



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRÍCOLA  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA DE RECURSOS HÍDRICOS - GIREH

## CARACTERIZACIÓN DEL CAMPO DE FLUJO DE MACIZOS ROCOSOS ALTAMENTE FRACTURADOS A DIFERENTES ESCALAS GEOMÉTRICAS. CASO DE ESTUDIO: MACIZO DE LA LÍNEA (COLOMBIA)

Adriana Piña Fulano  
26 de Junio de 2015

### PALABRAS CLAVES

Agua subterránea, escalado, parámetros, túneles, pruebas hidráulicas, medios fracturados.

### Resumen

Algunas de las actividades que impactan el subsuelo son la explotación de acuíferos para abastecimiento de agua doméstica, industrial o agrícola, la construcción de infraestructura (túneles, hidroeléctricas, etc.), la explotación de recursos minerales y de hidrocarburos y el almacenamiento de residuos domésticos o peligrosos (Evans, Nicholson & Rasmussen, 2001). Todas estas actividades tienen impactos que pueden afectar la disponibilidad de caudales en superficie, facilitar el transporte de solutos o contaminantes y afectar el comportamiento mecánico de un macizo ante su intervención.

Considerando que alrededor del 75 % de las unidades hidrogeológicas del planeta son medios fracturados (Dietrich y col., 2005), se requiere realizar una mejor aproximación de su comportamiento; para tal fin se pueden desarrollar modelos hidrogeológicos de flujo y transporte que representen adecuadamente la heterogeneidad del medio (Samper y Carrera, 1990, Perrochet y Dematteis, 2007, Maréchal, Lanini, Aunay y Perrochet, 2014, Preisig y col., 2014), la estimación de los parámetros hidráulicos (Aster, Borchers & Thurber, 2007), su escalado (Neuman, 2003, Wen y Gómez-Hernandez, 1996) y el adecuado proceso de calibración (Zhou, Gómez-Hernández & Li, 2014).

Uno de los problemas que se debe afrontar en el planteamiento de un problema o simulación numérica de flujo o transporte del agua subterránea, es la escala, ya que el subsuelo se caracteriza por una alta heterogeneidad asociada a la complejidad geológica del medio, y presenta una gran variabilidad espacial en múltiples escalas, además de exhibir dependencias anisotrópicas y direccionales dependiendo de la escala de medida,

ventana de muestreo, correlación y resolución espacial (Neuman, 2003). Su finalidad es obtener propiedades hidráulicas representativas para una escala más grande a partir de información proveniente de escalas más pequeñas (Bierkens & Gaast, 1998). Las técnicas principales para esta tarea consisten en la estimación de una conductividad de bloque equivalente (Wen & Gómez-Hernandez, 1996), los Grupos de Renormalización Hristopulos (2003), transformadas tipo wavelet (Si & Zeleke, 2005) y conceptos fractales o leyes de potencia (Mishra & Kuhlman, 2013).

Esta investigación tiene como laboratorio el túnel de la Línea, donde se realizaron 29 pozos a lo largo del túnel, localizadas en los sitios de mayor infiltración, donde se plantea la estimación de la conductividad hidráulica bajo diferentes escalas de muestreo y su análisis en el proceso de escalado. Para la escala de poro se analizarán secciones de láminas delgadas, en laboratorio se muestrearán núcleos utilizando gas, a escala local se realizarán pruebas hidráulicas y a escala regional se calibrará un modelo numérico.

### **Abstract**

Water supply for domestic, agricultural or industrial use, infrastructure buildings (tunnels, hydropowers, etc), energy exploitation and waste disposals, are the main activities that affect groundwater (Evans y col., 2001). Those activities can impact flows in surface sources, generate preferential contaminant flow paths or affect the mechanical behavior of a massif. At least 75 % of hydrogeological units in the world are fractured media (Dietrich y col., 2005). It is required to work in a better approximation of its behavior, developing flow and transport models that represent properly its heterogeneity (Samper y Carrera, 1990, Perrochet y Dematteis, 2007, Maréchal y col., 2014, Preisig y col., 2014), working in parameters estimation (Aster y col., 2007), its scaling (Neuman, 2003, Wen y Gómez-Hernandez, 1996) and calibration processes (Zhou y col., 2014). Scaling is one of the main problems to be solved in simulations of flow or transport in groundwater. It is a consequence of heterogeneity media associated to geology that show spatial variability in multiple scales. Besides, anisotropic dependencies are shown according to measure scale, measuring window, spatial correlation and correlation (Neuman, 2003). Scaling refers to the calculation of hydraulic parameters that may be representatives in a higher scale from small scales measures (Bierkens & Gaast, 1998). Main techniques for scaling are: block equivalent conductivity (Wen & Gómez-Hernandez, 1996), renormalization groups (RG) Hristopulos (2003), wavelet transformations (Si & Zeleke, 2005) and power laws or fractals concepts (Mishra & Kuhlman, 2013).

This investigation will use “La Línea” Tunnel as laboratory for data acquisition. There, 29 wells were drilled along the tunnel where highest infiltrations were reported. It is proposed the estimation of hydraulic conductivity under different measure scales and the analysis of the scaling processes. Thin sections will be analyzed for pore scale, plug cores will be test in laboratory using gas, hydraulic test will be performed in local scale and a numerical model will be calibrated in regional scale.

# Bibliografía

- Aster, C., Borchers, B. & Thurber, C. (2007). Book review- parameter stimation and inverse problem. *33*, 987-988.
- Bierkens, M. F. P. & Gaast, J. W. J. V. D. (1998). Upscaling hydraulic conductivity: theory and examples from geohydrological studies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, *50*, 193-207.
- Dietrich, P., Helmig, R., Sauter, M., Hötzl, H., Köngeter, J., Teutsch, G. & (Eds.) (2005). *Flow and Transport in Fractured Porous Media*.
- Evans, D., Nicholson, T. & Rasmussen, T. (2001). *Flow and transport through unsaturated fractured rock* (Geophysica). Washington, D. C.: American Geophysical Union.
- Hristopulos, D. (2003). Renormalization group methods in subsurface hydrology: Overview and applications in hydraulic conductivity upscaling. *Advances in Water Resources*, *26*, 1279-1308.
- Maréchal, J., Lanini, S., Aunay, B. & Perrochet, P. (2014, enero). Analytical solution for modeling discharge into a tunnel drilled in a heterogeneous unconfined aquifer. *Groundwater*, *52*(4), 597-605.
- Mishra, P. & Kuhlman, K. (2013). *Advances in Hydrogeology*.
- Neuman, S. (2003). Multifaceted nature of hydrogeologic scaling and its interpretation. *Reviews of Geophysics*, *41*(3), 1014.
- Perrochet, P. & Dematteis, A. (2007). Modeling transient discharge into a tunnel drilled in a heterogeneous formation. *Ground water*, *45*(6), 786-90.
- Preisig, G., Dematteis, a., Torri, R., Monin, N., Milnes, E. & Perrochet, P. (2014). Modelling discharge rates and ground settlement induced by tunnel excavation. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, *47*, 869-884.
- Samper, F. & Carrera, J. (1990). *Geoestadística: aplicaciones a la hidrogeología subterránea* (C. I. d. M. N. en Ingeniería, Ed.). Barcelona.
- Si, B. C. & Zeleke, T. B. (2005). Wavelet coherency analysis to relate saturated hydraulic properties to soil physical properties. *Water Resources Research*, *41*(11), 1-9.
- Wen, X. & Gómez-Hernandez, J. (1996, agosto). Upscaling hydraulic conductivities in heterogeneous media : An overview. *Journal of Hydrology*, *183*(1-2), ix-xxxii.
- Zhou, H., Gómez-Hernández, J. & Li, L. (2014). Inverse methods in hydrogeology: evolution and recent trends. *Advances in Water Resources*, *63*, 22-37.