

COMPORTAMIENTO DIELECTRICO DEL SISTEMA AGUA PETRÓLEO EN MEDIOS POROSOS NATURALES NO CONSOLIDADOS.

F. ARÉVALO¹, A. CATENACCIO², A. FORNÉS³*

¹Grupo de Física de Líquidos y Medios Porosos. Fac. Ing. e I.C.B., U.N. de Cuyo.

²Laboratorio de Dieléctricos. U.N. de San Luis

³e-mail: afornes@raiz.uncu.edu.ar

Resumen

En este trabajo se presentan resultados experimentales obtenidos para la permitividad en el sistema arena, petróleo y agua. Las mediciones se realizaron para un medio poroso constituido por arena no consolidada, saturado con petróleo y agua en diferentes proporciones: desde 0% hasta 100% de agua, variando de 10% en 10%. En el rango de frecuencias comprendido entre 1 y 50 MHz, para el cual se obtiene la zona de frecuencia en la que la permitividad presenta estabilidad.

Abstract

In this paper we show the experimental results obtained for the permittivity in the sand, oil and water system. Measurements were made in a non-consolidate porous media constituted by sand saturated with oil and water in different proportions: from 0% until 100% of water, varying between 10%. Zone which of the stability permittivity is obtained are the frequencies range between 1 and 50 MHz.

Introducción

Numerosos estudios experimentales sobre respuesta dieléctrica de materiales inhomogeneos se encontró en la literatura. Ellos se han realizado en diversos tipos de materiales: mezclas de polvo^{[1][2][3]}, cluster mecánicos^{[4][5]}, películas finas granuladas^[6], microemulsiones^{[7][8]}, líquidos emulsionados^{[9][10]}, cerámicos porosos^{[11][12][13][14]}.

Pero no se ha encontrado información para el caso de contar con un sistema compuesto por un medio poroso no consolidado saturado con una mezcla de un líquido no polar y un líquido polar. Este sistema es de gran importancia en la ingeniería de reservorio, donde el petróleo se encuentra mezclado con agua, saturando a la arena allí presente.

Por ello, en este trabajo se presenta el análisis experimental del comportamiento de la permitividad del sistema compuesto por arena saturada con petróleo y agua en distintas proporciones lo que permite encontrar métodos alternativos para el estudio de las características físicas de ese sistema: porosidad, permeabilidad, flujo mono y bifásico, etc.

Equipo experimental

El equipo experimental esta constituido por un puente capacitivo, Hewlett Packard 4815 A RF Vector Impedance Meter, con una celda capacitiva de placas paralelas circulares de 5.08 cm de

diámetro y separación máxima 0.76 cm, con un paso de 0.0127 mm., type 1690-A Dielectric Sample Holder, marca General Radio Company y un porta muestra de base metálica circular con espesor de 1 mm e igual diámetro que la celda para evitar distorsiones en el campo eléctrico y un anillo cilíndrico de acrílico, con diámetro interior de 3.6 cm y diámetro exterior de 4 cm y una altura de 5.15 mm, pegado en una cara de la base para que la muestra que se coloca en su interior, no se deforme. Con él se realizaron medidas de capacidad de un medio poroso constituido por arena no consolidada, con un peso constante de 8 gr, saturado con 1.5 cm³ de petróleo y agua en diferentes proporciones: desde 0% hasta 100% de agua, variando de 10 % en 10%. El rango de frecuencias utilizado esta comprendido entre 1 y 50 Mhz.

El valor de la capacidad de la muestra se obtuvo considerando que para capacitores planos con un dieléctrico entre sus placas, la capacidad esta dada por la ecuación:

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 A}{d} \quad 1$$

* Autor a quién debe dirigirse la correspondencia.

donde:

ϵ : Es la permitividad eléctrica

ϵ_0 : La permitividad eléctrica en el vacío

A : El área de la placa

d : La separación entre placas

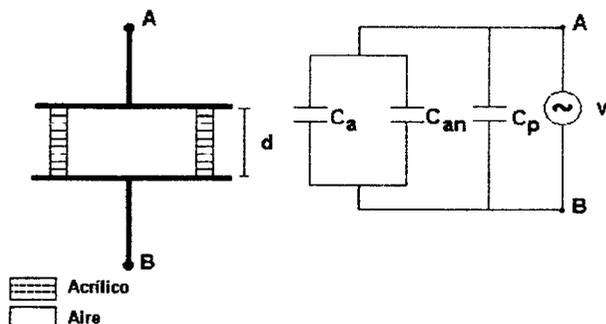


Fig. 1. Corte transversal del sistema de medida y circuito equivalente correspondiente. Donde d es la altura del anillo cilíndrico, C_m es la capacidad del anillo, C_a la capacidad del aire y C_p la capacidad parásita.

La figura 1 muestra un corte transversal de un sistema compuesto por un anillo cilíndrico y aire y el circuito equivalente correspondiente. En este sistema, la capacidad equivalente está dada por:

$$C_{eq1} = C_a + C_{an} + C_p \quad 2$$

donde:

C_{eq1} : Es la capacidad equivalente del circuito

C_a : Es la capacidad del aire

C_{an} : Es la capacidad del anillo

C_p : Es la capacidad parásita del sistema

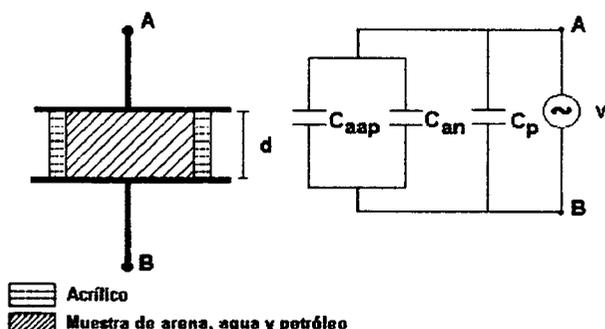


Fig. 2. Corte transversal del sistema de medida y circuito equivalente correspondiente. Donde d es la altura del anillo cilíndrico, C_m es la capacidad del anillo, C_{aap} la capacidad de la muestra de arena, petróleo y agua y C_p la capacidad parásita

Si ahora se considera el sistema compuesto por un capacitor que tiene un anillo dieléctrico

cilíndrico y un dieléctrico diferente dentro. La capacidad equivalente es:

$$C_{eq2} = C_{aap} + C_{an} + C_p \quad 3$$

donde

C_{eq2} : Es la capacidad equivalente del circuito

C_{aap} : Es la capacidad del aire

C_{an} : Es la capacidad del anillo

C_p : Es la capacidad parásita del sistema

La figura 2 muestra un corte transversal de este sistema y el circuito equivalente correspondiente.

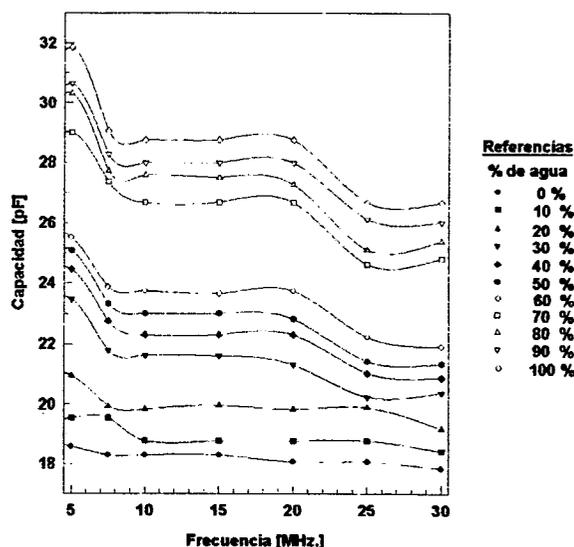


Fig. 3. Capacidad vs. frecuencia para un dieléctrico constituido por arena, petróleo y agua para las distintas proporciones de agua

Si se resta a la ecuación (3), la ecuación (2), se obtiene la capacidad del dieléctrico:

$$C_{aap} = C_{eq2} - C_{eq1} \quad 4$$

Con el valor de capacidad obtenido y teniendo en cuenta que el área y la altura de la muestra permanecen constante, se puede conocer como varía la permitividad cuando se varía el porcentaje de agua.

Resultados Experimentales

En la figura 3 se muestra la capacidad en función de la frecuencia, para las curvas obtenidas con distintos porcentajes de agua, en ella se puede ver como, a medida que se aumenta el porcentaje de agua aumenta la capacidad, debido a que la

permitividad del agua ($\epsilon_{\text{agua}} = 72$) es mucho mayor que la del petróleo ($\epsilon_{\text{petróleo}} = 2,2$) y la arena ($\epsilon_{\text{arena}} = 4,12$), (medida tomada a 10 Mhz).

En la misma figura también se puede observar que para cada porcentaje de agua hay una zona de estabilidad de la capacidad y por lo tanto de la permitividad. Debido a que es un capacitor plano y tanto el área como la distancia permanecen constantes, la que varía en función de la frecuencia es la permitividad. Esta zona se encuentra aproximadamente entre los 8 y 20 MHz.

Posteriormente se eligió la frecuencia de 10 MHz para tomar valores de la capacidad y se calculó la permitividad. En la figura 4 se muestra la permitividad en función del porcentaje de agua, en esta se puede observar la variación que existe en la permitividad cuando aumenta la cantidad de agua en el sistema.

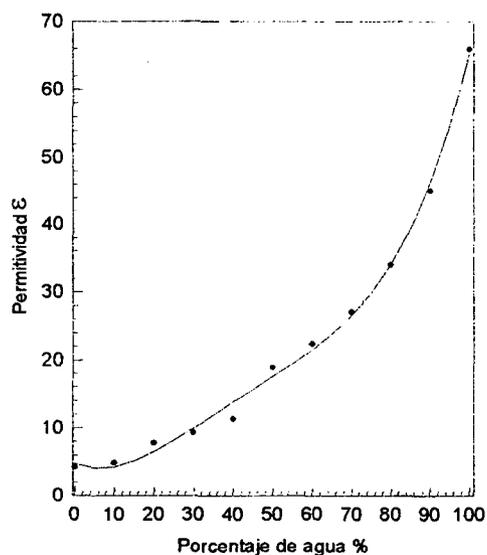


Fig. 4. Permitividad ϵ vs. porcentaje de agua

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos podemos concluir que en el rango de frecuencias comprendido entre 1 y 50 MHz, hay una zona donde la constante dieléctrica del sistema considerado presenta estabilidad y esta comprendida entre los 8 y 20 MHz. Esto permite asegurar que cualquier sistema de medición que se use dentro de este rango de frecuencias dará resultados confiables.

En los valores de la permitividad para el sistema considerado, mostrados en la figura 4, se puede ver

que el comportamiento es afín al observado en los sistemas agua-petróleo^[10], pero en el presente caso la variación entre los datos de permitividad es aun mayor. Ello indica que la presencia de arena no altera el comportamiento de la emulsión.

La separación que existe de los valores de permitividad para los distintos porcentajes de agua varían lo suficiente como para que se pueda realizar estudios de medios porosos saturados por mezclas de líquidos polares y líquidos no polares, tales como: porosidad, permeabilidad, flujo mono y bifásico, mediante métodos dieléctricos.

Referencias

- 1 - Laugier, J.M., 1982, Thèse de troisième cycle, Université de Provence, Marseille.
- 2 - Laugier, J.M., Clerc, P.J., and Giraud, G., 1986b, Proceeding of international AMSE Conference, edited by G. Mesnard (Lyon: AMSE).
- 3 - Song Yi, Noh Tae Won, Lee Sung-Ik, and Gaines, J.R., 1986, Phys. Rev. B, 33, 904.
- 4 - Grannan, D.M., Garland, J.C., and Tanner, D.B., 1981, Phys. Rev. Lett., 46, 375.
- 5 - Chen I.G., and Johnson, B., 1986, J. Mater. Sci., 21, 3162.
- 6 - Laibowitz, R.B., and Gefen, Y., 1984, Phys. Rev. Lett., 53, 380.
- 7 - Van Dijk, M.A., 1985, Phys. Rev. Lett., 55, 1003.
- 8 - Van Dijk, M.A., Casteleijn, G., Joosten, J.G.H., and Levine, Y.K., 1986, J. Chem. Phys., 85, 626.
- 9 - Garis, E., Giordan, L., Magallanes, C., Daruich, Y. Catenaccio, A., Fomes, A., 1995, IEEE of Sci. Inst.
- 10 - Garis, E., Giordan, L., Magallanes, C., Daruich, Y. Catenaccio, A., Fomes, A., 1995, Actas 2do Simposio de Producción de Hidrocarburos. Tomo I, 113
- 11 - Browsers, F., and Ramsamugh, A., 1986, Solid St. Commun., 60, 951
- 12 - Browsers, F., and Ramsamugh, A., 1988, J. Phys. C, 21, 1839.
- 13 - Browsers, F., Ramsamugh, A., and Dixit, V.V., 1987, J. Mater. Sci., 22, 2759.
- 14 - Ramsamugh, A., and Browsers, F., 1987, Phil. Mag. Lett., 55, 301.