



**CETCO**<sup>®</sup>



**Sergio Sanz**  
**Environmental Products Territory**  
**Manager**



***VERSOS16: 'V Congreso internacional sobre Mejores Tecnologías Disponibles (MTD) en vertederos, suelos contaminados y gestión de residuos'***

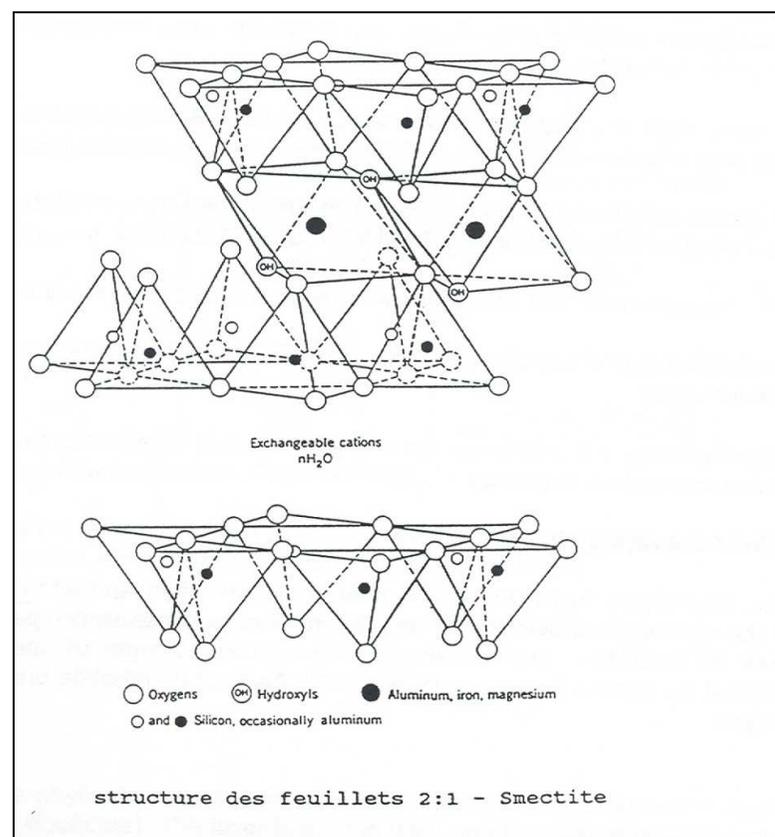


# INDICE

- 1. BENTONITA. Definición y conceptos básicos.**
- 2. Comportamiento de la BENTONITA: Hinchamiento e Intercambio Catiónico.**
- 3. Geocompuestos de BENTONITA (GBR-C)**
- 4. Nueva tecnología aplicada a Geocompuestos de bentonita.**
- 5. Diseño y aplicación.**

# BENTONITA

- Arcilla natural. Esmectitas.
- Gran contenido en Montmorillonita.
- Estructura en laminillas microscópicas, cargadas negativamente en su superficie.
- Presencia de cationes compensando cargas:
  - Predominio de catión monovalente ( $NA^+$ ) → Gran capacidad de expansión.
  - Cationes divalentes → Menor capacidad de expansión.
- Capacidad de Intercambio Catiónico (CEC).





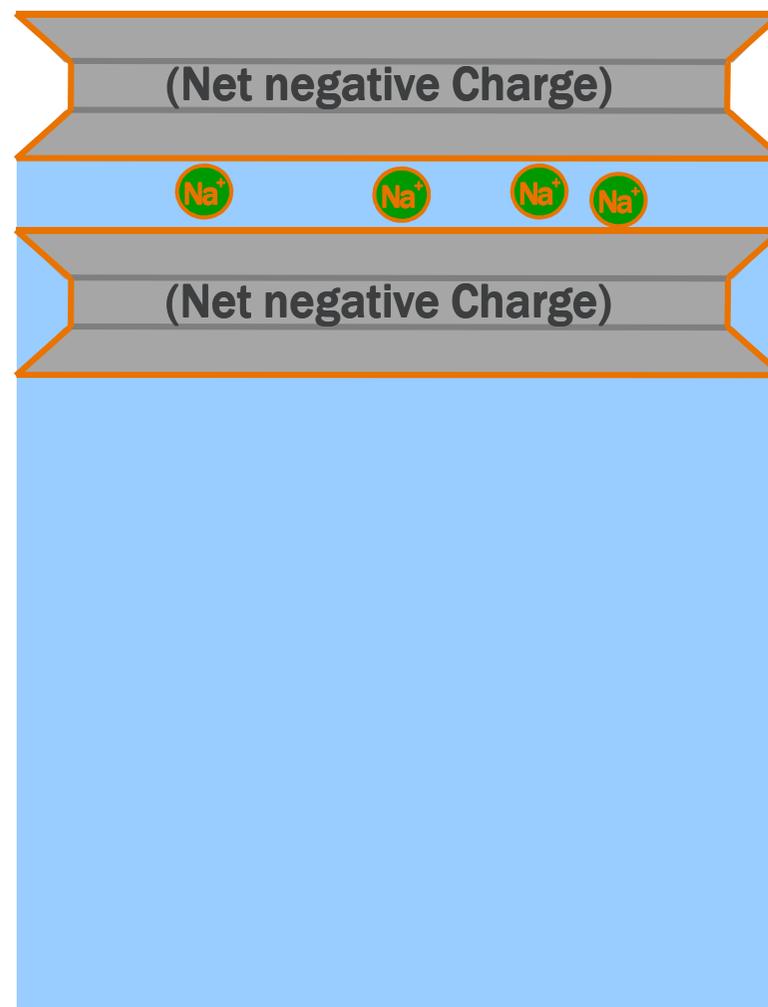
**Hidratación por Cristalización =  
Sencillo recorrido de flujo:  
Intergranular (tipo arena)**



**Hidratación por Cristalización +  
Hidratación por Osmosis =  
Estrecho y tortuoso recorrido de  
flujo**

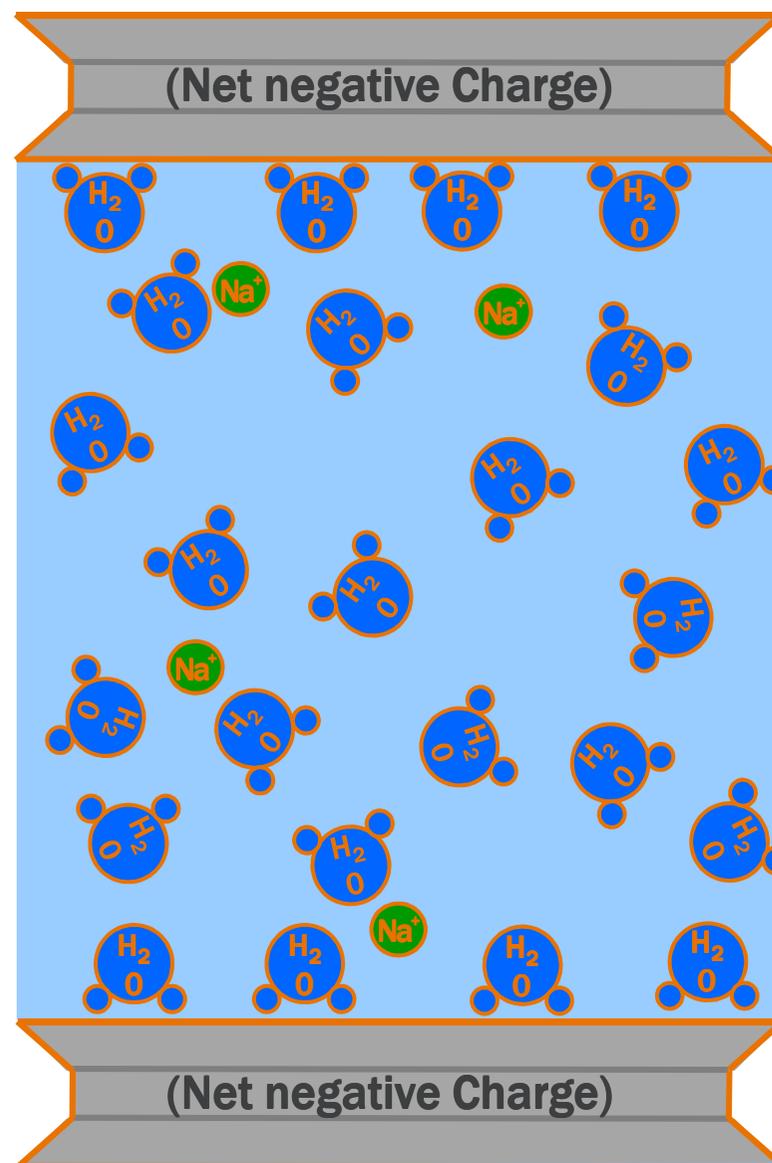
# HINCHAMIENTO

- **Hinchamiento por Cristalización:**
  - Primer agua en entrar en la estructura e hidrata los iones
  - Ocurre independiente del tipo de catión
- **Hinchamiento por Osmosis:**
  - Sigue a la hidratación por cristalización
  - Ocurre solo cuando hay presencia de cationes monovalentes en los espacios de intercambio



# INTERCAMBIO CATIONICO

- **CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC):**  
Capacidad de absorber una cantidad determinada de cationes y retenerlos en un estado INTERCAMBIABLE
- **INTERCAMBIO CATIONICO:**  
Absorción de cationes divalentes ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y pérdida de cationes monovalentes ( $\text{Na}^+$ ):
  - Cambio de propiedades
  - Reducción de capacidad de expansión.



# INTERCAMBIO CATIONICO

## VARIABLES

- **Fuerza Iónica (I or I<sub>c</sub>)**

$$I \text{ or } I_c = \frac{1}{2} \sum_{B=1}^n C_B Z_B^2$$

**c<sub>B</sub> = concentración de ion o cation B (M)**  
**z<sub>B</sub> = valencia de ion B**

- **Ratio entre cationes monovalentes y divalentes (RMD)**

$$RMD = \frac{M_m}{\sqrt{M_d}}$$

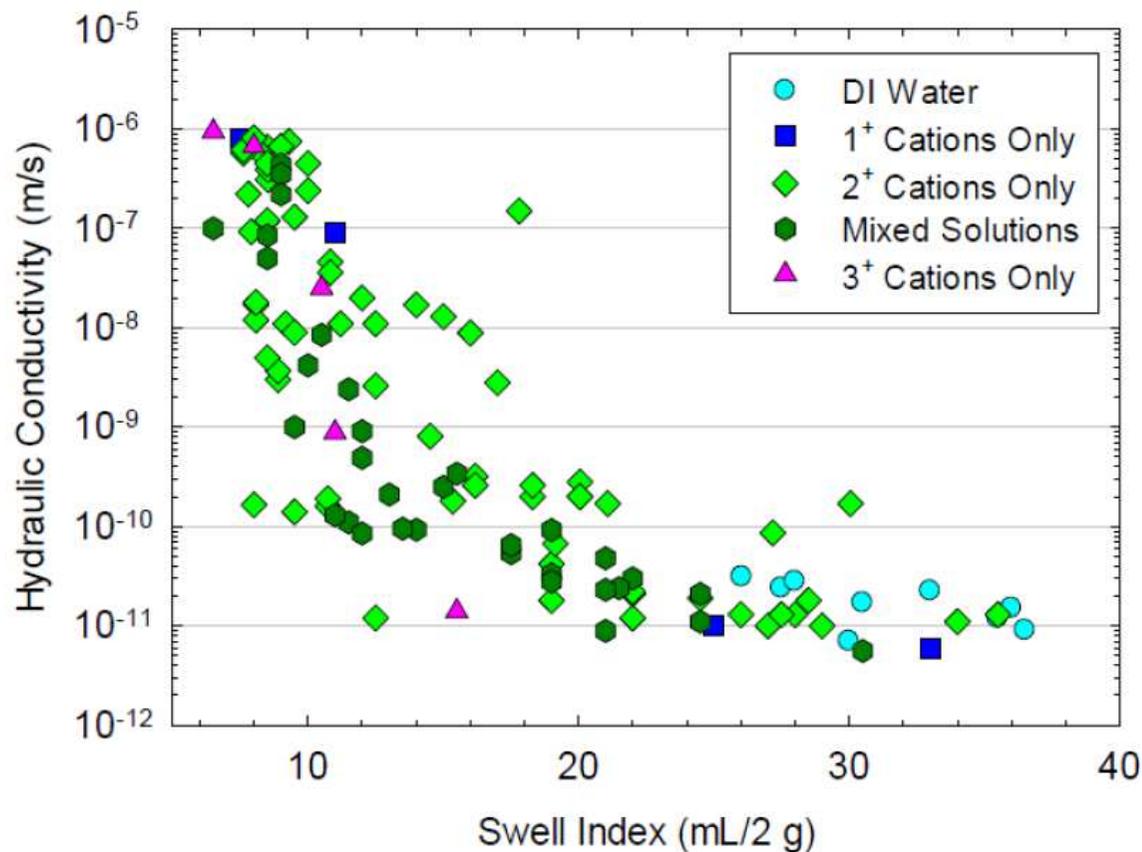
**M<sub>m</sub> = Molaridad total cationes monovalentes**  
**M<sub>d</sub> = Molaridad total cationes polivalentes**

- **pH**

$$pH = \frac{1}{[H^+]}$$

**Agua disociada en [H<sup>+</sup>] y [OH<sup>-</sup>]**  
**[H<sup>+</sup>] = concentración de protones**

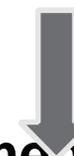
# INTERCAMBIO CATIONICO CONSECUENCIAS



**Aumento cationes  
polivalentes**



**Menor Índice  
de Hinchamiento**



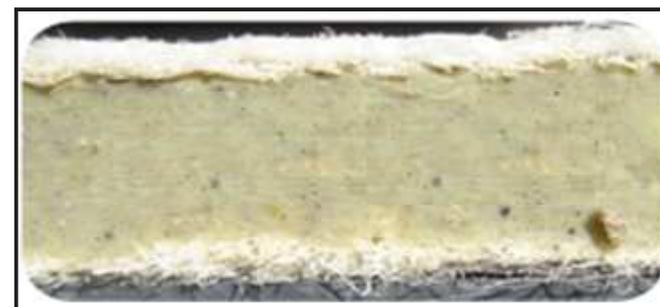
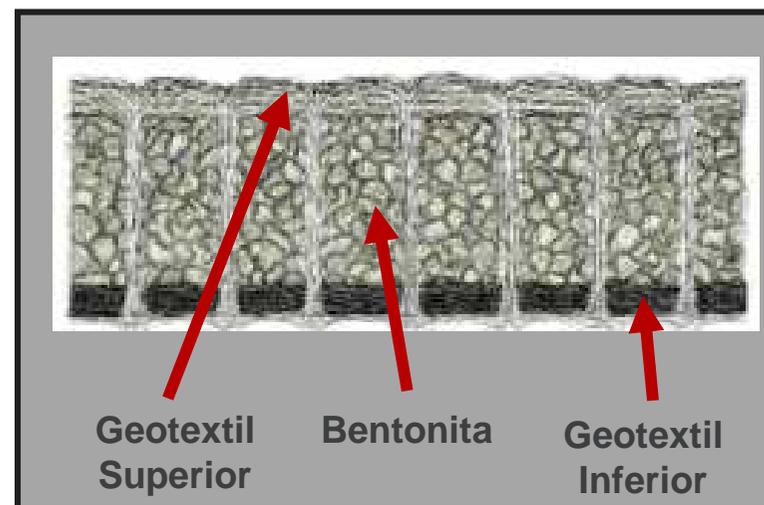
**Aumento de  
Permeabilidad (K)**

# GEOCOMPUESTOS DE BENTONITA (GBR-C)

## *Barrera Geosintética Bentonítica*

Tipología estructural:

- **AGUJADO:** formado por bentonita de sodio entre dos geotextiles.
- **AGUJADO + LAMINADO:** formado por bentonita de sodio entre dos geotextiles Y presentan un geomembrana de polietileno adherida en una de sus caras.

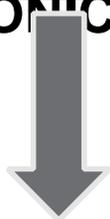




CETCO®

# NUEVA TECNOLOGIA APLICADA A GEOCOMPUESTOS DE BENTONITA

INTERCAMBIO  
CATIONICO



PROBLEMA

¿ TIPO DE GBR-C  
?

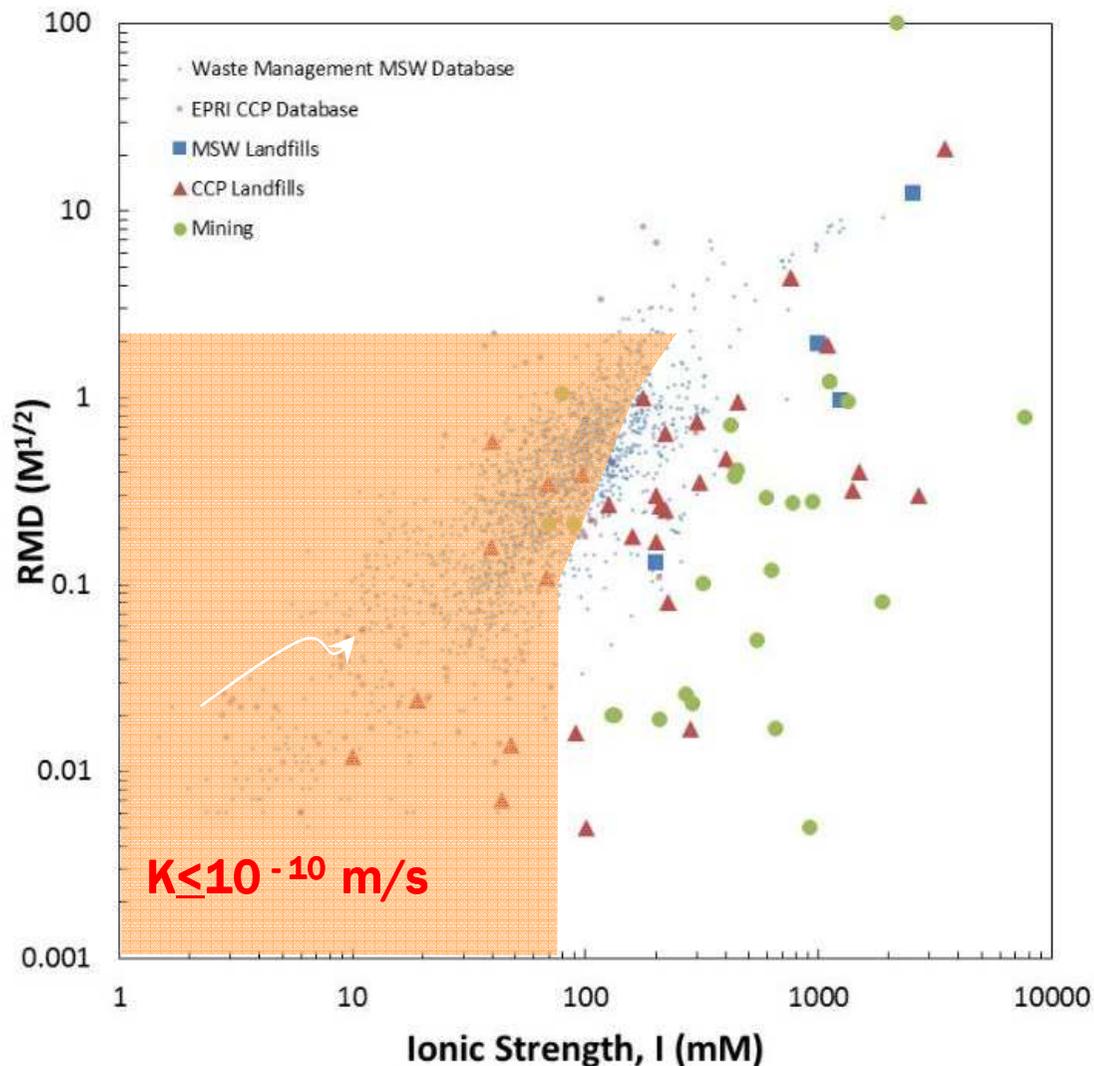
*VERSOS16: 'V Congreso internacional sobre Mejores Tecnologías Disponibles (MTD) en vertederos, suelos contaminados y gestión de residuos'*



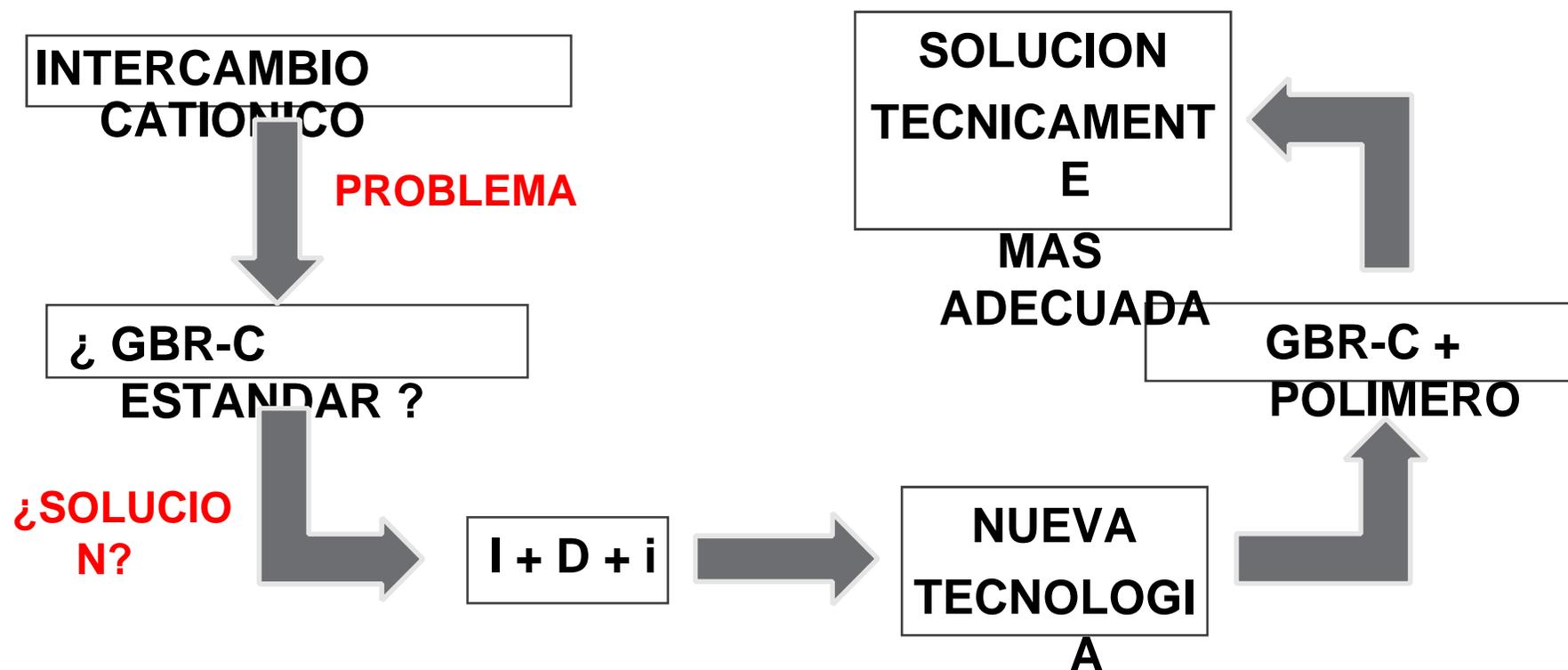
# NUEVA TECNOLOGIA APLICADA A GEOCOMPUESTOS DE BENTONITA

## GBR-C (Na-Bentonita)

- Elevado porcentaje de casos sin alteraciones en la permeabilidad.
- Casos reducidos y definidos con alteraciones de permeabilidad provocado por Intercambio



# NUEVA TECNOLOGIA APLICADA A GEOCOMPUESTOS DE BENTONITA



# NUEVA TECNOLOGIA APLICADA A GEOCOMPUESTOS DE BENTONITA

## CASOS CON POTENCIAL INTERCAMBIO CATIONICO

- Presencia de cationes ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ )
- Suelos cálcicos
- Aguas extremadamente duras
- Lixiviados de lodos estabilizados con cal
- Soluciones salinas o agua salada.

## OTROS POSIBLES PROBLEMAS

- pH bajo (<3): Soluciones ácidas o corrosivas.
- pH elevado (>10): Soluciones básicas o caústicas.

# NUEVA TECNOLOGIA APLICADA A GEOCOMPUESTOS DE BENTONITA

## TIPOS DE PROYECTOS CON LIXIVIADOS A TENER EN CUENTA

- **Vertederos de Cenizas procedentes de Plantas de Combustión de Carbón (CENTRALES TÉRMICAS).**
- **Vertederos de Cenizas procedentes de Incineradoras.**
- **Procesos Mineros (Lodos rojos)**
- **Vertederos Industria Papelera (Pulpa)**
- **Otros procesos industriales con generación de lixiviados no convencionales.**



# DISEÑO Y APLICACIÓN DE NUEVA TECNOLOGIA GBR-C EN PROYECTOS

## PASO 1

- **Casos con posibles problemas de INTERCAMBIO CATIONICO.**
- **Proyectos con lixiviados potencialmente problemáticos.**
- **DUDAS respecto a la composición química de lixiviado.**



# DISEÑO Y APLICACIÓN DE NUEVA TECNOLOGIA GBR-C EN PROYECTOS

## PASO 2

- Toma de MUESTRA REPRESENTATIVA LIXIVIADO (5 litros) o TERRENO (3 kg)
- COMPOSICION QUIMICA detallada → LIXIVIADO SINTETICO



# DISEÑO Y APLICACIÓN DE NUEVA TECNOLOGIA GBR-C EN PROYECTOS

## PASO 3

- **EVALUACION DE LA COMPATIBILIDAD QUIMICA**
  - I. **Comparativa de lixiviado frente a amplia base de datos de pruebas de compatibilidad realizadas (>1600 tests). Lixiviados “patrón”.**
  - II. **Ensayos de Perdida por filtrado e Indice de Hinchamiento (*ASTM D6141 Standard Guide for screening clay portion and flux index of GCL from chemical compatibility liquids*)**  
**Análisis pH, Conductividad Eléctrica, etc.**
- **Rápido y fácil proceso para identificar los casos problemáticos más evidentes. Base para selección de futura composición de GBR-C.**



VERSCS16: IV Congreso Internacional sobre Mejores Tecnologías Responsables (MTD) en vertederos, suelos contaminados y gestión de residuos'

# DISEÑO Y APLICACIÓN DE NUEVA TECNOLOGIA GBR-C EN PROYECTOS

## PASO 4

- **EVALUACION DE LA COMPATIBILIDAD QUIMICA (III)**
  - III. **Ensayos de Conductividad Hidráulica (ASTM D6766, Standard Test Method for Evaluation of Hydraulic Properties of GCLs Permeated with Potentially Incompatible Fluids. (Modified version of D5887 and D5084)**
- **Comportamiento a largo plazo: Larga duración (meses) con el GBR-C en contacto con el lixiviado hasta conseguir equilibrio químico ( $EC_{in} \sim EC_{out}$ )**



- **Permite introducir condiciones de CONFINAMIENTO y de PREHIDRATACION.**

VERSOS: el Congrés. Dedicación a las Mejores Tecnologías Disponibles (MTD) en vertederos, suelos contaminados y gestión de residuos.

# DISEÑO Y APLICACIÓN DE NUEVA TECNOLOGIA GBR-C EN PROYECTOS

## PASO 5

- Obtención de resultados
- Composición específica de GBR-C en base a bentonita sódica + polímeros específicos (tipo y dosificación)



**Redacción de informe para especificación en proyecto.**

# DISEÑO Y APLICACIÓN DE NUEVA TECNOLOGIA GBR-C EN PROYECTOS

## CONCLUSIONES

- La mayoría de los lixiviados no producen grandes cambios en la permeabilidad K de un GBR-C de bentonita sódica de calidad.
- En casos con potencial Intercambio Catiónico, es necesario realizar una Evaluación de la compatibilidad química del GBR-C para cada proyecto.
- En base a los resultados obtenidos será necesario la incorporación o no de un GBR-C de bentonita sódica modificado con polímeros específicos.
- Limitaciones actuales para uso de GBR-C modificado con polímeros:

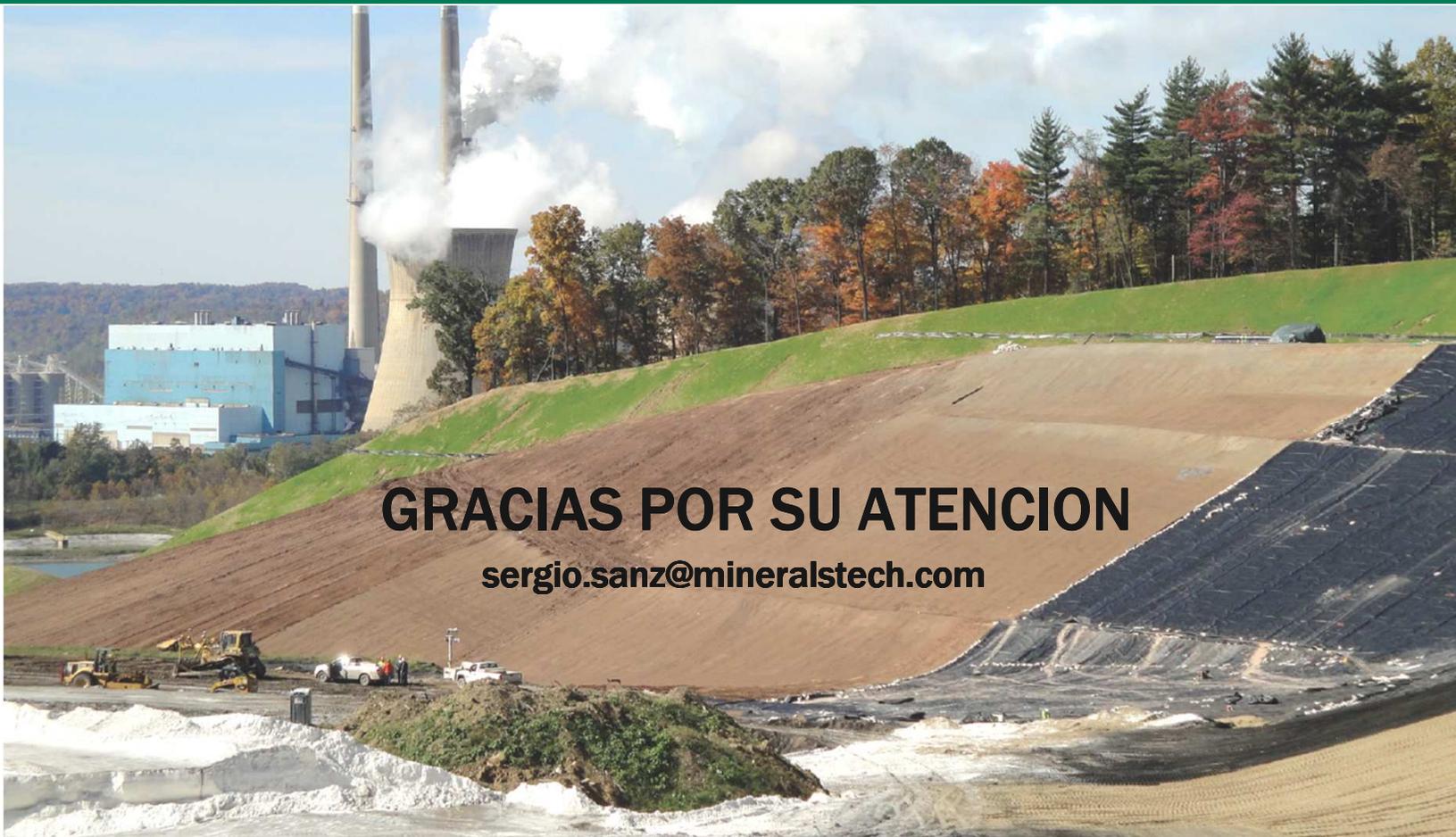
Entre neutros y básicos ( $3 < \text{pH} < 12$ )

Concentraciones salinas ( $3,000 < \text{TDS} < 40,000^+ \text{mg/L}$ )

*VERSOS16: 'V Congreso internacional sobre Mejores Tecnologías Disponibles (MTD) en vertederos, suelos contaminados y gestión de residuos'*



**CETCO**



**GRACIAS POR SU ATENCION**

**[sergio.sanz@mineralstech.com](mailto:sergio.sanz@mineralstech.com)**

***VERSOS16: 'V Congreso internacional sobre Mejores Tecnologías Disponibles (MTD) en vertederos, suelos contaminados y gestión de residuos'***

