Rediseño y calibración de un instrumento de laboratorio para medir Porosidad usando helio.

Christian F. Ramón Saraguro [1], Ricardo V. Gallegos Orta [2]
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra [1]
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado: 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
Ingeniero en Petróleos, cramon@espol.edu.ec[1]
Director de Tesis. Ingeniero en Petróleos, rgallegos@espol.edu.ec[2]

Resumen

El presente trabajo describe el Rediseño y calibración de un instrumento de laboratorio para medir porosidad usando helio, medición que se realiza sobre núcleos muestra (plug) extraídos de estratos de las zonas de interés de pozos de yacimientos petroleros. Instrumento cuya medición la realiza por medio de la expansión de un gas, el cual ha sido implementado en el laboratorio de yacimientos y petrofísica. Su descripción contiene, conceptos básicos, métodos, equipo, obtención y análisis de resultados, además de un programa de procesamiento de datos computarizado para el cálculo de resultados. La revisión de conceptos básicos, será primordial para tener una mayor comprensión durante el desarrollo de la prueba y análisis de resultados. Se realiza el rediseño y calibración del instrumento para las expansiones del gas, calibración de medidores digitales de presión, adecuación del sistema de regulación de presión, conexiones de ingreso de aire y gas. Se realizan cálculos, por medio de la ecuación de los gases ideales (presión, volumen, temperatura) en base al principio de la Ley de Boyle. Obteniendo la calibración de un volumen de referencia, utilizado para la calibración del equipo, y realizar las correspondientes expansiones. Los resultados obtenidos han sido corroborados por medio de instrumentos de medición de porosidad, pertenecientes a laboratorios de Petroproducción en los que se utiliza el mismo principio para su medición. Se describe el funcionamiento, el ingreso de datos y obtención de resultados por medio del programa de procesamiento de datos.

Palabras Claves: *Expansión de gas, Ley de Boyle, Porosidad efectiva.*

Abstract

The present I work sign (plug) once strata of the zones of concern of wells of oil deposits were extracted from describes the Redesign and calibration of an instrument of laboratory to measure porosity using helium, measurement that comes true on nucleuses. I orchestrate whose measurement you accomplish it by means of the expansion of a gas, which has been implemented at the laboratory of deposits and petrophysical. Your description contains, basic concepts, methods, team, obtaining and analysis of results, in addition to a program of data processing computerized for the calculation of results. The revision of basic concepts, it will be a must to have a bigger understanding during the development of proof and analysis of results. It comes true the I redesign and calibration of the instrument for the expansions of the gas, calibration of digital meters of pressure, adjusting of the system of regulation of pressure, connections of entrance of air and gas. Calculations, by means of the equation of the ideal gases (pressure, volume, temperature) on the basis of the beginning of Boyle's Law come true. Getting out the calibration of a referential tome, used for the team's calibration, and accomplishing the correspondent expansions. The obtained results have been corroborated by means of instruments of measurement of porosity, at laboratories of Petro-production in the ones that the same beginning for your measurement uses itself. The functioning, the entrance of data and obtaining of results by means of the program of data processing are described.

1. Introducción.

Teniendo en cuenta la importancia de las propiedades físicas de la roca que compone un reservorio petrolífero, es fundamental el estudio del método o métodos más eficientes conocidos en la medición de estas propiedades, como son porosidad, permeabilidad, saturación, capilaridad, pues de ellas obtenemos la capacidad de captación y de producción de hidrocarburos gaseosos o líquidos, de un reservorio y hacer rentable su producción. Por esta fundamental razón en esta tesis se ha desarrollada un sistema de medición, con uno de los métodos que provee el valor más confiable de una propiedad de la roca reservorio, importante en la industria petrolífera, como es la porosidad efectiva.

Este sistema de medición ha sido implementado en el laboratorio de yacimientos de la FICT de nuestra prestigiosa institución ESPOL, con el objetivo de enriquecer intelectualmente a los estudiantes de la carrera de ingeniería de petróleo, pues es de vital importancia para la vida profesional el conocimiento de los principios que se utilizan en los laboratorios para determinar un parámetro tan importante como son las propiedades físicas de la roca que conforman los reservorios de petróleo.

Utilizando un núcleo muestra tomado del reservorio a una profundidad determinada, zona de interés, este método aplica la expansión de un fluido ideal a condiciones específicas para considerar a este fluido como ideal.

El fluido utilizado en la expansión es gas-helio, esta expansión es realizada en un sistema conformado por portadores de muestra, sistema de tuberías, y un sistema de medición digital de presión para obtener valores más precisos. Para obtener un menor margen de error es realizada una calibración con núcleos de acero. Se trabaja con presión en un rango de 90 a 100 psig debido a que el fluido utilizado se comporta como un gas ideal en estos rangos de presión.

Las expansiones realizadas en núcleos macizos de acero se efectúan para obtener el volumen de referencia, para la calibración del sistema. Estas expansiones son efectuadas, registrando siempre los valores de presión de equilibrio en cada expansión. Aplicando una ley de los gases ideales y el desarrollo de ecuaciones se obtiene el volumen de los granos de la muestra, volumen poroso, volumen total y finalmente el valor de la porosidad efectiva.

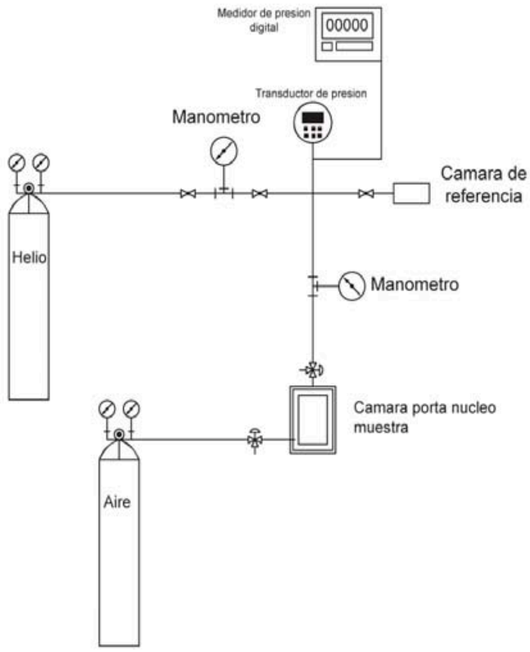

Figura1. Esquema del Porosimetro de Helio.

2. Equipo requerido:

- ☑ Núcleo (plug) muestra de la roca fresco, limpio y seco, con las siguientes dimensiones:
  - Diámetro: 1 in o 1.5 in
  - Longitud: 1in hasta 2.39 in
- ☑ Balanza digital.
- ☑ Tanque cilindro de abastecimiento de Helio.
- ☑ Sistema de abastecimiento de aire a presión (Compresor de aire).
- ☑ Teflón para aislar las conexiones roscadas evitando fuga de gas.
- ☑ Porosímetro constituido por el siguiente sistema:
  - Sistema de Válvulas.
  - Sistema de conexiones y reducciones de diámetro.
  - Sistema de tuberías.
  - Portadores de núcleo muestra con cámara de retención de 1 in o 1.5 in de diámetro.
  - Transductor de presión.
  - Indicador de presión digital.
  - Manómetros.
  - Regulador de presión.
  - O-ring para aislar y hacer sello en unión base con porta núcleos, para evitar fugas de gas.

3. Descripción del porosimetro

En esta sección se describen las características de los componentes principales que conforman el porosimetro de helio, como son:

- Indicador digital de presión (DPI).
- Transductor de presión
- Pesos calibrados.

3.1 Indicador digital de presión

Modelo 300G con representación visual por diodos emisores de luz (LED).

3.1.1 Características:

- Provisto de un enchufe para conexión con el cable del transductor en su panel posterior.
- Caja pequeña de banco portátil.
- Proporciona excitación al transductor y lectura digital.

El 300G incluye fuente de alimentación, medidor y ajuste del cero, así también una conexión a un transductor de presión cercanamente localizado y conexión a corriente AC, requeridos para su normal operación

Tabla 1. Precisión

a 73ºF (23ºc)	±0.01 %R ±1 dígitos
de 60ºF hasta 95ºF (16°C a 35ºC)	±0.04%R ±1 dígitos

Tabla 2. Resultados analógicos.

Normalmente 0 a 5 vdc para la presión unidireccional o los rangos de vacío. 0 a ± 2.5 vdc para los rangos bidireccionales.

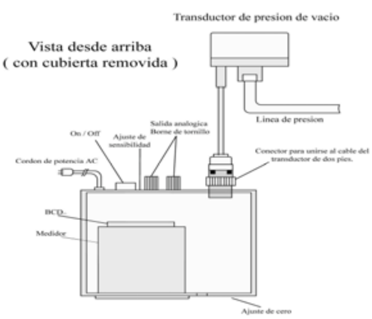

Figura 2. Vista desde arriba de conexión del indicador digital de presión con el transductor

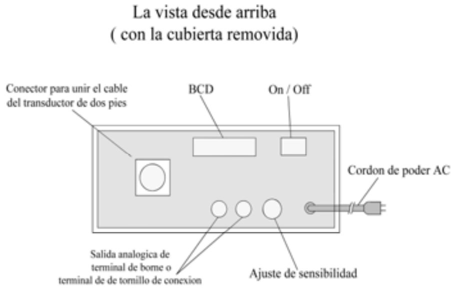

Figura 3. Vista desde arriba del indicado digital de presión con la cubierta removida

3.1.2 Instrucciones operativas.

1.- Instale el transductor de presión con el indicador digital de presión Modelo 300G.

2.- Enchufe el conector del cable del transductor en el receptáculo provisto en el panel trasero del DPI. Un cable extensión puede ser usado si es necesario. Advierta que el cable del transductor provee excitación para el transductor desde un suministro de poder provisto en el DPI.

3.- La información del conector es como sigue:

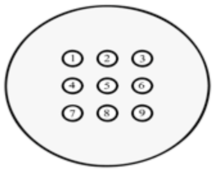

Figura 4. Diagrama del conector transductor con el indicador digital de presión.

Tabla 3. Información del conector "transductor - dpi"

Pin No.	Función del cable	Color
1	salida negativa	Café
2	calibración remota	*rojo
3	excitación negativa / protector (shield)	negro /protector (shield)
4	cero remoto	Naranja
5	cero remoto	Verde
6	sensibilidad remota	*violeta
7	excitación positiva	Blanco
8	sensibilidad remota	*azul
9	salida positiva	Amarillo

*Utilizado si el transductor incluye la sensibilidad remota o las opciones de control de calibración. De lo contrario, estos pines pueden estar sin utilizar.

4.- Enchufe el cordón DPI dentro de 117Vac ± 10 % 60 Hz la fuente de poder y el interruptor de "poder" localizado en el panel trasero para aplicar poder al sistema. Permita al menos 15 minutos para que el transductor y el DPI puedan precalentarse antes de tomar lecturas. Después del precalentado, si en la pantalla aparece el valor de presión diferente de 0000, ajuste el cero determinando del transductor usando el "ajuste de cero" control en el panel frontal del DPI o usando el dispositivo de control correcto localizado en el panel de circuito del transductor (con el punto decimal en su posición fija preajustada).

5.- La sensibilidad del transductor puede ser ajustada usando el potenciómetro ubicado en la parte posterior del case del DPI.

6.- La salida analógica de voltaje del sistema está disponible para el uso con un indicador, registrador, u otra carga externa sin conexión a tierra teniendo una impedancia de 5000 ohms o mayor.

7.- La recalibración del sistema de medición de presión en el modelo 300G DPI puede ser realizado siguiendo el método esquematizado en estas instrucciones.

8.- Cada modelo 300G DPI es calibrado con un transductor de presión, dependiendo de las características para su uso. Otros transductores con el mismo rango y salida pueden ser reemplazados sin pérdida significativa de precisión.

3.1.3 Procedimiento de calibración del indicador digital de presión (0 hasta 5 VDC)

A.) Ajuste de cero

1.) Asegure 0 voltios a través de pines 3 y 2 en la parte posterior del conector interno de la terminal del medidor.

2.) Ajuste a R10 (cero) para una lectura de "0000".

B.) Ajuste de intervalo

1.) Programe switch del DPI (SW 1) para la escala de lectura total deseada (vea Tabla 4), si la escala completa deseada de lectura fuera 5.546 (ignore punto decimal), el siguiente arreglo:

SW 1-1: Abajo, SW 1-2: Arriba, SW 1-3: Abajo, y SW 1-4: Abajo.

2.) Aplique energía de entrada +5.000 vdc a través de pines 3 y 2.

3.) Ajuste a R107 para un intervalo grueso leyendo la escala completa ± 20 conteos.

4.) Ajuste a R12 para un intervalo fino leyendo la escala completa ± 1 conteo.

C.) Selección decimal

1.- Seleccione punto decimal correcto con switch del DPI (SW 2).

Cuidado: No fije más de un punto decimal a la vez. Desactive punto decimal antes de seleccionar nuevo punto decimal.

Tabla 4. Selección de rango para el indicador digital de presión

				Lectura		
				R-12 Completo CCW		
				R-107		**R-107**
				Completo		**Completo**
SW 1-1	**SW 1-2**	**SW 1-3**	**SW 1-4**	**CCW**		**CW**
down	down	down	down	0	→	2200
up	down	down	down	2200	→	4200
down	up	down	down	4200	→	6000
up	up	down	down	6000	→	7600
down	down	up	down	7600	→	9200
up	down	up	down	9200	→	10600
down	up	up	down	10600	→	12000
up	up	up	down	12000	→	13400
down	down	down	up	13400	→	14400
up	down	down	up	14400	→	15500
down	up	down	up	15500	→	16500
up	up	down	up	16500	→	17500
down	down	up	up	17500	→	18400
up	down	up	up	18400	→	19200
down	up	up	up	19200	→	20100

Después de asegurar energía AC no aplique para medir, conecte transductor de presión en pines 2, 3, 4, 5.

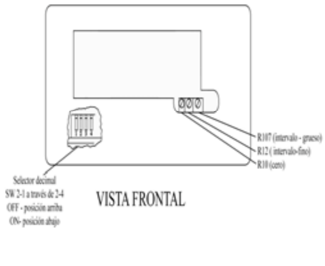

Figura 5. Vista frontal del indicador de presión digital con la cubierta removida

3.2 Transductor de presión

La palabra "transductor" en el sentido de metrología significa "elemento sensor", en Acústica significa "elemento excitador".

Un transductor es un equipo que traduce una señal mecánica (presión, velocidad, posición, etc) a una eléctrica (tensión, corriente o impedancia), por lo que puede entenderse como un convertidor.

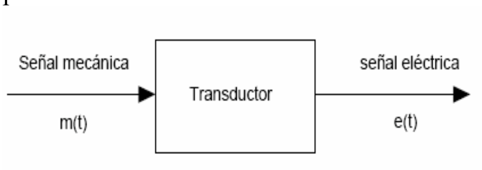

Figura 6. Esquema de un transductor

Los transductores de presión son sensores que transforman la presión de un medio en señal eléctrica para su posterior análisis. Los transductores analógicos proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.

3.3 Pesos calibrados

Los pesos calibrados son discos de acero cuyas dimensiones son conocidas, se utilizan en la calibración del volumen de referencia, valor que esta incluido durante la expansión del gas Helio en el sistema del porosímetro, este valor servirá posteriormente en los cálculos de la porosidad.

Existen dos tipos de discos dependiendo del diámetro de la cámara porta núcleo, en este caso existen dos cámaras porta núcleo, de 1 y 1.5 in de diámetro, para determinar la porosidad de estos dos tipos de núcleos muestra.

4. Calibración del equipo

La muestra del núcleo (plug) es colocada en una cámara de retención de acero (cámara porta núcleo) y luego presurizada con gas (usualmente helio, nitrógeno, o aire) a una presión conocida y registrada por un sistema de medición de presión digital.

Se permite al gas expandirse dentro de un volumen que será calibrado (volumen referencia), el cual se efectúa en las dos primeras expansiones.

El helio es un gas que tiene un tamaño muy pequeño y una gran capacidad de penetración en la gran mayoría de poros y micro-fisuras de la roca, aproximadamente de 10^{-10} m, actúa como un gas ideal a bajas presiones (bajo 100 Psig). El helio tiene la particularidad de no adherirse a las paredes de la muestra y porta núcleo muestra.

Para determinar el volumen de los granos, se necesita calibrar el volumen de referencia, lo cual equivale a la calibración del equipo, que será descrita a continuación:

4.1 Procedimiento:

Consiste en calibrar un volumen de referencia, el cual es necesario para realizar los cálculos durante la prueba de porosidad.

Primera expansión.

El Helio es expandido en el sistema con todos los discos de calibración ingresados en el porta muestra, esto servirá para determinar el volumen muerto del equipo.

$$V_{ref} \times P_o = (V_{ref} + V_m) \times P_f \qquad Ec.(4.1)$$

Donde:

V_{ref} : volumen de referencia que necesita ser calibrado (cm^3).

P_o : presión inicial de carga cuando el Helio ingresa al sistema (Psig).

V_m : volumen muerto existente en la cámara porta núcleos entre los discos de calibración, dentro de la válvula de expansión, etc. (cm^3).

P_f : presión final en el sistema (volumen de referencia + volumen muerto), durante la expansión hasta alcanzar el equilibrio (Psig).

Segunda expansión.

El Helio es expandido en el sistema, con la cámara porta núcleo cargada con los discos de calibración (A,B,D y E), menos el disco C, el cual servirá para efectuar la calibración del volumen de referencia.

$$P_{oc} \times V_{ref} = P_{fc} \times (V_{ref} + V_m + V_{calb}) \qquad Ec.(4.2)$$

Donde:

P_{oc} : presión inicial de carga en el sistema (Psig).

P_{fc} : presión final durante la expansión, hasta alcanzar el equilibrio (Psig).

V_{calb} : volumen del disco de calibración C (cm^3).

Las ecuaciones 4.1 y 4.2 pueden ser escritas de la siguiente forma:

$$\frac{P_o}{P_f} = \frac{(V_{ref} + V_m)}{V_{ref}} \qquad Ec.\ (4.1)$$

$$\frac{P_{oc}}{P_{fc}} = \frac{(V_{ref} + V_m + V_{calb})}{V_{ref}} \qquad Ec.\ (4.2)$$

Ejecutando una resta entre la Ec.(4.1) y Ec.(4.2), se obtiene:

$$\frac{P_{oc}}{P_{fc}} - \frac{P_o}{P_f} = \frac{V_{calb}}{V_{ref}} \qquad Ec.(4.3)$$

Resolviendo para el volumen de referencia se obtiene:

$$V_{ref} = \left(\frac{V_{calb}}{\frac{P_{oc}}{P_{fc}} - \frac{P_o}{P_f}} \right) \qquad Ec.\ (4.4)$$

Este volumen de referencia es necesario para proceder a la determinación del volumen de granos del núcleo muestra cuando el Helio se expande dentro de la muestra.

El disco de calibración marcado C, es utilizado para determinar el volumen de referencia, cuando Vref es calibrado, el volumen de granos de la muestra puede ser determinado.

Tercera expansión.

La tercera expansión del gas puede ser escrita como:

$$P_{os} \times V_{ref} = (V_{ref} + \sum V - V_g + V_m) \times P_{fs} \qquad Ec(4.5)$$

Donde:

$\sum V$: volumen de todos los discos de calibración removidos, cuando el núcleo muestra de la roca es ingresado en el porta núcleo en combinación con los discos de calibración.

P_{os} : Presión inicial de carga en el sistema (Psig).
V_m : Volumen muerto, en el porosimetro (cm^3).
V_{ref} : volumen de referencia (cm^3).
P_{fs} : presión final en el sistema durante la expansión, hasta alcanzar el equilibrio (Psig).
V_g : volumen de granos del núcleo muestra (cm^3).

Utilizando al Ec.(4.1) en su segunda forma y reemplazando en la Ec.(4.5):

$$\frac{P_o}{P_f} = \frac{(V_{ref} + V_m)}{V_{ref}} \qquad Ec.\ (4.1)$$

$$\frac{P_{os}}{P_{fs}} = \left(\frac{V_{ref} + \sum V - V_g + V_m}{V_{ref}} \right) \qquad Ec.(4.5)$$

Se obtiene:

$$\frac{P_{os}}{P_{fs}} = \left[\frac{P_o}{P_f} + \frac{\sum V}{V_{ref}} - \frac{V_g}{V_{ref}} \right] \qquad Ec.\ (4.6)$$

Resolviendo para el volumen de granos tenemos:

$$V_g = \sum V + V_{ref} \times \left[\frac{P_o}{P_f} - \frac{P_{os}}{P_{fs}} \right] \qquad Ec.\ (4.7)$$

La porosidad de la muestra es determinada usando las Ec(3.4.8) y Ec(3.4.9).

$$V_p = V_b - V_g \qquad Ec.(4.8)$$

$$\varphi_{eff} = \frac{V_b - V_g}{V_b}, \frac{V_p}{V_b} \qquad Ec.\ (4.9)$$

La densidad de los granos puede ser calculada por la división del peso de la muestra seco para el volumen de granos de la muestra:

$$\rho_g = \frac{W_{mdry}}{V_g} \qquad Ec.(4.10)$$

Donde:
V_p: volumen del poro de la muestra
V_g: volumen del grano de la nuestra
V_b: volumen neto del núcleo muestra
Φ_{eff}: porosidad efectiva del núcleo muestra
ρ_g: densidad de los granos
W_{mdry}: peso de la muestra seca

5. Procedimiento para determinación de porosidad

El volumen del grano será medido por el desplazamiento del gas Helio en un sistema denominado Porosimetro de helio, aplicando básicamente la ley de Boyle, mediante expansiones de gas Helio.

- Para realizar la prueba de porosidad con resultados mas fiables es necesario contar con un núcleo muestra que sea fresco, seco y limpio.

- Se debe registrar su peso W_{mdry} dato que servirá para el cálculo de la densidad de los granos.

- Determinar el volumen poroso del núcleo muestra de la roca, por medio del método gravimétrico.

Ubicación del sistema de válvulas y pasos a seguir en el desarrollo de la prueba de porosidad.

Antes de comenzar el desarrollo de la práctica se debe verificar que las válvulas estén en las siguientes posiciones.
Válvula #1, cerrada (no ingreso de aire comprimido al embolo de ajuste de la cámara porta núcleo muestra).
Válvula #2, abierta a la atmósfera;
Válvula #3, cerrada (no ingreso de helio al sistema).
Válvula #4:
a. Abierta si el portador de núcleo muestra es de 1.5 in de diámetro, para utilizar el mayor volumen de referencia
b. Cerrada si el portador de núcleo muestra es de 1.0 in de diámetro, para utilizar el menor volumen de referencia.

1.- Cargar el portador de muestras con todos los discos de calibración (A,B,C,D y E), colocarlo en la base del porosimetro, ubicado sobre el embolo de ajuste.
2.- Dirigir la válvula#1 hacia la presión del aire comprimido y sellar la cámara de expansión (cámara porta núcleo), entonces la presión es atmosférica, debido a que la válvula#2 esta abierta a la atmósfera.

3.- Abrir y cerrar instantáneamente la válvula #3 para permitir el ingreso de Helio al sistema del porosimetro con una presión ubicada en un rango de entre 80 a 90 Psig para establecer el volumen referencial y su calibración, registrar el valor de presión el cual se lo denomina P_o.

4.- Abrir la válvula #2 para permitir el ingreso de Helio a la cámara del portador de núcleo muestra. Una vez que la presión se estabilice registrar esta presión como P_f.

5.- Abrir la válvula #2 a la atmósfera para despresurizar el gas helio encerrado en el sistema.

6.- Abrir la válvula #1 a la atmósfera para desalojar el aire comprimido y liberar el portador de núcleo muestra.

7.- Sacar únicamente el disco de calibración C de la cámara porta núcleo, para efectuar el mismo procedimiento, pero sin el mencionado disco de calibración.
8.- Colocar el porta núcleo muestra en la base del porosimetro ubicado sobre el embolo de ajuste.

9.- Abrir la válvula#1 para sellar el portador de núcleo muestra.

10.- Abrir la válvula#3 para permitir el ingreso de helio al sistema, registrando este valor de presión como P_{oc}.

11.- Abrir la válvula#2 para permitir ingreso del Helio dentro del portador de núcleo muestra, esperar hasta que se expanda el gas y registrar este valor de presión como P_{fc}.

12.- Procedemos de igual forma como en el paso 5 al 9, pero esta vez se carga el porta núcleo con la muestra de roca a la que se efectuara la prueba, esto se efectúa en combinación con los discos de calibración y la muestra de roca, procurando llenar lo mejor posible el porta núcleo. Probar varias combinaciones. Registrar todos los discos de calibración omitidos. Su volumen total será usado para calcular el volumen del grano.

13.- Abrir la válvula#3 para permitir el ingreso de helio al sistema, registrando este valor de presión como P_{os}.

14.- Expandir el Helio dentro del portador abriendo la válvula #2 y después de que se estabilice la presión regístrela como P_{fs}.
15.- Luego se procede como en el paso 5 al 6.

16.- Una vez terminada la prueba se debe cerrar la válvula del tanque de gas helio, se apaga el compresor de aire, se apaga y desenchufa el medidor de presión digital, se desconectan las conexiones de ingreso de gas helio y de aire comprimido, y se procede a limpiar el equipo.

17.- Con base en el programa presentado en el computador ingresar los parámetros que identifican la muestra y datos obtenidos durante la prueba, para obtener los resultados.

6. Análisis de Resultados

Para el análisis de resultados, del proyecto o prueba es primordial la organización y colección de datos. Registrando, interpretando, y aplicando correctamente los datos del reservorio, son algunas de las tareas más importantes que los geólogos e ingenieros petroleros realizan. La calidad y cantidad de estos datos determinan el éxito de cualquier subsecuente estudio de ingeniería o geología, consecuentemente del proyecto en conjunto. Porque la colección de datos y manejo son tan importantes para éxito del proyecto, deben ser cuidadosamente programados y transmitidos. Esto consiste en formular un programa que colecciona datos sistemáticos basados en los siguientes criterios:

o Primero debemos tener una comprensión clara del propósito de los datos y la aplicación de está, debemos poder explicar por qué necesitamos la información y lo que vamos a hacer con eso antes de seguir con la colección de datos

o Debemos obtener la cobertura más completa de datos y el ensayo posible entre los reservorios y pozos, proporcionado los recursos disponibles para la colección de datos.

o Debemos elaborar y aplicar un método consistente para asegurar que los datos colectados representan condiciones reales del reservorio y puede compararse mutuamente.

o Debemos efectuar el uso más efectivo y comprensivo de los datos.

Tabla 5. Análisis de resultados obtenidos en la prueba de porosidad

		POROSIDAD		
Profundidad	Muestra	Promedio	Valor mas alto observado	Valor mas bajo observado
9549,7	1	16,872186	16,93269	16,8559
9529,7	2	12,099160	12,10810	12,0919
9555,6	3	16,061540	16,07416	16,0325

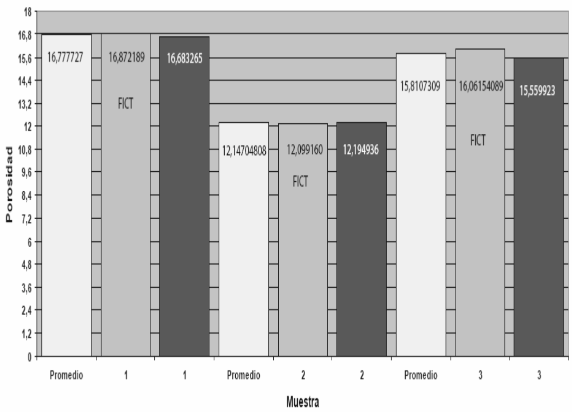

Figura 7. Esquema del análisis de resultados obtenidos en comparación con otro laboratorio

7. Conclusiones

El calculo de la porosidad efectiva por medio de un instrumento de laboratorio, denominado “Porosimetro de Helio”, es resultado de la búsqueda de valores confiables para uno de los parámetros importantes de la roca reservorio. En el campo de la Industria del Petróleo es primordial tener datos que permitan obtener de manera confiable las propiedades de la roca reservorio, como en este caso la porosidad efectiva, pues ella nos brinda la capacidad volumétrica de la roca de contener fluidos, los mismos que se podrán extraer de manera eficiente pues este valor indica la eficiencia en que el fluido puede fluir a través de los poros de la roca facilitando su extracción, valores que determinaran si el reservorio ofrece rentabilidad económica para su vida de producción.

Los resultados obtenidos de la prueba de porosidad efectiva de varios núcleos fueron debidamente comparados para medir su confiabilidad, para lo cual fue realizada una prueba a las mismas muestras, en el laboratorio de Petroproducción Departamento de Yacimientos, utilizando un instrumento basado con el mismo principio (Ley de Boyle), estos resultados cuentan con un alto grado de confiabilidad, en comparación con los resultados obtenidos en el instrumento con el que cuenta nuestro laboratorio, están dentro de un rango de error aceptable, lo cual permite concluir que el método realizado brinda valores confiables. Además se puede añadir que este instrumento utiliza un método no destructivo, rápido y preciso para medir porosidad de núcleos muestra.

Permite efectuar mas pruebas de porosidad efectiva, debido a que no se contamina la constitución de las muestras, las cuales se pueden utilizar para futuras pruebas.

8. Bibliografía

1) Amyx Bass and Whiting, Petroleum Engineering Physical Properties, McGraw Hill Book Company, New York, Toronto, London,1960.

2) Anderson Gene, Coring and Core analysis handbook, PennWell Books, Tulsa Oklahoma 74101 USA, 1975.

3) Calhoun John C. JR., Fundamentals of Reservoir Engineering, University of Norman Oklahoma Press, 1953.

4) Cole Frank W., Reservoir Engineering Manual, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1961.

5) Doherty Henry L., Elements of Petroleum Reservoirs, SPE-AIME, Dallas, Texas, 1960.

6) Frick Thomas C. and Taylor William R., Petroleum Production Handbook, Volume 2, SPE of AIME, Dallas, Texas, 1962.

7) Gatlin Carl, Petroleum Engineering Drilling and Well Completions, Prentice Hall INC, Englewood Cliffs, N.J. USA, 1960.

8) Monicard Robert P., Properties of Reservoir Rocks: Core Analysis, Editions Technip, Institut Francais do Petrole Publications, Paris, 1980.

9) Smith Charles –Tracy G.W.- Farrar R. Lance, Applied Reservoir Engineering, Volume 1, OGCI Publications, Tulsa Oklahoma 74135 USA, 1992.

10) Universidad del Zulia Facultad de Ingeniería, Escuela Ingeniería de Petróleo, Manual de Laboratorio sobre Ingeniería de yacimientos, Maracaibo - Venezuela, 1967.