

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| C. N. E. A. Biblioteca |             |
| ARCHIVO PUBLICACIONES  |             |
| Nº<br>1                | ARG<br>1979 |

04.79.15

RG  
061.3:  
620.179.1  
C76  
1979

NACIONES UNIDAS



PROGRAMA DE LAS N. N. U. U.  
PARA EL DESARROLLO

REPUBLICA ARGENTINA



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA  
C. N. E. A.

ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS



O. E. A.

## I CONFERENCIA REGIONAL SOBRE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

CENTRO CULTURAL GRAL SAN MARTIN  
11 al 15 de Junio de 1979

### RADIOGRAFIA TANGENCIAL A TEMPERATURAS DE HASTA 500°C

EGIDO , Francisco  
(CNEA, Argentina)

TORRES, Miguel Antonio  
(I.A.N, Colombia)

BUENOS AIRES  
Argentina

## RADIOGRAFIA TANGENCIAL A TEMPERATURA DE HASTA 500°C.

### 1.- INTRODUCCION

La puesta a punto de un método radiográfico que permita el control de tuberías en servicio, con temperatura interior relativamente alta, para detectar depósito de grafito, incrustaciones, fallas por fisuración o corrosión, contribuye a resolver problemas en donde habitualmente su inspección exige que el equipo en cuestión salga de servicio.

Los residuos e incrustaciones de coque en codos de serpentes de hornos de destilación de crudos de petróleo, muestran indicaciones muy desvanecidas siendo su identificación difícil, requiriendo técnicas operatorias cuidadosas para la obtención de dicha indicación.

Nuestro objetivo fue obtener la técnica radiográfica de enfoque tangencial que brindase con precisión el valor de los espesores de dichas incrustaciones.

Mediante una serie de patrones tubulares con recubrimiento interno de grafito en diámetro y espesores variables y contando con un porta-chassis para protección de la placa radiográfica. El trabajo se basó en el análisis de las distintas variables involucradas en la obtención de una placa con calidad radiográfica aceptable, en condiciones como las exigidas en la práctica.

#### Equipo y Materiales Utilizados.-

##### Equipo :

De rayos X, "SEIFERT"

##### Características :

200 Kv - ajustable entre 40 y 200 Kv

8 mAmp. - constantes

Tamaño efectivo de foco : 3,0 x 3,0 mm<sup>2</sup>

Angulo de emergencia : 40°

Porta-chassis : de doble pared, con circulación de agua como medio refrigerante.

Pantallas de plomo.

Patrones tubulares recubiertos internamente con grafito.

Película

## 2.- ELABORACION DE LOS PATRONES

El depósito de grafito se logró mediante una mezcla de silicato de sodio con polvo de grafito, usando la menor cantidad de silicato necesaria para darle al polvo la consistencia de una pasta aplicable en la cara interior de los tubos.

Una vez hecho el depósito se colocó en estufa 30 minutos a 60°C, posteriormente fueron maquinadas para obtener los espesores indicados en la tabla N° 1.

Tabla N° 1

| Patron | diam. ext.<br>del tubo | espesor de<br>pared | espesor de<br>grafito |
|--------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| N° 1   | 100 mm                 | 3,6 mm              | 2 mm                  |
| N° 2   | " "                    | " "                 | 4 mm                  |
| N° 3   | " "                    | " "                 | 6 mm                  |
| N° 4   | " "                    | " "                 | 8 mm                  |
| N° 5   | " "                    | " "                 | 10 mm                 |
| N° 6   | " "                    | " "                 | 12 mm                 |

## 3.- PUESTA A PUNTO DE LA TECNICA

Dada la particular geometría de este chasis, descrito en la fig. N° 1, y sin perder de vista el hecho que en la práctica la temperatura circundante limitara el tiempo de exposición, fueron necesarias una serie de experiencias para determinar los espesores de plomo responsables de un filtrado de radiación acorde con la calidad radiográfica, que nos permitiera por una parte obtener la imagen buscada de los espesores de grafito con la mayor nitidez posible. Compatibilizando todo esto con el Kilovoltaje disponible del equipo y los tiempos de exposición lógicos para un trabajo de estas características en planta.

Los valores obtenidos de esta experiencia son los siguientes en cuanto a los espesores de plomo para filtrado y respaldo.

Espesor del filtro anterior : 1 mm en plomo  
Espesor del respaldo : 3 mm en plomo

En cuanto a las pantallas intensificadoras se usaron las incorporadas al rollpac. 0,10 mm.

Se optó por la película Structurix rollpac D7 P, cuyas características son conocidas y de uso general en la industria.

4.- CALCULOS

Espesor total a atravesar por la radiación.

Este espesor, en nuestro caso, fue el resultado de la suma de los equivalentes en hierro de los diversos espesores que muestra la fig. 2.

$$e_{\text{Total eq.}} = e_{\text{Fe atravesado en el tubo}} + e_{\text{paredes porta-chassis}} + e_{\text{eq. agua}} + e_{\text{eq. filtro de Pb}}$$

- a) Hierro atravesado por la radiación en la pared del tubo.  
Debido al camino recorrido por la radiación, desde el enfoque tangencial, se optó por el valor medio de dicho perfil.

$$e = 21 \text{ mm}$$

- b) Paredes del porta-chassis

$$e = 2 \text{ mm}$$

- c) Espesor de agua refrigerante 30 mm

$$e = 3.8 \text{ mm (eq. en hierro)}$$

- d) Espesor del filtro 1 mm en plomo. (en función del kilovoltage usado).

$$e = 11,75 \text{ mm (eq. en hierro)}$$

Por lo tanto el "espesor total equivalente en hierro a atravesar por la radiación" resultó de : 39,55 mm

Cálculo de la distancia fuente - película

Tomamos como penumbra geométrica el valor de 0,4 y aplicamos la siguiente ecuación, ASME, tomo V. (figura 3)

$$U_g = \frac{F \cdot t}{D_o} \quad , \quad D_o = \frac{F \cdot t}{U_g}$$

$$D_o = \frac{3 \text{ mm} \cdot 85 \text{ mm}}{0,4 \text{ mm}} = 637 \text{ mm}$$

Se trabajó con una distancia : fuente - película = 700 mm

Tiempo de exposición.

Disponiendo de los gráficos de exposición para la película usada, se obtuvo para un espesor de 40 mm, y con un kilovoltage de 200 kv., el valor de 104 miliamperminuto.

En función de los 8 mA constantes que entrega el equipo

resultan 13 minutos de exposición.

Control de la capacidad refrigerante del porta - chasis.

Aplicamos el porta-chasis sobre una superficie de  $50 \text{ cm}^2$  cuya temperatura oscilaba en los  $500^\circ\text{C}$ , con un caudal de agua de refrigeración de 12 litros por minuto.

Habiendo colocado en su interior una placa radiográfica en condiciones normales, durante 15 minutos, procediendo luego a su revelado sin notar deficiencia alguna.

Procesado de la película.

En cuanto al proceso de laboratorio, se siguieron las recomendaciones habituales, sin tener nada en particular que comentar.

## 5.- EVALUACION DE LOS RESULTADOS

El punto fundamental de nuestro trabajo es probar que los valores medidos sobre las mismas placas, mediante un calibre, no difiere más de lo permisible respecto a las medidas obtenidas a partir del valor de abcisas de los diagramas recogidos en el densitómetro registrador. Equipo este nada común a los ensayos de planta.

Para la evaluación de nuestro trabajo prestamos especial atención a la diferencia de densidades obtenidas en las distintas áreas de la imagen radiográfica.

Los gráficos obtenidos muestran con claridad la interface hierro-grafito.

Estos graficos, incluidos a continuación, permiten observar la definición y el contraste objetivo de las placas radiográficas.

La tabla siguiente da el valor de los espesores de grafito medidos directamente de la placa en el negatoscopio y el obtenido a partir de los gráficos.

Tabla N° 2

| Patron | Medida<br>directa | Medida<br>del gráfico |
|--------|-------------------|-----------------------|
| 2 mm   | 2,5 mm            | 2,2 mm                |
| 4 mm   | 4,5 mm            | 4,2 mm                |
| 6 mm   | 6,5 mm            | 5,8 mm                |
| 8 mm   | 8,9 mm            | 7,8 mm                |
| 10 mm  | 10,5 mm           | 9,8 mm                |
| 12 mm  | 12,6 mm           | 11,8 mm               |

### CONCLUSIONES

Uno de los principales escollos que presenta trabajar con este tipo de chasis, es indudablemente la radiación dispersa que provoca. Esto nos obligó a probar con diferentes filtros y respaldos. Los valores de un filtro de plomo de 1 mm de espesor y de 3mm en el mismo material como respaldo aportaron la calidad radiográfica necesaria para nuestro objetivo.

En lo que hace al valor de penumbra que se elija para determinar la distancia fuente-película, es obvio que tendrá una influencia directa sobre la exactitud con que pretendemos evaluar los distintos espesores de grafito depositados.

En nuestro caso adoptando una penumbra de 0,4, nos permitió mediciones con un error promedio del orden del 10%.

En cuanto al kilovoltaje de trabajo estuvimos limitado por el valor del equipo, pero contando con uno mayor lograríamos mejorar la calidad de la placa.

Este trabajo debe intentarse repetir con una fuente de iridio, donde respecto de la radiación "X", los inconvenientes para lograr una calidad confiable serán mayores. Aunque una vez puesta a punto esta misma técnica se contará con las ventajas que presenta una fuente isotópica.

Hasta aquí lo que se ha desarrollado en cuanto a la técnica de radiografía tangencial con la finalidad de poder evaluar cuantitativamente depósitos de grafito en las paredes de tubos en servicio.

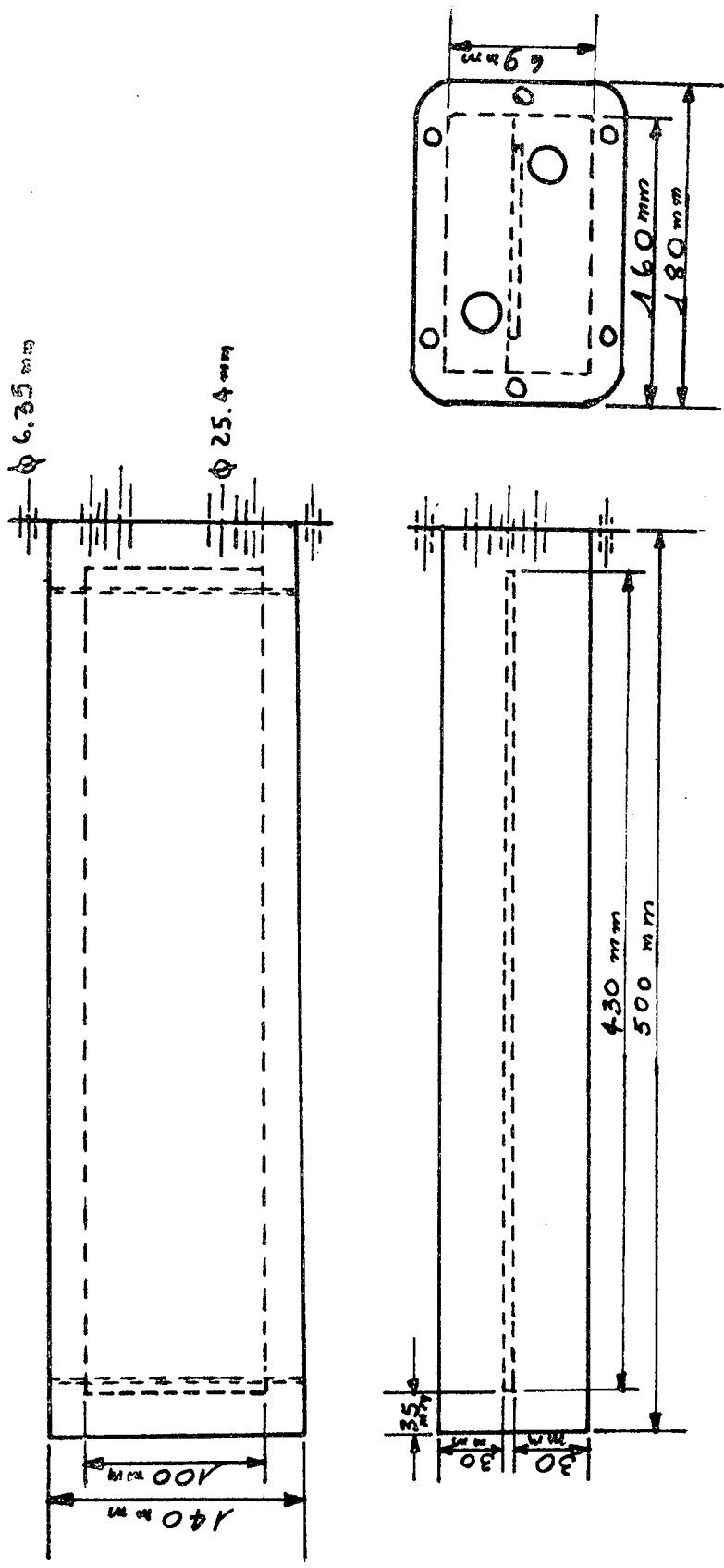


Fig. 1 - PORTA CHASSIS

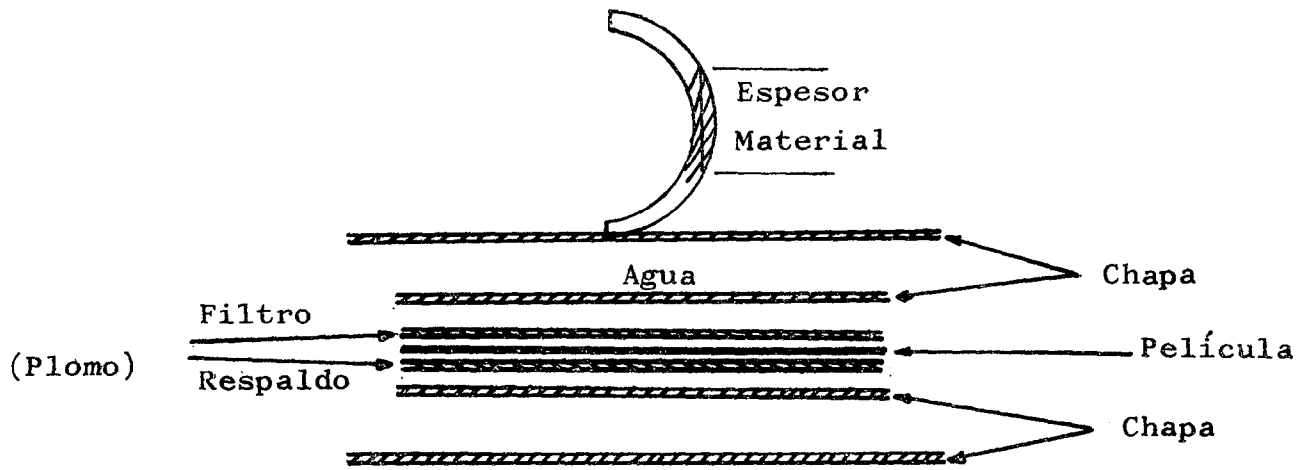


Fig. 2

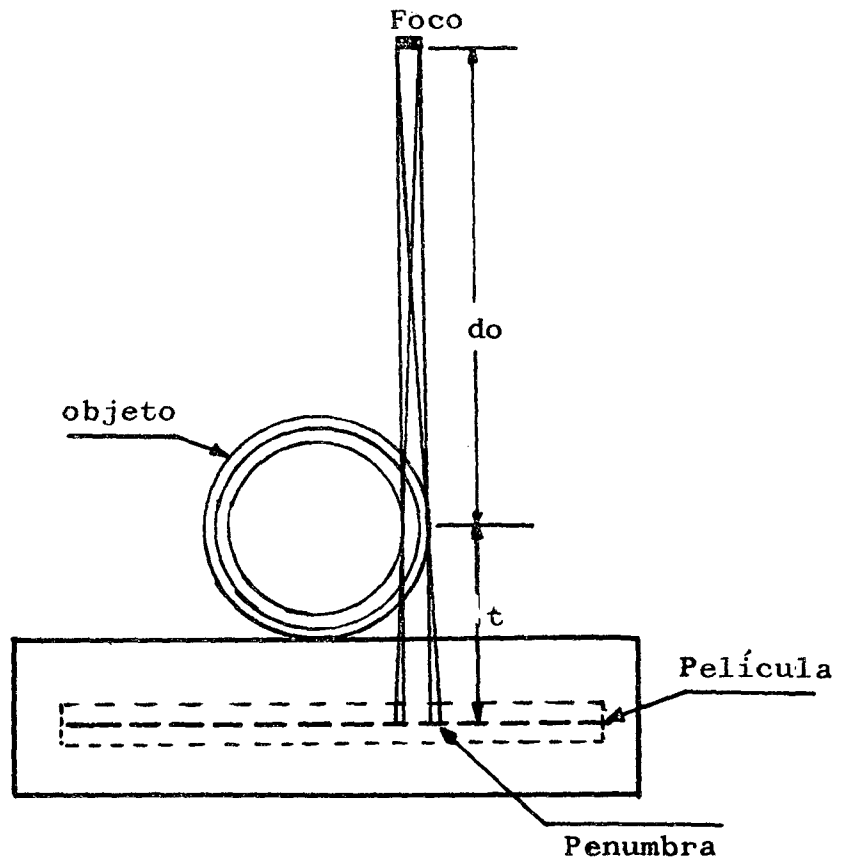


Fig. 3

DIAGRAMA OBTENIDO PARA 2mm DE ESPESOR DE GRAFITO  
CON DENSITOMETRO DE BARRIDO CONTINUO

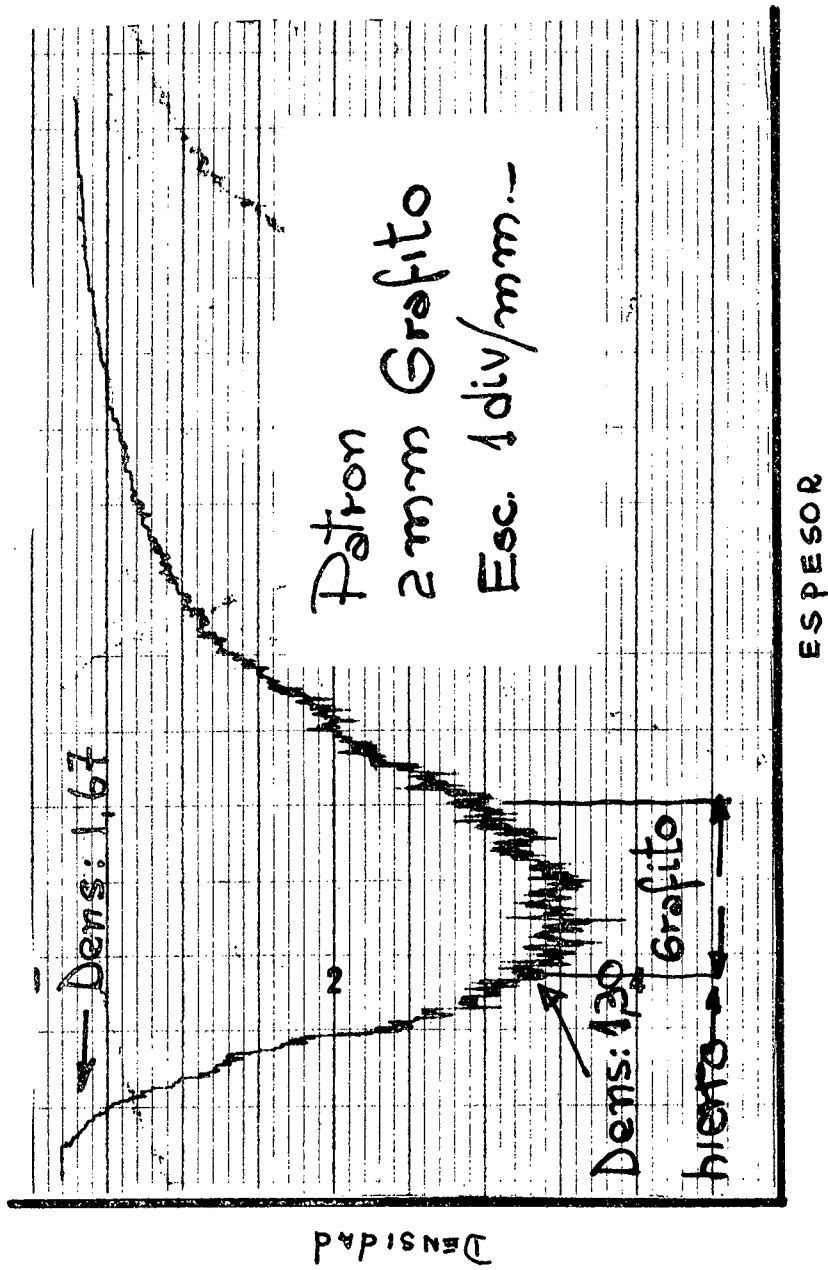


DIAGRAMA OBTENIDO PARA 4 mm DE ESPESOR DE GRAFITO  
CON DENSITOMETRO DE BARRIDO CONTINUO

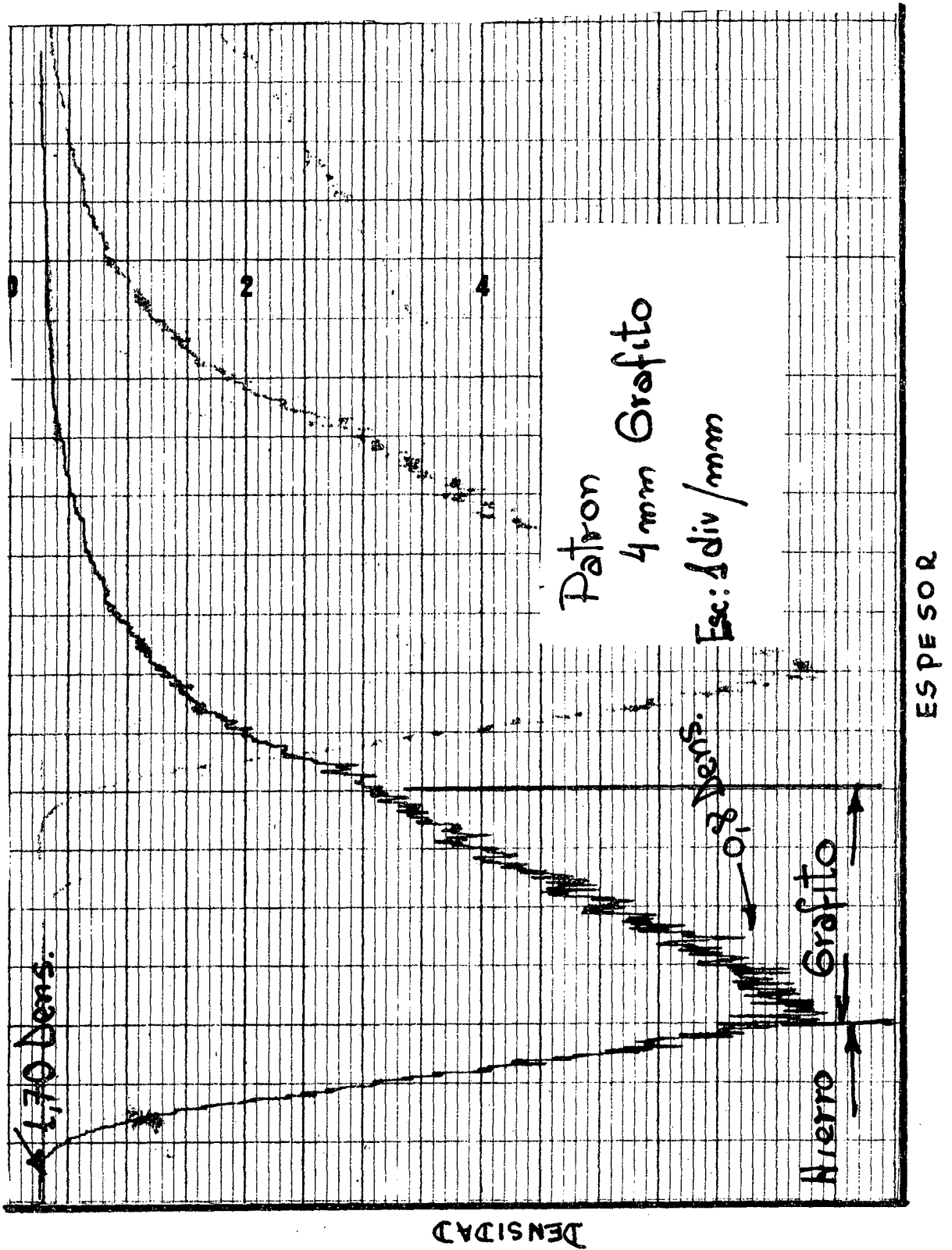


DIAGRAMA OBTENIDO PARA 6mm DE ESPESOR DE GRAFITO  
CON DENSITOMETRO DE BARRIDO CONTINUO

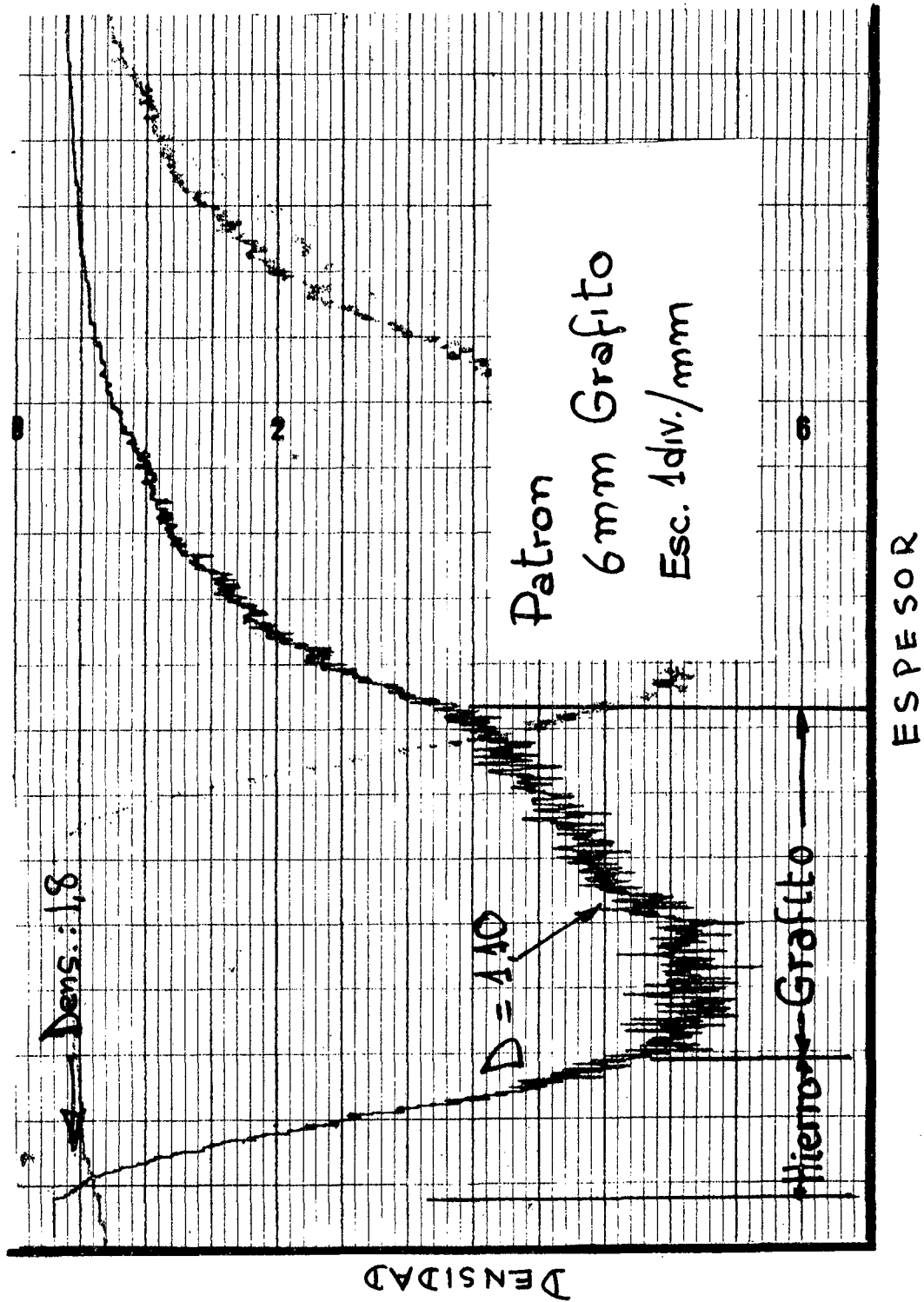




DIAGRAMA OBTENIDO PARA 10mm DE ESPESOR DE GRAFITO  
CON DENSITOMETRO DE BARRIDO CONTINUO

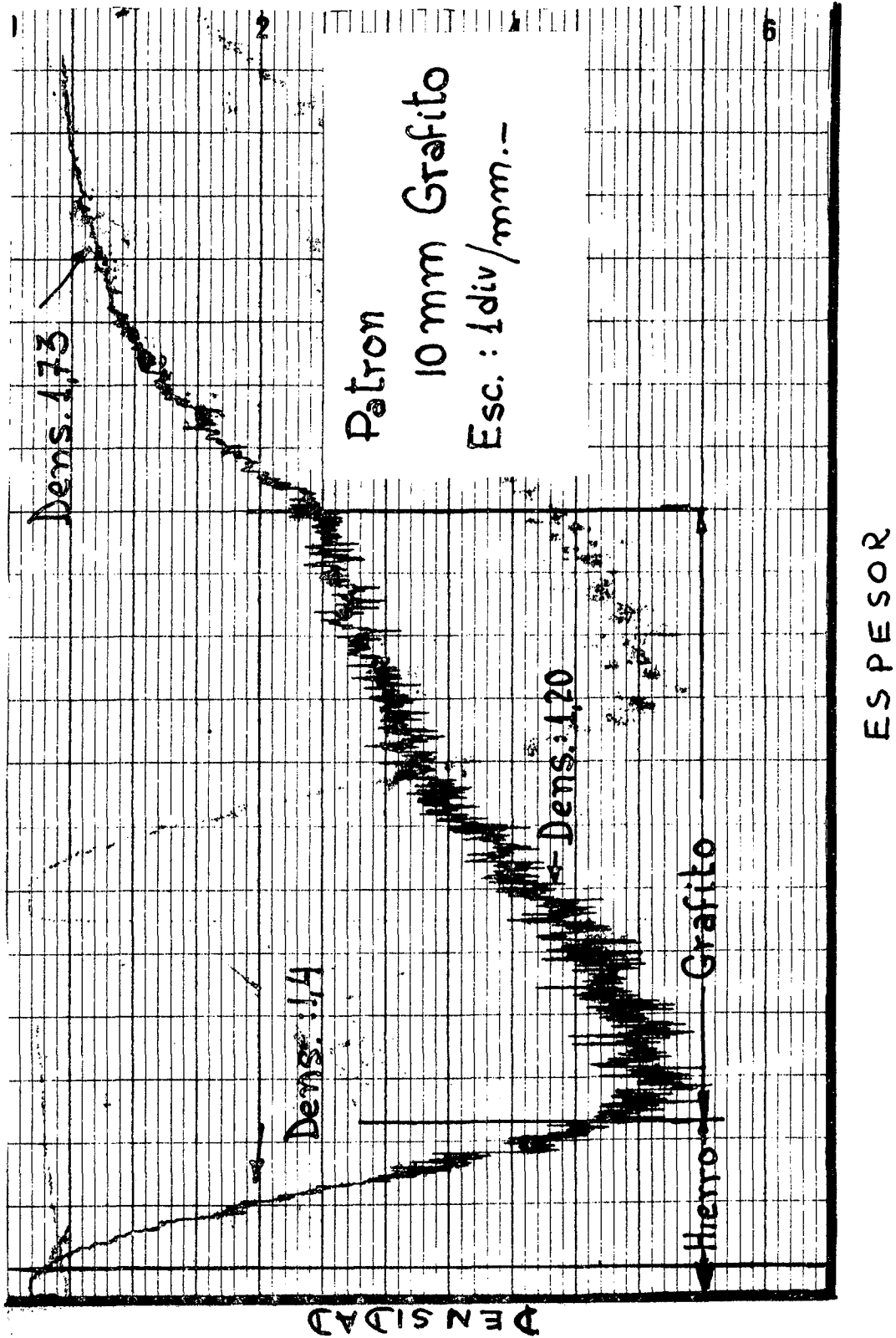
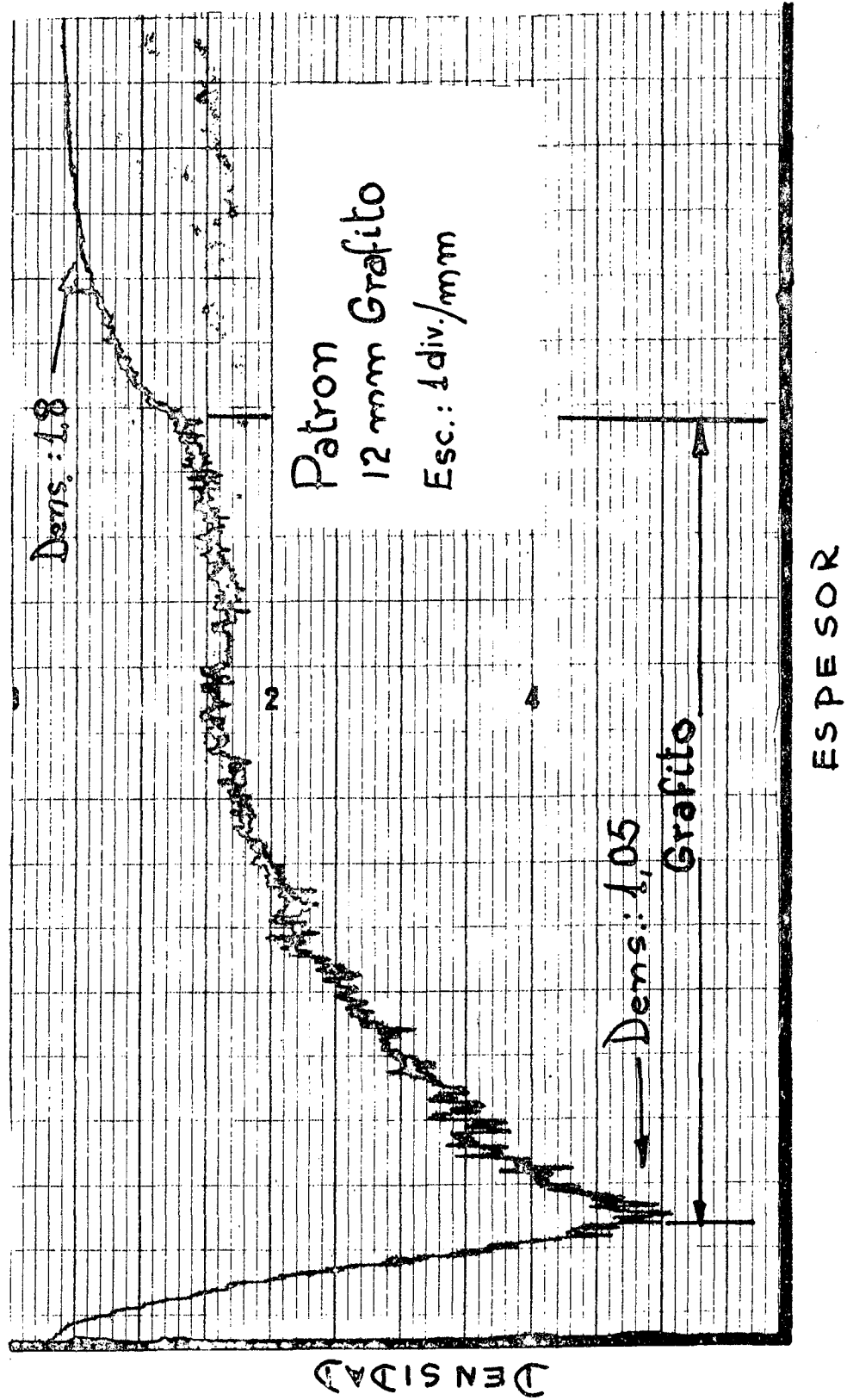


DIAGRAMA OBTENIDO PARA 12 mm DE ESPESOR DE GRAFITO CON DENSITOMETRO DE BARRIDO CONTINUO



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Metals Handbook  
Vol. 1.
- Asme Section 5.  
Edition 1977.
- Why Metals Fails  
R.D. BARER, B.F. PETERS.