

GUÍAS METODOLÓGICAS PARA TOMA DE MUESTRAS Y MEDICIONES DE CONTENIDO DE GAS

Lucila Mojica Amaya
Jorge Eliécer Mariño Martínez

Los procedimientos mencionados a continuación corresponden a las guías seguidas en el Laboratorio de Materiales, Carbón, Gas asociado al Carbón, Shale Gas de la UPTC, seccional Sogamoso. Primero se explican los procedimientos para el muestreo de perforación y prueba de desorción de CBM en campo, y luego los procedimientos para la medición de gas metano mediante pruebas de desorción con el equipo cánister en el laboratorio. Finalmente se agrega una lista de chequeo (check list), para asegurar que no se cometan errores durante el muestreo y la medición. En cada caso se listan los materiales y equipos necesarios, se explica la metodología utilizada y se presentan los formatos respectivos para captar la información.

9.1 Procedimientos para el muestreo de perforación y prueba de desorción de CBM en campo

9.1.1 Materiales y equipos

Para la toma de muestras se debe tener en cuenta:

Material de seguridad: el material de seguridad es muy importante, ya que el lugar de muestreo es una perforación, donde se tiene maquinaria pesada y donde existen otros riesgos. Los materiales de protección son:

-
- Casco
 - Botas
 - Tapaoídos
 - Guantes

Materiales

- Agua coloreada
- Núcleo de carbón
- Silicona
- Llaves para tubo
- Bomba de bicicleta o equivalente
- Balanza
- Cinta de teflón
- Bureta
- Recipiente lleno de agua
- Cámara fotográfica

Equipos:

- Equipo de desorción cánister
- GPS

9.1.2 Muestreo de perforación

En un programa de perforación para un yacimiento carbonífero se pueden tener muestras de núcleo y muestras de ripios. En la Tabla 9.1, anexa a esta guía, se presenta el formato para el manejo de información en campo.

Las muestras de núcleos se obtienen mediante perforación con taladro, con un diámetro de la muestra entre una y tres pulgadas, por el espesor del manto.

Metodología

- En el laboratorio se pesa cada uno de los cánister vacíos.
- Antes de llegar a la perforación, se revisan los equipos y se realiza la prueba de hermeticidad, que consiste en:

- Revisar el equipo cánister y reemplazar accesorios, si estos se encuentran en mal estado, como pueden ser el empaque, el indicador de presión, la válvula y los diferentes acoples; además se debe realizar una limpieza en el equipo cánister para evitar posible contaminación de la muestra de carbón.
- La prueba de hermeticidad se lleva a cabo de la siguiente manera: se tapa el cánister, se inyecta aire mediante una bomba manual, a través de su acople de conexión, que se encuentra en la tapa, se cierra la válvula y se registra la lectura del medidor de presión. Luego se sumerge en agua para detectar posibles fugas. Si las hay, la lectura del medidor de presión descenderá después de un tiempo, entonces se debe reparar y probar nuevamente (Figura 9.1).
- Cada cánister debe estar enumerado de acuerdo con la enumeración o códigos establecidos para el proyecto.

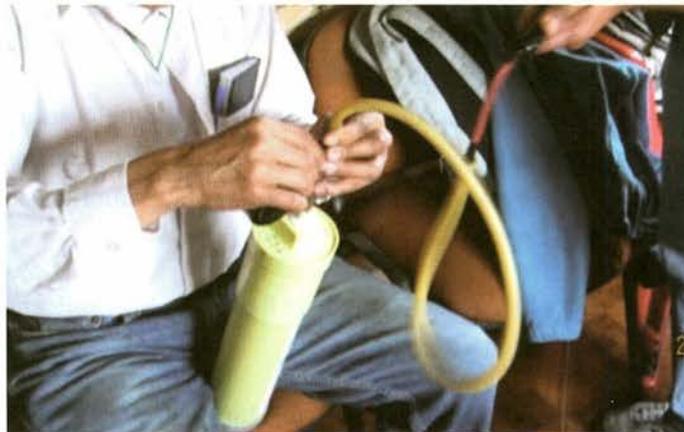


Figura 9.1 Utilización de una bomba de aire para determinar la hermeticidad del cánister.

- En el lugar de la perforación, a cargo de la compañía de perforación y siguiendo sus normas de seguridad, se prepara la bureta con el agua coloreada hasta el volumen inicial, el cual puede ser arbitrario de acuerdo con la capacidad de la bureta.

-
- Se preparan los cánister, y el formato que se presenta en la Tabla 9.1 se llena con información sobre el manto de carbón, junto con las coordenadas del pozo.
 - Se registran los tiempos en que se empieza y termina de perforar el manto de carbón, el tiempo en que se comienza a subir el núcleo de perforación y el tiempo de llegada a superficie (Tabla 9.1).
 - Se recolectan los núcleos de perforación de los mantos de carbón, los cuales se lavan rápidamente con agua para remover el lodo de perforación y evitar que se contamine la muestra.
 - Se describe el manto completo (tamaño y compactación de la muestra) y se selecciona una muestra representativa del manto del carbón triturándola un poco para facilitar el desplazamiento del gas.
 - Inmediatamente, la muestra se introduce en uno de los cánister.
 - Para evitar que dentro del cánister quede aire y genere alteraciones en los resultados, se recomienda llenarlo totalmente de carbón. Si la muestra disponible no alcanza a llenar el cánister, el espacio vacío se puede llenar de materiales inertes que no contaminen la muestra (se sugieren canicas de vidrio o arena).
 - Se cierra bien el cánister con la llave de tubos, aplicando cinta teflón en la rosca del cánister.
 - Se comprueba que el sellado del cánister no presente ninguna fuga. Esta prueba se realiza en campo, de la siguiente manera: antes de perforar el manto de carbón, se debe preparar un recipiente lleno de agua, y después de obtener la muestra se introduce cada uno de los cánister que contengan muestra de carbón, y se verifica que no se esté produciendo ningún escape. Pero si esto llega a pasar, se identifica el escape e inmediatamente se corrige. En último término, se aplica silicona semilíquida de secado rápido en el espacio anular de la rosca, como una medida adicional de hermeticidad.

-
- Al comprobar que el cánister est  totalmente sellado, se registra este tiempo en el formato que se presenta en la Tabla 9.1, anexa.

9.1.3 Prueba de desorc n en campo (gas perdido)

Consiste en calcular el gas que se pierde entre el momento en que se perfora el manto, pasando por el tiempo que la muestra permanece en superficie, hasta que se sella el cánister. Las mediciones se hacen conectando la bureta al cánister y abriendo la válvula de este que permite la salida del gas, el cual es medido por el desplazamiento del agua en una columna volumétrica (bureta). Las lecturas se realizan y se registran en el formato de desorc n (Tabla 9.1). Se grafica el volumen acumulado de gas desorbido (eje vertical) versus raíz cuadrada de tiempo acumulado de desorc n (eje horizontal). En el eje horizontal se ubica la raíz cuadrada del tiempo acumulado (horas y minutos en fracciones decimales de horas), y en el eje vertical, los valores del contenido de gas (pie³/ton) en condiciones estándar de presión y temperatura (STP), calculados en la Figura 9.3.

Metodología

- La bureta se ubica en un plano totalmente horizontal con el volumen inicial de agua coloreada.
- Se conecta el cánister a la bureta a través de la manguera flexible.
- Se registran la hora, la temperatura y la presión en la Tabla 9.1.
- Se abre la válvula del cánister, y si presenta succión, se debe cerrar inmediatamente registrando la cantidad de gas succionado, la cual se le resta a las lecturas acumulativas del gas desorbido.
- Si no presenta succión, se registra la primera lectura de gas desorbido (volumen final desplazado en la columna de agua de la bureta).

$$\text{Gas desorbido (cm}^3\text{)} = \text{volumen final} - \text{volumen inicial}$$

FORMATO PARA EL REGISTRO DE DATOS EN CAMPO

LUGAR: _____
 COORDENADAS: X Y _____
 ALTURA (m.s.n.m): _____
 PROYECTO: _____

FORMACIÓN GEOLÓGICA: _____
 BLOQUE: _____
 MANTO: _____
 ESPESOR: _____

POZO: _____
 N° DEL CÁNISTER: _____
 PESO CÁNISTER (gr): _____

TIEMPO INICIAL PERFORACIÓN DEL MANTO: _____
 TIEMPO DE EXTRACCIÓN DEL NÚCLEO: _____
 TIEMPO DEL NÚCLEO EN SUPERFICIE: _____
 TIEMPO DE SELLADO DEL CÁNISTER: _____

DATOS PARA CALCULAR EL GAS PERDIDO:

LECT.	FECHA	TIEMPO		TEMP. °F	PRES.	VOLUMEN (cm ³)		GAS DESORBIDO(cm ³)	
	D/M/A	H:Min	ACUM.	°C	Pulg	INICIAL	FINAL	MEDIDO	ACUM.
					Hg				
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

Realizado por: _____

Fecha: _____

TABLA N°1 Formato modificado de Fonseca y López (2003), Mariño (2010).

-
- Volumen inicial = punto cero en la bureta (arbitrario dependiendo de la capacidad de la bureta).
 - Se vuelve a cerrar la válvula y se desconecta la manguera del cánister, se espera a que se estabilice el volumen inicial en la bureta.
 - El procedimiento se repite cada quince minutos durante las dos primeras horas.
 - Tiempo de gas perdido = tiempo de sellado del cánister (horas y minutos en fracciones decimales de horas) – tiempo de perforación del manto (horas y minutos en fracciones decimales de horas)
 - Se halla la raíz cuadrada del tiempo de gas perdido.
 - Se ubica el valor hallado en el paso anterior en el eje raíz cuadrada de tiempo (eje horizontal) y se proyecta verticalmente hasta cortar la curva de desorción.
 - El punto de intersección se proyecta horizontalmente hasta el eje volumen acumulado de desorción, obteniendo así el valor correspondiente al volumen de gas perdido (Figura 4.5).

9.2 Procedimientos para la medición de gas metano mediante pruebas de desorción con el equipo cánister en el laboratorio

9.2.1 Material y equipos

- *Equipos:*
 - Cánister
 - Bureta
 - Tina de agua con termostato
- *Materiales:*
 - Termómetro
 - Reloj
 - Agua coloreada

9.2.2 Prueba de desorción en el laboratorio para el cálculo de gas desorbido

La prueba se realiza en el laboratorio de materiales y gas asociado al carbón, en donde se mide a través de la prueba de desorción del gas desorbido de cada cánister obtenido del muestreo en campo. Esta prueba puede durar alrededor de dos meses o más, dependiendo de la cantidad de gas que esté adsorbido en el carbón. Los datos se van registrando en la Tabla 9.2.

Metodología

- En el laboratorio se pesa cada cánister con su respectiva muestra sellada herméticamente en su interior.
- La experiencia en estos análisis ha mostrado que una vez llevados los cánister al laboratorio, estos deben mantenerse en una tina de agua con un sistema de termostato para mantener la temperatura constante y simular la temperatura del yacimiento.
- Se realiza el montaje del equipo de medición cánister (bureta y cánister), ya sea a presión y temperatura ambiente o simulando la temperatura del yacimiento en un sistema de termostato.
- Se conecta la bureta al cánister y se continúa con la prueba de desorción abriendo la válvula del cánister y registrando el volumen desplazado en la bureta. Se toman los datos de temperatura, presión, fecha y hora, registrados en la Tabla 9.2 anexa a esta guía (Figura 9.2).
- Se vuelve a cerrar la válvula y se desconecta la manguera del cánister, se espera a que se estabilice el volumen inicial en la bureta. El procedimiento se repite para las próximas mediciones a intervalos de tiempo cada vez más largos, dependiendo de la cantidad de gas en cm^3 que se desplace en la bureta, hasta llegar a un volumen de gas metano prácticamente nulo (esta medición para calcular el gas desorbido puede tardar meses según el contenido de gas que esté adsorbido en la muestra de carbón).



Figura 9.2 Medición del gas desorbido en el laboratorio por desplazamiento de una columna de agua.

El resultado de graficar el acumulado del gas desorbido versus la raíz cuadrada del tiempo, es una curva ascendente, pero que se torna asintótica después de un par de meses, porque los valores de desorción diarios o periódicos finalmente se acercan a cero (Figura 9.3).



Figura 9.3 Resultado de graficar el gas desorbido acumulado contra la raíz del tiempo de medición.

9.2.3 Procedimiento para calcular el gas residual

Cuando la desorción se ha completado, el gas residual en el carbón se puede medir así:

- Se retira la muestra de carbón del cánister y se parte en cuartos (cuarteo).
- Se toma una de estas partes y se coloca en un contenedor para mezclas de gases o en un molino de bolas. El carbón se pulveriza en un tiempo comprendido entre 15–60 minutos (Figura 9.4).
- El contenedor se debe sellar herméticamente y conectar a un manómetro para medir el contenido de gas residual (el mismo sistema de bureta utilizado en la prueba de desorción).
- Este gas residual se suma al volumen total de los gases liberados (gas perdido y gas desorbido), todos corregidos a STP.



Figura 9.4 Equipos (contenedores herméticos y molinos) utilizados en el laboratorio de la UPTC para determinación del gas residual.

FORMATO PARA EL REGISTRO DE DATOS EN LABORATORIO

POZO: _____ N° DEL CÁNISTER: _____ PESO CÁNISTER (gr): _____ PESO CÁNISTER + MUESTRA (gr): _____ PESO MUESTRA(gr): _____	PROYECTO: _____ TIEMPO INICIAL PERFORACIÓN DEL MANTO: _____ TIEMPO DE EXTRACCIÓN DEL NÚCLEO: _____ TIEMPO DEL NÚCLEO EN SUPERFICIE: _____ TIEMPO DE SELLADO DEL CÁNISTER: _____
--	---

LECT	FECHA	TIEMPO	TEMP.			PRES.	VOLUMEN (cm ³)		GAS		GAS		CONTENIDO	
	D/M/A	H:Min	√T	°c	°f	Pulg	INICIAL	FINAL	DESORBIDO(cm ³)		DESORBIDO STP(cm ³)		DE GAS	
						Hg			MEDIDO	ACUM.	MEDIDO	ACUM.	cm ³ /gr	pie ³ /ton
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														

TABLA N°1 Formato modificado de Fonseca y López (2003), Mariño (2010).

Realizado por: _____ Fecha: _____

9.3 Lista de chequeo (check list) para la toma de muestras de gas asociado al carbón

Debido a que el muestreo no se puede repetir, se sugiere una lista de chequeo que asegure que el muestreador siga todos los procedimientos y no se cometan errores.

- Realizado
 No realizado

1. Inspección inicial de los cánister que se van a utilizar. Debe realizarse con, al menos, 24 horas de anticipación a la medición:

- Revisar el cuerpo y la tapa del cánister en busca de orificios y fisuras. Acción correctiva en caso contrario: reemplazar el cánister o mezclar cantidades iguales de los tubos rojo y azul del pegante *SinteSolda* y luego aplicar suficientemente sobre el orificio o fisura del cánister y dejar secar 24 horas.
- Limpiar cuidadosamente las roscas interna y externa del cánister.
- Verificar que el empaque de caucho interno esté en buen estado y que esté adherido con silicona al cánister. Acción correctiva en caso contrario: retirar completamente el empaque dañado, limpiar la zona del empaque y reemplazarlo; aplicar silicona al nuevo empaque y dejar secar por lo menos una hora.
- Sellar el cánister con cinta teflón (2-3 vueltas) y realizar primera prueba de hermeticidad: bombear suficiente aire al cánister con la bomba y cerrar la válvula, verificar que el medidor de presión (manómetro) suba por lo menos hasta 3 PSI y permanezca quieto, luego sumergir el cánister en agua para identificar fugas de aire. De existir fugas en el cuerpo del cánister, realizar nuevamente los pasos anteriores.

2. Preparación del cánister previamente a la salida de la muestra:

- Retirar el teflón previo y reemplazarlo con tres vueltas (sentido de la vuelta: de izquierda a derecha) en la rosca externa (tapa) y dejar aparte en un lugar seco y limpio.
- Cubrir la rosca interna con papel periódico, para evitar que la rosca se ensucie con partículas al momento de ingresar la muestra.
- Realizar el llenado de datos iniciales del formato para el registro de datos en campo.

3. Sellado de la muestra en el cánister:

- Al momento de la salida de la muestra y después de colocarla en la canaleta, separar rápidamente la sección de carbón por muestrear y registrar profundidades del manto y de muestra.
- Limpiar con agua y secar la muestra de carbón seleccionada para gas. Triturar la muestra en trozos de aproximadamente 3-5 cm³ y depositarlos en el cánister.
- Colocar la tapa y cerrar el cánister con la llave alemana.
- Abrir y cerrar rápidamente con la válvula para sacar el aire encerrado en el cánister.
- Cubrir con silicona el espacio entre roscas de la parte superior del cánister y dejar secar al menos 15 minutos.
- Tomar el cánister y sumergirlo en agua para identificar que no existan fugas. Acción correctiva en caso contrario: realizar rápidamente la primera medición, luego retirar la silicona aplicada, retirar la tapa del cánister y reemplazar el teflón con tres vueltas. Luego resellar siguiendo los tres pasos anteriores. En caso de que reincida la fuga, secar y aplicar silicona abundantemente en la parte en cuestión y seguir haciendo las mediciones.

4. Toma de datos de gas asociado al carbón:

- Llenar de agua con colorante el recipiente de plástico transparente y la probeta plástica y girar la probeta boca abajo dentro del recipiente plástico lleno de agua.
- Asegurar uno de los extremos de la manguera al tubo saliente del cánister y colocar dentro de la probeta el otro extremo de la manguera.
- Registrar (en el formato para el registro de datos en campo Tabla 9.1) el volumen de gas inicial de la probeta. Luego abrir lentamente la válvula del cánister hasta que quede completamente abierta.
- Una vez se halla detenido el desplazamiento del gas en la probeta, cerrar la válvula y registrar el volumen final de gas en la probeta.
- Realizar los tres pasos anteriores nuevamente cada quince minutos por dos horas.
- Al terminar las dos horas, colocar cinta adhesiva sobre la válvula del cánister para su transporte, con el fin de evitar la abertura accidental de la misma en su traslado.
- Transportar el cánister horizontalmente de forma que no se caiga y pueda ocasionar posibles rupturas del mismo.
- Realizar medición de gas desorbido cada 24 horas después de tomada la muestra y registrarlo en el formato para el registro de datos en campo (Tabla 9.1).