

RELACIÓN ENTRE LA RUGOSIDAD Y LA POROSIDAD EN ROCAS

M. R. Landau*, E. N. Hogert, N. G. Gaggioli,***

Comisión Nacional de Energía Atómica, CAC, Gerencia de Desarrollo, Departamento INEND,
Grupo de Óptica y Láser, Libertador 8250, (1429) Buenos Aires.

M. A. Rebollo**

Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, Laboratorio Láser,
Paseo Colón 850, (1063) Buenos Aires.

La porosidad de rocas es un parámetro muy importante para la determinación del rendimiento de pozos petrolíferos. La experiencia adquirida por nuestro grupo de trabajo en la determinación por métodos ópticos, de la rugosidad de superficies, y en el estudio de distintos medios de características aleatorias, nos indujo a extender su aplicación al estudio de la porosidad. Utilizando el método de correlación de speckles producidos por la luz dispersada al iluminar un corte de una roca porosa, encontramos una relación lineal entre la medida de la decorrelación y la magnitud de la porosidad. Se presentan los resultados obtenidos para muestras extraídas de pozos petrolíferos de la Argentina.

The rocks porosity is a very important parameter for the oil wells performance determination. Our work team has great experience in the determination, by optics methods, of the surfaces roughness, and also in the study of different means of aleatory characteristics too. This experience induced us to extend its application to the porosity study. Using the speckles correlation method, produced by the scattered light when a porous rock cut is illuminated by a laser, we find a linear relation between the decorrelation and the porosity magnitude. We present here the obtained results for extracted samples from domestic oil wells.

I. INTRODUCCIÓN

Nuestro grupo de trabajo desarrolló un método de correlación de speckles digital, para determinar rugosidad de superficies en muestras que presentan una distribución aleatoria gaussiana de alturas. Esta técnica¹⁻² está basada en el análisis del comportamiento de la correlación de dos figuras de intensidad de speckles, obtenidas antes y después de rotar la superficie en estudio un pequeño ángulo $\delta\theta$ (ver Fig. 1). Así, a través de un algoritmo matemático, se puede determinar el parámetro característico Ra (desviación cuadrática media de las alturas).

Una de las magnitudes que caracterizan un reservorio rocoso de petróleo es la porosidad p , porque determina la capacidad de almacenamiento de la roca. Esta porosidad es definida³ como la fracción del volumen total que no está ocupada por el sólido, y se expresa generalmente como un porcentaje, o sea:

$$p \% = 100 \cdot \text{vol. poroso} / \text{vol. total} \quad (1)$$

o

$$p \% = 100 \cdot (\text{vol. total} - \text{vol. de granos}) / \text{vol. total}$$

Como la porosidad superficial presenta características aleatoria semejantes a la rugosidad de una superficie, se utilizó el método de correlación de speckles para caracterizar testigos de coronas obtenidos de pozos petrolíferos. Se ha demostrado estadísticamente que la porosidad superficial es igual a la porosidad volumétrica.

Anteriormente⁴ se mostró que existía una relación entre la porosidad y el valor de la rugosidad obtenido por esta técnica. En el presente trabajo se varió la configuración óptica, se optimizó la frecuencia de muestreo de las figuras de speckles y se mejoró la relación señal-ruido en el sistema de detección. Bajo estas condiciones, se pudo comprobar que existe una relación lineal entre la porosidad y la rugosidad determinada por esta técnica.

* Becario CNEA.

** Técnica del CONICET.

*** Investigador del CONICET.

II. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

El dispositivo experimental es el que muestra la Fig. 1. Un haz láser incide, a través de una lente cilíndrica, sobre el corte de roca. El foco de la lente se encuentra sobre la superficie a inspeccionar, pro-

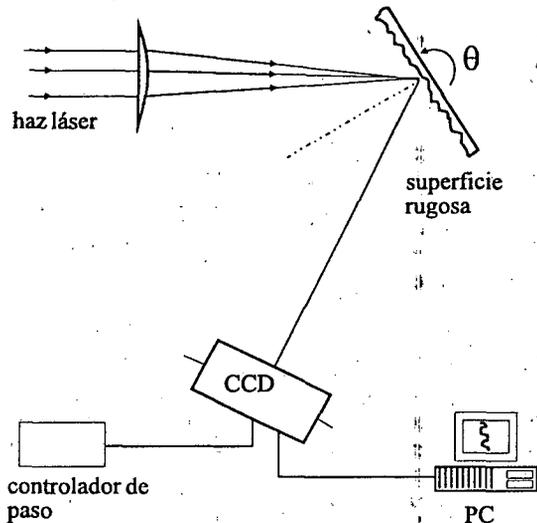


Fig. 1: Geometría del sistema de detección.

duciendo un alargamiento de los granos de speckle, que hacen al sistema inestable a desplazamientos en esa dirección.

Una cámara CCD lineal, de 512 detectores, registra la intensidad del speckle en el plano de Fraunhofer de la roca.

La muestra se halla montada sobre un go-

niómetro, y cada rotación de ésta es acompañada por un desplazamiento del detector, efectuado por un motor de pasos PP.

El monitor de una PC muestra la intensidad de las sucesivas figuras de speckles (ver Fig. 2). Estos registros son almacenados para cada posición de la muestra.

La correlación C de las sucesivas distribuciones de speckle se calculan mediante un algoritmo desarrollado en el Laboratorio, basado en el modelo teórico de Leger¹ modificado para esta configuración óptica.

III. RESULTADOS

Para disminuir el error en la determinación del valor de la rugosidad, en cada curva correspondiente a una muestra rocosa, se eligieron los puntos pertenecientes a una zona en la cual una máxima variación de la correlación está asociada con una pequeña variación de $\delta\theta$. Esta Zona corresponde a $0,4 < C < 0,7$.

En la Fig. 3 se muestran los resultados obtenidos. Se observa que existe una relación lineal entre la porosidad y los valores de rugosidad, con un coeficiente de correlación igual a 0,994.

IV. CONCLUSIONES

De las curvas de correlación de intensidades de speckle vs. $\delta\theta$, se deduce que la superficie de la roca porosa no se ajusta a un modelo gaussiano. Sin

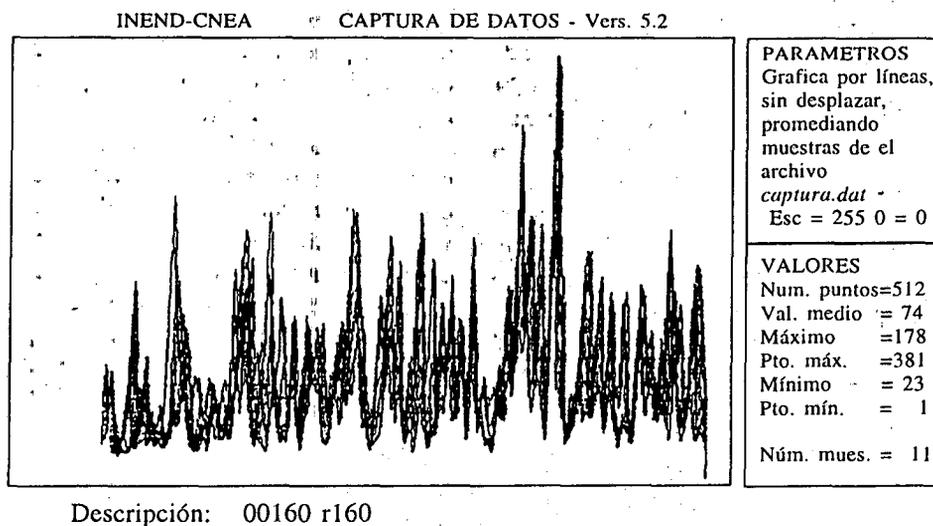


Fig. 2: Pantalla de la computadora que muestra la superposición de la figura de speckle.

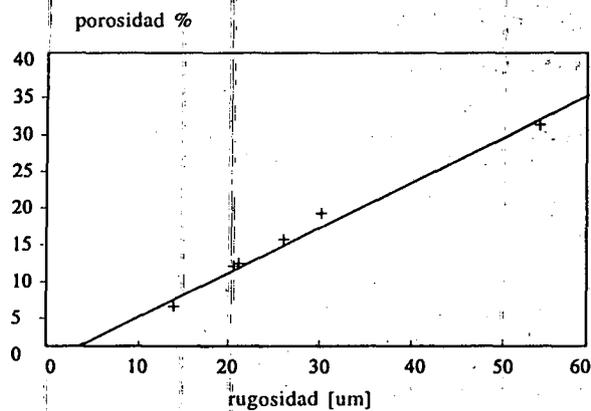


Fig. 3: Relación lineal entre la porosidad y el valor de la rugosidad obtenido. El coeficiente de correlación es 0,994.

embargo existe un alto grado de correlación entre la porosidad e in parámetro de rugosidad medido. Se concluye entonces que este método se puede extender a la medición de parámetros superficiales aleatorios, que no cumplen con una distribución estrictamente gaussiana.

Para encarar el estudio teórico de la porosidad, y su relación con la rugosidad, se ha comenzado el análisis teórico de la correlación de speckles para otros modelos aleatorios de superficies, y la medición de tamaño de partículas en polvos compactados.

REFERENCIAS

1. Leger, D. "Deux methods de mesure de rugosites par correlation de speckles". These de Docteur Ingenieur, Universite de Paris-Sud, France (1976)
2. Rebollo, M. A. et al. "Medición de la rugosidad de superficies por medio de la correlación digital de speckles". Anales de la AFA 3, 181 (1991).
3. Pierson, S. J. "Oil reservoir Engineering". Mc. Graw Hill, NY, Toronto, London (1958).
4. Rebollo, M. A.; Hogert, E.N. ; Landau, M. R. y Gaggioli, N. G.. "Determinaciones no destructivas por el método de correlación de speckles", III Reunión Nacional de Optica, p. 382, Barcelona, (1992).