

TÉCNICAS DE ESTABILIZACIÓN TRAS LA REACTIVACIÓN DE UN GRAN DESLIZAMIENTO EN TOLOSA (GUIPÚZCOA).

Fernando PUELL*, Javier MARÍN†

* Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Orbis Terrarum.

† Ingeniero Civil, Máster en Ingeniería Geológica.
Orbis Terrarum.

RESUMEN

El deslizamiento descrito en esta comunicación se sitúa en la Ctra. N-I, más concretamente en el P.K. 437,200 y en la margen derecha de la vía (dirección San Sebastián), dentro del Término Municipal de Tolosa (Guipúzcoa). En febrero de 2015 tuvo lugar un gran deslizamiento que destruyó una estación de servicio. Este suceso ocurrió tras varios episodios de deslizamiento en años anteriores. Se describen las etapas seguidas en las fases de construcción de los principales elementos de sostenimiento; soil-nailing, zanjas drenantes, anclajes IRS, y pantalla de pilotes principalmente. También se detallan aspectos importantes que Orbis Terrarum controló durante la fase de ejecución de la obra..

1. INTRODUCCIÓN

Se presentan a continuación las soluciones constructivas y medidas de ejecución propuestas por Orbis Terrarum para la estabilización de un gran deslizamiento situado en el P.K. 437 + 200 de la N-I en sentido San Sebastián, en el municipio de Tolosa (Guipúzcoa), así como los condicionantes técnicos encontrados durante la ejecución del proyecto.

El deslizamiento citado tuvo lugar en febrero de 2015, con consecuencias desastrosas para la estación de servicio situada al pie del deslizamiento, quedando ésta completamente sepultada. La ladera afectada había sufrido modificaciones en su pendiente con objeto de la construcción de la citada estación de servicio en 1994, modificando la pendiente natural de unos 18-20° a un talud de unos 34° (3H:2V) con una altura de entre 3 y 5 metros habiéndolo reforzado con un muro de gaviones. Aunque no se conocen los detalles, el primero de los

deslizamientos tuvo lugar el mismo año de la construcción de la estación de servicio, derrumbándose entre 15 y 20 m del muro de gaviones, los cuales se repararon sustituyendo el trasdós del muro de material arcilloso por gravas y contrafuertes de escollera.

De nuevo, en febrero de 2013 se producen nuevos movimientos, deformando el muro y afectando al suelo de la estación de servicio, produciendo levantamientos, y formándose una gran grieta de tracción en la coronación del deslizamiento. Estos movimientos trataron de solventarse mediante un proyecto constructivo que consistió en la generación de una berma a altura variable y un talud de 50-60° complementados por una escollera hormigonada en el trasdós del muro de gaviones, dejando instalados sistemas de auscultación para controlar los movimientos de la ladera.



Fig. 1: Vista aérea de la zona de estudio en Abril de 2013 y posición de la grieta de tracción del deslizamiento.

Finalmente en febrero de 2015, tras registrar anomalías en los sistemas de auscultación, después de un periodo de fuertes lluvias y sin tiempo efectivo para llevar a cabo medidas correctoras, se produjo el siniestro que acabó sepultando el edificio de la estación de servicio. Se efectuó una actuación de emergencia en la que se retiraron tierras de la parte superior del talud, para evitar temporalmente el efecto remontante del deslizamiento.



Fig. 2: Deslizamiento de Febrero de 2015.

Tras la ejecución de diversas investigaciones, en febrero de 2016 Orbis Terrarum recibe el encargo de la elaboración de un informe de medidas de estabilización que posteriormente

derivó en la redacción del proyecto constructivo y en la dirección facultativa de las obras proyectadas, las cuales se ejecutaron con éxito entre junio y octubre de 2016.

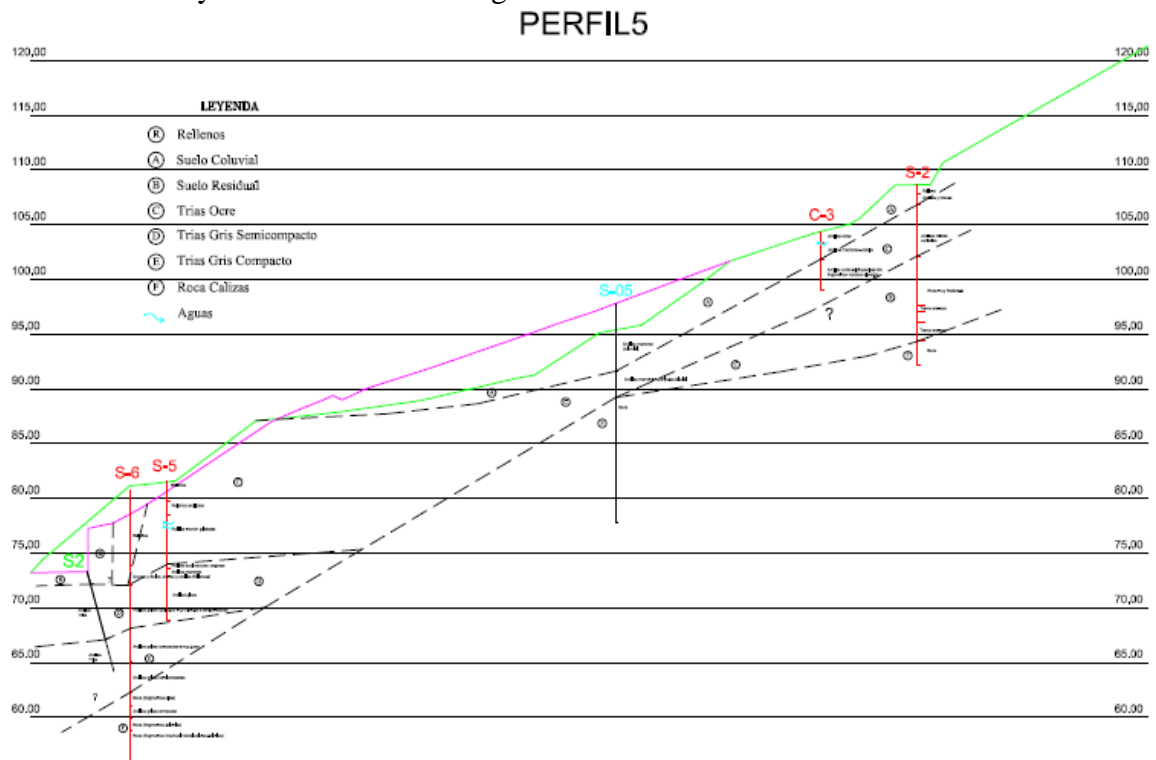
2. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA.

La ladera objeto del presente texto se corresponde con la margen izquierda del río Oria a su paso por la localidad Guipuzcoana de Tolosa, quedando el deslizamiento situado junto al pequeño terraplén que constituye la calzada de la N-I en este punto.

Geológicamente encontramos un recubrimiento de suelo natural de la ladera formado por depósitos coluviales de espesor variable, compuestos por arcilla marrón con bastante grava e indicios de arena de consistencia firme. Estos suelos aparecen recubriendo los materiales arcillosos del Trias Keuper.

El Keuper está constituido por arcillas versicolores con cantidades muy variables de gravas y arena de consistencia firme a muy firme, siendo posible observar la presencia de yesos blanquecinos y ofitas muy alteradas.

Además de los materiales descritos, puestos en contacto con el Trias por una falla, aparecen materiales calcáreos constituidos por calizas dolomíticas, brechas calcáreas y carniolas. Estos materiales pueden aparecer tanto en niveles muy sanos como en alternancias con zonas de huecos y texturas en forma de gravas.



3. DISEÑO DE LAS MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN.

A partir de los datos disponibles de estudios geológicos y geotécnicos previos se llevo a cabo un Back-analysis modelizando la morfología y las condiciones hidrogeológicas presentadas por la ladera antes del deslizamiento, lo que permitió corroborar los parámetros asignados en los citados estudios, así como el nivel freático, para su empleo en el diseño de las medidas correctoras.

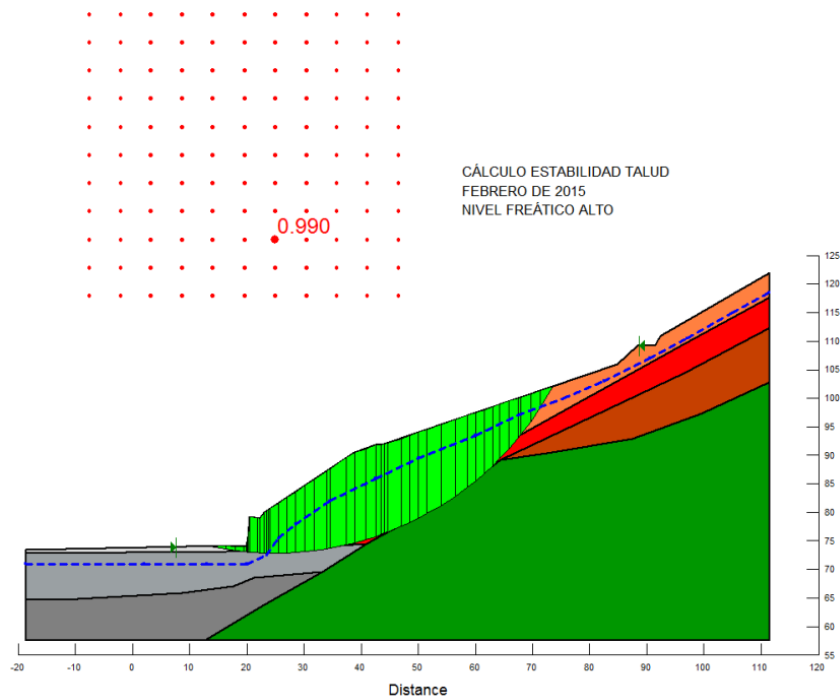


Fig. 4: Back analysis con hipótesis de nivel freático alto, Febrero de 2015. FS=0,990.

La actuación diseñada debía ser de carácter integral, actuando sobre toda la masa deslizada y estabilizándola. Así mismo era fundamental garantizar la estabilidad de los elementos de contención que permitiesen construir de nuevo la estación de servicio y evitar la acción remontante del deslizamiento ladera arriba.

Con los objetivos anteriormente descritos se diseñaron diferentes actuaciones para la estabilización del deslizamiento, las cuales se resumen a continuación:

- **Soil nailing** en la cabecera del deslizamiento, con objeto de aumentar la seguridad durante el resto de operaciones y evitar la acción remontante del deslizamiento, se proyecta una actuación de soil-nailing con bulones al tresbolillo en malla de 3x3 m y longitud de entre 4 y 5 metros.
- **Excavación y retaluzado** de la zona intermedia del deslizamiento, estableciendo una pendiente máxima de 22-23°, con el objetivo de retirar material de la zona superior y media, disminuyendo así el empuje total sobre los elementos de contención y proporcionando un talud más estable.
- **Muro de hormigón y anclajes de cables.** Como una de las medidas principales de estabilización se diseñaron anclajes activos de 8 cables con inyección repetitiva selectiva (IRS) y una profundidad total de 29 m, colocados sobre un muro de

hormigón inclinado 60° con respecto a la horizontal, que actúa simultáneamente como elemento de contención y como viga de reparto.

- **Zanjas drenantes** de 3 metros de profundidad con objeto de controlar el agua superficial y evitar subpresiones actuantes sobre los elementos de contención.
- **Pantalla de pilotes.** Dados los requerimientos de espacio para la reconstrucción del edificio de la estación de servicio, se proyectó una pantalla de pilotes como cierre de las medidas de contención en la parte frontal del deslizamiento, lo que permitía realizar un cierre completamente vertical y en la posición requerida. La pantalla está formada por pilotes de 130 cm de diámetro separados 145 cm entre ejes, con una longitud total de 12,20 m de los cuales 4 funcionan como ménsula, quedando atados mediante una viga de coronación. Así mismo, se proyectó el gunitado del frente en ménsula de la pantalla de pilotes y la ejecución de drenes californianos entre pilotes para asegurar la no retención de agua en el trasdós.
- **Muro de escollera y cierres de escollera** en los taludes. Los cierres laterales de l muro de pilotes y el resto de los taludes se diseñaron con soluciones más flexibles (muro y piel de escollera), evitando así el encarecimiento que hubieran supuesto cerrar completamente todo el talud con las soluciones estructurales descritas anteriormente.



Fig. 5: Vistas muro anclado terminado (izda) y muro de escollera y pantalla de pilotes (dcha.).

4. EJECUCIÓN Y CONTROL DE OBRA.

De cara garantizar que la ejecución de las obras se desarrollase en condiciones de seguridad se estableció en el proyecto la necesidad de realizar la obra en fases muy concretas las cuales no podrían dar comienzo hasta no haber finalizado la fase anterior. Las fases proyectadas fueron las siguientes:

- **Fase 1:** Ejecución del soil-nailing en el talud de la cabecera del deslizamiento.
- **Fase 2:** Excavación y prolongación del talud superior hasta cota de proyecto con una pendiente de 37° . Ejecución del tramo inferior del soil-nailing.
- **Fase 3:** Retaluzado general de la zona media con un ángulo de 23° . Excavación de las zanjas drenantes.
- **Fase 4:** Ejecución por bataches del muro anclado. Excavación general. Ejecución de

la pantalla de pilotes.

- **Fase 5:** Vaciado hasta cota de la estación de servicio, gunitado de la pantalla de pilotes y ejecución de drenes californianos.
- **Fase 6:** Construcción del muro de escollera al cierre del extremo sur del talud. Creación del camino de mantenimiento. Revegetación de la zona de actuación y limpieza final.

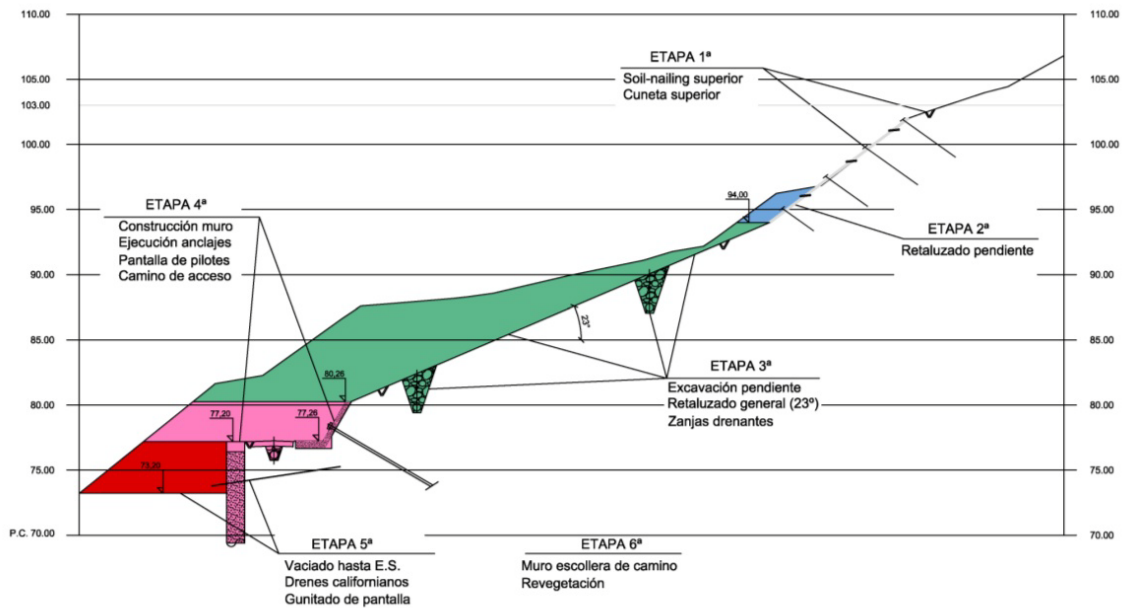


Fig. 1: Croquis etapas de ejecución de medidas propuestas.

La ejecución de las citadas medidas se llevó a cabo bajo el control de la obra por parte de la Dirección Facultativa (integrada por los técnicos de Orbis Terrarum) basada en tres líneas de actuación orientadas a asegurar el correcto funcionamiento de las medidas diseñadas:

- **Control de materiales:** Se llevó a cabo un control de recepción de todos los materiales suministrados en obra así como de aquellos “fabricados” en o para la misma (hormigones, aceros, lechadas, etc.).
- **Control topográfico:** Desde el inicio de las obras se dispusieron hitos de control topográfico que permitieron una auscultación semanal de los movimientos de la ladera, así mismo, los hitos y el procedimiento desarrollado durante la ejecución han servido de base para el actual programa de auscultación periódica.
- **Control de Ejecución:** Se estableció una vigilancia continuada de la correcta ejecución de las medidas diseñadas, realizando las pertinentes correcciones sobre los diseños iniciales, así como ensayos de integridad en pilotes y de investigación y adecuación en anclajes.

De este último punto cabe destacar las experiencias adquiridas en cuanto al diseño de ensayos de control de anclajes, los cuales permiten la comprobación de su funcionamiento in situ, tanto como la optimización de las longitudes resistentes diseñadas. Las necesidades de

plazos presentes en esta obra, obligaban a la realización de los ensayos de investigación de manera previa a la ejecución del muro de hormigón que actuaría como viga de atado y superficie de reparto.

La realización de ensayos de investigación conlleva la aplicación de cargas muy superiores a las de proyecto directamente sobre el terreno natural, esto implica la necesidad de un buen diseño de elementos de reparto que impidan que se supere la carga máxima de hundimiento y se produzca una rotura en superficie. Este condicionante obligó a la construcción de grandes dados de hormigón provisionales que sirvieran de elemento de reparto para la correcta ejecución del ensayo.



Fig. 2: Rotura del terreno en superficie.

5. CONCLUSIONES.

Ante las diferentes soluciones aportadas por varios contratistas de obras de tratamientos del terreno, el promotor optó por la realización de un proyecto de ingeniería que permitiese integrar los datos disponibles, optimizando la solución desde un punto de vista ingenieril y pensando en el largo plazo.

La experiencia de la obra objeto de la presente comunicación pone de manifiesto la importancia de un conocimiento profundo de los mecanismos involucrados en este tipo de deslizamientos que permitan un correcto análisis de los factores desencadenantes y un correcto diseño de las medidas de estabilización.

De la misma manera, la complejidad de la geología presente y de las medidas diseñadas hacen necesario la presencia de técnicos especialistas a pie de obra, lo que permite la toma de decisiones a tiempo real frente a los distintos imprevistos o dificultades encontradas durante la ejecución de las obras sin incurrir en modificaciones que hagan peligrar los conceptos en los que se basa el diseño de proyecto.



Fig. 3: Vista general obra terminada.