

Suelos Colapsables.

Caracterización e Intervención

Autor

Rafael Torres
Email: rtorres@bcn.cl
Tel.: (56) 32 226 3160

Nº SUP: 138411

Resumen

Los suelos colapsables son aquellos insaturados, susceptibles de acomodar muchas moléculas de agua entre el material particulado que los componen, con el resultado de aumentar mucho su volumen y reducir la fricción entre partículas facilitando así el colapso de la arquitectura original, pudiendo ocasionar severos daños a importantes estructuras de sostenimiento de la economía.

Se encuentran distribuidos en las zonas áridas y semiáridas de todo el mundo. Dado que no existe una arquitectura molecular particular que los defina, tampoco hay una solución o un conjunto acotado de soluciones para los problemas que presentan, debiendo solucionarse éstos con intervenciones caso a caso.

En Chile, casos particularmente importantes son aquellos vinculados a los suelos salinos del norte del país.

Por lo anterior, la condición de “suelo colapsable” no es determinada por un conjunto de características determinadas, susceptibles de ser intervenidas con metodologías estandarizadas aplicables a todas las situaciones.

Por el contrario, las intervenciones deben ser realizadas “caso a caso”, con estudios que establezcan con claridad los factores determinantes y las metodologías aplicables.

Consecuencia de lo anterior es que es muy complejo abordar la problemática de los suelos colapsables a través de piezas legislativas, sino a través de normas técnicas que fijen las condiciones para su aplicación, los recursos necesarios y las condiciones particulares que aseguren el desarrollo exitoso de los proyectos.

Introducción

Este documento, fue elaborado en respuesta a una solicitud parlamentaria; se enfoca en los problemas derivados de la construcción de obras en suelos colapsables, presentes en prácticamente todo el territorio nacional y en todo el planeta. Para su elaboración se consultó literatura internacional, para apreciar la extensión del problema y el tratamiento que se le da, y literatura nacional para contrastar con la situación internacional.

Las traducciones son del autor.

Caracterización del problema

Los suelos colapsables se encuentran distribuidos en la mayor parte del mundo, particularmente en zonas áridas y semi-áridas¹, en depósitos de suelo que son eólicos, *loessiales*², subaéreos, flujos de lodo, aluviales, residuales o son rellenos artificiales. Se definen como:

[c]ualquier suelo insaturado que pasa por un reordenamiento radical de partículas y una significativa disminución de volumen al humedecerse, al soportar carga adicional o por ambos; se encuentran típicamente en regiones áridas o semiáridas y tienen una estructura suelta.

Por lo mismo, su colapso debido a la humectación, puede causar daños severos a canales, presas, plantas de bombeo, centrales eléctricas, tuberías, a existencia de estos suelos metaestables ha sido reconocida durante mucho tiempo en carreteras, edificios, campos y estructuras diversas asociadas con proyectos de riego.

En los Estados Unidos de Norteamérica, por ejemplo, la Oficina de Recuperación ha encontrado suelos colapsados en diferentes partes de su territorio. Consecuentemente, en dicho país se han realizado extensos estudios tendientes a establecer métodos para identificar, muestrear, probar y estabilizar o mitigar su comportamiento perjudicial para las estructuras de superficie relacionadas con el manejo del agua³.

De lo anterior, se desprende que los suelos colapsables no constituyen una clase única y distintiva de suelos, sino un conjunto de suelos que reúnen algunas características estructurales comunes que los dotan de elasticidad volumétrica en función de su contenido de agua y presión sobre ellos ejercida.

Dado que -más que sus componentes- es la manera en que éstos se estructuran y las variaciones que sufren al interactuar con el agua y su respuesta mecánica a las presiones, lo que les confiere su característica colapsabilidad.

¹ State-of-the-Art Review of Collapsible Soils. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316704362_State-of-the-Art-Review_of_Collapsible_Soils. Mayo 2023

² La palabra se tomó del adjetivo alemán löss sustantivado, que significa poco compacto, suelto, ligero, quebradizo.

³ "Characteristics and problems of collapsible soils". Disponible en: <https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/rec/R9202.pdf>. Mayo 2023.

Un caso cercano. Cimientos en Suelos Expansivos en Chile

Un ejemplo de los desafíos que este tipo de suelos plantean en Chile son las técnicas de construcción de cimientos. Entre los ingenieros civiles y arquitectónicos, se sabe que los suelos expansivos son materiales de cimentación difícil y problemática. Estos suelos se hinchan sometidos a la humedad y se retraen por la pérdida de agua. Debido a este comportamiento al interactuar con el agua, causan daños estructurales -de menores a mayores- a pavimentos y edificios. Cada año se gastan millones de dólares para lidiar con las consecuencias de la dilatación de los suelos. Para el diseño de cimientos en suelo hinchado, lo primero es esencial reconocer y evaluar el suelo en función de su potencial de dilatación, y luego determinar el diseño de cimientos y los materiales y técnicas más adecuado para poder construir en este suelo problemático, lo que requiere tiempo y cuidadosos estudios, tanto *in situ* como en laboratorios especializados⁴.

Los Suelos Salinos del Norte de Chile⁵

Características:

- 1) Los suelos salinos se presentan en las Regiones I, II y III del norte de Chile con características diferenciadas en su ubicación en planta, así como en profundidad donde el perfil o curva de salinidad natural adquiere importancia. Estas diferencias dependen tanto de la solubilidad de cada tipo de sal, sus condiciones de depositación y concentración, como de geomorfología, hidrogeología y condiciones ambientales.
- 2) Es posible diferenciar ocho tipos principales de depósitos de suelos salinos de acuerdo al proceso de depositación. Sin embargo, las informaciones geotécnicas existentes que están asociadas al subsuelo de centros poblaciones y mineros, solo permiten una mejor diferenciación de las características de los depósitos propios de esos lugares.
- 3) La meteorización salina, definida como la disgregación física y química de rocas existentes, es también una fuente de incorporación creciente de sales naturales.
- 4) En la formación geológica de los depósitos salinos, el agua natural del norte de Chile con sus características efímeras y de escaso caudal ha disuelto y transportado sales en su movimiento transversal según el grado de solubilidad de éstas. Es por esto que los cloruros se han desplazado aguas abajo hasta encontrar barreras de flujo, donde se terminan concentrando, en tanto que los carbonatos aparecen prácticamente en su distribución inicial sin concentraciones por disolución. Los sulfatos se ubican a este respecto en una situación intermedia.
- 5) En el litoral, en cambio, la concentración de sales se logra básicamente por movimiento subvertical (casi vertical) de las sales solubles (infiltración subvertical y acción capilar) donde la propia costra en formación sirve de piso a infiltraciones de flujos superficiales. Por consiguiente, los cloruros depositados pueden provenir tanto de aguas superficiales, como del ascenso capilar de aguas almacenadas en paleocuecas.
- 6) Todo lo anterior indica que no es válido extrapolar los resultados del estudio de una zona del litoral a una microcuenca cerrada.

⁴ "Cimientos en Suelos Expansivos". Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/268061218_Foundations_on_Expansive_Soils_A_Review. Mayo 2023

⁵ "Suelos salinos del norte de Chile parte I origen, distribución y características de los depósitos". Disponible en: http://www.gdegeotecnia.cl/docs/Suelos_Salinos_del_Norte_de_Chile_-_Parte_I_Origen_Distribucion_y_Caracteristicas_de_los_Depositos.pdf. Mayo 2023.

De sus efectos en la Ingeniería⁶

- 1) El estado estable natural geológico existente en las zonas desérticas se altera con la incorporación de aguas asociadas a viviendas y minería produciendo asentamientos y corrosión. La corrosión se activa solo en ambientes de humedades relativas superiores a 15%, las que se presentan naturalmente en el litoral activado por la camanchaca.
- 2) Los mayores asentamientos que pueden sufrir las estructuras se asocian a la disolución rápida del grupo cloruros. La corrosión sobre las estructuras proviene principalmente de los cloruros y sulfatos, siendo el yeso del grupo sulfatos el más perjudicial por su potencial hinchamiento activando la cristalización meteorizante que actúa sobre hormigones y ladrillos (eflorescencia), y además sobre las rocas diaclasadas (*diaclasa*: fractura en las rocas que no va acompañada de deslizamiento de los bloques que determina, excepto una mínima separación transversal (ver figura adjunta) liberando nuevas sales.

Figura 1. Roca diaclasada



Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Diaclasas_en_dolom%C3%ADas_Cuenca.jpg

- 3) Los mayores problemas geotécnicos se asocian a rellenos artificiales de suelos salinos donde la salinidad se encuentra dispersa en el suelo y el agua al escurrir vertical y lateralmente con mucha facilidad degrada drásticamente la rigidez del suelo en los distintos niveles de profundidad desencadenando elevados asentamientos e intensa corrosión.
- 4) Hay depósitos naturales como en Chuquicamata y El Salvador, donde el problema central no es necesariamente de asentamientos sino de la corrosión y el hinchamiento asociados, estos últimos, a depositaciones de yeso. Por ubicarse en la ladera occidental de la Cordillera de Los Andes, el drenaje de los cauces llevó a la disolución y transporte de los cloruros a sectores más distantes limitados por barreras topográficas naturales, depositando en cambio en estas zonas de laderas e inicio de cuencas, estos depósitos de sulfatos con predominancia de yeso.
- 5) Hay que hacer notar que las sales que mantienen saturada el agua en los casos de cuencas cerradas y microcuencas, donde no hay posibilidad de movimiento transversal de aguas superficiales y subsuperficiales, no generarán los mismos problemas de asentamientos que tienen depósitos de cuencas o microcuencas abiertas.

⁶ *Ibidem*.

En conclusión

La condición de “suelo colapsable” no es determinada por un conjunto de características determinadas, susceptibles de ser intervenidas con metodologías estandarizadas aplicables a todas las situaciones.

Por el contrario, las intervenciones deben ser realizadas “caso a caso”, con estudios que establezcan con claridad los factores determinantes y las metodologías aplicables.

Consecuencia de lo anterior es que es muy complejo abordar la problemática de los suelos colapsables a través de piezas legislativas, sino a través de normas técnicas que fijen las condiciones para su aplicación, los recursos necesarios y las condiciones particulares que aseguren el desarrollo exitoso de los proyectos.

Un ejemplo de lo anterior es la “**Resolución 111 Exenta**”⁷. “Llamado regional en condiciones especiales para el desarrollo de proyectos del programa de protección del patrimonio familiar en la modalidad regulada por su capítulo segundo, de la atención a condominios de viviendas sociales y económicos emplazados en suelo de condición salina en la región de Tarapacá, fija condiciones técnicas para su aplicación y el monto de recursos disponibles”

Nota aclaratoria

Asesoría Técnica Parlamentaria, está enfocada en apoyar preferentemente el trabajo de las Comisiones Legislativas de ambas Cámaras, con especial atención al seguimiento de los proyectos de ley. Con lo cual se pretende contribuir a la certeza legislativa y a disminuir la brecha de disponibilidad de información y análisis entre Legislativo y Ejecutivo.



Creative Commons Atribución 3.0
(CC BY 3.0 CL)

⁷ Resolución N°111 Exenta. “Llamado regional en condiciones especiales para el desarrollo de proyectos del programa de protección del patrimonio familiar en la modalidad regulada por su capítulo segundo, de la atención a condominios de viviendas sociales y económicos emplazados en suelo de condición salina en la región de Tarapacá, fija condiciones técnicas para su aplicación y el monto de recursos disponibles”. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1157779&idVersion=2022-02-25&idParte=>. Mayo 2023