

Análisis Micromecánico de Bases Estabilizadas en caminos de Bajo Volumen de Tránsito

Caso de Estudio: Base Estabilizada con Cloruro de Magnesio Hexahidratado



Autores:

- Ing. Pablo Godoy
- Ph. D. Alondra Chamorro
- Ph. D. Álvaro González

Octubre 2022

Contenido

- Introducción
- Caracterización Microestructural de Materiales
- Caso de Estudio: Bases Estabilizadas con Cloruro de Magnesio Hexahidratado
 - Metodología de la Investigación
 - Diseño Experimental
 - Resultados
- Conclusiones

Caminos de Bajo Volumen de Tránsito



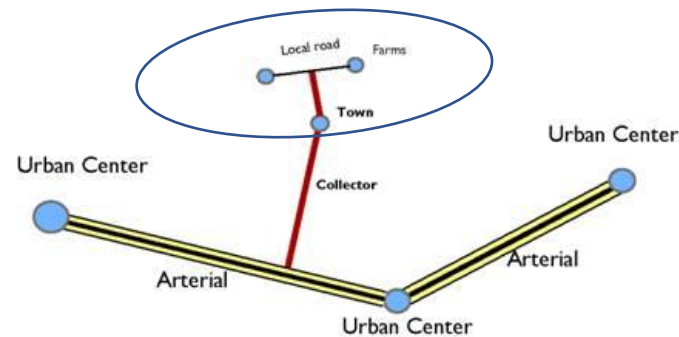
< 200 vehículos al día

Fuente: Manual de
Carreteras Py, 2019

Países en
Vía de Desarrollo



90%



Fuente: FHWA, 2011

Estabilización Química de Bases de Caminos



Mejorar condición con
Soluciones Económicas

Estabilización de Suelos



Mecánica



Química

Incorporación de aditivos en pequeñas
proporciones para mejorar sus propiedades

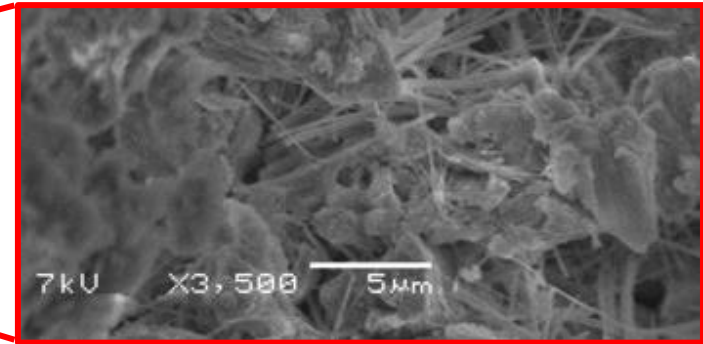
Estabilización química de los suelos en Base estabilizadas de caminos

- Existen varios estudios con relación a las propiedades físico-mecánicas. Poco se ha indagado hasta la fecha sobre su microestructura y su comportamiento micromecánico en bases de caminos (principalmente en campo).
- La estabilización química con aditivos cementantes actúa principalmente en la fracción fina del material. (Ej: SueloCemento).

Es posible entender comportamiento micromecánico de las bases estabilizadas mediante su caracterización microestructural.

Motivación Py: Estudio de la fracción fina del materiales granulares. Suelo cal – suelo cemento. Suelos sulfatados.... Y más!!

Caracterización Micromecánica de materiales



Propiedades Físico-Mecánicas

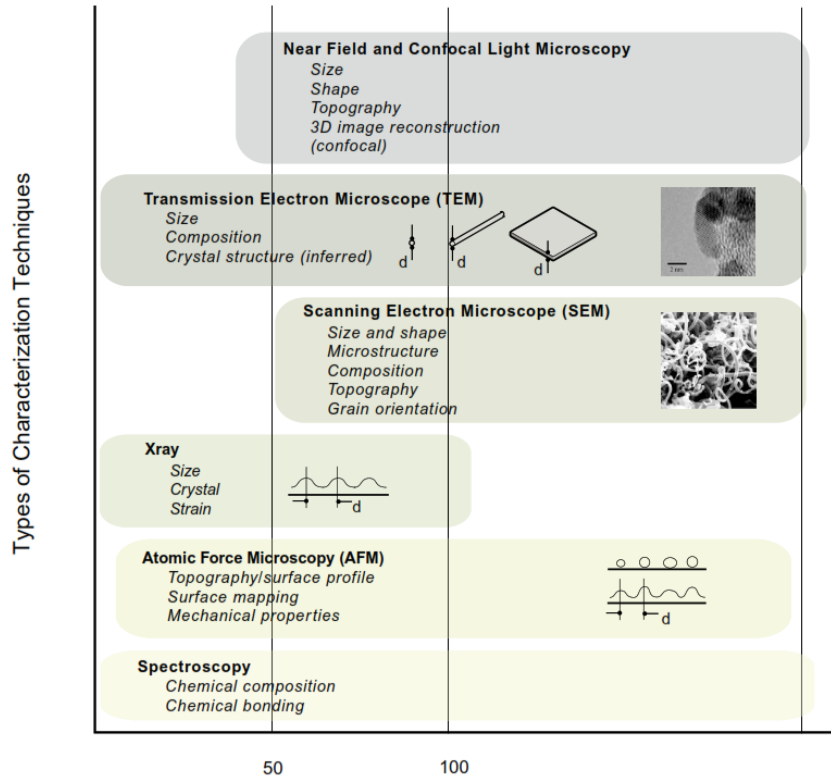
- Densidad
- Humedad
- Resistencia
- Cohesión
- Granulometría
- Plasticidad

Propiedades Microestructurales

- Composición química.
- Forma y tamaño de microparticulas
- Microestructura

Fuente: Consoli,
Bittar, Quiñonez, 2018

Técnicas de Caracterización Microestructural de materiales



Caracterización Microestructural en Bases Estabilizadas

Ensayo Microscópico de Barrido (SEM)

Conformación de Microestructura -> Mag 30.000x

Espectroscopía de Energía Dispersiva (EDS)

Caracterización Química y análisis elemental de materiales

Espectroscopía de Infrarrojo (FTIR)

Identificación de productos

Ensayo de Superficie Específica (N₂-BET)

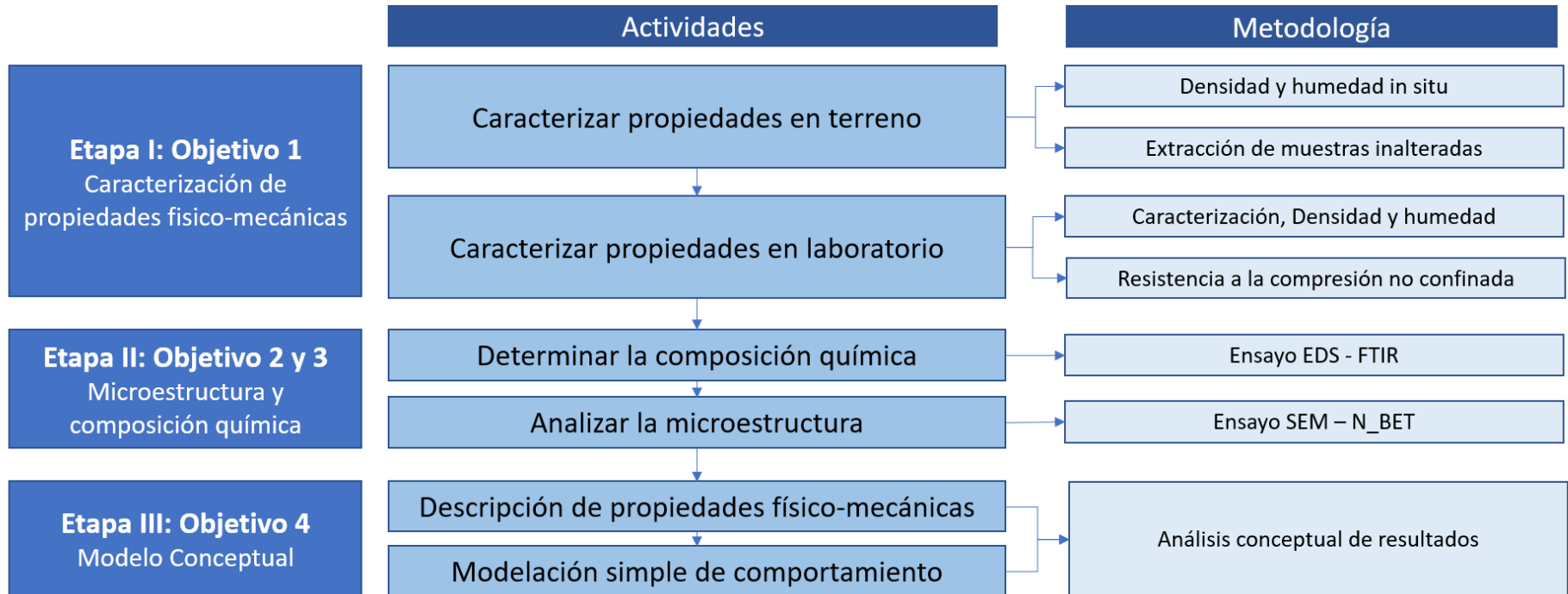
Evaluación de la Densidad (Volumen de poros)

Fuente: Schodek et al. (2009)

Caso de Estudio: Análisis Micromecánico de Bases Estabilizadas con Cloruro de Magnesio Hexahidratado

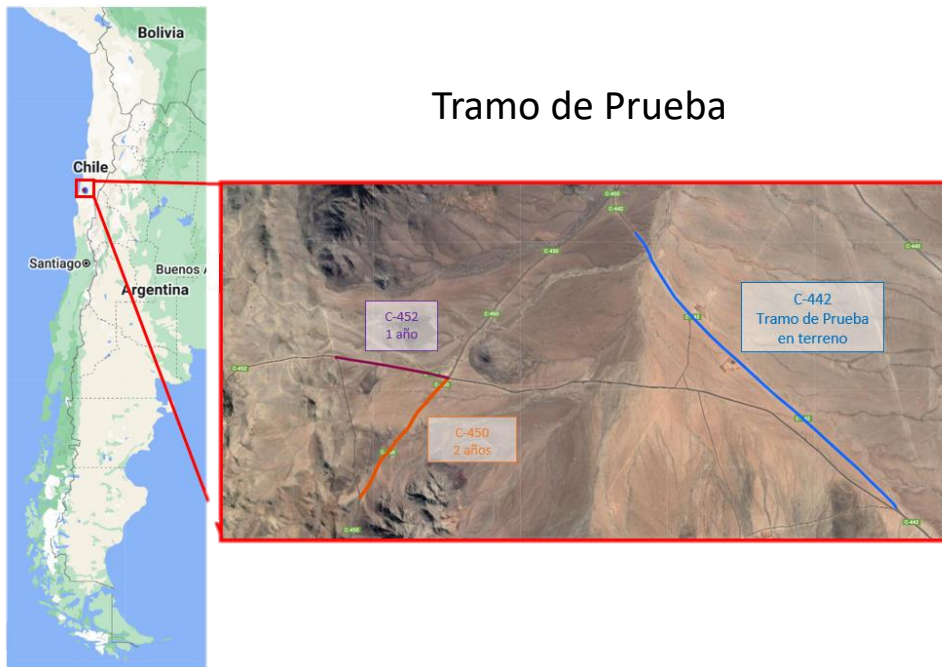
- **Materiales:** Bases Estabilizadas con Cloruro de Magnesio Hexahidratado ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) o “Bischofita”
- **Problema a Investigar:** Resultados de ensayos mecánicos realizados en laboratorio no son suficientemente sensibles para representar el comportamiento mecánico de la estabilización de bases con $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en terreno.
- **Objetivo de la Investigación:** Analizar la relación entre las propiedades físico-mecánicas de las bases estabilizadas con $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en terreno y la caracterización de su microestructura.

Metodología de Investigación



Diseño Experimental

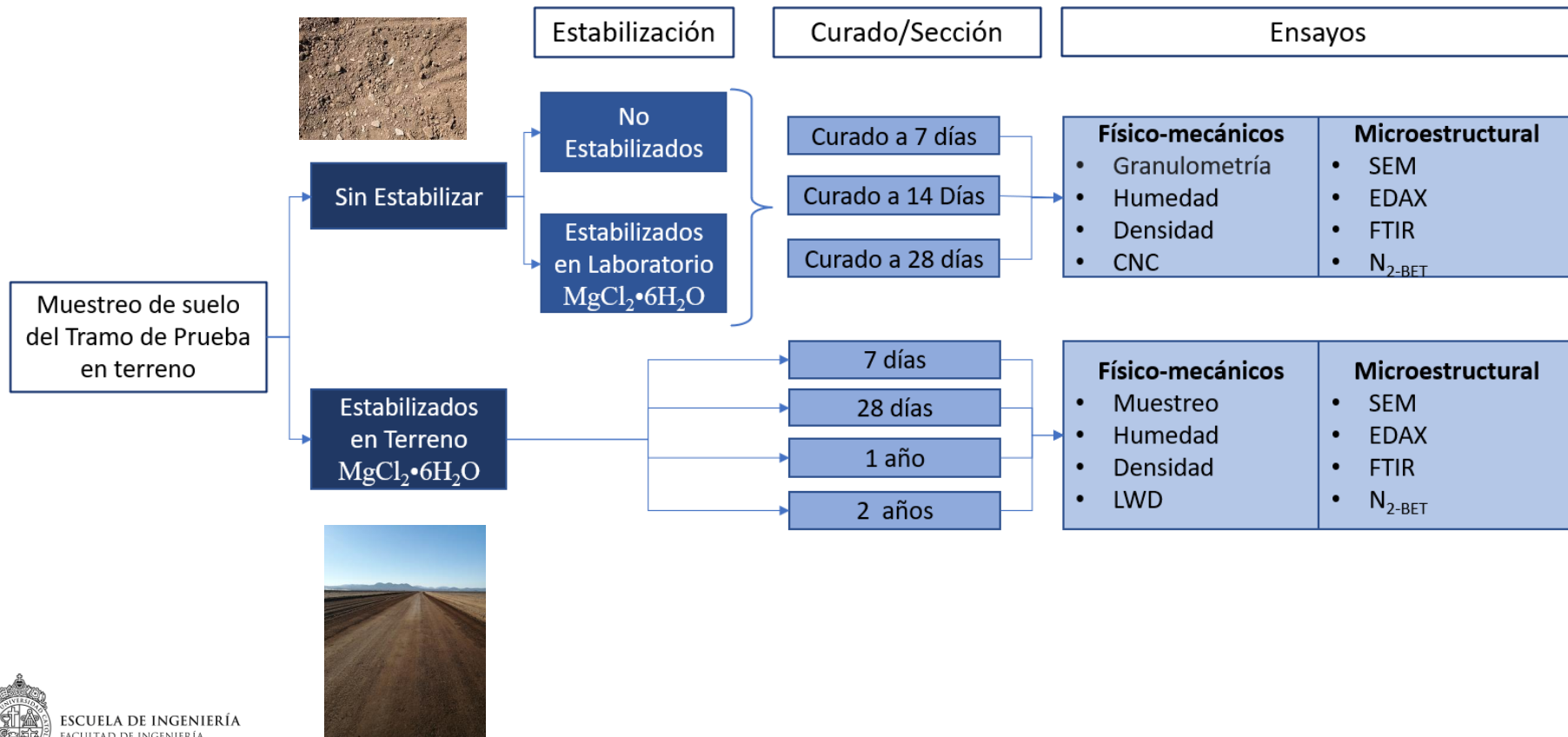
Tramo de Prueba



Muestreo de suelo
del Tramo de Prueba
en terreno



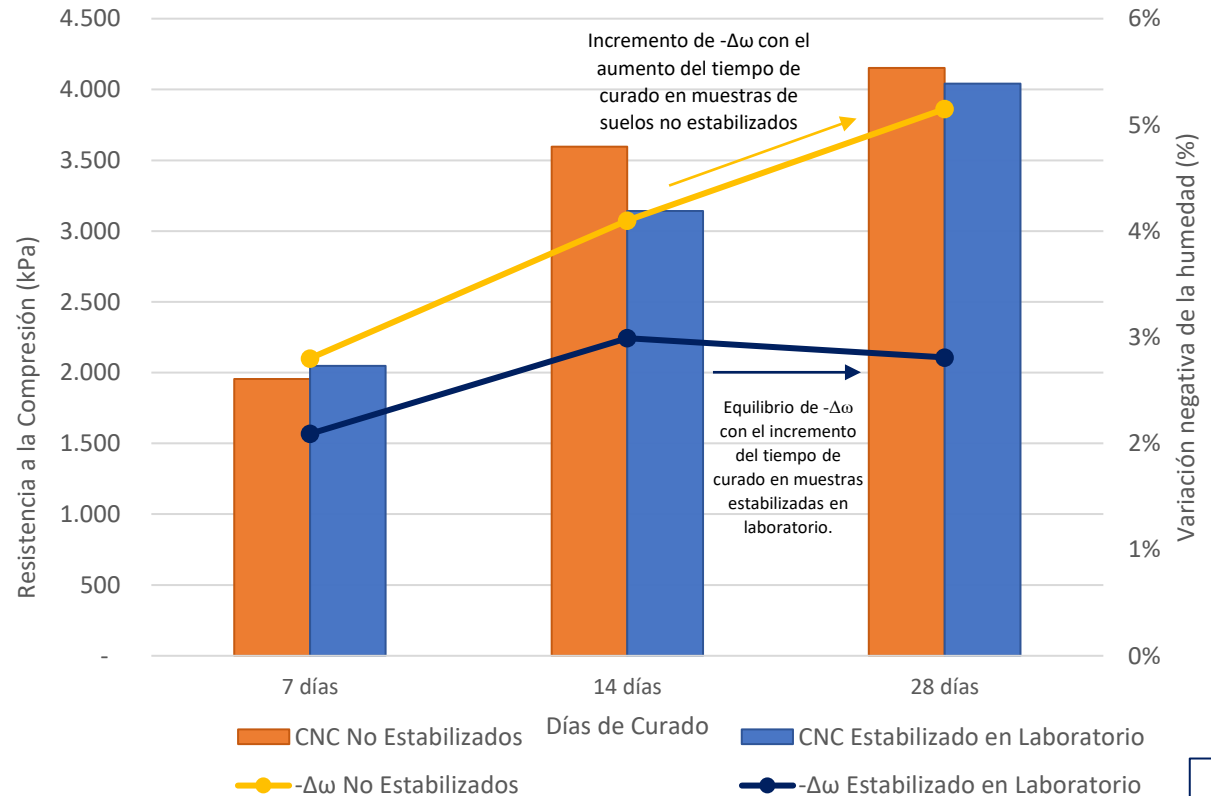
Diseño Experimental



Resultados

- Etapa I - Propiedades Físico-mecánicas - Resistencia vs Pérdida de Humedad ($-\Delta\omega$).

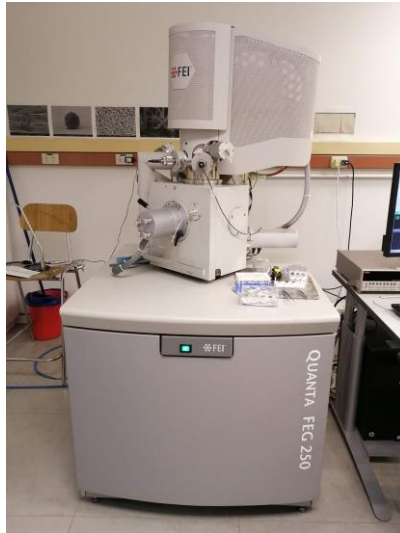
Ensayo Compresión No Confinada



Resultados

- Etapa II - Microestructura de los Suelos

Ensayo Microscópico de Barrido (SEM)



Toma de Muestras

Terreno



Laboratorio

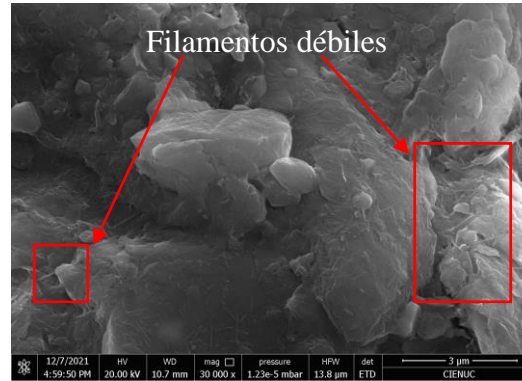


Muestras Ensayadas

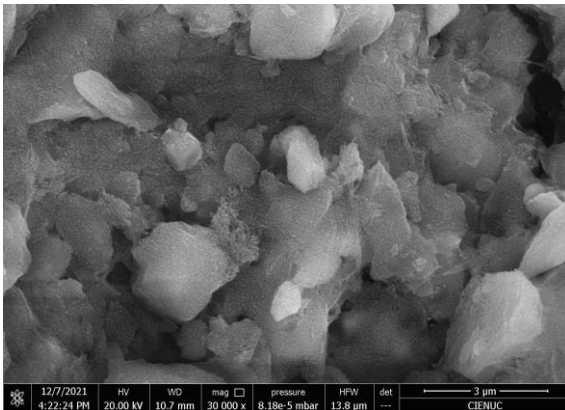


Resultados

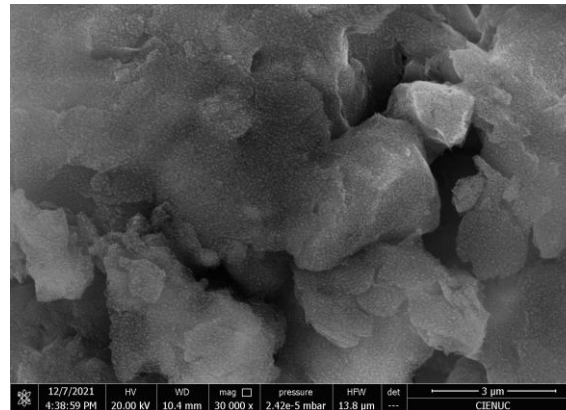
- Ensayo Microscópico de Barrido (SEM)
- Muestras de Laboratorio



Muestra Sin Estabilizar



Curado 7 días



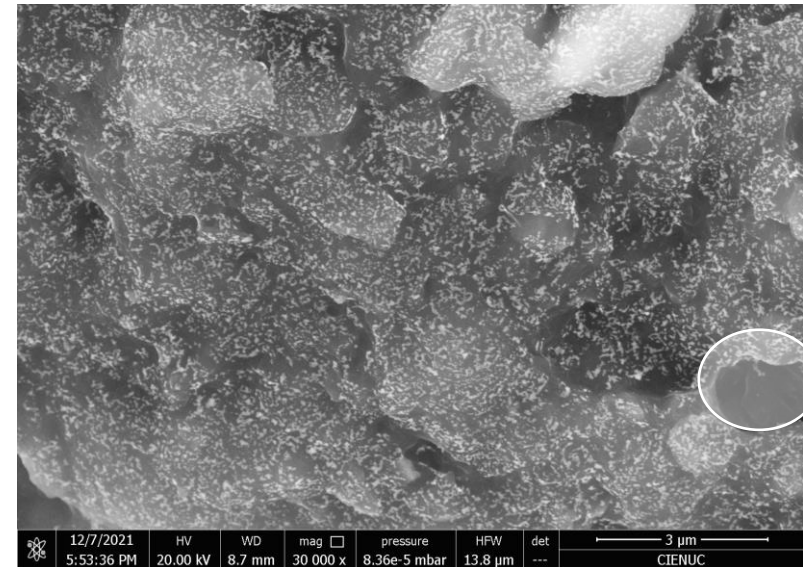
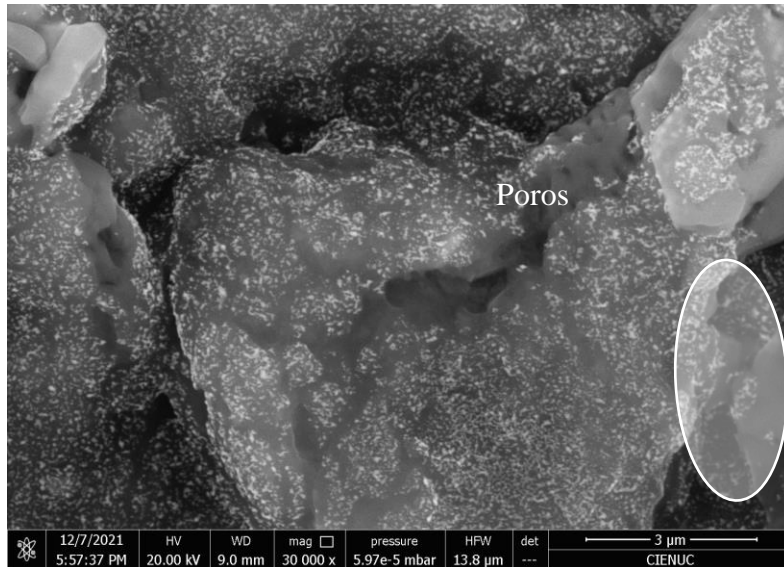
Curado 14 días



Curado 28 días

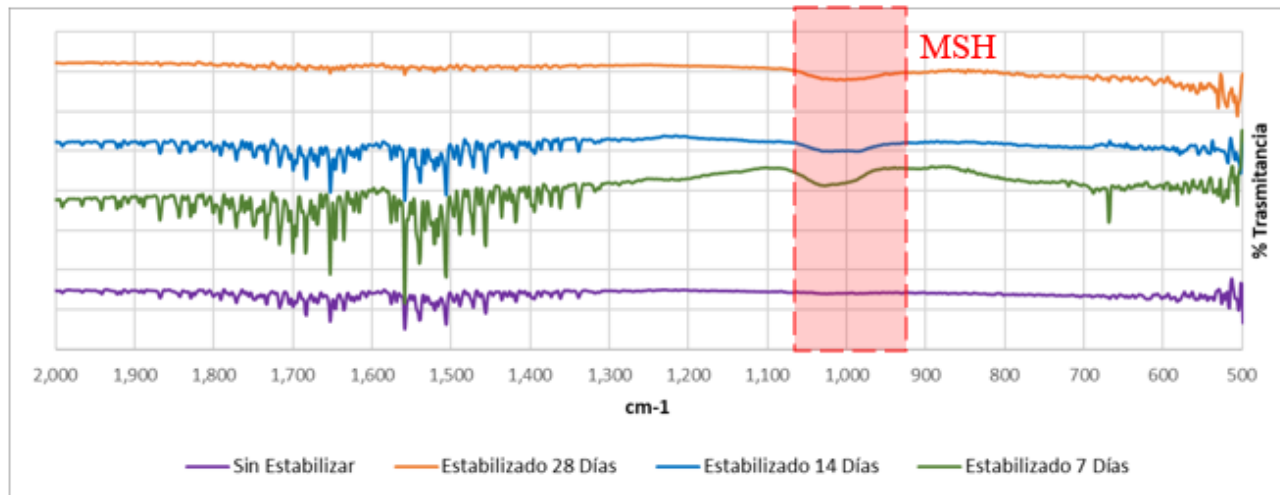
Resultados

- Ensayo Microscópico de Barrido (SEM)
- Muestras de Campo



Resultados

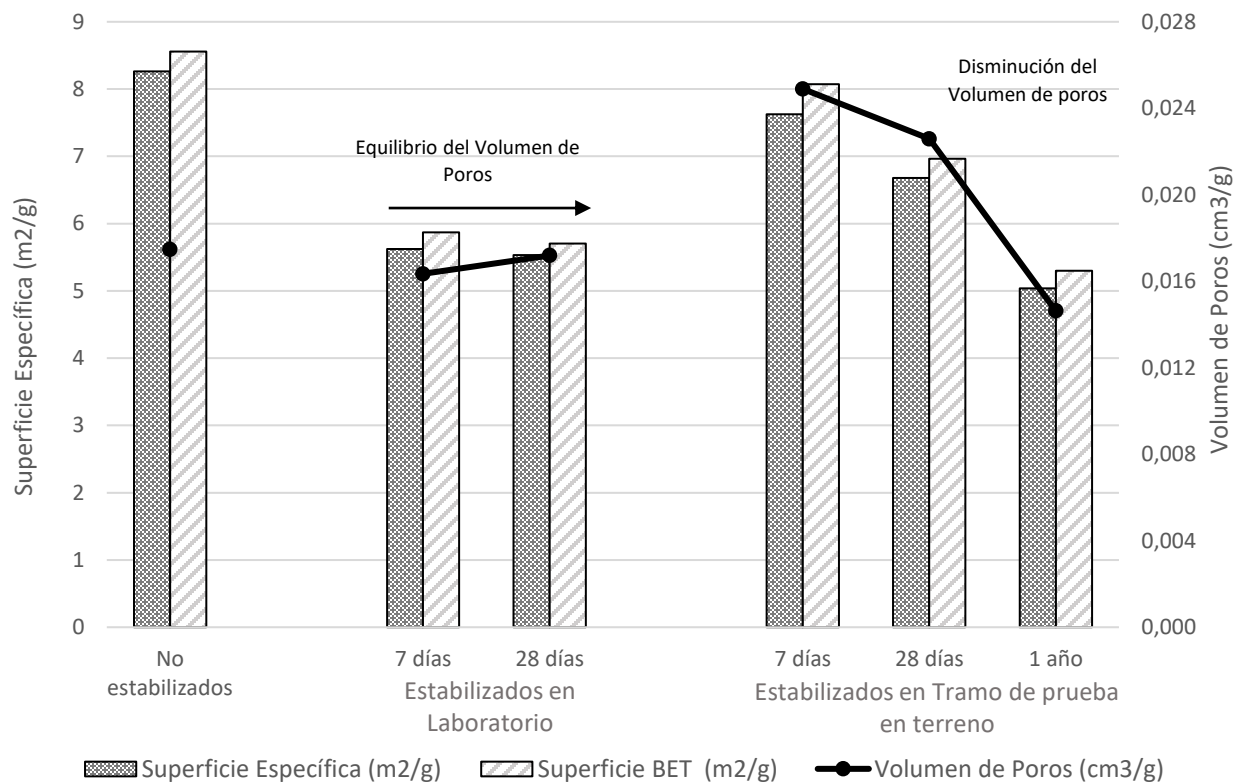
- Espectroscopía de Infrarrojo (FTIR)



La principal diferencia se observa en la banda de absorción a 1005 cm⁻¹ presente en los suelos estabilizadas con MgCl₂•6H₂O, lo que indica la presencia de MSH en la muestra (Lothenbach et al., 2015)

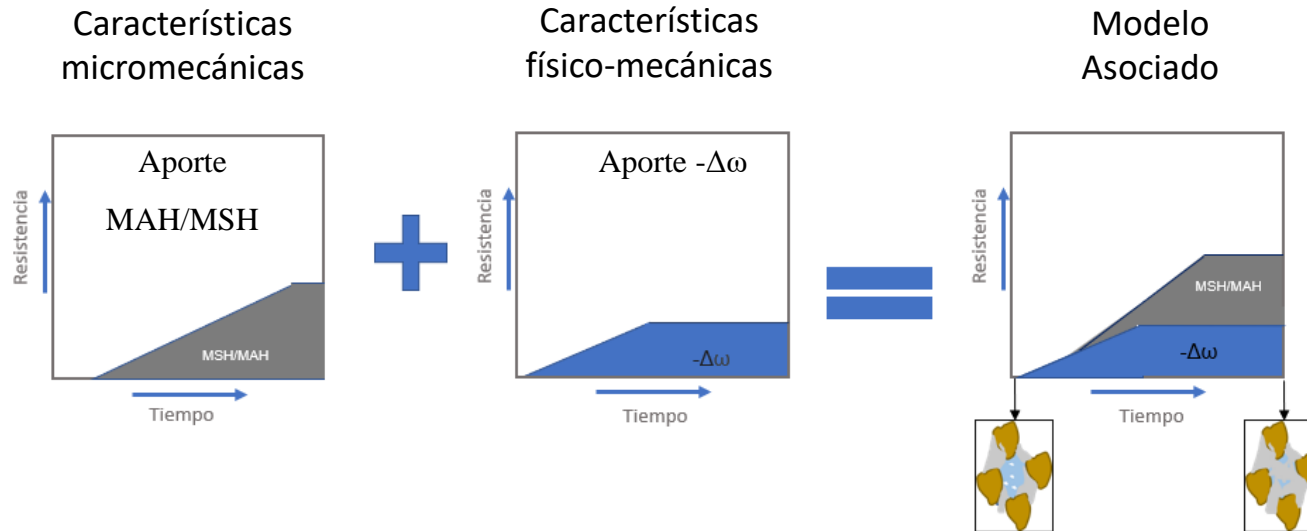
Resultados

- Análisis de la superficie específica (N2-BET)



Resultados

- Modelo de Comportamiento Propuesto



Modelo Conceptual del aumento de la resistencia en función del tiempo de suelos estabilizados con $MgCl_2 \cdot 6H_2O$.

Conclusiones

Propiedades Micromecánicas

- Es posible determinar el comportamiento micromecánico de bases estabilizadas mediante técnicas microestructurales de caracterización.
- A partir de las pruebas SEM se observó la formación de nuevos productos cementicios en los suelos estabilizados con $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ que unen las partículas del suelo a medida que aumenta el tiempo de curado
- A través de los ensayos EDS y FTIR se identificaron estos productos cementicios como Aluminato de Magnesio Hidratado (MAH) y Silicato de Magnesio Hidratado (MSH).
- El análisis de la superficie específica del ensayo N_2 -BET confirmó que debido a la formación de los productos cementicios, la estructura porosa de los suelos estabilizados se va llenando, disminuyendo el volumen de poros y aumentando su densidad.

Análisis Micromecánico de Bases Estabilizadas en caminos de Bajo Volumen de Tránsito

Caso de Estudio: Base Estabilizada con Cloruro de Magnesio Hexahidratado



Autores:

- Ing. Pablo Godoy
- Ph. D. Alondra Chamorro
- Ph. D. Álvaro González

Octubre 2022