



**xxiii Reunión
SEA
Toledo 2014**

**XXIII Reunión de la Sociedad
Española de Arcillas**

TOLEDO 10- 12 de Septiembre

LIBRO DE RESUMENES



EFECTO DEL GRADIENTE TERMO-HIDRÁULICO SOBRE EL ESTADO FÍSICO DE BENTONITA COMPACTADA.

Villar, M. V. (1), Gómez-Espina, R (1), Martín, P. L. (1), Romero F. J. (1), Iglesias, R. J. (1)

1) CIEMAT, Avd. Complutense 40. 28040, Madrid. España.

Palabras clave: bentonita, gradiente térmico, densidad, humedad, saturación

Key words: bentonite, thermal gradient, density, water content, saturation

Introducción

Como material de barrera en almacenamientos subterráneos de residuos radiactivos se propone utilizar bentonita. Con el objeto de analizar su comportamiento en condiciones similares a las de la barrera, se realizan ensayos en celdas termohidráulicas cilíndricas en las que se introduce la bentonita compactada. Estas celdas disponen de un calentador en la base (que simula el calor generado por los residuos) y de un sistema de hidratación en la parte superior (que simula el agua de la roca almacén). En la barrera habrá también zonas alejadas del contenedor en las que el efecto del gradiente térmico no sea tan patente y, con el objeto de comparar el comportamiento de la bentonita en ambas situaciones, se realizaron los dos ensayos objeto de este trabajo, tomando los parámetros de referencia del concepto español de Almacenamiento Geológico Profundo en granito (ENRESA 2006).

Materiales y métodos

El material utilizado fue la bentonita FEBEX, procedente del yacimiento Cortijo de Archidona en Almería. Está constituida en más del 90% por montmorillonita (con 10-15% de illita interstratificada) y tiene además contenidos inferiores al 3% de cuarzo, plagioclasa, feldespato K, calcita y cristobalita-tridimita. La capacidad de intercambio catiónico es 93 mmol (+)/100g y los principales cationes

intercambiables son calcio, magnesio y sodio. Para su uso en los ensayos en celdas la bentonita se compactó en bloques cilíndricos con su humedad higroscópica (13,1%) a una densidad seca de 1,65 g/cm³. A esta densidad la presión de hinchamiento de la bentonita FEBEX es 8 MPa y su permeabilidad 4·10⁻¹⁴ m/s (ENRESA 2006).

Los bloques se apilaron en una celda de teflón de 40 cm de altura interior y 7 cm de diámetro (Figura 1), en cuya base hay un calentador de acero y por cuya superficie se realiza la hidratación con agua granítica de baja salinidad (0,2‰). Se montaron dos celdas de las mismas características, pero en una de ellas el calentador se mantuvo a 100°C (ensayo GT40) y en la otra apagado, por lo que la hidratación se realizó en condiciones isotermas (ensayo I40).

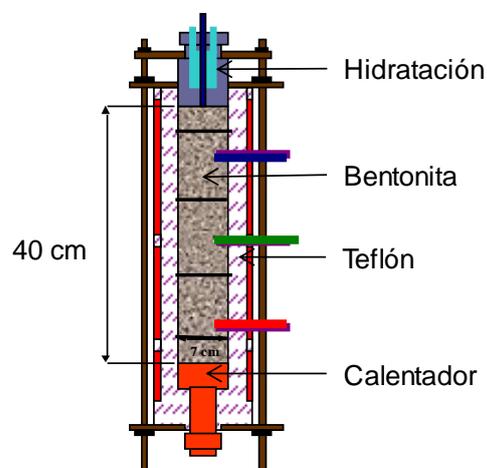


Figura 1. Esquema de la celda termo-hidráulica con los bloques de bentonita apilados en su interior

Ambas celdas estuvieron en marcha durante 12 años y durante este tiempo tres sensores suministraron información sobre la humedad relativa (HR) y la temperatura a diferentes alturas en el interior de la columna de bentonita. Al final del ensayo la columna se dividió en 20 secciones horizontales en cada una de las cuales se determinó la densidad seca y la humedad gravimétrica.

Resultados en línea

En el ensayo isoterma I40 los sensores registraron la llegada progresiva del frente de hidratación desde la parte superior hacia la parte inferior de la columna, y tras 12 años los tres sensores registraban valores de HR en torno a 90% (Villar y Gómez-Espina 2009). El comportamiento del ensayo GT40 fue similar en los 20 cm superiores de la columna –aunque con aumentos de HR menos significativos–, pero el sensor situado a 10 cm del calentador registró una disminución inicial de HR muy intensa que no se recuperó en los 12 años de hidratación.

Resultados post mórtem

Las Figuras 2 y 3 muestran las humedades y densidades a lo largo de las columnas determinadas en las diferentes secciones al final de los ensayos. En ambas columnas se registró una disminución de humedad desde la parte superior a la inferior, mucho más acusada en el caso del ensayo GT40, en el que los 10 cm más próximos al calentador se mantuvieron por debajo de la humedad inicial. La densidad seca siguió un comportamiento inverso, ya que las partes más hidratadas hincharon considerablemente, por lo que se produjo una disminución de densidad. Esto se vio favorecido por el hecho de que la celda era de teflón, material deformable que permitió un aumento generalizado del volumen de la columna y por tanto una disminución de densidad seca, que pasó a ser $1,46 \text{ g/cm}^3$ en el ensayo I40 (humedad final promedio 27,7%) y $1,55 \text{ g/cm}^3$ en el GT40 (humedad final promedio 20,4%). Los grados de saturación finales son inferiores al 100%.

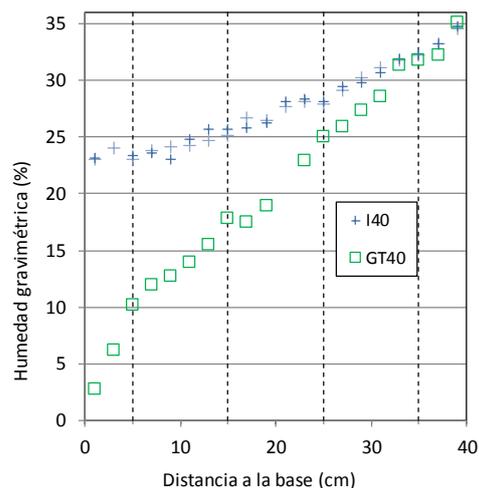


Figura 2. Humedad a lo largo de las columnas de bentonita al final de los ensayos

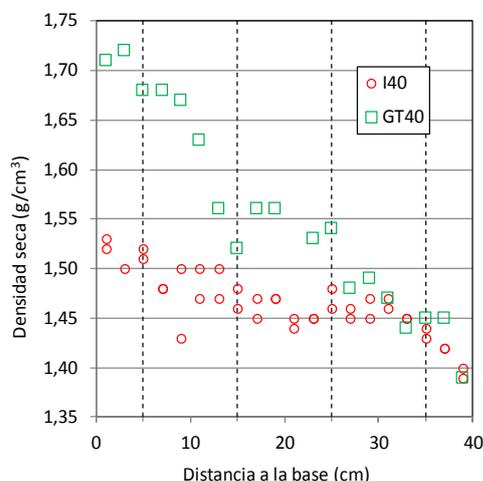


Figura 3. Densidad seca a lo largo de las columnas de bentonita al final de los ensayos

El proceso de saturación de la barrera de bentonita es muy lento, y la distribución de humedad en su interior se ve considerablemente afectada por el gradiente térmico.

REFERENCIAS

ENRESA (2006): *FEBEX Full-scale Engineered Barriers Experiment, Updated Final Report 1994-2004. Publicación Técnica ENRESA 05-0/2006, Madrid, 590 pp.*

Villar, M.V. & Gómez-Espina, R. (2009): *Report on thermo-hydro-mechanical laboratory tests performed by ciemat on febex bentonite 2004-2008. Informes Técnicos CIEMAT 1178, Madrid, 67 pp.*