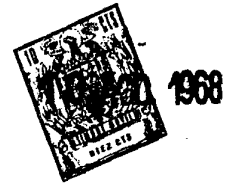


357133

PATENTE DE INVENCION



*Memoria Descriptiva*

*sobre:*

"PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO DE MEDIDA DE LA PERMEABILIDAD DE PAREDES POROSAS"

- - - - -

*Solicitante:*

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, entidad francesa, residente en 29, rue de la Fédération, Paris 15e, Francia.

- - - - -

El presente invento se refiere a un procedimiento de medida de la permeabilidad de paredes porosas, principalmente de barreras microporosas, y de la repartición de los radios de poros, y a un

5. dispositivo para la aplicación del procedimiento.



Se refiere más particularmente a la deter  
minación de los radios de los poros que producen,  
es decir, que permiten la travesía de la pared poro  
sa y la obtención de la curva de permeabilidad de  
5. dicha pared en régimen de absorción variable, utili  
zándose principalmente dichas paredes o "barreras"  
para la filtración, la fabricación de tamices cata-  
líticos, y la separación isotópica.

Tiene por objeto sobre todo hacer dichas  
10. medidas tales que respondan mejor que hasta ahora a  
las diversas exigencias de la práctica, en particu-  
lar por el hecho de que permiten obtener la reparti  
ción de los poros productivos, solo útiles en la se  
paración isotópica por ejemplo, en tanto que los mé  
15. todos conocidos hasta ahora facilitaban la reparti  
ción de toda la superficie de los poros abiertos.

Consiste principalmente -al mismo tiempo  
que en separar por dicha pared porosa susceptible  
de estudio dos compartimientos de un recinto cerra-  
20. do- en crear en uno de dichos compartimientos una  
variación de presión sinusoidal, y en estudiar la am  
plitud y el desfase de la variación transmitida al  
otro compartimiento a través de dicha pared porosa.

Consiste igualmente en un dispositivo para  
25. la aplicación del procedimiento, caracterizado por  
el hecho de que comprende, asociado a uno de los dos  
compartimientos separados por una pared porosa de un  
recinto cerrado, un generador de presión sinusoidal  
compuesto por dos tambores cilíndricos de igual eje  
30. uno de los cuales es móvil en rotación en torno a



dicho eje, estando provisto cada uno de los dos tambores citados de un marco móvil en una sola dirección, siendo accionados ambos marcos citados por dos excéntricas rigurosamente en fase por construcción y fijadas sobre un árbol dispuesto según dicho eje común de los dos tambores mencionados, accionando uno de dichos marcos un fuelle metálico que provoca variaciones de presión, portando el otro un cursor que se desplaza sobre un potenciómetro rectilíneo de precisión que constituye así una fuente de corriente sinusoidal de igual pulsación que dicha presión, previéndose medios para la localización relativa de la posición de un tambor con respecto al otro, estando estos medios principalmente compuestos por una escala graduada y un vernier montados respectivamente sobre las partes situadas frente por frente de los dos tambores mencionados.

De todas formas se comprenderá mejor con ayuda del complemento de descripción que sigue y de los planos anexos, facilitándose dichos complemento y planos, bien entendido, únicamente a título indicativo y no limitativo.

En los planos anexos:

La figura 1 es una vista en perspectiva diagonal parcialmente en supresión de un dispositivo conforme al invento;

La figura 2 es una vista esquemática de un montaje del dispositivo según el invento; y

Las figuras 3 y 4 son respectivamente ejemplos de dos curvas cuyo establecimiento constituye



el fin del invento.

- Sabido es que la permeabilidad  $K$  de un cuerpo poroso se define como la medida del caudal  $G$  de un gas a través de este cuerpo, en relación con el gradiente de presión  $\Delta P$  que da lugar a la siguiente ecuación:
- 5.

$$K = \frac{G}{\Delta P}$$

10.

Todos los métodos actuales miden  $G$ , después  $\Delta P$  y establecen la relación, lo cual lleva implícito, cuando  $G$  y  $\Delta P$  son reducidos, errores relativos importantes. Por otra parte, el equilibrio de  $G$  bajo un cierto  $\Delta P$  es largo de obtener. Como veremos más adelante, el método propuesto elimina totalmente estos defectos y procura una gran precisión.

Con referencia a la figura 2, se van a precisar en primer término los diferentes datos del problema. Los dos compartimientos 1 y 2 del recinto 3 se hallan separados por la pared porosa 4 que ha de estudiarse. El recinto 3 está a la temperatura  $T$ . Las presiones  $P$ , volúmenes  $V$ , y números de moles  $n$ , figuran con el índice 1 del lado del compartimiento 1 y con el índice 2 del lado del compartimiento 2. El compartimiento 1 comprende un fuelle 5 que permite la variación de la presión  $P_1$ . Un manómetro diferencial 6 se halla dispuesto entre los dos compartimientos 1 y 2.

A continuación se expresan cierto número



10 AGO. 1968

de hipótesis, en las cuales, además de los índices 1 y 2 relativos a los dos compartimientos, los datos van acompañados del índice 0 para el tiempo  $t = 0$

a)  $V_2 = \text{constante}$

5.

$$V_1 = V_{10} \left(1 - \frac{P}{P_{10}} \sin \omega t\right) \frac{P}{P_{10}} \ll 1$$

En esta expresión  $P$  es homogénea de una presión, y  $V_{10}$  y  $P_{10}$  son respectivamente el volumen y la presión cuando  $\omega t = 0 \pm n K \pi$ .

10.

b) La permeabilidad  $K$  es constante cuando es fijo el estado de absorción

$$K = \frac{G}{\Delta P} = \text{constante}$$

15.

c) La ley de los gases perfectos es aplicable: las variaciones de presión tienen lugar en terreno restringido (más o menos 1 mm de mercurio)

20.

d) El número total de moles de gas es constante:

$$n_1 + n_2 = \text{constante}$$

$$\text{o sea: } dn_1 + dn_2 = 0$$

25.

e) Al tiempo  $t = 0$

$$P_1 = P_2 = P_{10} = \frac{n_{10} R T}{V_{10}} = \frac{n_{20} R T}{V_2}$$

30.

1ª) Membrana no porosa:  $K = 0$



Tenemos entonces una condición suple-

mentaria:  $n_2 = \text{constante} = n_{20}$

$n_1 = \text{constante} = n_{10}$

Se escribe  $(\Delta P)_{K=0} = R T \left( \frac{n_{10}}{V_1} - \frac{n_{20}}{V_2} \right)$

5.

O sea:

$$(\Delta P)_{K=0} = R T \left[ \frac{n_{10}}{V_{10} \left( 1 - \frac{p}{p_{10}} \text{sen } \omega t \right)} - \frac{n_{20}}{V_2} \right]$$

10.

Como  $\frac{p}{p_{10}}$  es muy pequeño ante 1, por hipótesis

$$(\Delta P)_{K=0} = \frac{R T n_{10}}{V_{10}} \left( + \frac{p}{p_{10}} \text{sen } \omega t \right) - \frac{R T n_{20}}{V_2}$$

15.

Teniendo en cuenta las condiciones iniciales,  $(P_1 = P_2 = P_{10})$

$$(\Delta P)_{K=0} = P \text{sen } \omega t$$

20.

Se observa que P no es otro que la amplitud de las variaciones de presión.

25.

Por otra parte, la presión  $P_1$  está desfasada exactamente  $\pi$  con relación al volumen  $V_1$ , en ausencia de cualquier fuga de gas (permeabilidad nula). Consideramos sin embargo como origen de las fases la presión y no el volumen para eliminar la constante  $\pi$ .

2º Membrana porosa  $K \neq 0$

Tenemos ahora:

30.



AGO. 1964

$$\frac{dn_1}{dt} = -K \Delta P$$

Al cabo del tiempo t, ha difundido:

5.

$$\Delta n_1 = -K \int_0^t \Delta P dt$$

Como consecuencia:  $n_1 = n_{10} + \Delta n_1$

y  $n_2 = n_{20} - \Delta n_1$

10.

De donde:

$$\Delta P = RT \left( \frac{n_{10}}{V_1} - \frac{n_{20}}{V_2} \right) - \Delta n_1 RT \left( \frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} \right)$$

15.

O sea:

$$\Delta P = (\Delta P)_{K=0} + \Delta n_1 RT \left( \frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} \right)$$

20.

$$\Delta P = P \text{ sen } wt - K RT \left( \frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} \right) \int_0^t \Delta P dt$$

Reemplacemos  $\frac{1}{V_1}$  por  $\frac{1}{V_{10}} \left( 1 + \frac{P}{P_{10}} \text{ sen } wt \right)$

25.

$$P = P \text{ sen } wt - K RT \left( \frac{1}{V_{10}} + \frac{1}{V_2} \right) \int_0^t \Delta P dt$$

$$- \frac{K RT}{V_{10}} \frac{P}{P_{10}} \text{ sen } wt \int_0^t \Delta P dt$$

30.

Se plantea que:  $P = y$



$$5. \left. \begin{aligned} \frac{K R T}{v_{10}} &= \lambda_1 \\ \frac{K R T}{v_2} &= \lambda_2 \end{aligned} \right\} \lambda_1 + \lambda_2 = \lambda$$

La ecuación anterior se describe en este caso:

$$10. \quad y = P \operatorname{sen} wt - \lambda \int_0^t y \, dt - \lambda_1 \frac{P}{P_{10}} \operatorname{sen} wt \int_0^t y \, dt$$

Se hace observar que si:

$$P = \frac{1}{2} \text{ mm de mercurio}$$

$$15. \quad P_{10} = 760 \text{ mm de mercurio}$$

$$\frac{P}{P_{10}} = \frac{1}{760}$$

$$\text{Además: } \lambda_1 \approx \frac{\lambda}{2}$$

20. El último término de la ecuación es por tanto insignificante:

$$y = P \operatorname{sen} wt - \lambda \int_0^t y \, dt$$

25. Por derivación, obtenemos una ecuación diferencial del primer orden de resolución clásica:

$$\boxed{y' + \lambda y = P w \cos wt}$$

30. La solución completa se traduce por:



$$y = P \cos \varphi \sin (\omega t + \varphi) - P \cos \varphi \sin \varphi e^{-\lambda t}$$

5. con  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\lambda}{\omega}$

0 sea 
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{K R T}{\omega} \left( \frac{1}{V_{10}} + \frac{1}{V_2} \right)$$

10.

$V_{10}$  y  $V_2$  son constantes de construcción.

$R T$  es constante para una manipulación determinada.

El término exponencial es una transitoria que desaparece muy rápidamente.

15. Si se puede conocer  $\varphi$  y  $\omega$ , se obtiene  $K$ .

Observaciones: 1) para tener  $K$  en valor absoluto, es preciso calibrar la instalación y conocer los volúmenes  $V_{10}$  y  $V_2$ . De hecho, lo que interesa es la forma de la curva y el espectro de repartición de radios

20. de poros que se deduce de la misma. También no conservaremos sino la fórmula:

$$K = \omega \operatorname{tg} \varphi$$

25. Si se conoce de antemano  $\omega$ , la única medida a efectuar es la de  $\varphi$ .

2) Se demuestra fácilmente que el mínimo de errores sobre  $K$  tiene lugar cuando se sitúa en torno al valor óptimo  $\varphi = 45^\circ$ . A título de ejemplo,

30. efectuándose la medida a más o menos 30 minu-



tos exactamente, tendremos como precisión sobre K:

$$2\% \text{ si } 30^\circ \leq \varphi \leq 60^\circ$$

$$2,5\% \text{ si } 22^\circ \leq \varphi \leq 68^\circ$$

5. 3) Según la observación anterior, se concibe que para una permeabilidad determinada K, se puedan poseer varios pares, ( $\varphi$ ,  $w$ ). La media de los valores obtenidos asegura una precisión sobre K de 1%.
10. 4) Conviene verificar, antes de cualquier medida en permeabilidad variable, que  $\varphi = 0$  para  $K = 0$ . Puede que, según el captador de presión utilizado, se compruebe, para las pulsaciones elevadas, un retardo de fase  $\varphi_p$  (fase parásita). Tenemos entonces que:
15. 
$$\varphi \text{ medido} = \varphi + \varphi_p$$
20. Con referencia a la figura 1, se describe a continuación un ejemplo de captador de presión de acuerdo con el invento, es decir, un dispositivo capaz de accionar el fuelle 5 de la figura 2 de manera satisfactoria para la utilización del procedimiento del invento.
25. Se compone de dos marcos o bastidores 7 y 8 que no pueden desplazarse más que en una dirección. Son accionados con ayuda de dos excéntricas 9 y 10 rigurosamente en fase por construcción, que siguen un movimiento sinusoidal puro. Todos los deslizamientos han sido reemplazados por rodamientos a bolas o
- 30.



10 AGO. 1950

ruedecillas para procurar un funcionamiento suave y exento de vibraciones, por ejemplo sobre los soportes 11, 12 y 13, 14 respectivamente.

5. El marco o bastidor 8 se utiliza para crear las variaciones de presión, por el fuelle metálico 5 o cualquier otro medio que de el mismo resultado. El otro marco 7 porta un cursor 15 que se desplaza a lo largo de un potenciómetro rectilíneo de precisión 16 y constituye así una fuente de corriente sinusoidal de igual pulsación que la presión.

10. Cada marco o bastidor se desplaza en el interior de los tambores 17 y 18 cuyo eje 19 es el del árbol motor 20.

15. El tambor 17 que porta el potenciómetro es móvil en rotación en torno al eje común 19. En su contorno se halla gravada una escala 21 graduada en grados.

20. El tambor 18 generador de presión es fijo y sirve de soporte al conjunto. Lleva un vernier 22 de precisión 5 minutos con relación a la escala móvil 21.

#### Principio de la medida

25. La señal eléctrica emitida por el potenciómetro 16 está desfasada cierto ángulo  $\varphi_m$  con respecto al origen (el movimiento del fuelle 5). Basta hacer girar el tambor móvil 17 para llevar, por comparación, la señal potenciométrica en fase con la del captador de presión. Se lee entonces el valor del ángulo  $\varphi_m$ . Si las fasas parásitas son nulas,  $\varphi_m = \varphi$ . La permeabilidad es igual a  $w \operatorname{tg} \varphi$ .

30.



10 AGO. 1968

Un tornillo sinfin con un fileto que engrana con una corona de 360 dientes permite la rotación (y la inmovilización) del tambor móvil 17 con respecto al tambor fijo 18. Una vuelta del tornillo hace pues girar el tambor un grado. Se prevé un desbloqueo rápido del tornillo sinfin.

La comparación que permite la puesta en fase de las dos señales eléctricas se efectúa de forma cómoda en un registrador de dos vías rectangulares X Y. Si las dos tensiones están desfasadas, se obtiene una elipse. En la fase, tenemos una recta.

Las diferentes pulsaciones  $w$  son alimentadas por una caja de 2 velocidades accionada por un motor sincrónico (1500 r.p.m.) sobrepotente. Las velocidades reales son rigurosamente comprobadas e iguales a las velocidades teóricas. La gama utilizada depende de las permeabilidades encontradas, o sea 0,125 a 25 vueltas/minuto para las barreras utilizadas.

El resto de la instalación tiende a obtener estados de absorción estables y conocidos. El esquema de montaje constituye el objeto de la figura 2.

La barrera 4, a la temperatura  $T_B$ , constituye el punto caliente del conjunto. El evaporador 23 cuya temperatura  $T_F$  es inferior o a lo sumo igual a  $T_B$ , condiciona la presión del vapor adsorbible en el aparato. La manipulación se desarrolla en dos tiempos.

1) Establecimiento de la presión de vapor



10 ACO. 1968

deseada, es decir, de un estado de adsorción determinado:

- se abren las 4 electroválvulas tales como 24,
- 5. - se pone en funcionamiento la bomba de circulación 25,
- se prevee un deshidratante 26.

Al cabo de algún tiempo, que depende del poder de adsorción de la barrera 4, se detiene la bomba 25, y se cierran las electroválvulas 24. Puede efectuarse la medida de permeabilidad.

2) Medida de K

Se pone en acción el fuelle 5 y se efectúa la puesta en fase. El ángulo  $\psi_m$  es leído sobre el tambor graduado 17 (figura 1).

Para estar seguro de haber alcanzado el equilibrio de adsorción correspondiente a la presión de vapor facilitada por el punto frío, se recomiendan las operaciones 1 y 2. Si la segunda medida de  $\psi_m$  es la misma, se ha alcanzado el equilibrio. Puede cambiarse entonces la temperatura  $T_F$  para obtener otra presión relativa  $P/P_0$ .

La figura 3 muestra el género de curva que se obtiene

25.

$$K = f (P/P_0)$$

de la permeabilidad de la barrera estudiada en función de las presiones relativas.

30.

Asimismo la figura 4 muestra la clase de



curva que se obtiene

$$\frac{\Delta K}{\Delta r} = f(\bar{n}_p)$$

5.

de la repartición de los radios de los poros productivos.

Bién entendido, y como se desprende por otra parte de cuanto antecede, el presente invento no se limita en modo alguno a la forma de aplicación ni tampoco al ejemplo de realización, más particularmente descritos y representados; por el contrario, comprende todas las variantes.

NOTA

Descrita suficientemente la naturaleza del invento así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de Patente presentada en Francia con fecha 10 de agosto de 1967, y bajo el nº PV. 117.600, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España sobre: "PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO DE MEDIDA DE LA PERMEABILIDAD DE PAREDES POROSAS"; caracterizándose por lo siguiente:



1a.- Procedimiento de medida de la permeabilidad de paredes porosas, en particular de barreras microporosas, y de la repartición de los radios de poros, caracterizado porque, al mismo tiempo que se separan, mediante dicha pared porosa que ha de estudiarse, dos compartimientos de un recinto cerrado, se crea en uno de dichos compartimientos una variación de presión sinusoidal, y se estudia la amplitud y el desfase de la variación transmitida al otro compartimiento a través de dicha pared porosa.

2a.- Dispositivo para la aplicación del procedimiento según la reivindicación 1a, caracterizado porque comprende, asociado a uno de los dos compartimientos separados por una pared porosa de un recinto cerrado, un generador de presión sinusoidal compuesto por dos tambores cilíndricos de igual eje uno de los cuales es móvil en rotación en torno a dicho eje, estando provisto cada uno de dichos dos tambores de un marco o bastidor móvil en una sola dirección, siendo accionados los dos marcos o bastidores citados por dos excéntricas rigurosamente en fase por construcción y fijadas sobre un árbol dispuesto según dicho eje común a los dos tambores citados, accionando uno de dichos marcos o bastidores un fuelle metálico que provoca variaciones de presión, por tanto el otro un cursor que se desplaza sobre un potenciómetro rectilíneo de precisión que constituye así una fuente de corriente sinusoidal de igual pulsación que dicha presión, previéndose además medios para la localización relativa de la posición de un

10 AGO 1968

tambor respecto al otro, estando estos medios compu-  
estos principalmente por una escala graduada y un  
vernier montados respectivamente sobre sectores si-  
tuados uno enfrente del otro de dichos dos tambores.

5. 3ª.- Procedimiento y dispositivo de medi-  
da de la permeabilidad de paredes porosas; tal y co-  
mo queda sustancialmente descrito en la presente Me-  
moria y dibujos adjuntos.

10. Esta memoria consta de 16 hojas escritas  
a máquina por una sola cara.

Madrid,

10 AGO. 1968

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE.

J. GOMEZ DE BO Y LODEZ  
p. p. Firmador: GARCIA BRAYO

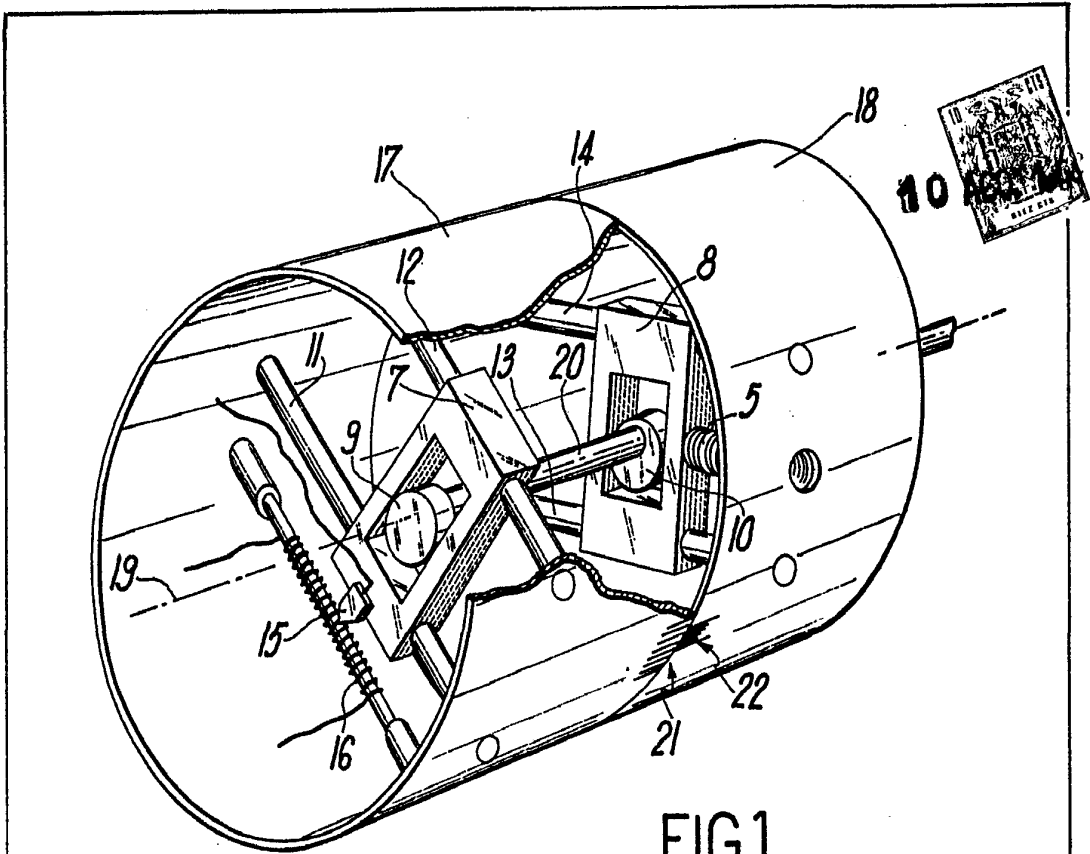


FIG. 1

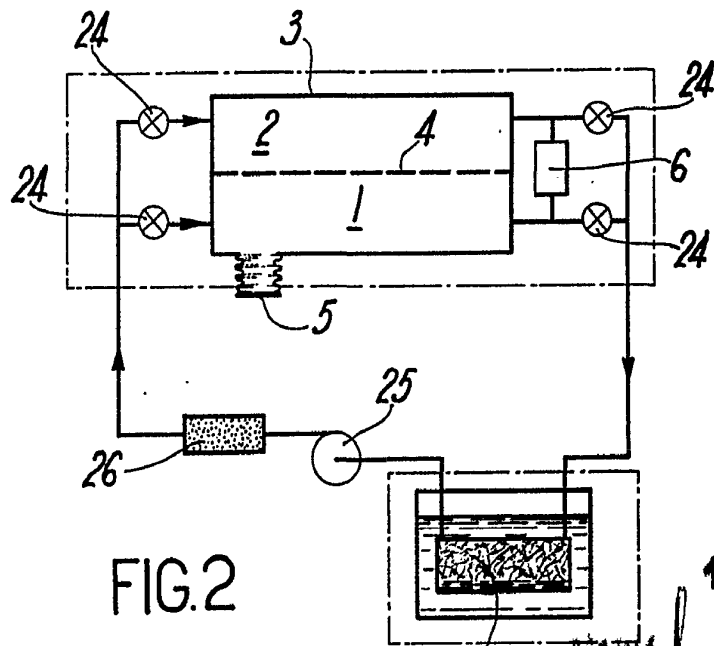
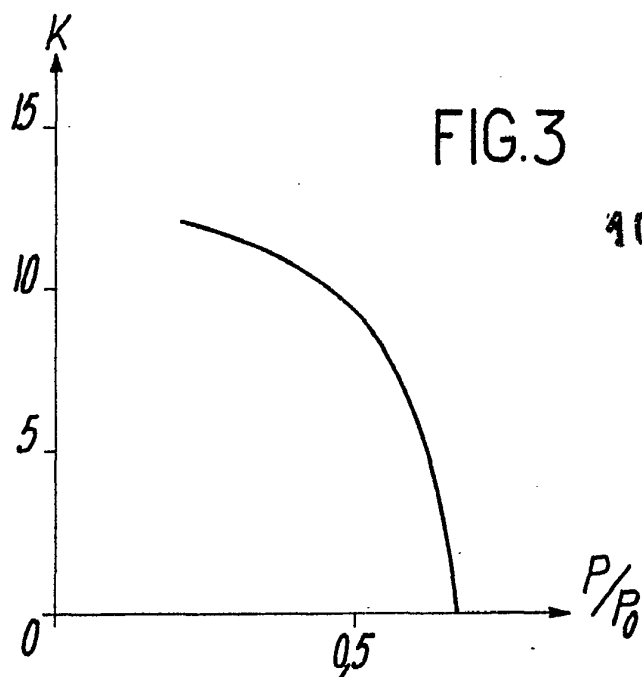


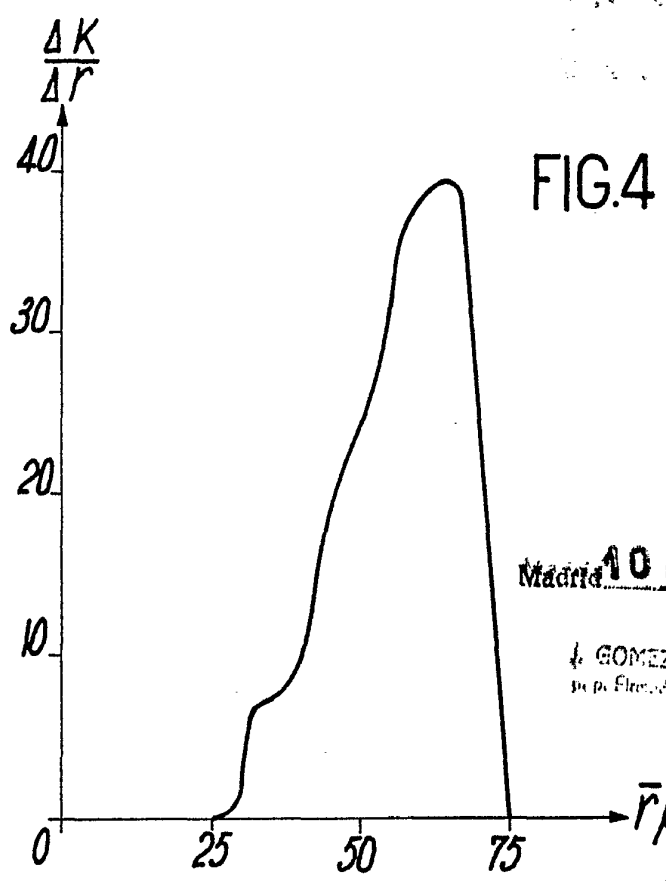
FIG. 2

10 ACO. 1968

J. GOMEZ ACEBO Y MODEY  
p. p. Firmado GARCIA BERRIO



10  
40 AGO. 1968



Madrid 10 AGO. 1968

J. GOMEZ PABLO Y MODET  
Ingeniero de Minas

*[Handwritten signature]*