

MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE GAS

Jorge Eliécer Mariño Martínez

Alberto Ángel Botero

El contenido de gas es el término utilizado para hacer referencia al volumen total del gas por unidad de peso que se encuentra en el carbón y es uno de los factores más críticos para la factibilidad de un proyecto. Los factores que más influyen en la calidad de la medición del volumen de gas son el tipo de muestra de carbón, las metodologías utilizadas en el muestreo y las metodologías de medición. Por lo anterior, este capítulo hace especial énfasis en las metodologías utilizadas para la medición (detalles más específicos para la toma de muestras y medición de gas se presentan en las guías del capítulo 9).

4.1 Medición

Para lograr determinar el contenido de gas en los carbones, se puede escoger entre dos grupos de métodos dependiendo de la precisión que se quiera: métodos indirectos y métodos directos.

Métodos indirectos. Estos métodos no miden directamente el gas presente en el manto de carbón o en la muestra; el contenido de gas es inferido a partir de la profundidad, de la calidad del carbón (ensayos inmediatos o reflectancia de la vitrinita), o de las isotermas de absorción. Aunque de manera indirecta se puede inferir un buen contenido de CBM en cuencas con buen rango y buena profundidad de los carbones, dicha inferencia indirecta solo determina la capacidad de absorción del carbón, pero no provee ninguna indicación de si el gas está realmente presente.

En 1977, Kim propuso una técnica para la determinación del contenido de gas a partir de isotermas de absorción con muestras de carbón representativas y análisis inmediatos asociados. Kim comparó los contenidos de gas predichos a partir de isoterms, con aquellos medidos a partir de la desorción de núcleo, usando el método directo USBM y halló una concordancia razonable entre el rango del carbón y la presión (profundidad) versus el contenido de CBM obtenido de los ensayos de isotermas (Figura 3.3). Debido a que la isoterma representa la capacidad total de absorción, el gas perdido, desorbido y residual, deben ser considerados al hacer comparaciones. De manera indirecta, los valores de la isoterma de adsorción también se pueden obtener usando solamente los datos del rango del carbón (Moore, 2004).

Métodos directos. Los métodos directos definen el contenido total de gas, como la suma de tres categorías: gas perdido, gas desorbido y gas residual. Dichos volúmenes se deben corregir de acuerdo con las temperaturas y presiones del sitio o profundidad donde se tomó la muestra. La ventaja de los métodos directos es que estos proveen una medición del gas realmente contenido en la muestra de carbón. Es decir, aportan pruebas de que el gas está realmente presente. El uso principal de los métodos directos es para el cálculo del gas *in situ* y para la determinación del grado de saturación de gas de un carbón. Los métodos directos también suministran información sobre la tasa de desorción del gas y permiten obtener muestras para hacer ensayos de cromatografía para determinar la composición del gas desorbido. Los métodos directos se dividen en técnicas de desorción convencional y técnicas de núcleo de presión.

4.2 Técnicas de desorción convencional

Estas técnicas usan muestras convencionales de núcleos o ripios de perforación, y los contenidos de gas obtenidos con los diferentes métodos de desorción convencional deberían ser cercanos, si el muestreo es similar sobre la misma muestra. La principal diferencia entre los diferentes métodos estriba en la manera como usan los datos medidos para calcular la pérdida de gas durante la recuperación y manejo de la muestra en la superficie. Sin embargo, la diferencia

puede no ser grande, puesto que la mayoría de los métodos están basados en principios similares. Los métodos son: el método directo de la USBM, el método de Smith and Williams, el método de la curva de declive, y el método GRI.

Método directo USBM. Desarrollado para núcleos, pero igualmente se emplea en rípios de perforación (Barker, Johnson, Crysdale & Clark, 1991). Este método es una adaptación del método desarrollado por Bertard, Bruyet & Gunther (1970) para medir gas en minas. El propósito inicial del método de la Oficina de Minas de USA (USBM) fue determinar el contenido de gas en corazones de carbones vírgenes para usarlo en la estimación de la ventilación para nuevas minas. Los experimentos de laboratorio mostraron que podrían utilizar el método para corazones más grandes que tendrían un mayor tiempo de recobro. Se construyeron cánister de aluminio y las mediciones de volumen se hicieron periódicamente drenando el gas acumulado en un cilindro invertido lleno de agua por la técnica de desplazamiento de agua (Figura 4.1). En este método, las mediciones periódicas de gas desorbido se hacen hasta que la medición disminuye significativamente y entonces se decide terminar el proceso de desorción. Diamond and Levine (1981) sugirieron que una norma para terminar el proceso de desorción es cuando el gas desorbido es menor a 10 cm^3 por día durante una semana, otros han sugerido que se debe terminar cuando varias lecturas consecutivas den cero.

Método de Smith y Williams. Desarrollado para rípios de taladro pero también sirve para núcleos de perforación. Debido a que la desorción es más rápida en rípios, el período de desorción puede ser de una semana (Smith, 1981). El gas residual no se calcula, porque se asume que debido al tamaño pequeño de las muestras, el proceso de desorción se completa durante la prueba de desorción (gas desorbido o medido).

Método de la curva de declive. Se puede usar tanto en núcleos como en rípios de perforación. Consiste en medir la desorción por un corto período de tiempo para obtener una pequeña nube de puntos y luego extrapolar a un tiempo en el que la desorción sería

muy baja ($0.001 \text{ cm}^3/\text{g}$ por día). Esto permite hacer predicciones de contenido hacia el futuro sin tener que medir durante largos períodos de desorción (Chase, 1979).

Método GRI (Gas Research Institute). El método del Instituto de Investigación del Gas de Estados Unidos es una versión mejorada del método USBM, que consiste en medir el gas por desplazamiento de agua pero con un equipo más sofisticado, con una bureta conectada a un reservorio de agua, por un lado, y por el otro lado conectada al cánister, de tal manera que la presión del gas en el cánister al abrir la válvula se equilibre con la presión atmosférica de la manguera conectada con el reservorio de agua (Figura 4.1). Adicionalmente, el método indica que las muestras se deben mantener a la temperatura del reservorio, porque, de otra forma, los valores de desorción serían menores a los que el reservorio desorbería a esa profundidad (Diamond & Schatzel, 1998). Para mantener las muestras a la temperatura del reservorio, se pueden utilizar tinas llenas de agua o gas con la temperatura controlada por un termostato. También se pueden usar resistencias eléctricas conectadas directamente a cánisters de metal.

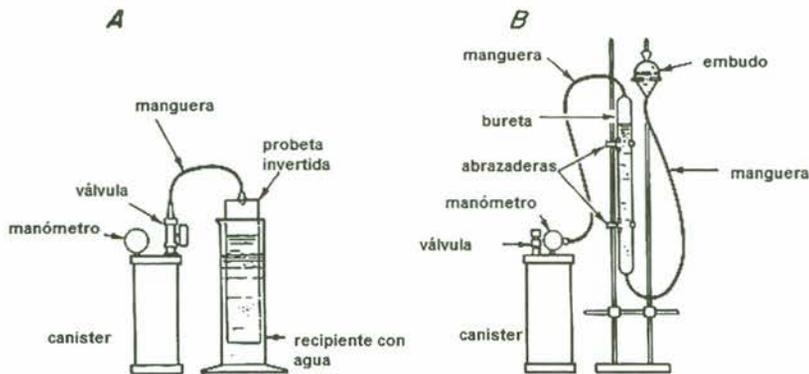


Figura 4.1 Aparato de medición según el método del USBM (A) versus un aparato más sofisticado, tal como se utiliza en el método de GRI (B).

Fuente: adaptado de Diamond & Schatzel (1998).

4.3 Técnicas de desorción del núcleo de presión

Estas técnicas ofrecen el único método por el cual todo el gas almacenado de una muestra de carbón puede medirse directamente

porque se utiliza un sacanúcleos que evita que el gas se escape. Esta técnica presenta mayor exactitud y certeza puesto que no hay gas perdido, también es posible hacer cálculos excelentes de la tasa de desorción del gas, e igualmente, se puede muestrear para composición del gas desorbido. Además, debido a la exactitud mejorada y al mayor grado de certeza en los resultados, la desorción del núcleo de presión es un método excelente para evaluar si un manto de carbón está o no totalmente saturado de gas; también se puede usar para evaluar la exactitud de los cálculos de gas perdido, derivados de los métodos convencionales de desorción.

El equipo utilizado está ceñido a un sacanúcleos de presión, y viene disponible en longitudes de 3.05, 4.57 y 6.10 m, que proveen normalmente una muestra de núcleo de diámetro de 6.35 cm (2.5 pulgadas). Este es un dispositivo mecánico diseñado para capturar núcleo a presión al fondo del pozo y, por lo tanto, evitar la pérdida de fluido por la presión del lodo del taladro. Después de que el núcleo es cortado en el fondo, una válvula mecánica se cierra en el barreno, y el carbón y el gas son traídos hasta la superficie dentro de un sacanúcleos de presión sellado. La medición de gas es generalmente realizada en dos pasos: purga del sacanúcleos, seguida por la desorción convencional del núcleo. La desorción completa se puede realizar desde el sacanúcleos de presión.

Se usa un medidor de ensayo húmedo para determinar los volúmenes de gas durante la purga. Cuando el flujo de gas ha disminuido hasta una tasa muy baja, se abre el sacanúcleos y las muestras son transferidas a contenedores herméticos (cánister), tan rápidamente como sea posible para minimizar la pérdida de gas y continuar la desorción. Para esta técnica, el contenido de gas es calculado comúnmente como la suma del gas perdido, el gas desorbido y el gas residual. Claro que el gas perdido es cero, excepto por esa pequeña cantidad que se pierde durante la transferencia.

4.4 Equipos utilizados para la determinación del contenido de gas

El equipo cánister utilizado para la determinación del contenido de gas en una muestra de carbón, consta de una cámara hermética

hecha de metal o PVC en forma de cilindro, que está sellada en uno de sus extremos (inferior), y en el otro extremo (superior) tiene una tapa, la cual debe garantizar su sellado hermético.



Figura 4.2 Cánister o cámaras herméticas donde se introduce el carbón durante el proceso de desorción.

Las longitudes de este equipo son variables según las necesidades. Se sugieren las siguientes dimensiones: cánister largo 37 cm. y diámetro de 4" y el largo de la tapa 20 cm., junto con la válvula, la cual va conectada con el manómetro de 0-15 psi y tiene un orificio que se conecta a la manguera para la medición del gas (véanse figuras 4.2 y 4.3). Se utilizan cánister de varios tamaños con diversos volúmenes, usualmente de 2,5 litros. Adicional a los cánister, se utiliza un sistema de medición del gas por desplazamiento de una columna de agua, que consiste en una bureta conectada al cánister con un sistema de mangueras. La bureta puede ser de 250 ml en adelante. El montaje se realiza conectando los dos acoples en cada extremo de la bureta con el soporte metálico, de tal manera que la bureta quede totalmente vertical. Se conecta el embudo con la manguera flexible al soporte por medio de los acoples, el otro extremo de la manguera se conecta a la parte inferior de la bureta. La bureta se llena de agua coloreada, para poder observar mejor el desplazamiento de gas metano; el nivel del agua es arbitrario, según la capacidad de la bureta. Por último, se conecta la manguera de una longitud adecuada que no sea muy larga, al extremo superior de la bureta, quedando así un orificio libre de la manguera que será conectado en uno de los cánister para su posterior cálculo de volumen de gas desplazado, evidenciado en el desplazamiento de agua (véase Figura 4.3).



Figura 4.3 Montaje del equipo de medición de gas en el laboratorio de la UPTC-Sogamoso.

4.5 Metodología utilizada por el laboratorio de la UPTC

En el Laboratorio de Materiales, Carbón, Gas asociado al Carbón, y Shales Gas de la UPTC-Sogamoso, en general, se siguen las indicaciones del método de la USBM, pero las muestras se mantienen a temperatura del yacimiento, como lo sugiere el método del GRI. Los contenidos de CBM se miden por métodos directos, los cuales consisten en medir la cantidad de gas que tiene una muestra de carbón mediante la desorción de núcleos de perforación con el equipo cánister (véase Figura 4.3). Como se mencionó en los métodos directos, el proceso de medición comprende tres métodos o etapas diferentes, teniendo en cuenta que el contenido total de GAC es la sumatoria de tres componentes, así:

$$\text{Contenido de gas} = \text{gas perdido} + \text{gas desorbido} + \text{gas residual}$$

El gas perdido. Es el gas que se escapa en el tiempo transcurrido desde que el carbón es extraído de su condición *in situ* y el tiempo en que este es introducido y sellado dentro de un cánister. Para las muestras tomadas en frentes de mina, el gas perdido es el que se escapa durante el tiempo comprendido entre la toma de la muestra en un frente de explotación y la posterior hermetización dentro del

cánister. En el frente de mina, el muestreo es similar al muestreo de carbón en canal (véase Figura 4.4). El gas perdido se determina de la extrapolación de los datos de la prueba de desorción durante las dos primeras horas de medición.



Figura 4.4 Toma de muestra en frente de mina y toma de muestra a partir de corazones.

La cantidad de gas perdido puede ser calculada por el método de la USBM (Oficina de Minas de Estados Unidos) y por el método de Smith y Williams (Smith, 1984). En la UPTC se utiliza el método de la USBM: primero se anota el tiempo en que el carbón fue penetrado y el tiempo en que el cánister es sellado, después se mide el gas desorbido cada 15 minutos por las primeras horas, generalmente dos horas. Posteriormente, esos valores se colocan sobre un gráfico de gas desorbido acumulado versus la raíz cuadrada del tiempo de desorción. La porción inicial de la línea de desorción es extrapolada hasta el punto sobre el eje X, que representa el tiempo de gas perdido (Figura 4.5).

Generalmente, las condiciones de campo (frente de mina o perforación) no permiten llevar un sistema de medición sofisticado de buretas de vidrio, por lo que se utiliza un sistema de probeta invertida, tal como lo muestra la Figura 4.6. El cánister se conecta directamente a la probeta invertida que está metida en un recipiente lleno de agua. Una vez que se abre la válvula del cánister, el gas empuja la columna de agua hacia abajo, ese volumen de agua representa la cantidad de gas desorbida durante ese día (s) o período de tiempo.

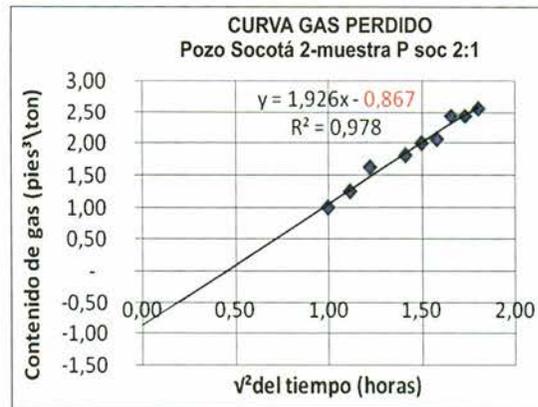
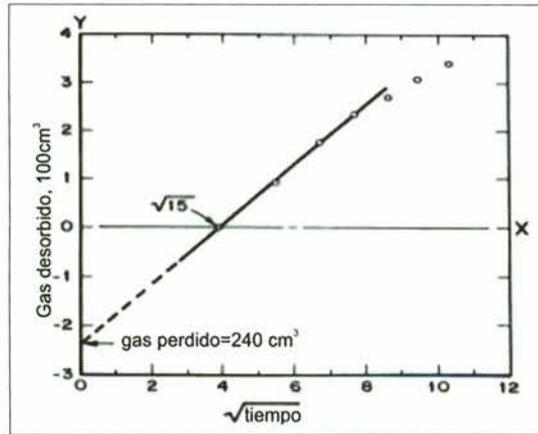


Figura 4.5 Arriba, método directo del USBM para la estimación de gas perdido. Abajo, cálculo del gas perdido en un pozo de gas en Socotá (Boyacá), en este caso el gas perdido corresponde a la intersección de la proyección de las primeras mediciones con el eje Y, da un valor de 0,86 pies³ de gas/ton.

Fuente: Diamond & Schatzel (1998)



Figura 4.6 Medición en campo del gas perdido mediante el sistema de probeta invertida.

El gas desorbido. Es la cantidad de gas que una muestra de carbón libera en la prueba de desorción con el cánister (recipientes sellados herméticamente), también se le conoce como gas desabsorbido. El gas es conducido a través de mangueras hasta una bureta o cilindro graduado que está parcialmente lleno de agua, y el nivel del agua es registrado antes y después de que el gas entra al cilindro. En la UPTC se sigue el sistema de desorción sugerido por el GRI y el USBM, modificado con control de temperatura, en el que las muestras de carbón son introducidas en cánister o recipientes herméticos; posteriormente, el cánister es conectado a la bureta, para así medir la desgasificación del carbón abriendo la válvula que permite la salida del gas, el cual es medido por el desplazamiento del agua en una columna volumétrica en la bureta a temperatura del yacimiento y presión atmosférica (Diamond & Schatzel, 1998). La diferencia de niveles corresponde al volumen de desorción durante esa medición (véase Figura 4.3). El gas desorbido se reporta como centímetros cúbicos por gramo de carbón ($\text{cm}^3 \text{ gas/gr carbón}$), o también en pies cúbicos por tonelada de carbón ($\text{pies}^3 \text{ gas/ton carbón}$). La determinación del gas total desorbido corresponderá a la sumatoria de todos los volúmenes medidos en esta prueba (Figura 4.7).

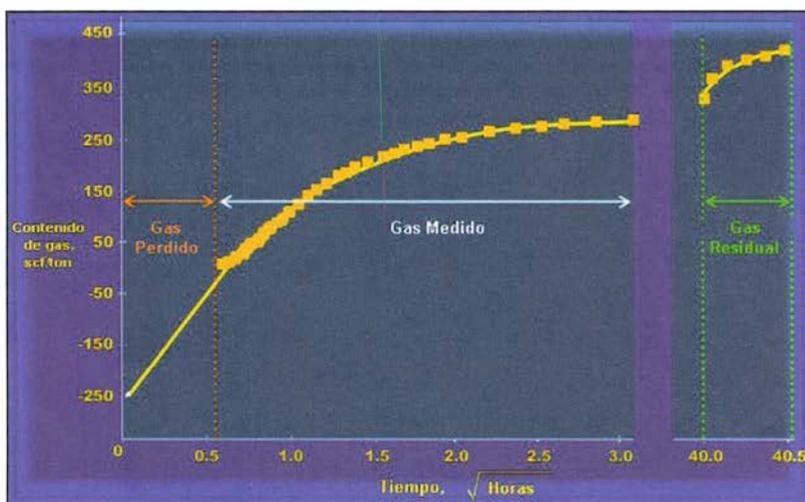


Figura 4.7 Curva de desorción (contenido de gas medido, perdido y residual).

Fuente: modificado de Moore (2004).

Otro sistema de medición consiste en una probeta, cuya función es la misma que la anterior, es decir, el gas es conducido a través de una

manguera hasta la probeta parcialmente llena de agua, e igualmente el nivel del agua es tomado antes y después de que el gas entra a la probeta, ya que este desplaza la columna de agua al salir del cánister (Figura 4.8).

Las mediciones diarias se registran en centímetros cúbicos. Cada lectura de gas medido y acumulado, es dividida por el peso de la muestra seca, para así obtener el contenido de gas de la muestra. Este procedimiento se repite para cada muestra de corazón obtenida de cada uno de los mantos de carbón encontrados durante la perforación del pozo (Tabla 4.1).

Los datos obtenidos en la medición de gas perdido, gas desorbido y gas residual, requieren ser corregidos a presión y temperatura estándar (STP) para propósitos de comparación. Dicha estandarización se hace mediante la ecuación generada por Close en 1989:

$$\text{Volumen de gas a STP} = [\text{Volumen medido} * \text{presión ambiente} / 29,92 * 520] / [460 + \text{temperatura } ^\circ\text{F}]$$

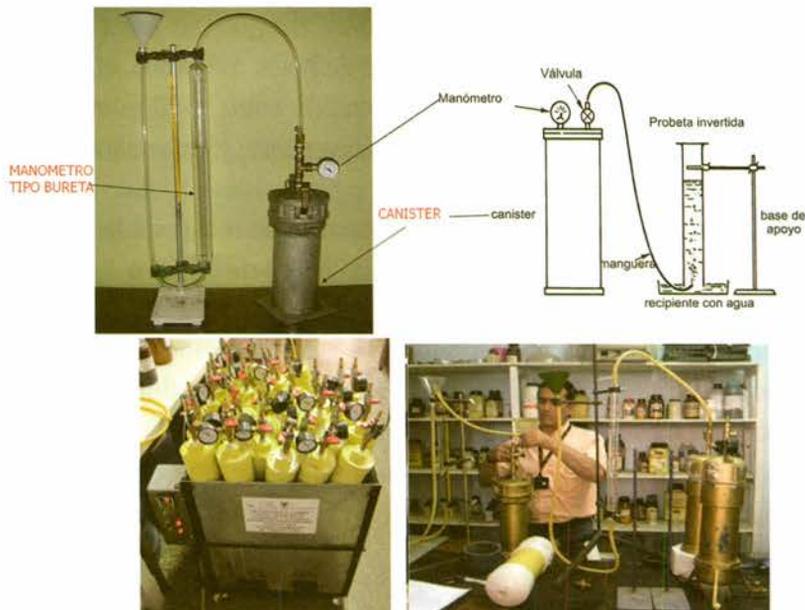


Figura 4.8 En la parte superior, se muestra el sistema de medición del gas desorbido mediante una bureta o cilindro graduado que está parcialmente lleno de agua. La diferencia entre el nivel del agua antes y después de que el gas entra al cilindro, es el volumen de gas desorbido durante ese período de tiempo.

En la parte inferior, se muestra el proceso de medición adelantado en el laboratorio de gases de la UPTC-Sogamoso. Antes de la medición, los cánister han sido mantenidos a la temperatura del yacimiento en tinas con control de temperatura.

El gas desorbido se reporta como centímetros cúbicos por gramo de carbón (cm^3 gas/gr carbón), o también en pies cúbicos por tonelada de carbón (pies^3 gas/ton carbón). La determinación del gas desorbido corresponderá a la sumatoria de todos los volúmenes medidos en esta prueba y se grafica versus la raíz cuadrada del tiempo. En la Figura 4.9 se muestran las curvas de desorción para un corazón de perforación tomado a más de 500 m de profundidad y la curva de desorción de un frente minero. Nótese la forma parabólica de curva de desorción de la muestra de corazón, que indica una fuerte desorción al comienzo de la curva, y la muestra de frente de mina que, al contrario, muestra un comportamiento más lineal, lo cual indica que parte del gas se ha desorbido antes de la toma de la muestra, debido a la disminución de la presión por el bombeo del agua y las labores mineras.

El gas residual. Es la cantidad de gas que permanece absorbido en la matriz del carbón después de que se ha completado la prueba de desorción, pero que es liberado y medido una vez se ha triturado la muestra. La medición del gas residual se hace retirando la muestra de carbón del cánister y partiéndola en cuartos. Se toma una de estas partes y se coloca en un molino de bolas o rodillos, el carbón es pulverizado en un tiempo comprendido entre 3–10 minutos; el contenedor debe ser sellado herméticamente y conectado a un manómetro para medir el contenido de gas residual. El gas residual, en algunos casos, no es incluido como recurso recuperable, ya que probablemente este no llega a liberarse dentro de un pozo.

Si se presentan las curvas de los tres gases (perdido + medido + residual) en una sola gráfica, se nota que el gas perdido es un gas desorbido más rápidamente, y el gas residual es casi instantáneo, porque se hace una sola medición después de que el carbón es molido. El contenido del gas total es la suma de los tres gases (véase Figura 4.7).

FORMATO PARA EL REGISTRO DE DATOS EN LA PRUEBA DE DESORCIÓN															
Gas Asociado al Carbón - CBM (PROYECTO MINA LA ESPERANZA)															
LUGAR:		Mina La Esperanza - Bocamina Pitufa 2						FORMACIÓN:		Guaduas					
COORDENADAS:		Nivel 1 Norte Tambor 11						BLOQUE:							
ALTURA (m.s.n.m):								MANTO:							
PROYECTO:		Exploracion contenidos de CBM						ESPESOR:							
POZO:								TIEMPO INICIAL PERFORACIÓN DEL MANTO:							
N° DEL CÁNISTER:		1						TIEMPO DE EXTRACCIÓN DEL NÚCLEO:							
PESO DEL CÁNISTER (gr):								TIEMPO DEL NÚCLEO EN SUPERFICIE:							
PROFUNDIDAD(m):								TIEMPO DE SELLADO DEL CÁNISTER:		13:18					
PESO DE LA MUESTRA (gr)		1000						Material:		Carbón					
LECT.	FECHA D/M/A	TIEMPO			TEMP.		PRES. Puig Hg	VOLUMEN(cm ³)		GAS		GAS		CONTENIDO	
		H:Min	ACUM.	VT	°c	°f		INICIAL	FINAL	DESORBIDO(cm ³)		DESORBIDO STP (cm ³)		DE GAS	
										MEDIDO	ACUM.	MEDIDO	ACUM.	cm ³ /gr	pie ³ /Ton
1	19/07/2012	14:30:00	2,15	1,47	29,0	84,2	22,83	75	90	15	15	10,94	10,94	0,011	0,39
2		14:45:00	2,40	1,55	29,0	84,2	22,86	120	135	15	30	10,95	21,89	0,022	0,77
3		15:00:00	2,65	1,63	29,0	84,2	22,86	220	235	15	45	10,95	32,84	0,033	1,16
4		15:15:00	2,90	1,70	29,0	84,2	22,86	135	150	15	60	10,95	43,79	0,044	1,55
5		15:30:00	3,15	1,77	29,0	84,2	22,86	200	210	10	70	7,30	51,09	0,051	1,80
6		15:45:00	3,40	1,84	29,0	84,2	22,86	260	265	5	75	3,65	54,74	0,055	1,93
7		16:00:00	3,65	1,91	29,0	84,2	22,86	100	100	0	75	0,00	54,74	0,055	1,93
8		16:15:00	3,90	1,97	29,0	84,2	22,86	150	150	0	75	0,00	54,74	0,055	1,93
9	20/07/2012	11:30:00	23,15	4,81	29,0	84,2	22,33	275	320	45	120	32,09	86,83	0,087	3,07
10	21/07/2012	13:15:00	48,90	6,99	30,0	86,0	22,33	200	300	100	220	71,08	157,91	0,158	5,58
11	23/07/2012	14:45:00	74,15	8,61	30,0	86,0	22,30	85	190	105	325	74,53	232,44	0,232	8,21
12	25/07/2012	18:00:00	125,40	11,20	30,0	86,0	22,33	50	125	75	400	53,31	285,75	0,286	10,09
13	28/07/2012	14:00:00	193,40	13,91	30,0	86,0	22,30	175	300	125	525	88,73	374,48	0,374	13,22
14	31/07/2012	10:00:00	261,40	16,17	30,0	86,0	22,39	100	220	120	645	85,52	460,00	0,460	16,24
15	04/08/2012	14:00:00	361,40	19,01	30,0	86,0	21,26	90	260	170	815	115,04	575,05	0,575	20,31
16	08/08/2012	10:00:00	453,4	21,29	32,0	89,6	22,33	260	498	238	1053	168,06	743,10	0,743	26,24
17	15/08/2012	09:00:00	620,4	24,91	30,0	86,0	22,39	200	620	420	1473	299,33	1042,44	1,042	36,81
18	29/08/2012	15:00:00	962,4	31,02	30,0	86,0	22,33	175	800	625	2098	444,24	1486,68	1,487	52,50
19	07/09/2012	09:00:00	1172,4	34,24	30,0	86,0	22,39	200	425	225	2323	160,36	1647,03	1,647	58,16
20	12/09/2012	09:00:00	1292,4	35,95	30,0	86,0	22,33	125	200	75	2398	53,31	1700,34	1,700	60,05
21	17/09/2012	18:00:00	1421,4	37,70	30,0	86,0	22,30	50	80	30	2428	21,29	1721,64		

temperatura y presión estándares (STP), y finalmente contenidos de gas en cm³/gr y pie³/ton dependiendo del peso de la muestra.

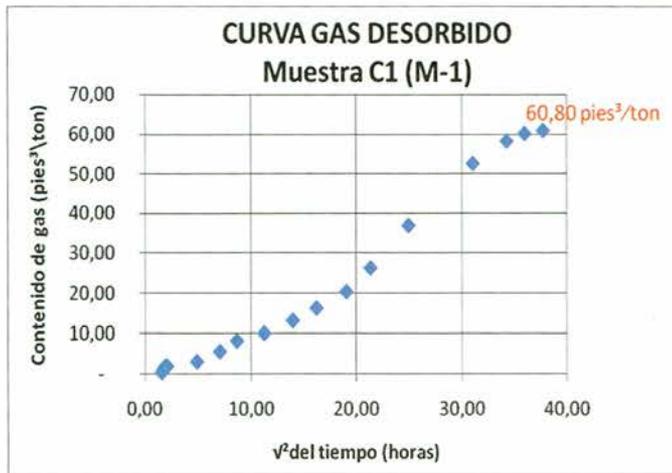
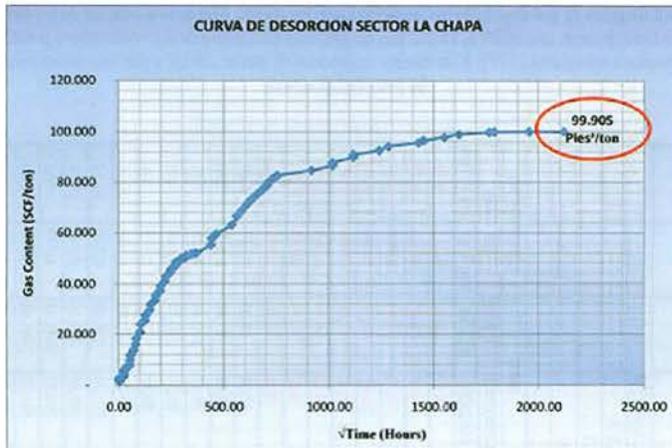


Figura 4.9 Curvas de gas desorbido versus la raíz cuadrada del tiempo en horas. Arriba, muestra tomada en perforación, y abajo, muestra tomada en frente de mina.

Cálculo del contenido de gas libre de cenizas. Los carbones contienen impurezas tales como el contenido de cenizas o materia mineral. El contenido de gas se puede calcular libre de cenizas y materia mineral, donde el contenido de cenizas ha sido eliminado de los cálculos. Si el contenido de gas ha sido calculado libre de cenizas o materia mineral, los recursos estimados también serían calculados de igual modo, para mantener la coherencia. Si el contenido de gas se requiere en base libre de cenizas, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de gas (seco libre de cenizas)} = \text{volumen total de gas} / [\text{peso del carbón} - \text{peso de cenizas}]$$

Además de la ceniza o materia mineral, también se puede eliminar la influencia de otros componentes que no aporten gas, como la humedad y el azufre.

4.6 Tendencias generales de los contenidos de gas

Generalmente, el contenido de gas muestra una tendencia a aumentar con el rango del carbón, profundidad y presión. La Figura 4.10 muestra que el contenido de gas se incrementa con la profundidad, debido a que el rango del carbón corrientemente aumenta con la profundidad. El incremento del contenido de gas con la profundidad, es el resultado de las elevadas presiones del reservorio, debido generalmente al incremento de la presión hidrostática (que permite que el gas no se libere del carbón y quede confinado dentro de sí). No obstante, el contenido de gas decrece con el incremento en el contenido de cenizas y materia mineral.

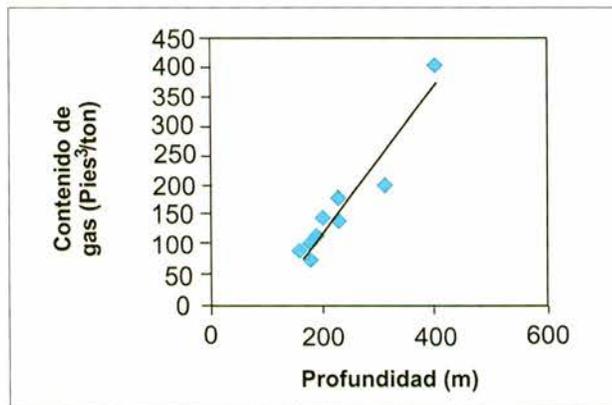


Figura 4.10 Pozo de CBM en Cucunubá (Cundinamarca). El contenido del gas aumenta con la profundidad.

4.7 Contenidos anómalos de gas

A pesar de las tendencias generales existentes y relacionadas con el incremento de la profundidad de enterramiento para el contenido de gas, hay muchas excepciones entre la misma cuenca y entre diferentes cuencas carboníferas. Muchos modelos han sido elaborados para relacionar el rango y la profundidad con el contenido de gas y estos pueden usarse como guías en la evaluación de un yacimiento potencial. Sin embargo, hay que tener cuidado al utilizar

este tipo de guías, especialmente en aquellas áreas donde no se han hecho pruebas de desorción o los datos de rango del carbón no están disponibles, porque existen áreas donde los carbones contienen solamente una fracción del gas que se predijo por medio de la correlación de su rango y profundidad. Pueden existir variaciones en los contenidos de gas dentro de un mismo manto de carbón o entre mantos de carbón en una gran secuencia estratigráfica, y las bajas profundidades de las capas de carbón pueden, en efecto, ser la causa de los más bajos contenidos de gas por una baja sobrecarga. Aunque se conozcan las condiciones óptimas del carbón como rango, espesor y profundidad de la cobertera, las mediciones pueden mostrar valores significativamente reducidos en el contenido de gas, en comparación con los valores que son previstos para estos carbones a partir de la relación profundidad-rango o por extrapolación de datos desde fuentes cercanas.

Los bajos contenidos anómalos de gas pueden darse por una combinación de factores como paleotopografía, paleoclimas y períodos de sequías, que pueden ser la causa de los descensos en la tabla de agua, es decir, descenso en la presión hidrostática donde se tiene como resultado la desorción del metano del carbón. Otra causa del drenaje del agua de los mantos de carbón sucede después de un fallamiento, ya que este generalmente produce numerosas fracturas y fracturas menores que pueden causar la disminución en la presión hidrostática. El contenido de CBM también es determinado por los factores que afectan la permeabilidad del estrato (fracturamiento). El metano pudo haberse liberado y perdido *in situ* debido a extensos periodos de esfuerzos en el pasado geológico, en que el gas pudo haber migrado a la superficie por medio de fracturas verticales. La migración del gas a través del manto de carbón también puede ocurrir pendiente arriba, en mantos muy inclinados.

La relación entre la profundidad de la cobertera y el contenido de gas no está tan claramente definida como sí lo está la relación entre el rango del carbón y el contenido de gas. A pesar de que el contenido de gas se incrementa generalmente con la profundidad, se pueden encontrar áreas donde para unos valores dados por la relación entre la profundidad y el rango, se han obtenido valores inferiores

y lejanos a los que se habían medido por medio de predicciones por métodos indirectos. Por tanto, la profundidad no es un indicador totalmente confiable de contenido de gas para todas las capas de carbón, aunque es una importante herramienta de exploración, ya que los más exitosos proyectos de desgasificación de carbón ocurren dentro de un rango específico de profundidades (Geo Met, 1989).

Otras áreas donde se pueden encontrar bajos contenidos de gas, son las que están cerca de las zonas mineras. Las capas de carbón que se extienden dentro de minas cercanas muestran bajos contenidos de gas, como resultado del drenaje del agua. Esta pérdida de agua (presión) y por lo tanto la desorción, pueden extenderse dentro de áreas aledañas. La extensión de las áreas afectadas depende de la permeabilidad de las capas de carbón y la cantidad de agua que se ha drenado (Figura 4.9).

4.8 Isotermas de adsorción y saturación de gas de los mantos de carbón

La cantidad de gas actualmente presente en el carbón (perdido+desorbido+residual) no necesariamente indica la capacidad de almacenamiento, por tal razón se utilizan las isotermas de adsorción (adsorption isotherms), que son ensayos de laboratorio en los que se inyecta y se extrae gas en la muestra de carbón a temperatura constante, para determinar la cantidad de gas contenida en el carbón en función de la presión del depósito, y ayudar a entender cómo se desorberá el CBM cuando se reduzca la presión del depósito (véanse figuras 4.11 y 4.12). Si la cantidad de gas en el carbón, a la presión y temperatura del reservorio, es menor que la capacidad de almacenamiento que se obtiene de la isoterma de adsorción, el carbón está subsaturado con respecto al gas. La cuantificación de la saturación como un porcentaje del gas medido versus el máximo gas que potencialmente podrá tener, tomado de la isoterma, es importante para la producción y permite a los ingenieros estimar la producción en el tiempo y evaluar las reservas y las perspectivas comerciales.

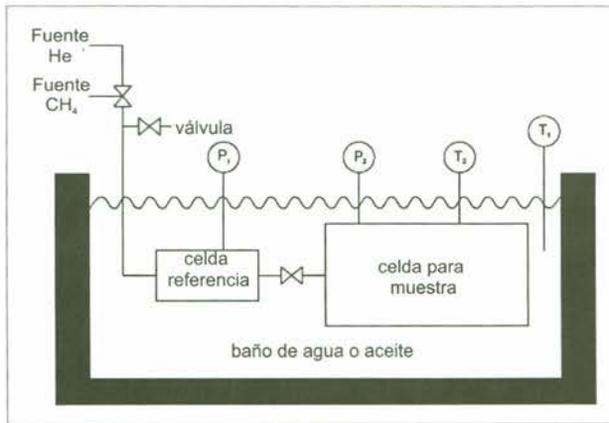


Figura 4.11 Modelo de celda para realizar ensayos de isoterma de adsorción.
Fuente: adaptado de Halliburton (2007).

Para el ensayo de isoterma se utiliza una celda especial. Primero, después de moler la muestra a malla 60, se equilibra a su humedad natural *in situ*. Posteriormente, se le inyecta gas a la temperatura constante del reservorio, incrementando la presión hasta obtener una curva de distribución de equilibrio de las presiones de adsorción (figuras 4.11 y 4.12).

En último término, se obtiene una curva de isoterma final, que muestra la curva de equilibrio de adsorción a diferentes presiones. En el gráfico superior de la Figura 4.12, los contenidos de gas se encontraron entre 50 y 170 pies³/ton y las adsorciones máximas estuvieron entre 300 y 400 pies³/ton, como lo muestra la parte superior de las curvas, lo cual indica que la saturación de los carbones en Illinois es de 50 % o menos, porque se encontró la mitad o menos del volumen de gas que debería tener. Con dichos porcentajes los carbones se consideran subsaturados. Si las presiones medidas en los yacimientos están a la derecha de la curva de la isoterma del manto respectivo, la presión hidrostática del reservorio se debe bajar hasta la presión de la curva, a fin de que el CBM pueda fluir (Figura 4.12). Esa presión hidrostática se baja mediante intenso bombeo de agua en la fase inicial de producción.

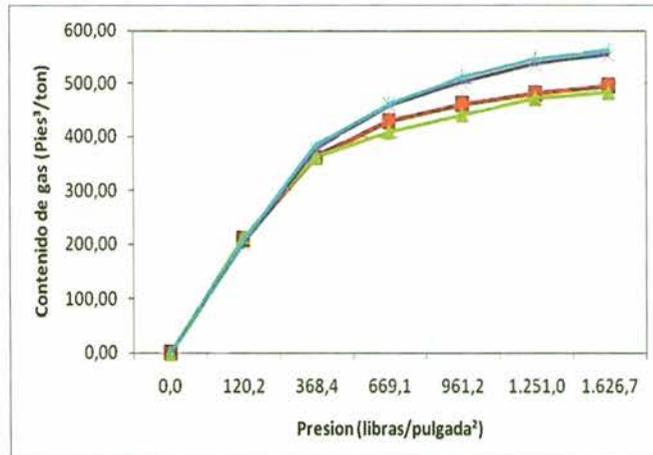
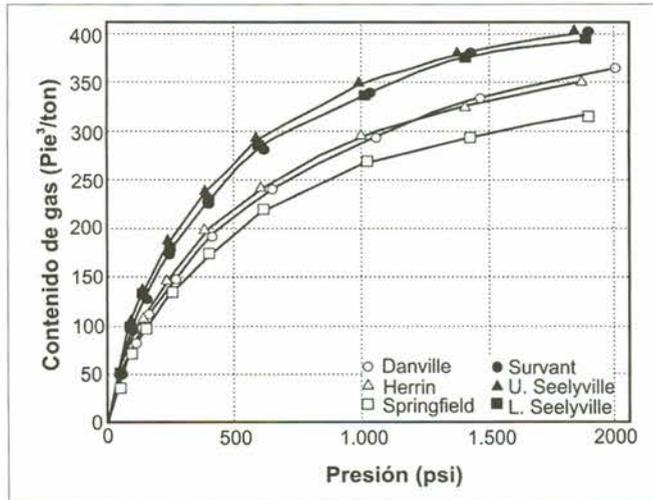


Figura 4.12 Isothermas de adsorción de varios carbones de la cuenca de Illinois (USA) y de 4 carbones de la zona carbonifera de Boyacá (Colombia). Nótese el aumento del contenido de gas con el aumento de la presión a temperatura constante.

Fuente: adaptado de Demir et ál. (2004) y Mojica & Mariño (2013).