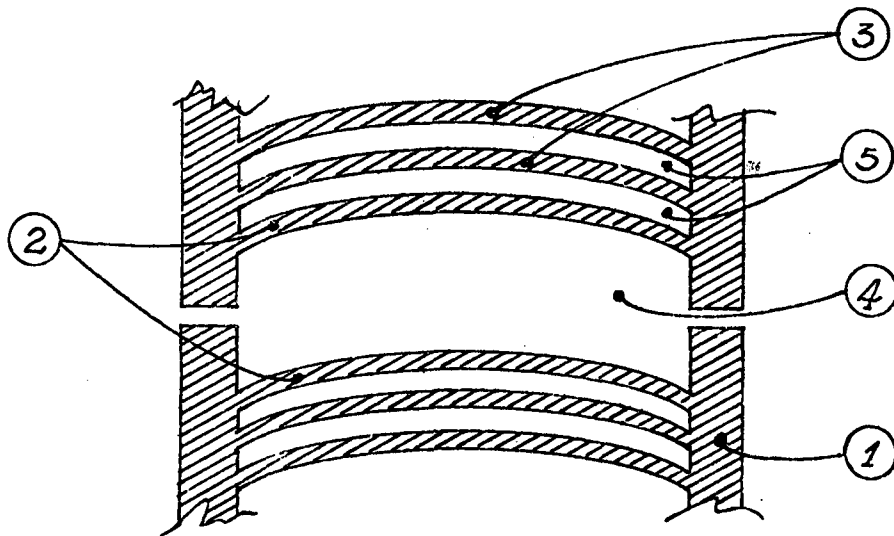
En la Tabla II se resumen los datos obtenidos para los cuatro modos de operación.

Los valores de flujo máximos admisibles en función de la velocidad se obtuvieron mediante el código de cálculo correspondiente y que pueden apreciarse en Gráfico 3.

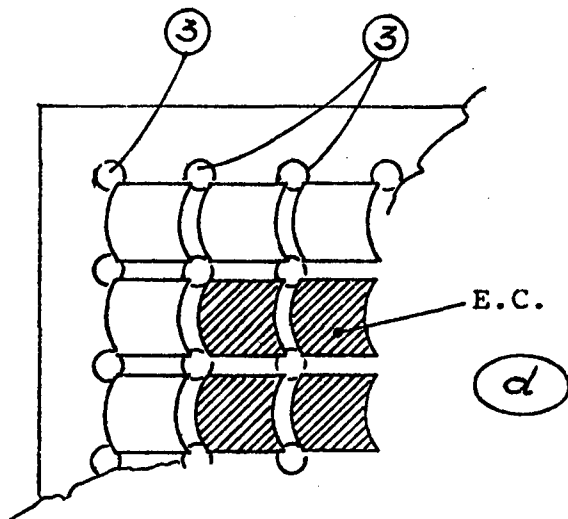
Puede observarse en las columnas 6 y 7 que los valores correspondientes al caudal registrado por el caudalímetro superan en ciertos casos hasta en un 60% el valor del caudal efectivo de refrigeración.

Esto pone de manifiesto la importancia de determinar a través de la medición de la pérdida de carga dicho caudal efectivo, pues si las potencias de trabajo se determinasen a partir de los caudales totales medidos se reduciría considerablemente el grado de seguridad en la operación y además se superaría las temperaturas máximas de vainas aconsejadas para lograr una buena "performance" del elemento combustible.

La medición de la pérdida de carga en el núcleo ha sido adoptada como sistema de seguridad en reactores tipo piscine con elementos combustibles NTR similares al RA-3. Como ejemplo de ello puede citarse el reactor de Siloe en Grenoble-Francia.



- 1.- Caja de elemento combustible.
- 2.- Placa extrema generadora de calor.
- 3.- Placa generadora de calor.
- 4.- Canal de refrigeración entre cajas de el. comb.
- 5.- Canal de refrigeración entre placas de una caja de elementos combustibles.



ΔP (cm c.a.)

CIRCUITO DE ENSAYOS HIDRAULICOS

▣ Mediciones realizadas con 2 cojas

○ " " " 3 "

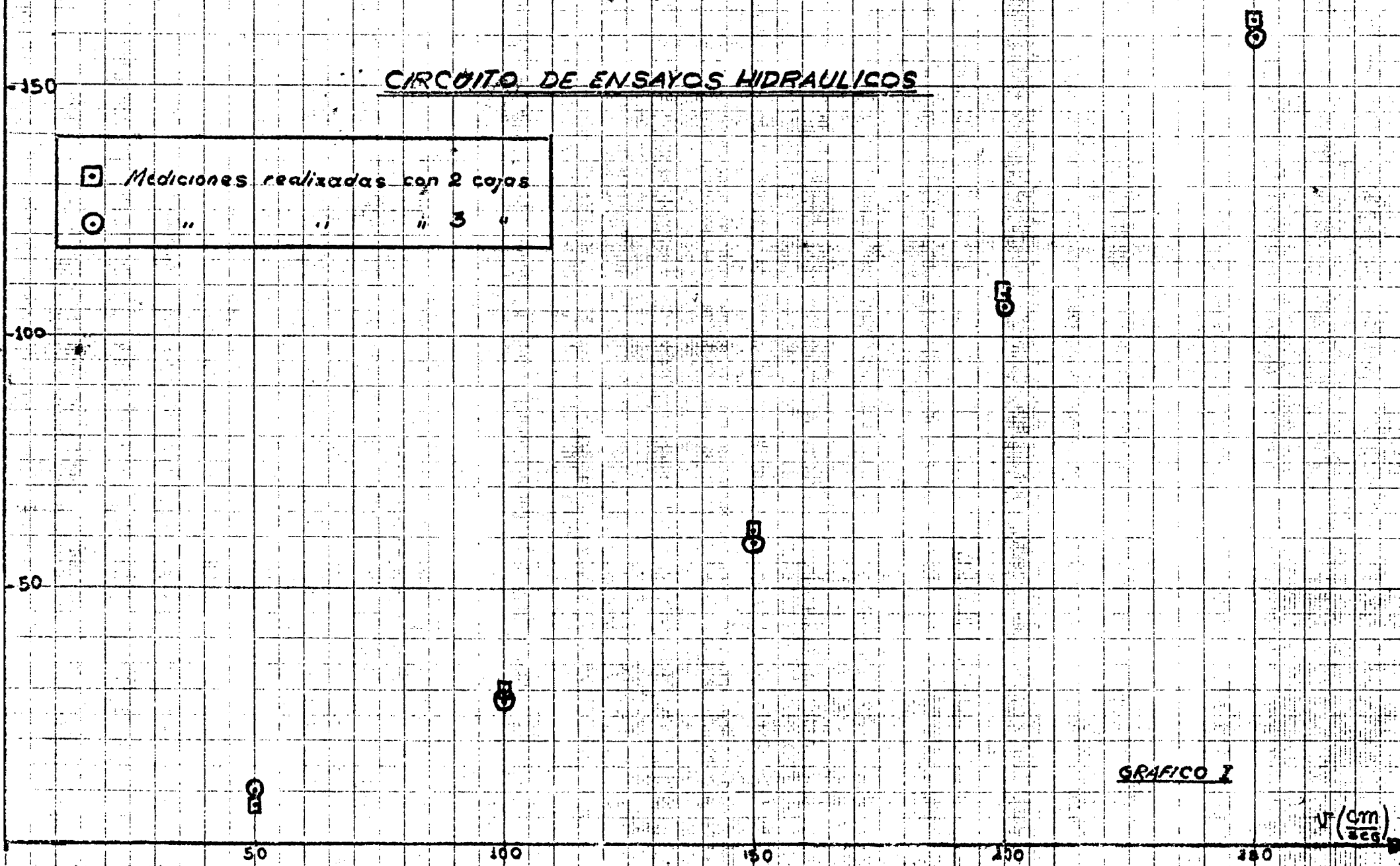


GRAFICO I

V (cm³/sec)

ΔH
(cm H_2O)

ΔH MEDIDO CORREGIDO A NUCLEO EXTRAPOLADO A 25°C Y 45°C

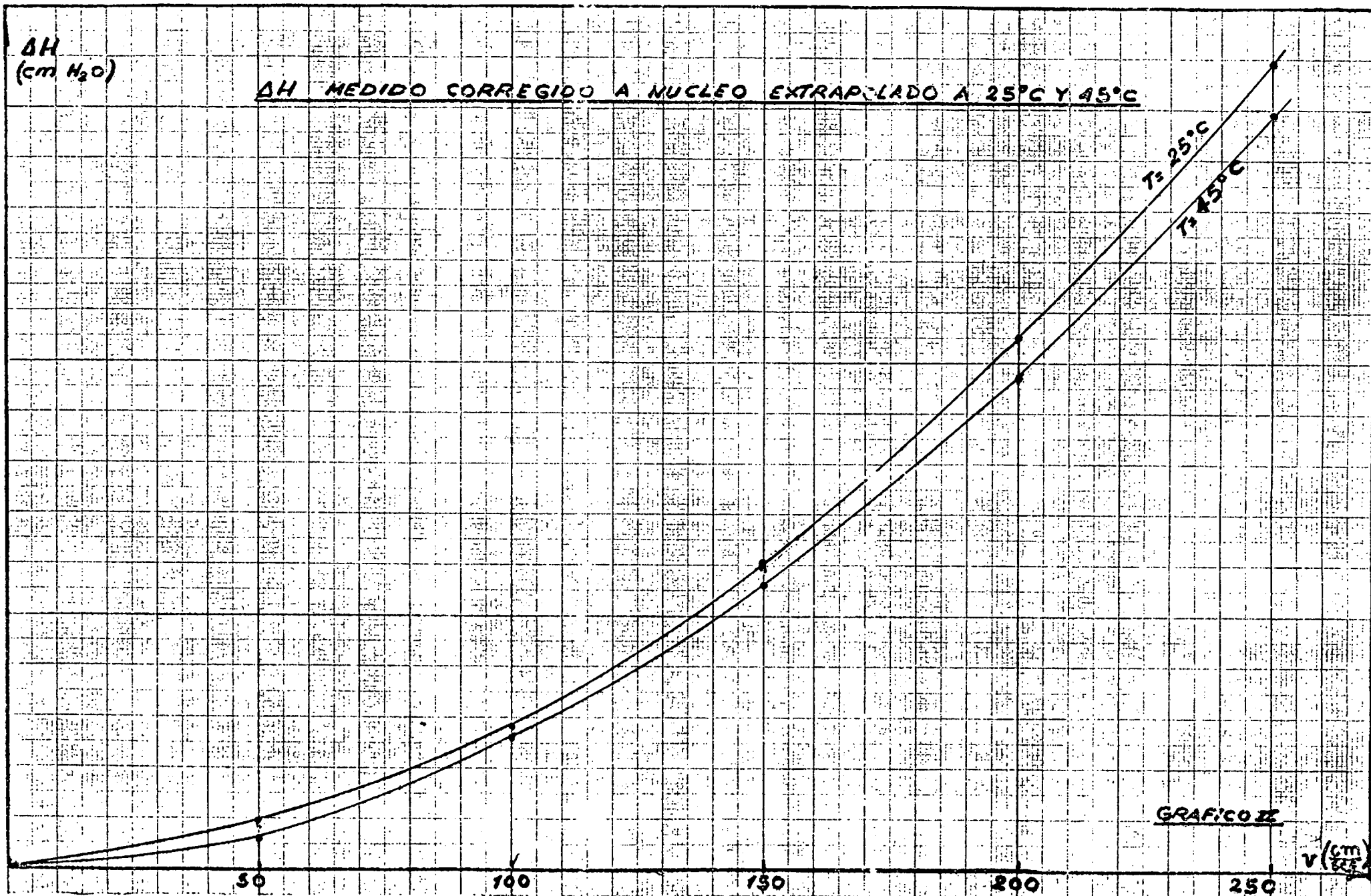


GRAFICO II

V (cm)

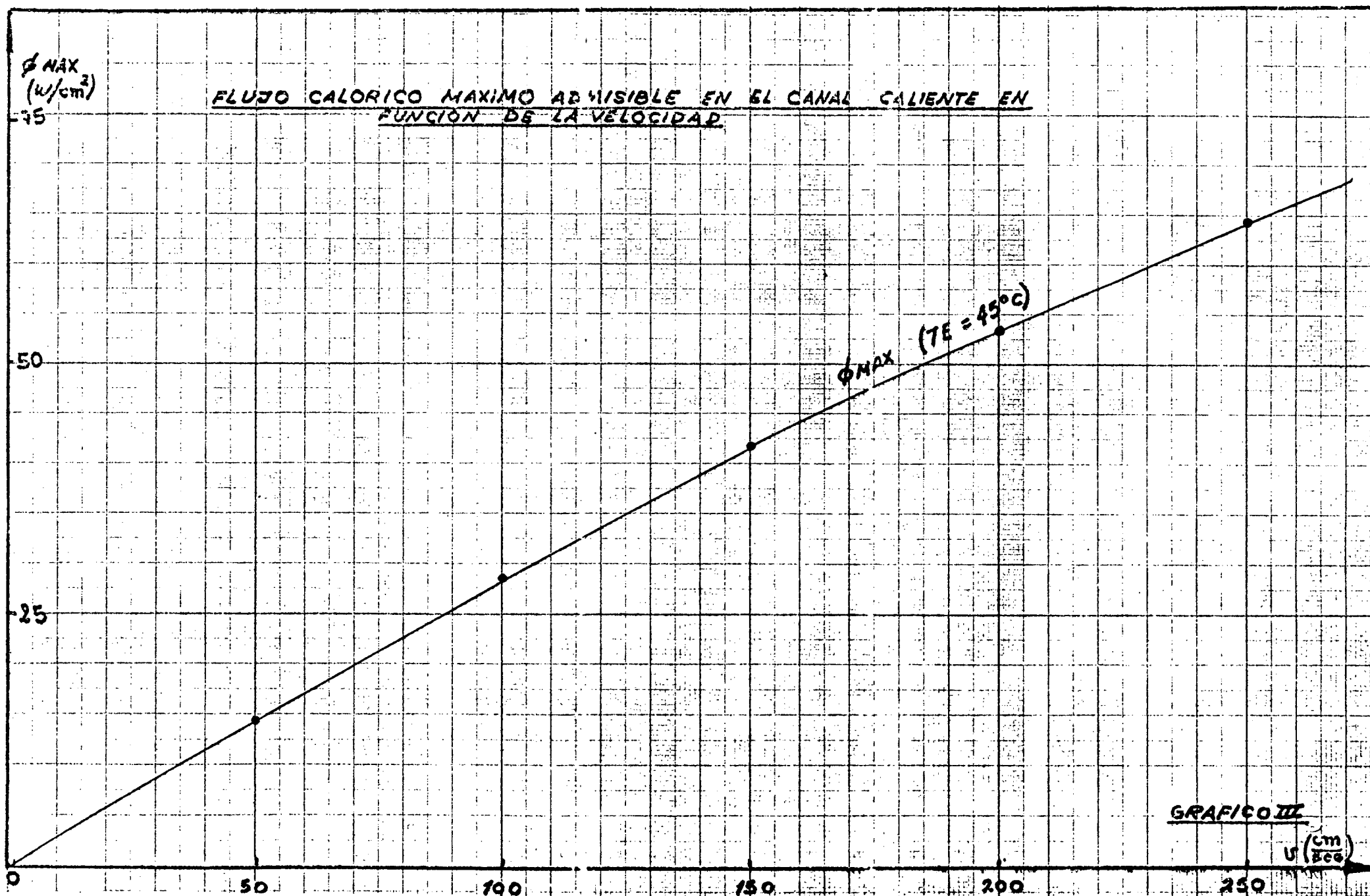
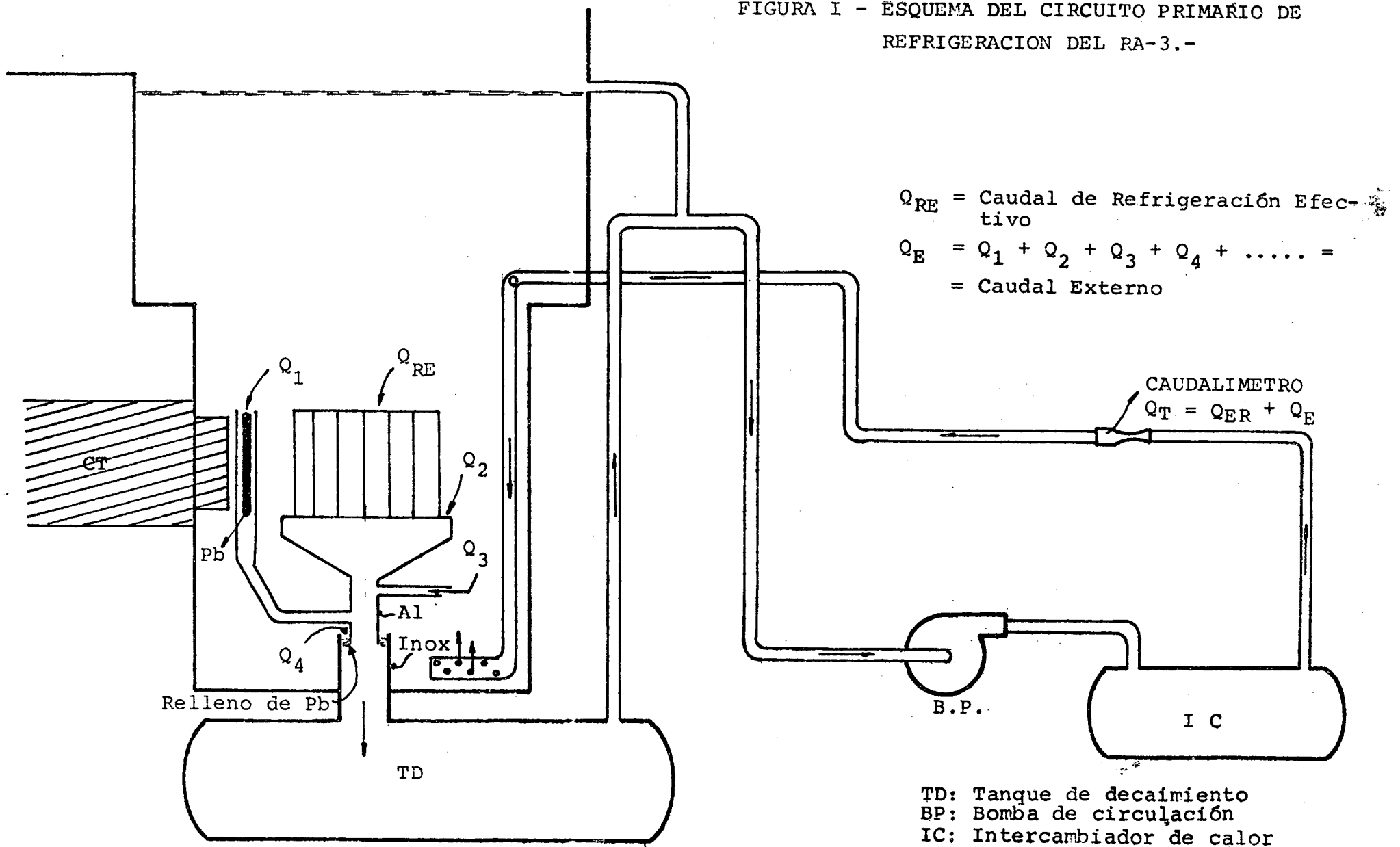
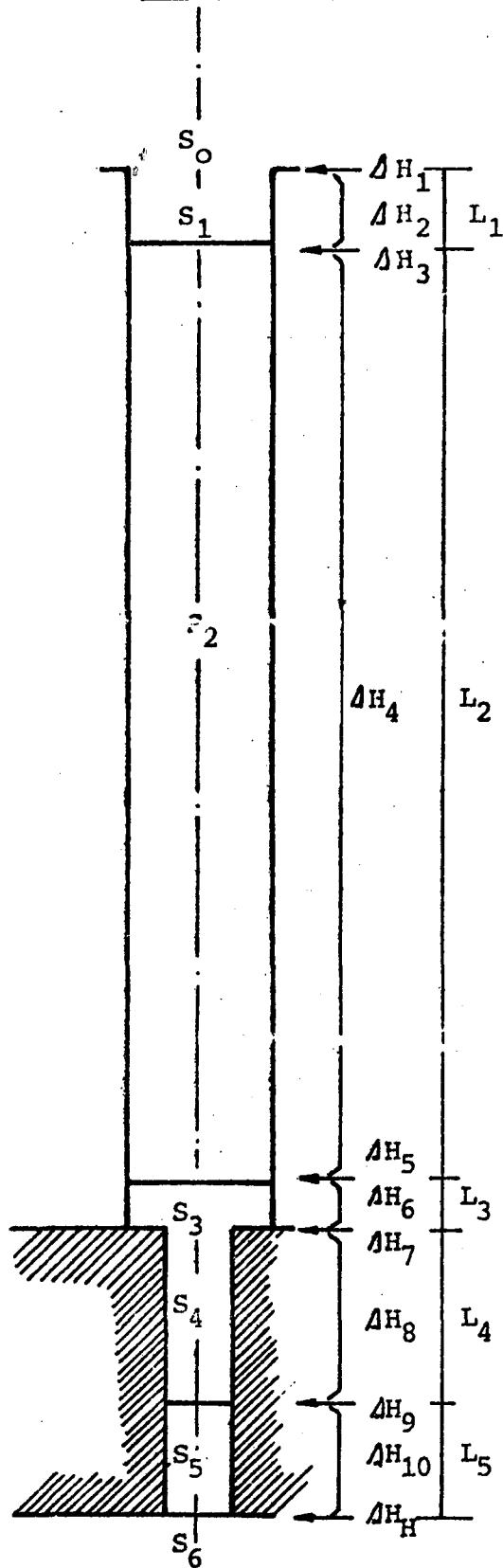


FIGURA I - ESQUEMA DEL CIRCUITO PRIMARIO DE REFRIGERACION DEL RA-3.-



LA CAJA DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES ESTA FORMADA POR
19 ELEMENTOS Y TIENE LAS DIMENSIONES INDICADAS EN
LA FIG.



$$L_1 = 5 \text{ cm} \quad S_1 = 48.47 \text{ cm}^2$$

$$L_2 = 65.5 \text{ cm.} \quad S_2 = 29.475 \text{ cm}^2$$

$$L_3 = 3 \text{ cm} \quad S_3 = 48.47 \text{ cm}^2$$

$$L_4 = 12 \text{ cm} \quad S_4 = 22.48 \text{ cm}^2$$

$$L_5 = 8 \text{ cm.} \quad S_5 = 29.9 \text{ cm}^2$$

$$S_6 = 5166.6 \text{ cm}^2$$

$$d_i = \frac{4 \times S_i}{P_i} \quad \text{PERIMETRO}$$

$$d_1 = 6.95 \text{ cm.}$$

$$d_2 = 0.48 \text{ cm.}$$

$$d_3 = 6.9 \text{ cm}$$

$$d_4 = 5.35 \text{ cm}$$

$$d_5 = 6.17 \text{ cm.}$$

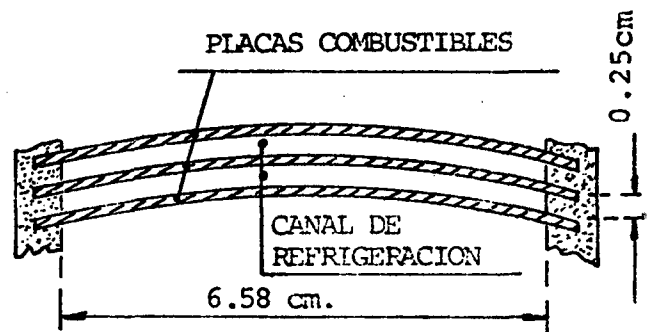


FIG. 2

FIGURA 3 - CIRCUITO DE ENSAYOS HIDRAULICOS PARA SIMULACION
NUCLEO RA-3.-

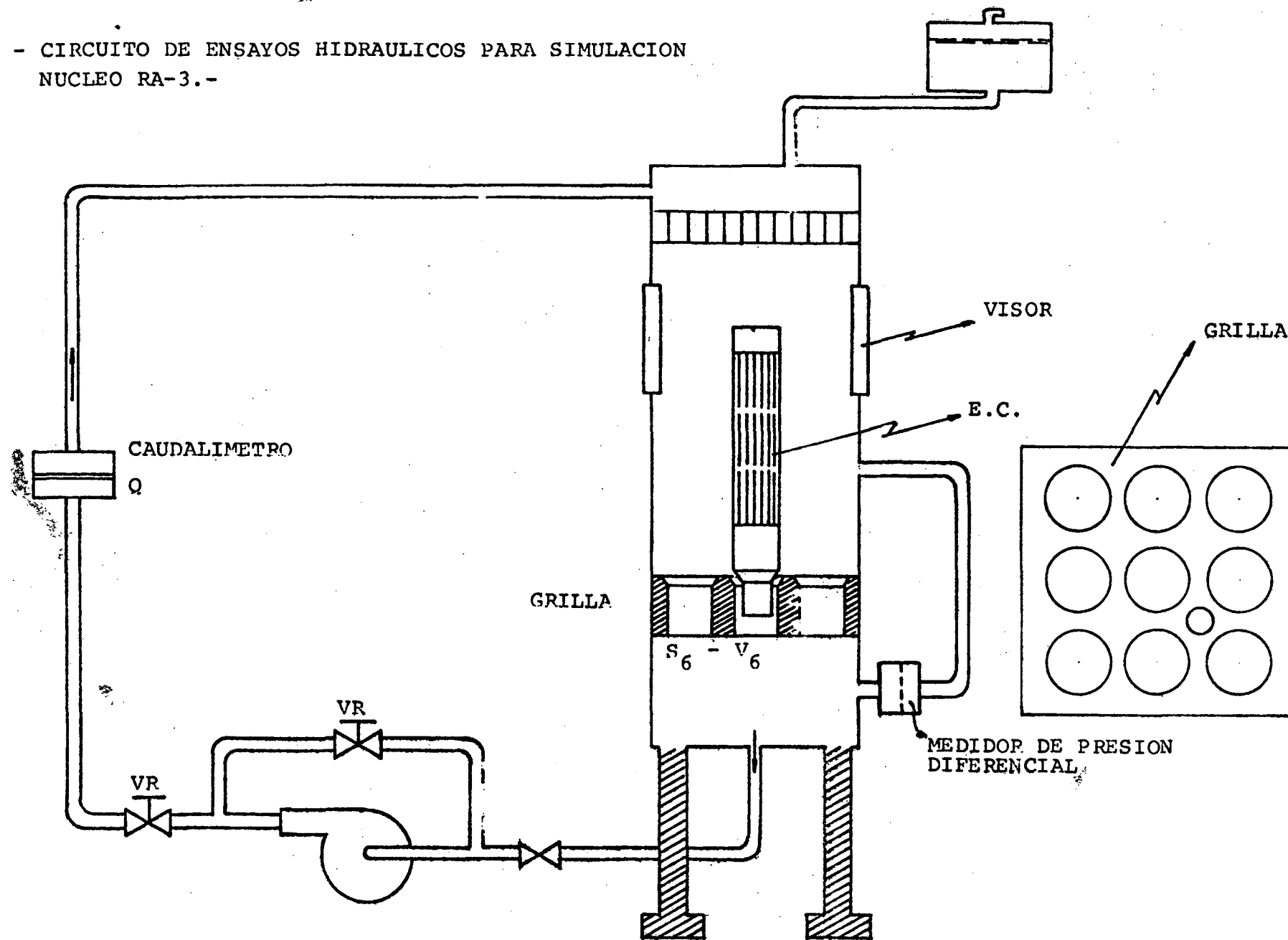


FIGURA 4 - CIRCUITO DE MEDIDA DE PERDIDA DE CARGA EN EL NUCLEO.-

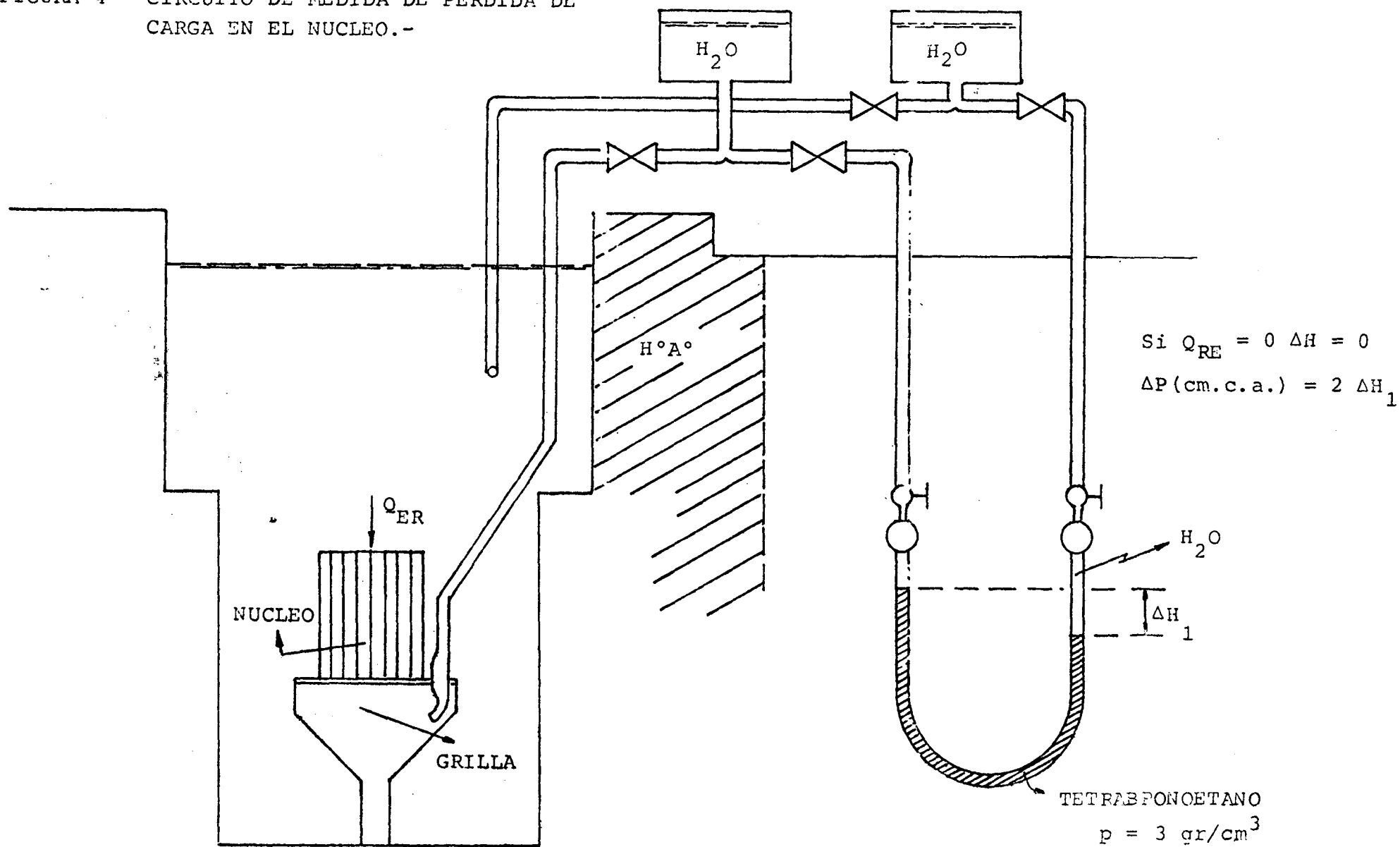


FIGURA 5 - CIRCUITO PRIMARIO DE REFRIGERACION DEL NUCLEO
(simplificado).-

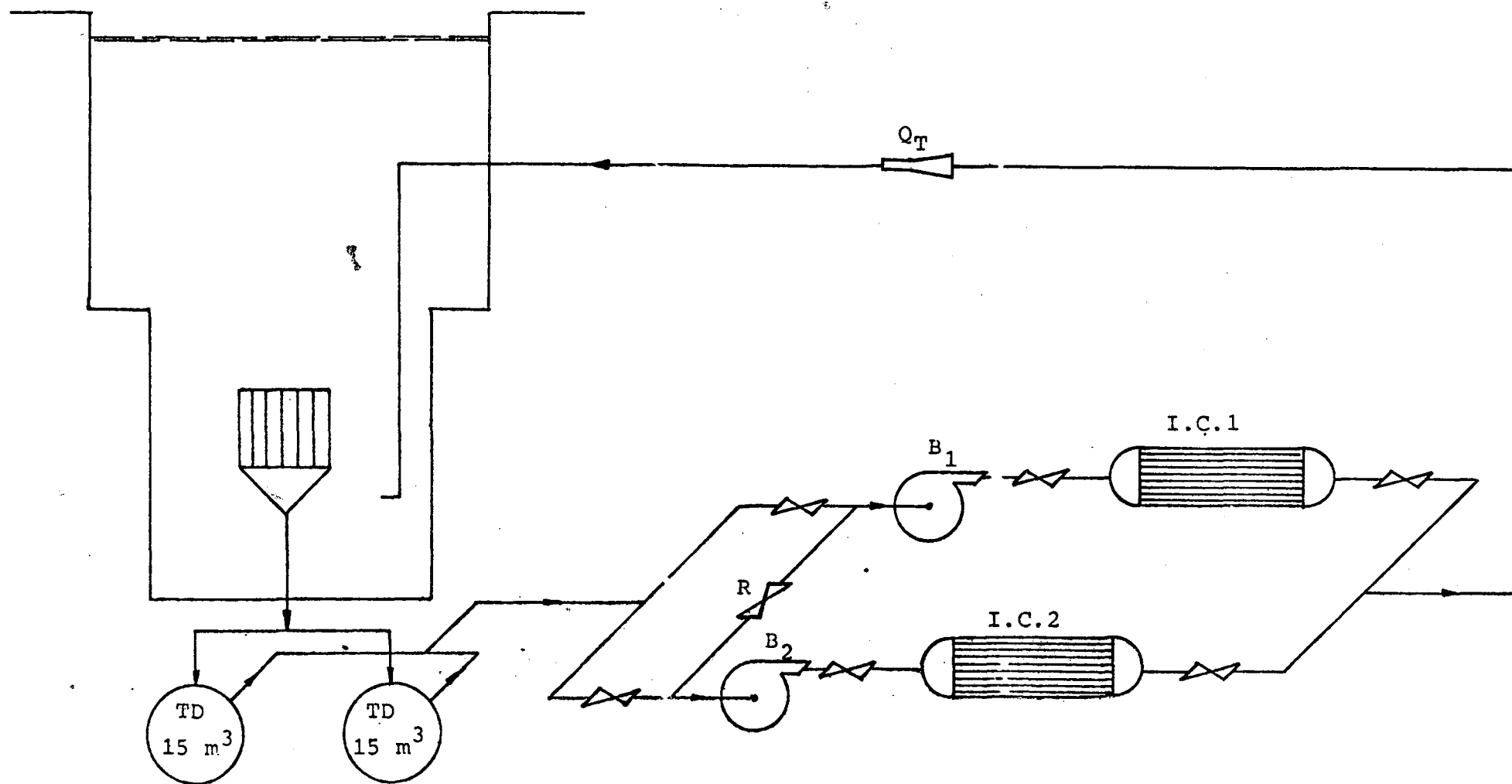


FIGURA 6 - MODOS DE OPERACION

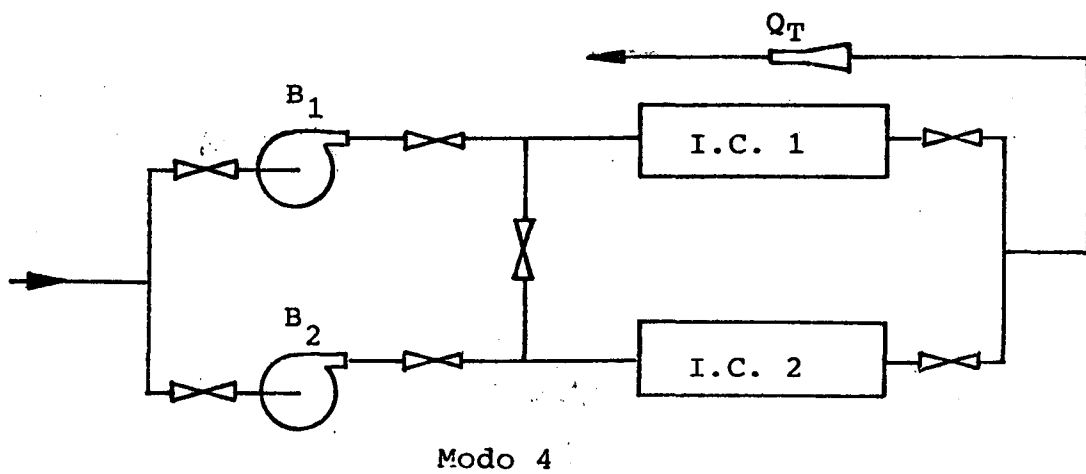
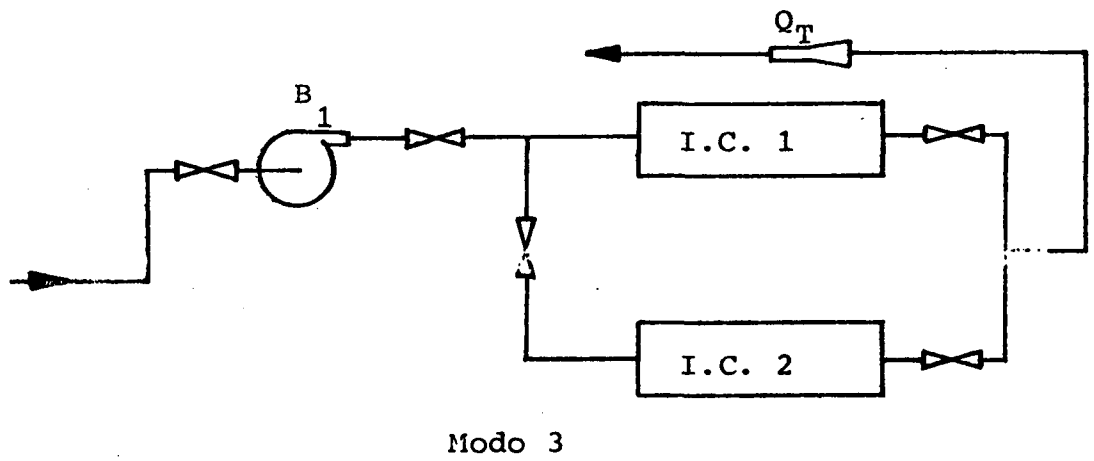
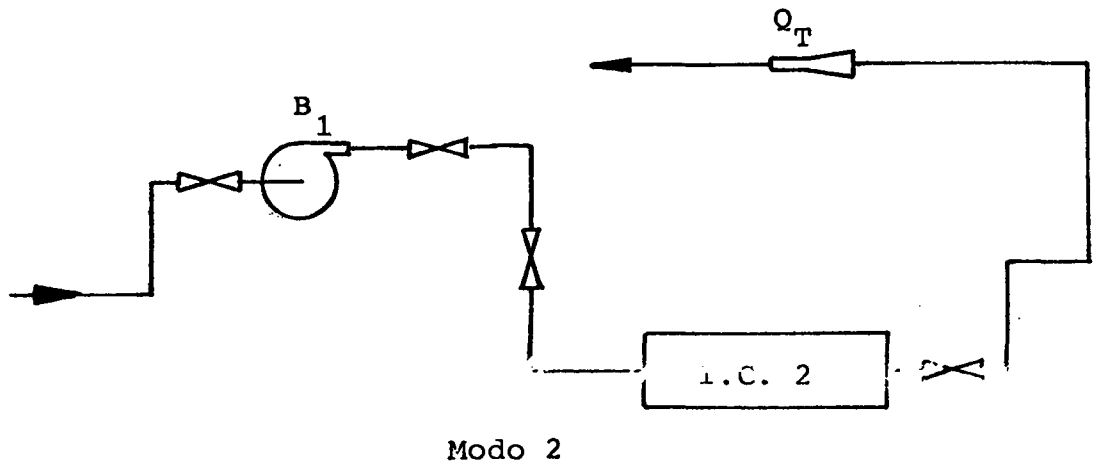
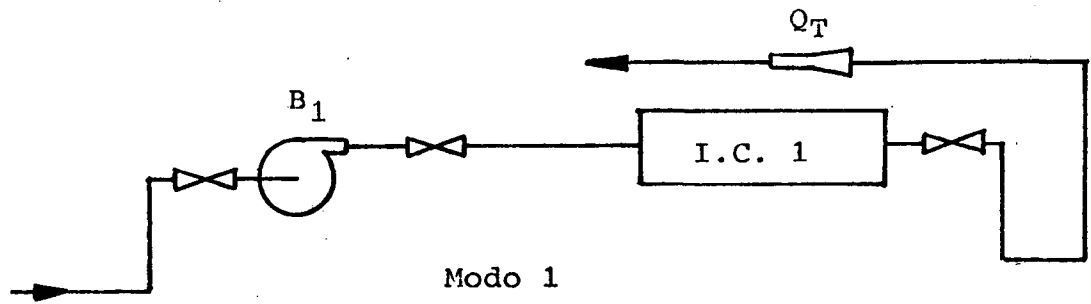
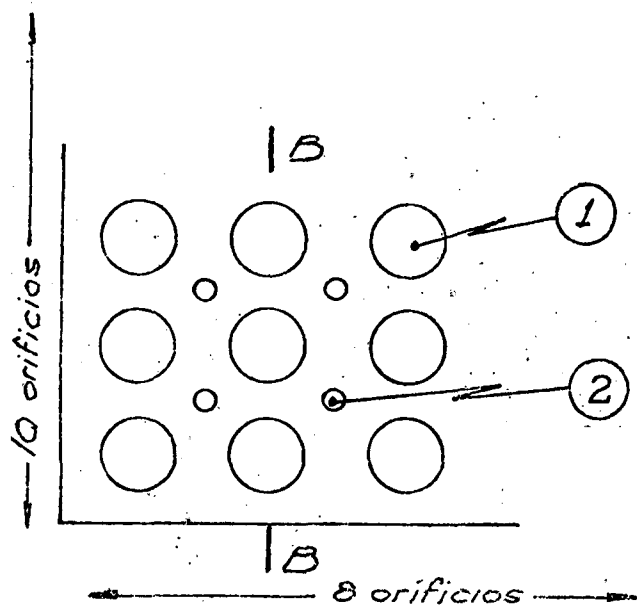


TABLA I

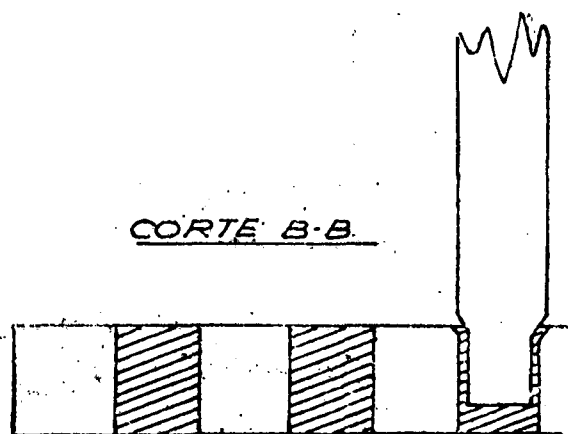
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$v \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$	$Q_c \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	ΔP_{medido} (cm, c.a.) 25°C 2 y 3 cajas	$\Delta H_{11} \text{ (c)}$ (cm, c.a.) 25°C	$\Delta H_{11\text{NU}}$ 25°C (cm, c.a.)	ΔP_{medido} corr. a. NU (cm, c.a.) 25°C	ΔP_{NU} (c) 25°C	ΔP_{NU} (c) 45°C	$R = \frac{\Delta P_{\text{NU}}^{45^\circ}}{\Delta P_{\text{NU}}^{25^\circ}}$	ΔP_{medido} corr. a. NU extrap. 45°C
50	5,30	8,75	0,999	0,8456	8,173	10,2344	9,8406	0,926	7,568
100	10,61	28,75	3,816	3,3824	28,315	35,9693	33,4337	0,929	26,304
150	15,91	60,25	8,586	7,6105	59,221	75,2356	70,0804	0,931	55,134
200	21,22	106,75	15,265	13,5298	105,013	127,1658	118,6370	0,933	97,977
250	26,53	161,75	23,852	21,1403	159,039	191,208	178,6054	0,934	148,540

TABLA II

MODOS DE OPERACION	v (cm/seg)	$\Delta P_{NU}^{30^\circ}$ (cm .c.a.)	$\phi_{m\acute{a}x}$ (W/cm ²)	Pot. m $\acute{a}x$. adm. (MW).	Q _t medido (m ³ /h)	Q _{ER} (m ³ /h)
I	94	25,90	27	4,40	500	340
II	87	22,90	25	4,10	450	315
III	133,0	47,70	38	6,2	645	482
IV	166,0	74,70	45,5	7,4	925	601

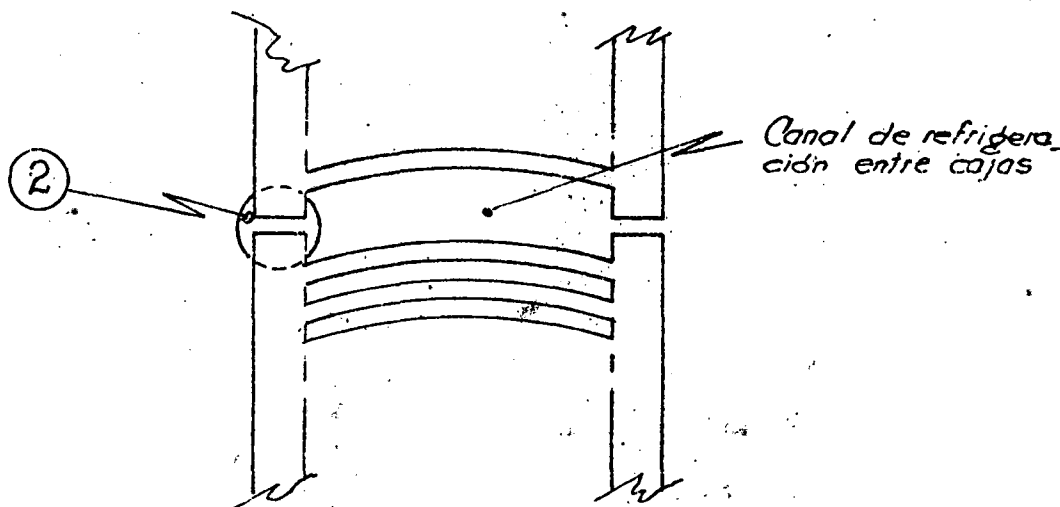


(a)



(b)

- 1.- Orificio que permite el pasaje del caudal que circula por dentro de una caja de elementos combustibles. ($d = 6,17$ cm.)
- 2.- Orificio que permite el pasaje del caudal que circula entre cajas de elementos combustibles.



(c)

B. ALASCIO, *et al.*

11 Settembre 1970

Il Nuovo Cimento

Serie X. Vol. 69 B, pag. 62-72