



PmaCO2:

El sistema Poroso de las facies Utrillas (Cretácico Inferior): Caracterización de sus propiedades y su influencia en los Mecanismos de Atrapamiento de CO2 en AGPs. 2012-2014

Memoria de ensayo de Inyección de CO2 supercrítico en una muestra de la Formación Utrillas y permanencia en celda a condiciones de P y T de almacén, durante dos meses. Ensayo realizado en la Fundación Instituto Petrofísico-IPf.

Fecha: 19 de Agosto de 2013

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. ALCANCE DE LOS TRABAJOS Y OBJETIVOS

2.1. Preparación de la muestra

2.2. Medida de la permeabilidad al gas

2.3. Preparación del ensayo de inyección. Colocación de la muestra en la celda

2.4. Saturación de la muestra con salmuera

2.5. Inyección de CO₂ supercrítico

2.6. Desmontar la celda y recuperar la muestra

3. ENTREGA DE RESULTADOS

1.- INTRODUCCIÓN

Se ha realizado un ensayo de inyección de CO₂ supercrítico en celda estática, a condiciones de almacén, para que el Ciemat analice la variación de porosidad producida en la muestra tras un tiempo de permanencia en la celda de dos meses. Durante ese tiempo se mantuvieron estables las condiciones de P y T iniciales necesarias para mantener el CO₂ en estado supercrítico y lo más próximas posibles a 31.1°C y 7.38MPa.

2.- ALCANCE DE LOS TRABAJOS Y OBJETIVOS

2.1. Preparación de la muestra

La experimentación consistió en la preparación de la muestra mediante corte manual en el Ciemat. En un primer momento se comenzó el corte con agua y taladro de perforación en IPF, pero no fue posible obtener un tapón de las dimensiones requeridas en la celda de ensayo, debido a su escasa consolidación.

Una vez cortada la muestra en el Ciemat, se recibe la misma en IPF con una camisa de silicona. Se procede al corte de los extremos sobrantes.



Imagen 1: Recepción de muestra y corte de extremos sobrantes de camisa de silicona

Posteriormente se procede a colocar un plástico termo-retráctil, para proteger de la difusión del CO₂ a través del caucho que albergará a la muestra para aplicar la presión de confinamiento.



Imagen 2: colocación del plástico termo-retráctil

Para la inserción de la muestra en la celda, es necesario que la misma tenga las caras paralelas y que tenga un diámetro exacto de 38mm.

Se observa que la muestra se ha recibido con un diámetro variable en su longitud. Esta variación puede afectar a la calidad del caucho de confinamiento, pues en la zona central tiene una hendidura diametral, considerándose la misma como plano de debilidad.



Imagen 3: Diámetro variable en la muestra

La muestra se recibe con una longitud de 82.36mm, pero esta longitud se verá reducida cuando se corten las caras paralelas.

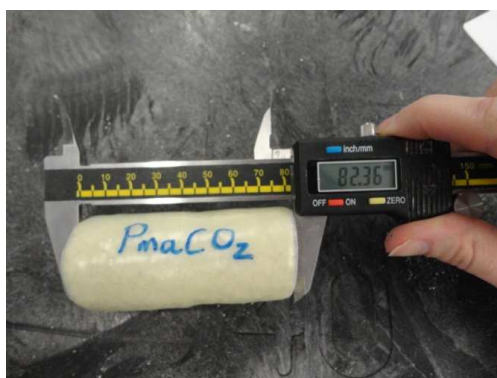


Imagen 4: Longitud de la muestra recibida

La longitud de la muestra, tras el corte de caras paralelas es de 80.46 mm



Imagen 5: Longitud de la muestra tras el corte de caras paralelas

Al haber efectuado el corte de caras paralelas con agua, es necesario secar la muestra en la estufa a 110°C durante 48h.



Imagen 6: Muestra tras secado en estufa

Durante su estancia en la estufa se desprende el plástico termo-retráctil que envuelve a la misma, y el de silicona se deteriora, con lo que ambos recubrimientos se sustituyen por dos capas de plástico termo-retráctil.

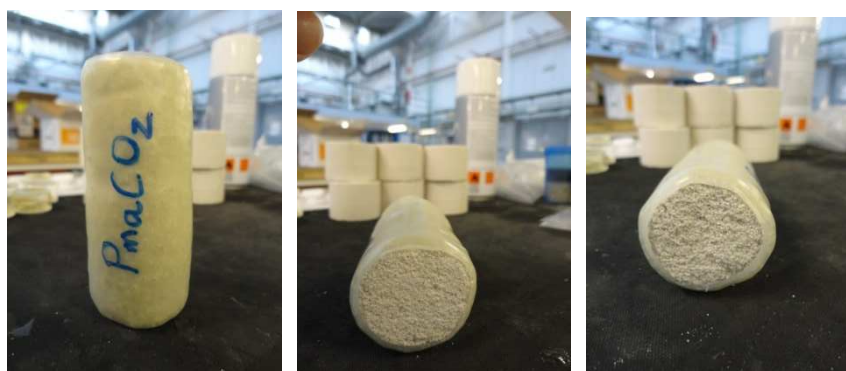


Imagen 7: Colocación de doble camisa de plástico termo-retráctil

2.2. Medida de la permeabilidad al gas

Una vez establecidas las dimensiones de la muestra, se determinó la permeabilidad al gas en IPf. La medida de la porosidad de la muestra se efectuó en el Ciemat, donde el ensayo de inyección de mercurio arrojó un valor de 22.5%.

La medida de permeabilidad se realizó en el permeámetro de gas convencional (límite inferior es de 0.1mD), y se obtuvo un valor elevado, 1.2D.

Sample ID	Weight (g)		Measurment (mm)		Permeability	
	Dry Weight*	Saturated Weight	Length	Diameter	Kg (mD)	KI (mD)
PmaCO2	166.941	not saturated	80,00	37,95	1948,836	1191,202

*El peso de la muestra seca se realiza con las dos camisas de plástico termo-retráctil colocadas.

2.3. Preparación del ensayo de inyección. Colocación de la muestra en la celda

Tras haber realizado la medida de permeabilidad al gas, se sitúa la muestra en el caucho, que posteriormente permitirá la distribución de la presión de confinamiento de forma radial alrededor de la muestra.



Imagen 8: Estado de la muestra tras medida de permeabilidad al gas.



Imagen 9: Ubicación de la muestra en el caucho

Una vez situada la muestra y el caucho en el interior de la celda de inyección, se establecen las condiciones de presión y temperatura de ensayo requeridas por el cliente, (31.1°C y 7.38MPa, como condiciones mínimas de inyección).

La presión y temperatura de inyección se han establecido para asegurar que el CO₂ se mantenga supercrítico durante la experimentación. Partiendo del valor de presión mínimo establecido, se fija el valor de presión de confinamiento del siguiente modo:

- Presión mínima para mantener el CO₂ supercrítico en el interior de la celda = 7,4MPa. Para ello se establece una contrapresión a la salida de la celda de 7,4MPa. Permitirá mantener el sistema siempre por encima de esta presión.
- La presión de inyección deberá ser al menos 0,5MPa superior a la contrapresión, para permitir el desplazamiento del CO₂.
- La presión de confinamiento debe ser mayor (se aconseja alrededor de 5 MPa) que la presión de poro o inyección, para impedir que el fluido inyectado rodee a la muestra en vez de atravesar su red de poros.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, se fija una presión de confinamiento de 13 MPa y una temperatura de 40°C y se deja estabilizar esta presión y temperatura durante cuatro días, antes de efectuar la inyección de salmuera hasta saturación.

2.4. Saturación de la muestra con salmuera

Tras alcanzar la presión y temperatura determinadas para la inyección de CO₂, se procedió a la inyección de agua de formación sintética en la muestra, hasta un total de 265 ml, para asegurar el 100% de saturación en salmuera de la muestra (más de 10 veces el volumen poroso).



Imagen 10: Cara A (cara inyección) de la muestra tras inyección de salmuera



Imagen 11: Cara B de la muestra tras inyección de salmuera



Imagen 12: Producción de salmuera que atraviesa la muestra

2.5. Inyección de CO₂ supercrítico

Previo a la inyección de CO₂ supercrítico se procede a la colocación de una válvula de contrapresión y se inyecta salmuera para dejar todo el circuito estabilizado a la presión de 8 MPa. Valor al que se fija la contrapresión a la salida de la celda para asegurar que el CO₂ no cambiará de fase dentro de la muestra.



Imagen 13: Válvula de contrapresión a 80MPa

En la muestra saturada y situada en la celda, se realiza la inyección de CO₂ supercrítico hasta conseguir dejar la muestra a la saturación irreducible de salmuera y saturada en CO₂ supercrítico.

La inyección de CO₂ se realiza a caudal constante entre 1.5 - 2.5 cc/min. La temperatura a la que se inyecta el CO₂ es de 60°C y la presión de inyección es de 8,5 MPa, condiciones que aseguran que el CO₂ se inyecta supercrítico en la celda.



Imagen 14: Producción de salmuera y CO₂

La inyección de CO₂ se prolonga durante cinco días para asegurar que la muestra está a la saturación irreducible de salmuera y que el resto de espacio poroso está saturado de CO₂ supercrítico.

En la Imagen 14 se observa la producción de salmuera y la de CO₂, que al liberarse a presión atmosférica y temperatura ambiente, se libera en forma de gas (se aprecia en las burbujas que se producen en la salmuera).

Tras cinco días de inyección de CO₂ supercrítico de forma continua, se cierran las válvulas de entrada y salida de la celda y permanece cerrada durante dos meses.

Durante este tiempo, la presión se mantiene con la bomba de inyección que no se desconecta en ningún momento de la celda, mientras dura el ensayo.

Los parámetros que se mantienen durante el ensayo son:

- P confinamiento: 13,5MPa
- T camisa circulación de aceite de silicona: 60°C
- T de la muestra de roca: 40°C
- Presión manómetro de entrada en la celda: 8,5MPa
- Presión manómetro de salida de la celda: 8,0MPa

Transcurridos los dos meses, se procede a la apertura de la válvula de salida de la celda para recuperar los fluidos que hayan permanecido en el interior de la celda durante el ensayo. Previa a la apertura de la válvula de salida de la celda, se desconecta la válvula de contrapresión.

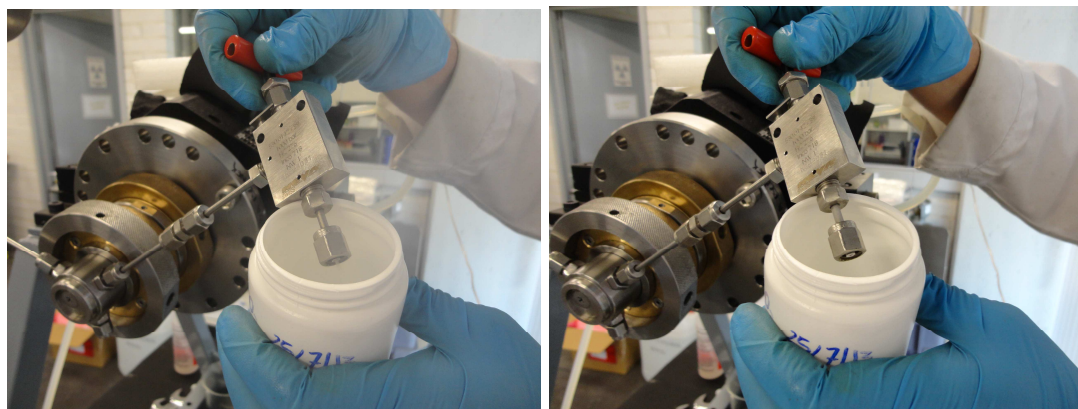


Imagen 15: Producción de CO₂ tras dos meses de permanencia en estado supercrítico en la celda

Tras la apertura de la válvula de salida de la celda, se observa que el CO₂ se expande y se escapa a la atmósfera en estado gaseoso (imagen 15-a).

El CO₂ se encontraba en estado supercrítico en el interior de la celda, ya que al escaparse a la atmósfera se produce una expansión que se observa en que el tubo de salida se congela (Imagen 16-a).

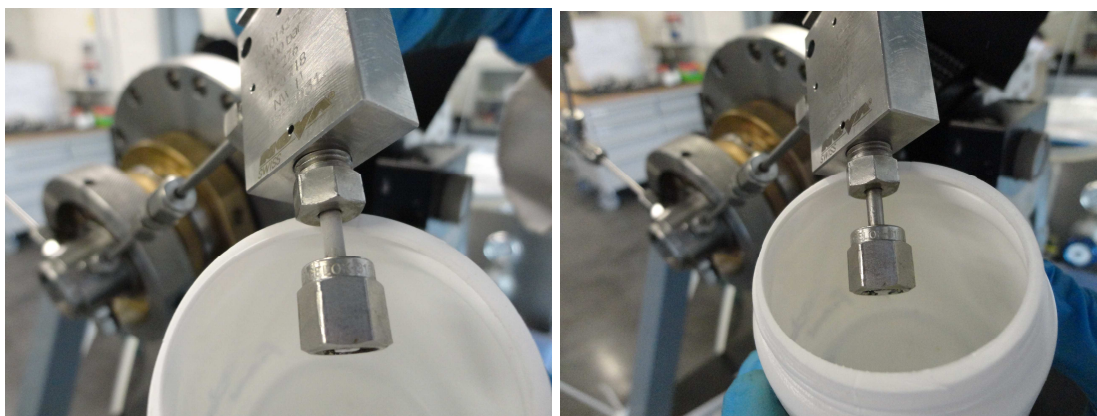


Imagen 16: Cambio de fase del CO₂ contenido en la muestra en el interior de la celda



Imagen 17: Producción de CO₂, salmuera y parte de roca arrastrada por la salmuera y el CO₂.

Tras la apertura de la válvula de salida de la celda, se descende la presión de confinamiento y la temperatura de la camisa que rodea a la celda. Se mantiene así durante 24 horas hasta que los parámetros descenden y permiten la apertura de la celda y recuperación de la muestra.

2.6. Desmontar la celda y recuperar la muestra

Se desconecta la celda de la bomba de inyección y se desmonta la camisa que proporciona la temperatura.

Se procede a abrir la celda y se recupera el caucho con la muestra en su interior. Previa a la apertura de la celda, se pasa ésta por el escáner para observar posibles daños que haya podido sufrir la muestra y determinar si es preciso romper el caucho para extraerla.

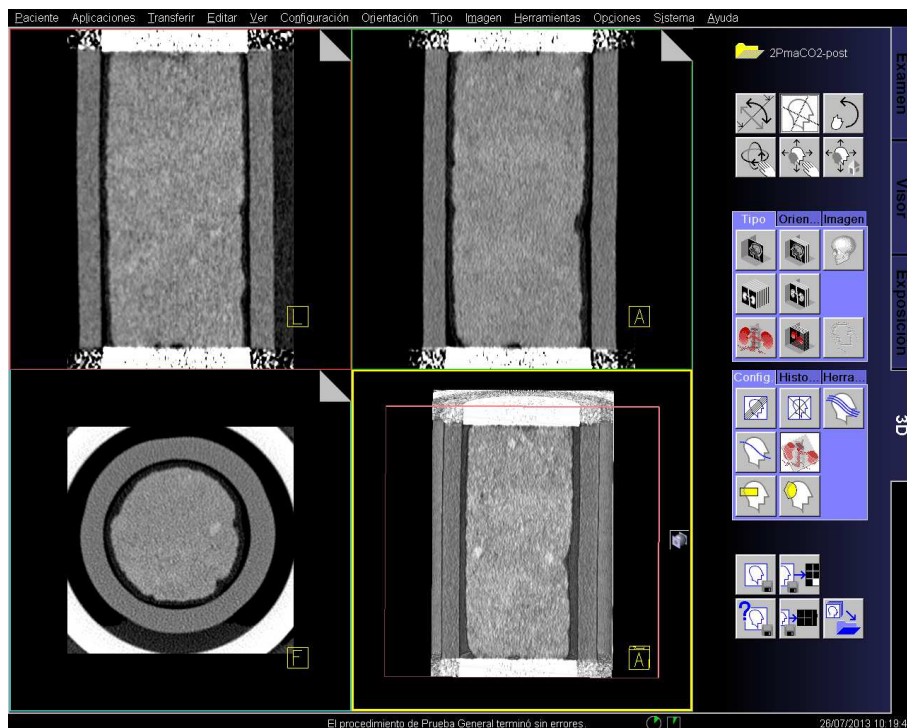


Imagen 18: Aspecto de la muestra en el interior de la celda tras ensayo

Tras observar que la muestra no ha sufrido daños, se extrae el caucho de la celda y posteriormente la muestra del interior del vitón.



Imagen 19: Cara A de la muestra (cara de inyección) tras ensayo



Imagen 20: Cara B de la muestra tras ensayo



Imagen 21: Estado de la muestra tras el ensayo

3. ENTREGA DE RESULTADOS

Se hace entrega a Ciemat de la muestra tras el ensayo, y cuatro recipientes que contienen;

- Agua producida en saturación de la muestra con salmuera (dos recipientes)
- Agua producida en saturación de la muestra con CO₂ supercrítico.
- Producción final tras celda estanca durante dos meses.