CAPITULO 4

4. Obtención y análisis de resultados

Para obtener valores confiables de porosidad, a partir de una prueba de laboratorio, utilizando el porosimetro de helio, es necesario tener un núcleo muestra fresco, el cual debe ser preparado adecuadamente para el normal desarrollo de la prueba. Por este motivo en el desarrollo de este capitulo, se describirá el procedimiento de preparación de la muestra, la determinación del volumen de la roca, volumen poroso, procesamiento de datos, análisis de los mismos y como ultimo punto la comparación de los resultados obtenidos, por medio de otro método, para corroborar los mismos.

4.1 Preparación de la muestra

El análisis de núcleos muestra es adecuado para la mayoría de formaciones homogéneas, incluyendo carbonatos así como también areniscas.

Los núcleos muestra pueden ser tomadas del centro del núcleo entero y consecuentemente pueden contener menos lodo de perforación.

Las pruebas sobre formaciones homogéneas son normalmente realizadas en núcleos cilíndricos de 1 a 1.5 in de diámetro y aproximadamente 3in de longitud.

En formaciones heterogéneas, es más conveniente utilizar núcleos enteros, para realizar análisis de núcleos, cuyas dimensiones son de 8 hasta 11 in de longitud y de hasta 4 3 /8 in de diámetro.

A continuación se describirán los pasos a seguir en la preparación de la muestra:

1.- Se extrae la muestra de un núcleo entero, al cual se efectúa un corte perpendicular, es decir paralelo al estrato, con ayuda de un taladro cortador de núcleos, el cual esta provisto de una broca que efectúa cortes anulares, las dimensiones de la broca depende del porta muestras. Durante el corte se utiliza un fluido refrigerante con lubricante, pero es recomendable el uso de agua, debido a que este no afectara la constitución de la muestra.

2.- La obtención del núcleo muestra con las dimensiones específicas depende también de la constitución de la roca, pues se pueden presentar desmoronamientos, debido a la poca consolidación del material, por esta razón, se debe medir el volumen neto del núcleo muestra por un método que no dependa de sus dimensiones.

3.- Se procede a la limpieza del núcleo, extrayendo los fluidos por medio del extractor Soxhlet o con un aparato equivalente, empleando solventes de petróleo tales como benceno, tolueno o un hidrocarburo liviano, en nuestro caso se utilizó tolueno.

La limpieza completa de la muestra la determina el color del solvente cuando baja periódicamente (ciclos de condensado del solvente) de la trampa del extractor. La extracción debe continuarse hasta cuando el solvente baje completamente limpio. Las partículas de petróleo que permanecen en la muestra pueden detectarse colocándola a la luz fluorecescente y observando si existe o no luminiscencia; si existen todavía residuos petrolíferos debe continuar la extracción con otro solvente de mayor poder de disolución.

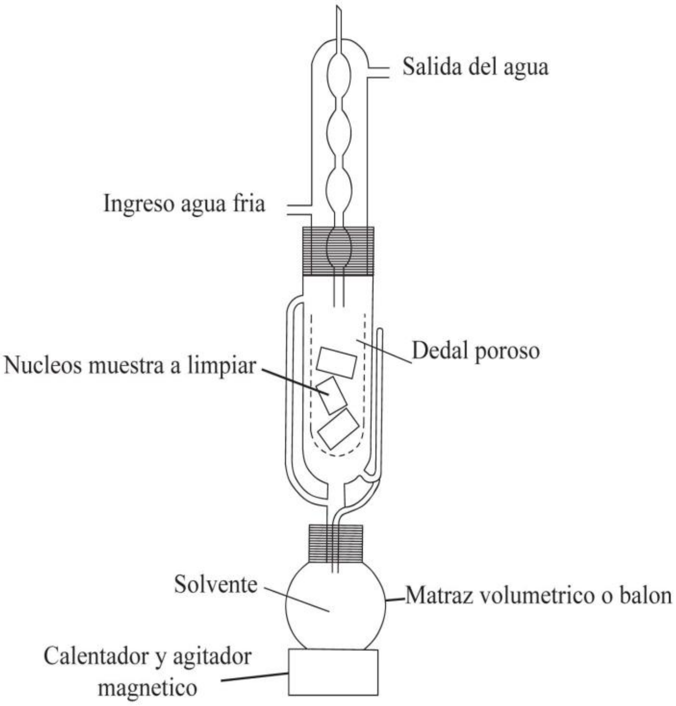

FIGURA 4.1 DIAGRAMA DEL EXTRACTOR SOXHLET PARA LIMPIEZA DE NUCLEOS MUESTRA.

4.- Una vez que la muestra se encuentre completamente limpia debe secarse a una temperatura suficientemente alta para remover todos los solventes y otros fluidos eficientemente, la temperatura no debe ser tan alta como para que pueda existir perdida de agua de hidratación y cristalización de minerales presentes en la muestra; la mayor temperatura de secado no debe ser por encima de 210 a 215º F, por un tiempo mínimo de 3 horas. El secado de la muestra, se lo efectúa en un horno, que puede ser convencional o al vació.

5.- Se deja la muestra en el desecador para eliminar el exceso de humedad y la que existe en el medio ambiente.

4.1.1 Manejo del núcleo y conservación

Cuando un núcleo es extraído de un reservorio y traído hasta la superficie, la temperatura y la presión son reducidas desde los valores del reservorio hasta los valores ambientales. La pérdida de hidrocarburos volátiles de núcleos productores de petrolero precisa especial manejo y técnicas de preservación.

Cada muestra debería ser envuelta con un material termoplástico denominado **Saran** y luego envuelto en papel de aluminio.

4.2 Determinación de volumen de la roca

El volumen total del núcleo muestra se determina colocándolo dentro de un liquido que no penetre sus poros y registrando el desplazamiento del liquido evacuado, o bien, saturando primero la muestra, luego sumergir la misma en un líquido apropiado y registrar el desplazamiento del líquido evacuado.

Para realizar esta medición se puede aplicar dos métodos los cuales son: Gravimetrico y volumétrico, que son descritos a continuación;

4.2.1 Método gravimétrico

El volumen neto puede ser determinado, observando la pérdida en peso de la muestra cuándo es sumergido en un fluido, u observando el cambio en el peso en un picnómetro cuando es llenado con un fluido, y cuando es llenado con el fluido y el núcleo muestra.

Se detalla a continuación por medio de varios ejemplos la aplicación de este método.

Ejemplos:

1.- La muestra bañada sumergida en agua

$\mathbf{W_{mdry}}$**:** El peso de la muestra seca en aire = 20.0 g

$\mathbf{W_{msat}}$**:** El peso de prueba seca bañada con parafina

= 20.9 g (densidad de la parafina = 0.9 g/cc)

$\mathbf{W_{msf}}$**:** Peso de la muestra bañada sumergida en agua a 40°F

= 10.0 g (ρ_{agua} =1.00 g/cc).

Peso de la parafina

= $\mathbf{W_{msa}}$**-** $\mathbf{W_{mdry}}$ = 20.9 – 20.0 = 0.9 g

Volumen de la parafina = 0.9/0.9=1 cc

Peso del agua desplazada

= $\mathbf{W_{msat}}$ **-** $\mathbf{W_{msf}}$ = 20.9 – 10.0= 10.9 g

Volumen del agua desplazada = 10.9/1.0 = 10.9 cc

Volumen del agua desplazada – volumen de la parafina

= 10.9 – 1.0 = 9.9 cc

Volumen neto de la roca= 9.9cc

2.- Muestra saturada con agua sumergida en agua

$\mathbf{W_{mdry}}$ Peso de muestra seca en aire = 20 g

$\mathbf{W_{msat}}$ Peso de muestra saturada con agua en aire= 22.5 g

$\mathbf{W_{msf}}$ Peso de la muestra saturada en agua a 40°F = 12.6 g

Peso del agua desplazada = $\mathbf{W_{msat}}$**-**$\mathbf{W_{msf}}$=22.5-12.6=9.9 g

Volumen del agua desplazada = 9.9/1.0=9.9 cc

Volumen neto de la roca = 9.9 cc

3.- Muestra seca sumergida en un picnómetro con mercurio.

$\mathbf{W_{mdry}}$**.** Peso de la muestra seca en aire = 20.0 g

$\mathbf{W_{phg}}$ Peso del picnómetro llenado con mercurio a 20°C

= 350.0 g

$\mathbf{W_{phgm}}$ Peso de picnómetro llenado con mercurio y muestra a 20°C = 235.9 g (densidad del mercurio = 13.546 g/cc)

Peso de la muestra + peso del picnómetro llenado con mercurio = $\mathbf{W_{mdry} + W_{phg}}$ =20+350 = 370g

Peso del mercurio desplazado

= $\mathbf{W_{mdry} + W_{phg} - W_{phgm}}$ =370-235.9=134.1g

Volumen del mercurio desplazado= 134.1/13.546=9.9cc

Volumen neto de la roca = 9.9 cc

4.2.2 Método volumétrico.

La determinación del volumen neto por métodos volumétricos utiliza una variedad de picnómetros especialmente construidos o volúmetros.

Un picnómetro eléctrico del cual el volumen neto puede ser leído directamente es mostrado en la Figura 4.2.

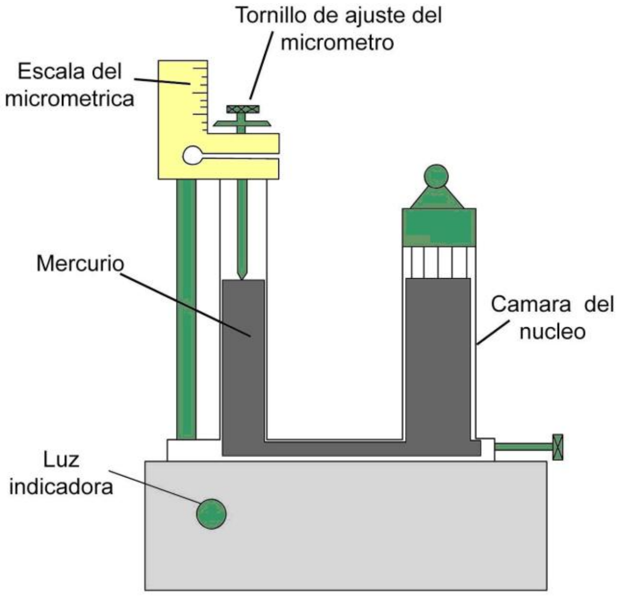

FIGURA 4.2 PICNOMETRO ELECTRICO

La muestra está sumergida en la cámara porta muestra, causando una subida resultante en el nivel del tubo en U de conexión. El cambio en el nivel de mercurio es medido por un tornillo del micrómetro conectado a un circuito de bajo voltaje.

El circuito eléctrico es cerrado siempre y cuando el punto medidor está en contacto con el mercurio.

La carrera de deslizamiento del punto medidor es calibrada en unidades de volumen tal que la diferencia en las lecturas del circuito abierto con y sin la muestra en la cámara del núcleo representa el volumen neto de la muestra.

Cualesquier muestras secas o saturadas pueden ser usadas en el dispositivo.

4.3 Determinación del Volumen Poroso

El volumen poroso es determinado de la siguiente manera. Registrando el peso de la muestra seca y limpia W_{mdry}, luego saturando la misma con tolueno y registrando su peso W_{msat}. Se calcula la diferencia entre los valores de peso de la muestra saturada y seca, obteniendo el peso del fluido saturante Wfs y después dividiendo para su densidad ρfs, se obtiene el volumen poroso.

$Wmsat - Wmdy = Wfs$ (Ec. 4.3)

$Wfs / \rho fs = Vp$ (Ec. 4.3.1)

Este procedimiento es el que se utilizó en el programa del Porosimetro de Helio, además se ofrece la opción de utilizar otro fluido de saturación, únicamente especificando su densidad.

También se la puede obtener con ayuda del valor de volumen de la roca y el volumen de los granos obtenidos durante el desarrollo de la prueba.

$$\text{Volumen poroso} = \text{volumen de la roca} - \text{volumen de los granos}$$

4.4 Procesamiento de datos (Programa).

Este programa nos permite un fácil manejo de datos, cálculos y obtención de resultados después de efectuar la prueba de porosidad.

A continuación un cronograma detallado de los como se debe ingresar los datos:

TABLA 4.4

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Datos ingresar:

Nombre del pozo	**SSF-105**
Campo	**Shushufindi**
Localización	**Shushufindi**
Profundidad de la muestra(pies)	**9549.3**
Diámetro de la muestra(in)	**1 o 1.5**

Constantes a utilizar durante el cálculo.

TABLA 4.4.1

CONSTANTES SI MUESTRA ES DE 1IN DE DIAMETRO

Discos de 1 in de diámetro	
Nombre	Volumen(cc)
A	1.5201224
B	3.2935986
C	5.0670748
D	6.5871972
E	16.2146397

TABLA 4.4.2

CONSTANTES SI MUESTRA ES DE 1.5 IN DE DIAMETRO

Discos de 1.5 in de diámetro	
Nombre	Volumen(cc)
A	3.4202754
B	7.4105968
C	11.4009182
D	14.8211937
E	36.4829384

TABLA 4.4.3

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE REFERENCIA

Datos a ingresar P_o,P_f,P_{oc},P_{fc}

Resultado V_{ref}

Presión inicial P_o (psig) (1era expansión)	P_o
Presión final P_f (psig) (1era expansión)	P_f
Presión inicial P_{oc} (psig) (2da expansión)	P_{oc}
Presión final P_{fc} (psig) (2da expansión)	P_{fc}
Volumen de referencia V_{ref}	V_{ref}

Donde V_{calb} = constante C

$$V_{ref} = \left(\frac{V_{calb}}{\frac{P_{oc}}{P_{fc}} - \frac{P_o}{P_f}} \right) \qquad \text{Ec.}(3.4.4)$$

TABLA 4.4.4

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POROSO

Datos a ingresar Wmdry, Wmsat, ρfs

Resultados Wfs, Vf, Vp

Peso de la muestra seca W_{mdry} (g)	W_{mdry}
Peso de la muestra saturada W_{msat} (g)	W_{msat}
Densidad del fluido saturante ρ_{fs} (g/cm^3)	ρ_{fs}
Peso del fluido saturante W_{fs} (g)	$W_{fs} = W_{msat} - W_{mdry}$
Volumen del fluido saturante V_{fs}(cm^3)	$V_{fs}=W_{fs}/\rho_{fs}$

Donde el valor de $V_p=V_{fs}$

Vp: volumen poroso

TABLA 4.4.5

DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD EFECTIVA

Datos a ingresar W_{mdry}, P_{os}, P_{fs}, A,B,C,D,E.

Resultados $\sum V, V_g$, V_p, Φ_{eff}

Peso de la muestra seca W_{mdry} (g)	W_{mdry}
Presión inicial P_{os} (psig) (3era expansión)	P_{os}
Presión final P_{fs} (psig) (3era expansión)	P_{fs}

Discos de calibración no utilizados, ∑V=A+B+C+D+E	**A,B,C,D,E**
Volumen del grano V_g(cm^3)	V_g
Volumen poroso V_p(cm^3)	V_p
Volumen neto (bulk) (cm^3)	V_b
Porosidad efectiva Φ_{eff}(%)	Φ_{eff}
Densidad del grano $\rho_g = W_{mdry}/V_g$ (g/cm^3)	$\rho_g = W_{mdry}/V_g$

Donde: ∑V= A+B+C+D+E

$$V_g = \sum V + V_{ref} \times \left[\frac{P_o}{P_f} - \frac{P_{os}}{P_{fs}} \right] \qquad \text{Ec.}(3.4.7)$$

$$V_p = V_b - V_g \qquad \text{Ec.}(3.4.8)$$

$$\varphi = \frac{V_b - V_g}{V_b} \times 100, \; \frac{V_p}{V_b} \times 100 \qquad \text{Ec.}(3.4.9)$$

$$\rho_g = \frac{W_{mdry}}{V_g} \qquad \text{Ec.}(3.4.10)$$

En el Apéndice H se presenta un esquema del programa cuando se ha corrido el mismo y además se ilustra un ejemplo, con datos obtenidos en una de las pruebas.

4.5 Análisis de los 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:

- 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

- 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.

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

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

La tabla que se muestra en el **Apéndice E** lista una fuente para diversos tipos de datos de reservorio. Estos datos pueden ser divididos en dos grupos: Estáticos y dinámicos.

Los datos estáticos representan medidas directas de alguna propiedad fija del reservorio o sus fluidos (por ejemplo, la porosidad, permeabilidad, la saturación innata de agua, la temperatura, composición química, etc.).

Los datos dinámicos se refieren al nivel de fuerzas contenidas o inducidas en el reservorio (por ejemplo, la presión, las propiedades

PVT, la permeabilidad efectiva obtenidos de ensayos en régimen transitorio, factor de piel y flujo frontal).

La porosidad y la permeabilidad son propiedades necesarias para definir pago efectivo. ***Medimos estas propiedades primordialmente a través de análisis de núcleo y registros.***

Precisión en la medición de porosidad, existe un margen de error menor a 3% en el volumen del grano y un error menor a 3.3% del volumen del poro. Este margen de error es debido a la posible absorción del gas en las paredes de la muestra o porta muestras, por este motivo gases inertes como el helio son utilizados para minimizar este problema de absorción. Por esto los valores obtenidos en este método son considerados ligeramente altos.

En la Tabla 4.5 y Figura 4.5 se presenta el análisis de los resultados obtenidos en el Porosimetro de helio de la FICT.

TABLA 4.5

ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL POROSIMETRO DEL LABORATORIO DE LA FICT.

		POROSIDAD (%)		
Profundidad (ft)	**Muestra**	**Promedio**	**Valor mas alto observado**	**Valor mas bajo observado**
9549,3	1	16,872	16,932	16,856
9529,7	2	12,099	12,108	12,092
9555,6	3	16,061	16,074	16,032

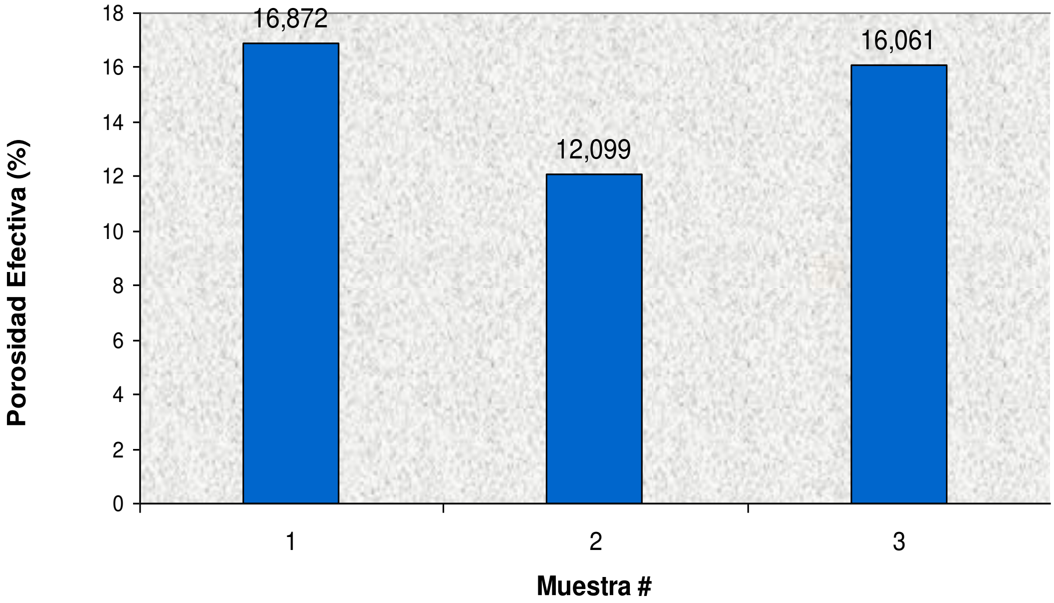

FIGURA 4.5 ESQUEMA DEL ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL POROSIMETRO DEL LABORATORIO DE LA FICT

Un ***grupo de laboratorios de compañías importantes*** condujeron una serie de pruebas. Los métodos utilizados fueron, expansión de un gas y un método de saturación.

Tomando en cuenta los resultados mostrados en la Tabla 4.5.1, se puede notar que el método de expansión de gas es regularmente más alto que el método de saturación.
Esto es indudablemente debido al hecho que los errores inherentes para cada uno tienden a estar en direcciones reciprocas.

En el caso de la ***expansión de gas*** los errores del método son debido a adsorción del gas en las paredes de la muestra y porta muestras, causando que se obtenga valores altos, mientras que en las ***técnicas de saturación,*** la saturación incompleta de la muestra resultaría en valores bajos. La diferencia en los valores promedio obtenidos por los dos métodos tiene aproximadamente 0.8% de la porosidad, lo cual es aproximadamente un 5 % de error para el 16% de porosidad de una muestra. Sin embargo, está considerado que todos los métodos comúnmente usado para determinar la porosidad efectiva de un campo resulta con un grado de exactitud deseado, si es efectuada con gran detalle.

TABLA 4.5.1 CARACTERÍSTICAS DE MUESTRAS USADAS POR LABORATORIOS IMPORTANTES PARA COMPARACION DE METODO DE EXPANSION DE GAS Y TECNICAS DE SATURACION PARA MEDIR POROSIDAD.

			POROSIDAD (%)				
Muestra No.	**Tipo de material**	**Aprox. Permeabilidad a los Gases (md)**	**Promedio**	**Promedio de métodos con gas**	**Promedio de métodos de saturación observado**	**Valor mas alto observado**	**Valor mas bajo observado**
1	Caliza	1	17.47	17.81	16.96	18.50	16.72
2	Fritted glass	2	28.40	28.68	27 97	29.30	27.56
3	Arenisca	20	14.00	14.21	13.70	15.15	13.50
4	Arenisca	1000	30.29	31.06	29.13	31.8	26.8
BZE	Arenisca semicuarcítica	0.2	3.95	4.15	3.66	4.60	3.50
BZG	Arenisca semicuarcítica	0.8	3.94	4.10	3.71	4.55	3.48
61-A	Alundum	1000	28.47	28.78	28.00	29.4	27.8
722	Alundum	3	16.47	16.73	16.08	17.80	16.00
1123	Carbonato calcico	1.6	32.67	33.10	32.03	33.8	31.7
114	Arenisca	45	19.46	19.68	19.12	20.2	18.8

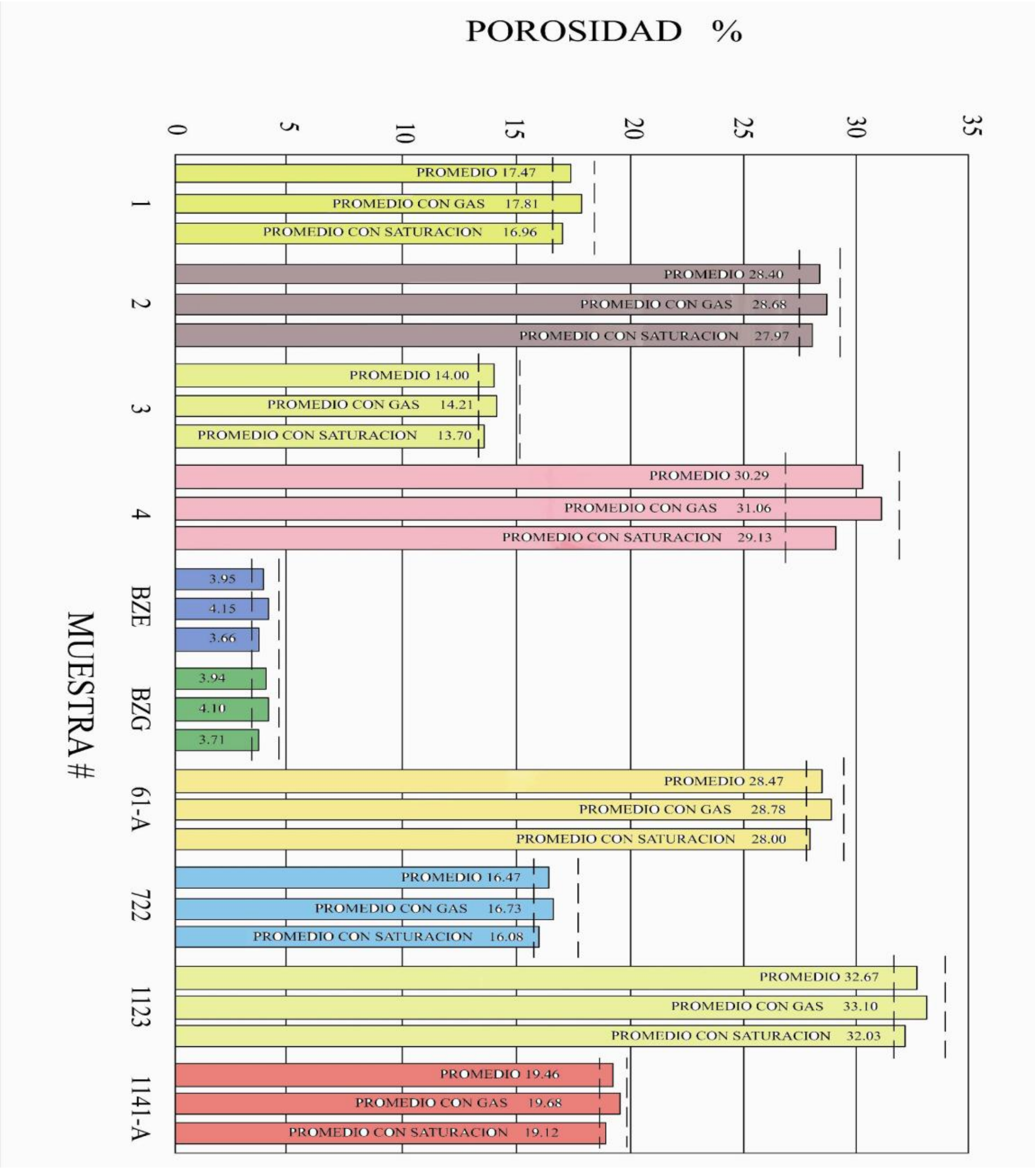

FIGURA 4.5.1 RESULTADO DEL CHEQUEO DE LA POROSIDAD.

4.6 Comparación de resultado obtenido mediante otro método (Porosimetro de Laboratorios de Petroproducción).

La comparación de resultados obtenidos en el método desarrollado en esta tesis, fue realizada en los laboratorios de Petroproducción, utilizando un instrumento el cual funciona con el mismo principio de expansión de gas y aplicando la Ley de Boyle, utilizado. A continuación se procede a describir el procedimiento, resultados obtenidos y comparación.

Determinación de la porosidad:

Procedimiento:

1.- Tener una muestra limpia y seca de 1in de diámetro y de hasta 2.5in de longitud, a la cual se debe medir su peso como dato inicial.

2.- Se efectúa la conexión del tanque de helio al porosimetro, el cual debe proveer la presión de hasta 100 psi.

3.- Encerar el equipo, utilizando las válvulas **Source, supply** y **exhaust**, logrando que las agujas queden dispuestas en el rango 0 a

100 psi. Debido a que la prueba se efectuara a partir de 100 psi, pues a esta presión el helio se comporta como un gas ideal.

4.- Se conecta el porta muestra en la toma **Outlet.**

5.- El porta muestra es llenado en su totalidad con 4 discos de acero, esto servirá para calibrar el volumen de conexión entre ellos, permitir el paso del helio al porta muestra abriendo la válvula **core holder**, lo cual producirá una disminución en la presión, se espera hasta que se estabilice, una vez estabilizada se anota el valor que se lee en el visor del porosimetro el cual esta en una escala de 50 a 2.5 cc, dicha escala indica los valores cuando las celdas 1 y 2 del porosimetro están cerradas.

Se anota este valor el cual representa el volumen de conexión existente entre los discos de acero $\mathbf{V_a}$.

6.- Luego se efectúa el mismo procedimiento pero esta vez el porta muestras es llenado en combinación muestra y discos de acero, tratando de llenar por completo el porta muestras, se anotan los discos no utilizados.

El valor obtenido en este paso se denomina volumen de conexión existente entre la muestra y los discos de acero $\mathbf{V_{am}}$.

7.- Luego se procede al cálculo del volumen de granos con ayuda de estos datos.

$$\mathbf{V_g = V_d - (V_{am} - V_a)}$$

Donde:

V_d = suma de los volúmenes de los discos no utilizados.
V_a= volumen conexión entre disco de acero.
V_{am} = volumen conexión entre muestra y disco de acero.
V_g = volumen de los granos.

8.- Después efectuamos la conexión de la Tri-axial holder en la toma **Outlet** del porosimetro por medio de una manguera cuya conexión esta de tal manera que ingresa helio en la parte superior e inferior de una celda tri-axial y aire por la parte central.

Esta Tri-axial holder puede contener muestras de 1in de diámetro y de hasta 2.5in de longitud, tiene un sistema de regulación de presión de aire para confinar la muestra en dicha celda. La presión a la cual esta ajustada con el aire es de 800 psi.

9.- Se procede a colocar en dicha celda la muestra, luego abrir la válvula core holder permitiendo que ingrese helio a la celda tri-axial, se anota el valor leído en el visor del porosimetro, volumen de lectura del porosimetro $\mathbf{V_{lp}}$.

10.- Luego se efectúa el mismo procedimiento pero esta vez sin la muestra en su interior, obteniendo el volumen de conexión hidrostático $\mathbf{V_{ch}}$.

11.- Se procede al cálculo del valor de Volumen Poroso **Vp.**

$$\mathbf{V_p = V_{lp} - V_{ch}}$$

Donde:

$\mathbf{V_{lp}}$ = volumen de lectura del porosimetro método hidrostático

$\mathbf{V_{ch}}$ **=** volumen de conexión hidrostático

$\mathbf{V_p}$ = volumen Poroso

12.- Con los datos de volumen de granos y poroso obtenemos el volumen total.

$V_b = V_g + V_p$

Donde:

V_b **=** volumen neto (bulk)

13.- Procedemos a calcular la densidad de los granos con los datos de V_b y V_p.

$\rho_g = W_{mdry}/V_p$

Donde:

W_{mdry}**=** peso muestra seca

V_g**=** volumen de los granos

ρ_g **=** densidad de los granos.

14.- Finalmente calculamos la porosidad efectiva.

$\phi_{eff} = V_p/V_b * 100$

Donde:

ϕ_{eff}= Porosidad efectiva

V_p= volumen poroso

V_b= volumen neto (bulk)

TABLA 4.6

DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS CON EL POROSIMETRO DE LOS LABORATORIOS DE PETROPRODUCCION.

1	2	3	4
Profundidad (ft):	**Diámetro de la muestra (in)**	**Vol. Conexión Va (cc)**	**Vol. Lectura porosimetro Vam (cc)**
9549.3	1	5.05	9.3
9529.7	1	5.05	8.5
9555.6	1	5.05	9.5

5	6	7
Discos de acero no utilizados	**Vd Volumen discos no utilizados**	**Volumen del grano Vg (cc) 6 - (4 - 3)**
1-3-4	20.730	16.480
1-3-4	20.730	17.280
1-3-4	20.730	16.280

8	9	10
Vol. Conexión Hidrostático Vch(cc)	**Vol. Lectura del porosimetro Vlp(cc)**	**Volumen Poroso Vp(cc) 9 - 8**
11.0	14.3	3.3
11.0	13.4	2.4
11.0	14.0	3.0

11	12	13	14
V_b(cc) 10+7	**W_{mdry} (gr)**	**ρ_g(gr/cc) 12 / 7**	**ϕ_{eff}(%) (10 / 11) *100**
19.780	43.015	2.610	16.683
19.680	48.593	2.812	12.195
19.280	42.360	2.602	15.559

TABLA 4.7

DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS CON EL POROSIMETRO DE HELIO DEL LABORATORIO DE LA FICT.

	Muestra Nº	1	2	3
	Muestra profundidad (ft)	9549.3	9529.7	9555.6
	Diámetro de la muestra (in)	1	1	1
1era expansión	Po (psig)	49.03	49.03	49.03
	Pf (psig)	39.16	39.16	39.16
2da expansión	Poc(psig)	50.74	50.74	50.74
	Pfc(psig)	30.40	30.40	30.40
Volumen de referencia	Vref(cc)	12.150	12.150	12.150

Volumen poroso	Wmdry(g)	43.0	48.6	42.4
	Wmsat(g)	45.8	50.6	45.0
	Wfs(g)	2.8	2	2.6
	ρfs(g/cc)	0.8623	0.8623	0.8623
	Vfs(cc)	3.247	2.319	3.015
	Vp=Vfs (cc)	3.247	2.319	3.015

3ra expansión	Pos(psig)	50.61	52.78	51.15
	Pfs(psig)	29.93	32.53	29.92
	Discos no usados	C, E	C, E	C, E
	Vg(cc)	16,015	16,836	15,791
Volumen neto (bulk)	Vb = Vp + Vg (cc)	19,262	19,155	18,807

Porosidad efectiva φ_{eff}(%)	16,857	12.108	16,032
Densidad del grano(g/cc)	2,685	2,886	2,685

TABLA 4.8

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE POROSIDAD ENTRE EL POROSÍMETRO DE LA FICT Y DE PETROPRODUCCIÓN

POROSIMETRO DE HELIO (FICT)					
Muestra Nº	**Profundidad (ft)**	**Volumen Poroso (cc)**	**Volumen de granos (cc)**	**Porosidad efectiva (%)**	**Densidad de granos (g/cc)**
1	9549,3	3.247	16,015	16,857	2,685
2	9529,7	2.319	16,836	12.108	2,886
3	9555,6	3.015	15,791	16,032	2,685

POROSIMETRO (Laboratorio de Petroproducción)					
Muestra Nº	**Profundidad (ft)**	**Volumen Poroso (cc)**	**Volumen de granos (cc)**	**Porosidad efectiva (%)**	**Densidad de granos (g/cc)**
1	9549,3	3.3	16.480	16.683	2.610
2	9529,7	2.4	17.280	12.195	2.812
3	9555,6	3.0	16.280	15.559	2.602

		POROSIDAD (%)	
Muestra #	**Profundidad (ft)**	**Error**	**Error (%)**
1	9549.3	0.174	1.043
2	9529.7	0.087	0.713
3	9555.6	0.473	3.040

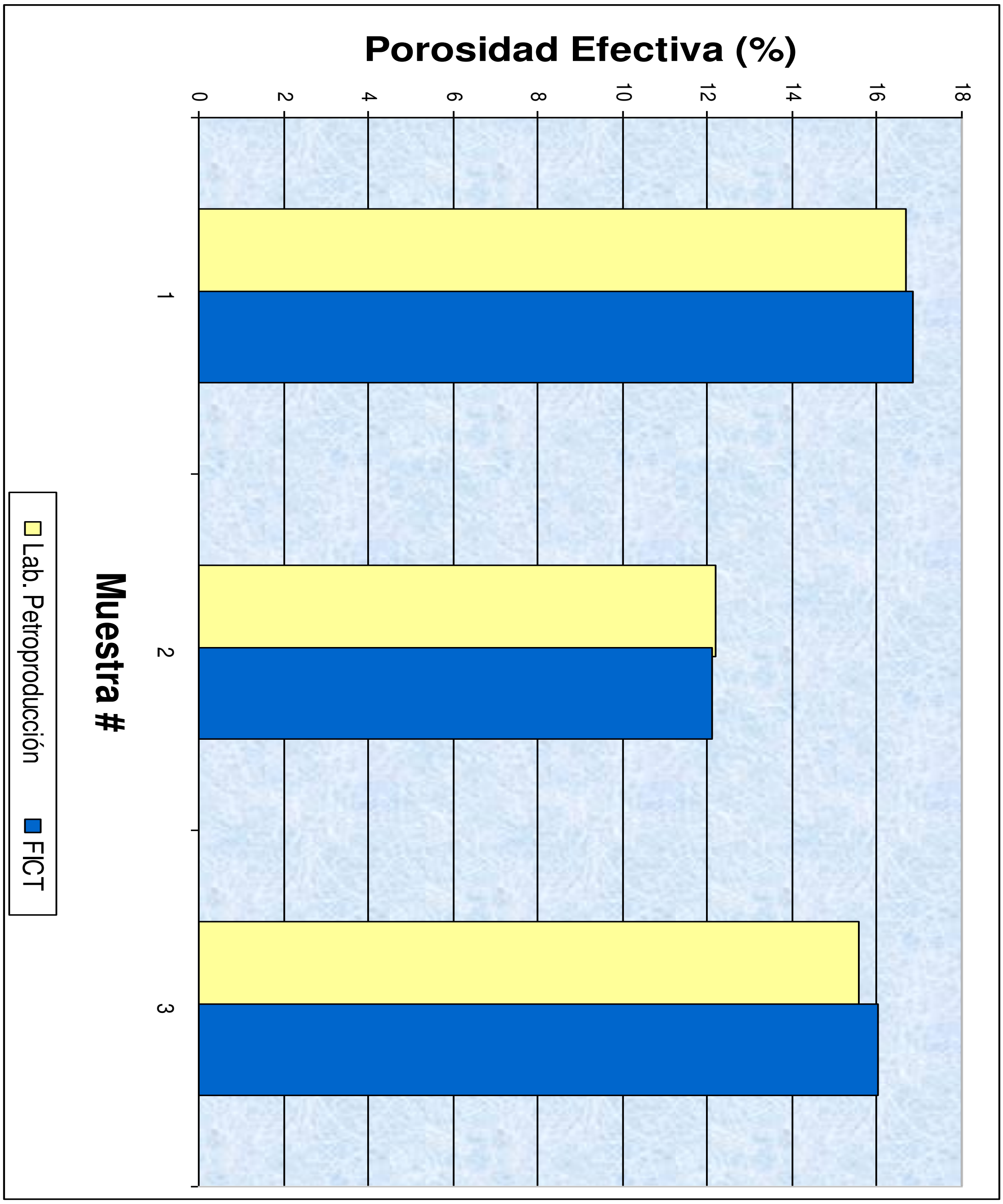

FIGURA 4.6 ESQUEMA DE LA COMPARACION ENTRE RESULTADOS DE POROSIDAD ENTRE EL POROSIMETRO DE LA FICT Y DE PETROPRODUCCION.