

## RESTAURACIÓN GEOMORFOLÓGICA

### Descripción

La Restauración Geomorfológica es el proceso de diseñar y construir formas del terreno que replican la morfología y dinámica de las naturales, allí donde el relieve original ha sido transformado –y por tanto los ecosistemas y el paisaje han sido severamente degradados-, normalmente por actividades humanas que “mueven tierras”, como minería, obra civil o urbanización. Las soluciones que se transfieren son siempre resultados de investigaciones *ad hoc*, y consiguen reproducir las condiciones topográficas, y de arquitectura de sustratos y suelos, que son estables para los escenarios objeto de intervención (restauraciones mineras, infraestructuras lineales de transporte, vertederos...). Todo ello sin utilizar ni estructuras de obra ni elementos artificiales (como bajantes, cunetas, diques, bulones, mallas...). Es decir, mediante el movimiento y/o remodelado exclusivo de tierras, estériles mineros, derrubios, materiales de excavación, inertes, suelos... Para reproducir esas geoformas es necesario encontrar un referente geomorfológico, también estable, desarrollado en condiciones ambientales similares al escenario que requiere la actuación.

La Restauración Geomorfológica proporciona soluciones ecológicas, integrales, duraderas y eficientes, a problemas y escenarios complejos, como impacto ambiental (y conflictividad social asociada) por movimiento de tierras en lugares con alto valor ecológico y paisajístico, o alta inestabilidad por erosión hídrica, movimientos en masa o acción de otros agentes geomorfológicos. Sus soluciones se integran en planes y proyectos de restauración en minería, infraestructuras y obra civil, paisajismo, o estudios de EIA de actividades que mueven tierras, entre otros. Y se complementan con validaciones o estimaciones utilizando modelos hidrológicos, de erosión y de evolución del paisaje. La Restauración Geomorfológica supera los tradicionales enfoques de rehabilitación o ‘reclamación’ y se sitúa en un contexto de verdadera restauración ecológica, pues permite sentar las bases para recuperar los procesos y la funcionalidad de los ecosistemas y los paisajes naturales. El [grupo de Restauración Geomorfológica](#) de la UCM es uno de los tres únicos, a nivel mundial, que tiene reconocida la capacidad de la empresa base ([GeoFluv](#), de Estados Unidos) para transferir de modo integral este método, así como para formar a técnicos en sus distintos niveles.

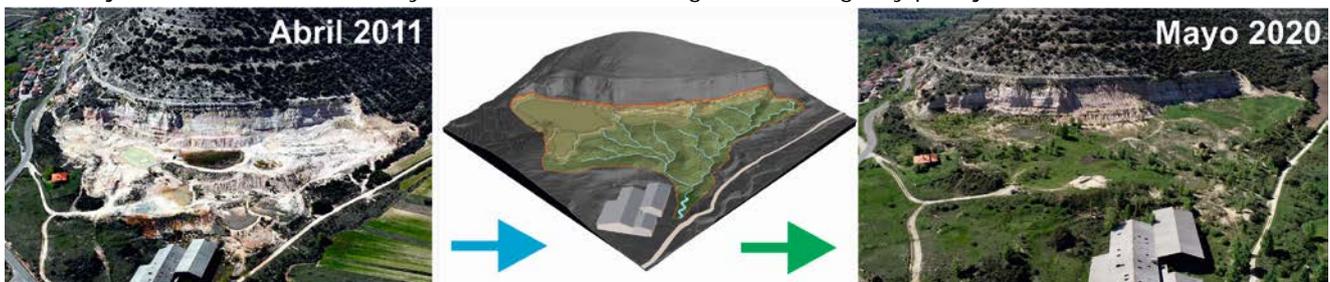


*Restauración ecológica basada en restauración geomorfológica en La Revilla (Segovia). 1995 - 2006*

### Cómo funciona

La esencia de este método consiste en identificar las características de las redes de drenaje y de las cuencas hidrográficas que tenderían a formarse en el lugar objeto de actuación, a lo largo del tiempo, a partir de los materiales, topografía y clima existentes, hasta configurar relieves estables y funcionales. Una vez identificadas esas formas del terreno, se diseñan y construyen otras equivalentes.

El conjunto de redes fluviales y laderas que se plantean son estables desde el corto al largo plazo porque están en equilibrio con las condiciones ambientales, al igual que ocurre con las formas del terreno ‘maduras’, que tienen una estabilidad natural. Ésta ocurre también ante eventos de precipitación extremos, o terremotos, dado que las geoformas objeto de réplica han estado ya sujetas, a lo largo de su historia, a estos sucesos, adoptando configuraciones resilientes. Todo ello a diferencia de las soluciones convencionales de remodelado del terreno en restauraciones mineras y obra civil (terrazas, sistemas talud-berma, drenajes mediante cunetas y bajantes...), que están sujetas a fallos recurrentes, y tienen una escasa integración ecológica y paisajística.

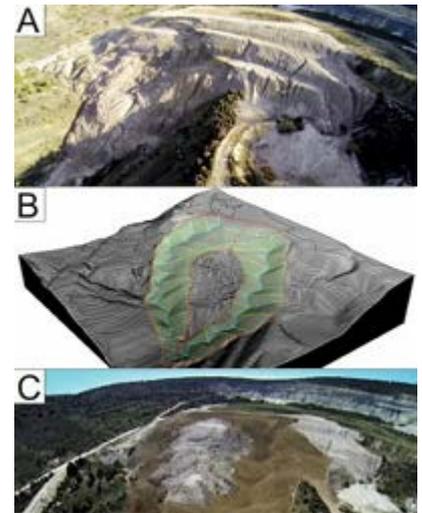


*Restauración ecológica, con base geomorfológica, de la cantera de Somolinos (Guadalajara)*

Durante las últimas décadas, los hidrólogos han observado y medido sistemas fluviales naturales estables, y han determinado las relaciones matemáticas de las variables morfológicas que concurren en los patrones estables. Por ejemplo, para meandros fluviales, es el caso de las relaciones existentes entre sus radios de curvatura, anchura de canales, longitud de onda de los arcos de meandro, o anchura del cinturón de meandros. Estos canales fluviales naturales y estables muestran una configuración que mantiene un equilibrio dinámico entre la carga y transporte de sedimentos y el caudal, tanto para eventos de baja como de alta energía. A su vez, existen también unas relaciones de estabilidad entre los canales y la morfología de las laderas vertientes que constituyen las cuencas hidrográficas 'maduras'.

Un proceso típico de Restauración Geomorfológica consta de estas fases:

- (1) Localizar formas del terreno estables y naturales en materiales análogos a los del escenario objeto de restauración, desarrolladas en condiciones ambientales similares a las del proyecto; sobre dicho referente se deben medir una serie de parámetros morfométricos, tales como densidad de drenaje o distancia entre las divisorias y el inicio de los canales, entre otros.
- (2) Definir las condiciones topográficas del espacio objeto de diseño en CAD, y analizar las trayectorias, entradas y salidas de la escorrentía, e identificar los niveles de base hidrográficos locales.
- (3) Realizar un diseño geomorfológico en formato CAD y validar su viabilidad, funcionalidad y estabilidad. La viabilidad viene definida por las condiciones económicas o de volúmenes de materiales que se pueden utilizar. *Natural Regrade* realiza estimaciones de balances de excavación y relleno, localiza centroides de masas de materiales, y establece rutas óptimas para el movimiento de tierras. De este modo, se pueden modificar los borradores de diseño hasta que se ajusten a las condiciones locales específicas. La funcionalidad y estabilidad se evalúa en términos de energía erosiva de los canales fluviales, o mediante la aplicación de modelos de erosión y de evolución del paisaje (tales como RUSLE, WEPP o SIBERIA), o de estabilidad geotécnica, que permiten comparar los resultados con soluciones convencionales.
- (4) Preparar la información para el replanteo topográfico o control automático de la maquinaria, con su consiguiente construcción diseñada.
- (5) Monitorizar el comportamiento hidrológico, y erosivo-sedimentario.



*Restauración de un deslizamiento en la Mina Nuria, 2015.*

## Ventajas

-Las formas del terreno estables y 'maduras' experimentan tasas de erosión y de emisión de sedimentos iguales o inferiores a las no transformadas por movimientos de tierras. Existe una mayor estabilidad geotécnica para diseños de Restauración Geomorfológica comparados con restauraciones convencionales. La morfología de canales naturales permite transportar escorrentía y sedimentos en equilibrio hidrológico. La turbidez y carga de sedimentos es similar a los cursos fluviales naturales y no requiere mantenimiento. Además, no se necesitan ni materiales artificiales ni estructuras, pues se construye una topografía estable con el único uso de tierras, estériles mineros, derrubios, residuos de construcción, rellenos de excavación. Las soluciones son, en todo caso, compatibles con medidas estructurales.

-La necesidad de restaurar suelos y vegetación es común a las restauraciones convencionales y la elevada variabilidad topográfica (con una gran diversidad de pendientes y orientaciones del terreno) promueven y maximizan la biodiversidad vegetal y animal, así como la producción de madera y otras alternativas de uso. En resumen, la funcionalización del ecosistema en general.

-Los costes generan ahorros muy significativos por la ausencia de mantenimiento, materiales y estructuras de obra (hasta del 37%). En definitiva, estas prácticas se reconocen como paisajes naturales, apenas identificables como restaurados, integrados en los paisajes del entorno, con belleza intrínseca.

## ¿Dónde se ha desarrollado?

[El grupo de Restauración Geomorfológica de la UCM](#) conoció y aprendió GeoFluv – Natural Regrade en 2009, año desde el cual mantiene una estrecha relación con su creador, Nicholas Bugosh. Con anterioridad a 2009, nuestro grupo desarrolló algunos de los ejemplos que están considerados pioneros a nivel mundial en materia de Restauración Geomorfológica. Es el caso de la reconstrucción del relieve de la cantera La Revilla, en la provincia de Segovia. A partir de 2009, nuestra transferencia en este campo ha sido amplia, especialmente en el sector minero. A nivel nacional, el número de proyectos desarrollados es ya muy numeroso. A nivel internacional nuestro grupo ha participado en la realización de diseños de Restauración Geomorfológica de grandes minas de carbón de Australia (Drayton South), de minas de carbón de Colombia (La Guacamaya, Puerto Libertador) y se ha participado en la formación de personal de Mina Invierno (Isla Riesco, Chile).



## Universidad Complutense de Madrid

Vicerrectorado de Transferencia del Conocimiento y Emprendimiento  
Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI)

### Y además

Además de la transferencia de Restauración Geomorfológica mediante GeoFluv-Natural Regrade, el grupo tiene capacidad para transferir otras soluciones de Restauración Geomorfológica. En concreto:

- Restauración geomorfológica de macizos rocosos (taludes de carretera, frentes de explotación minera...) mediante el método del Talud Royal (<https://www.2g.fr/talus-royal>). Nuestro grupo se ha formado, y colabora, con el creador del método del Talud Royal, Paul Royal, y está capacitado para transferir dichas soluciones
- Realización de Modelos de Evolución del Paisaje (Landscape Evolution Models) mediante la herramienta SIBERIA. Esta herramienta fue desarrollada en Australia por el profesor Garry Willgoose y su uso a nivel mundial lo líder actualmente el profesor Greg Hancock, con quien nuestro grupo tiene una estrecha colaboración.

La filosofía de nuestra transferencia es escrupulosamente cuidadosa en no generar competencia alguna con empresas consultoras.

### Investigador/a responsable

Nombre: [José Francisco Martín Duque](#)

Departamento: Geodinámica

Facultad: Ciencias Geológicas

