

Drenaje y estabilización de un desmonte en Erasun (Navarra)

J. Arlabán
Gobierno de Navarra

F. Román
Internacional de Ingeniería y Estudios Técnicos, S.A. (Intecsa)

RESUMEN: En la carretera de acceso al repetidor de televisión de Iruñarri en un tramo de media ladera de pendientes acusadas, se ha estabilizado un tramo en desmonte mediante la ejecución de un drenaje superficial perimetral, de un conjunto de costillas drenantes y de un muro de gaviones. La dura climatología local, y la propia inestabilidad ocasionaron dificultades de ejecución de las obras de estabilización que hubieron de adaptarse a las condiciones existentes. A pesar de las dificultades habidas, se ha comprobado la eficacia de las obras ejecutadas.

1. INTRODUCCION

Durante las obras de ampliación del camino de acceso al repetidor de televisión de Iruñarri en Mayo de 1984 se produjo un deslizamiento en las inmediaciones de Erasun que ocasionó el corte de dicho camino.

Aunque la importancia del movimiento (unos 2.500 m³) era relativa, el hecho de estar en las proximidades de algunos caseríos y el estar situado en una zona donde ya se habían producido con anterioridad otros movimientos del terreno aconsejó la realización de un estudio de detalle del problema.

El objeto de esta comunicación es presentar las conclusiones del estudio realizado, las obras de estabilización proyectadas, las vicisitudes ocurridas durante su ejecución y las modificaciones que se tuvieron que realizar.

Estos últimos aspectos creemos necesario resaltarlos pues en muchas ocasiones las soluciones para estabilizar un deslizamiento que sobre el papel parecen sencillas y eficaces, cuando se llevan a la práctica tienen dificultades a veces insalvables que obligan a modificar los esquemas iniciales y a ir re proyectando sobre la marcha.

En este caso el proyecto y la dirección de obra fueron realizados por un mismo equipo por lo que las dificultades fueron salvándose adecuadamente llegando al mejor resultado posible.

2. DESCRIPCION DEL DESLIZAMIENTO

2.1 Descripción de la zona

Durante los últimos días del mes de Mayo de 1984 se produjeron en la zona situada entre Leiza y Santesteban, lluvias muy intensas. Coincidiendo con ellas se originaron en este área una serie de corrimientos de tierras, uno de ellos en el camino de acceso a Iruñarri.

El camino en esta zona está situado en una media ladera con una pendiente muy acusada, superior al 50%, llegando al 100% en zonas. Aunque el buzamiento y dirección de la estratificación del sustrato rocoso son favorables, el fuerte grado de alteración de la capa superior de roca, el efecto de la intensidad de las precipitaciones inmediatamente anteriores, unido a una red de diaclasas que favorecían la infiltración de agua, y a la fuerte pendiente de la zona que se encuentra en equilibrio estricto, provocaron el deslizamiento en cuestión.

En un tramo de aproximadamente 170 metros se observaron según el sentido ascendente tres zonas con distinta problemática:

Una primera zona, de unos 85 m de longitud con talud en roca muy descomprimida con juntas abiertas y rellenas de arcilla y señales de humedades y flujos de agua, donde se producían frecuentes caídas de bloques y derrubios.

Una segunda zona, de unos 35 m de longitud donde se produjo un deslizamiento del talud de tipo rotación-flujo que afectó a la masa rocosa alterada, produciéndose un escalón en la coronación del talud de casi 50 cm y una grieta de tracción ladera arriba a unos 15 metros de coronación con una profundidad visible de 70 cm y una abertura del orden de 15 cm.

Este deslizamiento rebasó el camino fluyendo barro y bloques rocosos ladera abajo.

La última zona, de 50 m de longitud donde se observaban dos deslizamientos de suelo de menor importancia que no llegaron a tapar el camino. Entre estos deslizamientos se detectaron afloramientos de roca in situ aunque alto alterados.

2.2 Características geológico-geotécnicas

Sustrato rocoso

Los materiales que constituyen el basamento rocoso en este tramo, están constituidos por alternancia de tipo flysch de margocalizas areniscas y lutitas, siendo la potencia de los estratos variable, con una media de alrededor de 0,4 m, pero con niveles menores de 0,20 m y niveles con paquetes próximos al metro de espesor, que originan grandes bloques de roca superiores a 1 m³.

Forman parte del flanco norte de un sinclinorio vergente al Sur, y se disponen localmente con dirección de las capas subparalelas al eje de la carretera y buzamiento del orden de 30° hacia el interior del macizo. La zona está enmarcada por sendas fallas de dirección NO-SE.

Las discontinuidades, se distribuyen (además de la estratificación) según tres familias principales, con las características siguientes:

- Persistencia de 6 a 20 m
- Espaciado de 0,6 a 2 m
- Abertura de 6 a 20 m/m
- Rugosidad (J.R.C.) 4 a 10
- Rellenos arcillosos
- Humedad y señales de flujo de agua

El RQD estimado es del orden de 75-100%

En los afloramientos rocosos de los taludes se apreciaba una alteración que según la D.G.D. (Descripción Geotécnica Básica), puede situarse entre grado W₂ (la meteorización penetra ligeramente en la masa rocosa a partir de las juntas) y W₃ (la meteorización se extiende a través de la masa rocosa, pero conservando suficiente resistencia o bien menos de la mitad de la masa rocosa está descompuesta en forma de

suelo, presentándose zonas de roca sana o ligeramente decolorada formando un marco continuo).

Según las características geológico-geotécnicas expuestas, la masa rocosa puede clasificarse según la clasificación de Bieniawski como una roca mala de Clase IV, con un valor de R.M.R. próximo a 40.

Con las características de las diaclasas señaladas, pudo estimarse un ángulo de rozamiento en los planos de discontinuidad, según la clasificación de Barton, entre 25° y 30°.

Suelo y zona alterada

En el tramo donde se produjo el deslizamiento principal (segunda zona descrita) se observó un recubrimiento de suelo fundamentalmente arcilloso con un espesor que podía llegar hasta los 2,5 m.

Bajo este suelo, se detectaba la roca que presentaba una alteración que podía oscilar entre grado W₄ (más de la mitad de la masa rocosa está descompuesta o desintegrada en forma de suelo, presentándose zonas de roca sana o ligeramente meteorizada formando bloques o núcleos aislados) y grado W₅ (toda la masa de la roca está descompuesta en forma de suelo reconociéndose la estructura de la roca), y un espesor que podía alcanzar los 5-6 metros, por debajo de los cuales estaría la roca con una alteración algo menor, de grado W₃.

De los ensayos efectuados en Laboratorio con muestras del material arcilloso y de un análisis hacia atrás partiendo de la inestabilidad manifiesta, se dedujeron las siguientes características geotécnicas:

Cernido por el tamiz nº 10	
ASTM	82 a 96%
Cernido por el tamiz nº 200	
ASTM	77 - 88%
Límite líquido	39 - 41
Índice de plasticidad	14 - 16
Peso específico aparente	1,88 T/m ³
Humedad	22 - 28%
Cohesión para $\beta = 20^\circ$	1,9 T/m ²
Cohesión para $\beta = 30^\circ$	1,1 T/m ²

2.3 Condiciones hidráulicas

Las condiciones hidráulicas de la zona varían considerablemente de épocas lluviosas, que son las más frecuentes, a épocas secas.

La zona tiene unas condiciones estructurales y tectónicas (al estar enmarcadas por dos grandes fracturas y con un nivel superior de areniscas permeables por fracturación) que favorecen la filtración de gran cantidad de agua hacia la zona del desmonte. En épocas de lluvia el agua circula a través de

las diaclasas y también se filtra en la propia ladera circulando por la zona de suelo. Por ello, podía considerarse el talud como totalmente saturado y estaría en las condiciones más desfavorables para la estabilidad de la ladera, con flujo de agua subhorizontal cuando ésta circula a través de las diaclasas y un flujo paralelo a la ladera cuando circula a través del suelo residual.

En épocas secas y una vez drenado el volumen principal de agua el talud estaría seco y en condiciones más favorables para su estabilidad.

3. ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD

Se consideraron tres tipos de situaciones para los que se calculó su coeficiente de seguridad a partir de las características antes descritas, además de la situación inicial claramente inestable. Las situaciones eran las siguientes:

- a) Situación inicial.
- b) Talud rebajado a 35° , sin drenaje.
- c) Talud rebajado a 35° , con drenaje perimetral.
- d) Talud rebajado a 35° con drenaje perimetral y cadenas drenantes transversales.

Los cálculos se realizaron siguiendo los gráficos de Hoek para roturas circulares teniendo en cuenta, en la última situación, la variación que sufren los parámetros, peso específico, cohesión y ángulo de rozamiento al introducir las cadenas drenantes en el talud.

En las dos primeras situaciones, el talud se consideró saturado y con flujo de agua subhorizontal o paralelo a la ladera, en las otras dos se consideró el talud como seco.

Los coeficientes de seguridad (F) obtenidos fueron:

Situación	C'	φ'	F
Inicial $\alpha = 38-47$	1,1	30	0,9
	1,9	2,0	0,9
$\alpha = 35^\circ$ t. saturado	1,1	30	0,88
	1,9	20	0,83
$\alpha = 35^\circ$ drenaje perimetral	1,1	30	1,26
	1,9	20	1,16
$\alpha = 35^\circ$ drenaje perimetral y cadenas transversales	1,3	31	1,35
	1,6	23	1,25

con lo cual puede apreciarse cómo el sistema de drenaje eleva el coeficiente de seguridad porcentajes del 40-50% sobre las situaciones saturadas.

4. SOLUCIONES PROPUESTAS

A la vista de los resultados de los cálculos de estabilidad realizados se propusieron las siguientes medidas para estabilizar el deslizamiento:

a) Drenaje en la ladera

Se consideró como la medida principal y consistió en:

- **Cuneta de guarda en coronación** para recoger la escorrentía superficial de zonas más altas de la ladera.

Se proyectó a base de piezas trapezoidales prefabricadas que convenientemente dispuestas imbricadas constituían una cuneta de cierta flexibilidad frente a posibles movimientos remanentes.

- **Zanja drenante longitudinal** por encima de toda la zona con problemas. Se trataba de una zanja de unos 0,80 m de anchura y de unos 3 m de profundidad, o menos si la roca poco meteorizada estaba más superficial, rellena de grava o piedra en rama envuelta en un geotextil y con un tubo dren en el fondo de la excavación.
- **Zanjas drenantes transversales** cuya misión, además de facilitar el drenaje era la de reforzar el talud. Su anchura mínima era de 1 m, y se proyectaron separadas entre sí 8 m.

- b) **Adopción de taludes estables** (con la ladera drenada). Para ello se dispuso la suavización y regularización de la coronación del escarpe de la zona deslizada a una pendiente de unos 35° y una repoblación forestal posterior.

- c) **Muro de contención en el pie del talud** a base de gaviones, ya que con los taludes que se precisan no podía ampliarse la excavación. Se contempló también la adopción de contrafuertes de escollera, pero la fuerte pendiente de la ladera, del orden de 40° , la pendiente del trasdós que necesitan estos contrafuertes (unos 45°), y su anchura, no hacían viable esta solución.

El muro estaba formado por gaviones rectangulares de $1 \times 1 \times 2 \text{ m}^3$, con 4 m de anchura máxima en la base y 6 m de altura máxima (6 filas de gaviones).

Este tipo de muro tiene la virtud de que facilita el drenaje de la ladera y permite algún movimiento al ser deformable.

- d) Como precaución adicional para el caso de que con las medidas adoptadas siguieran produciéndose síntomas de inestabilidad, se previó que en una fase posterior se ejecutasen drenes profundos perforados. Para evitar tener que taladrar los gaviones, se dejaron previstos unos tubos de P.V.C., por el interior de los cuales se ejecutaría la perforación de la ladera.

5. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

En primer lugar se recomendó una secuencia de realización de trabajos que consistió en:

- 1) Ejecución de la cuneta de guarda.
- 2) Zanja de drenaje perimetral superior. Si en alguna zona la pendiente fuese excesiva para el trabajo con máquina, se alargará su recorrido o bien se ejecutará manualmente.

3) Suavización del terreno en coronación desmonte.

4) Zanjas drenantes transversales.

5) Muro de gaviones.

Se recomendó asimismo evitar al máximo la remoción de la vegetación y capa vegetal en la ladera para no perder esa capa de refuerzo superficial y para producir el menor daño ambiental.

En las zanjas longitudinales si la colocación del tubo exigiera, por motivos de seguridad, o dificultara la colocación del geotextil, se recomendó la preferencia de prescindir del tubo de fondo y su sustitución por piedra gruesa.

Las zanjas longitudinales deberían empezar por las cotas inferiores progresando hacia cotas más altas, de tal forma que el drenaje durante la construcción se fuera produciendo.

Se recomendó una secuencia ordenada de ejecución de las zanjas longitudinales y del muro de gaviones, con limitaciones a longitud de obra abierta no mayor de 6-8 m en las zanjas y 2 m en el muro de gaviones.

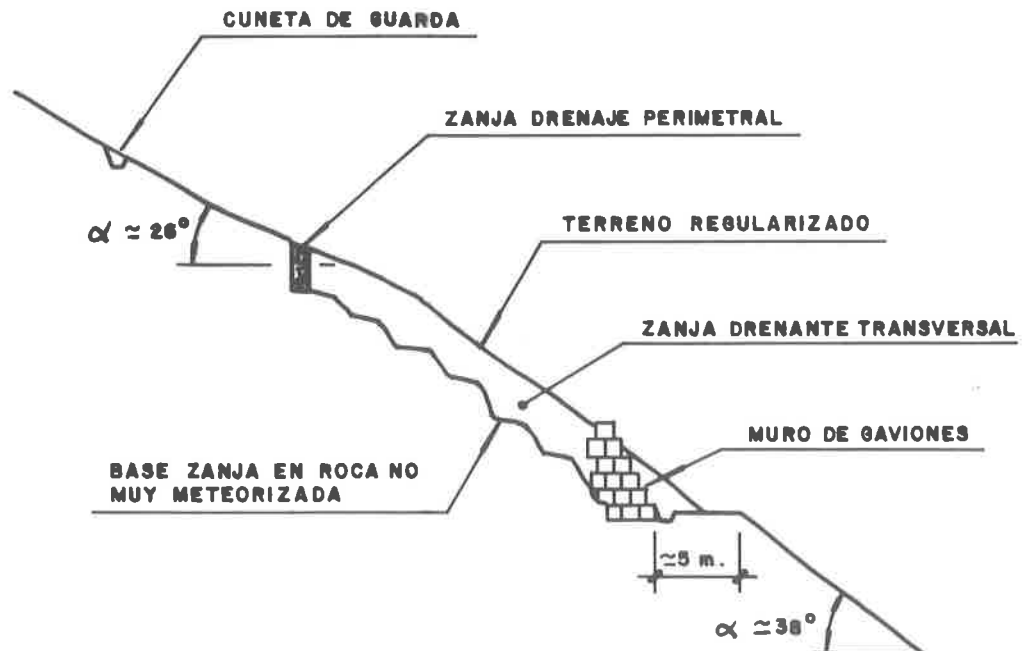
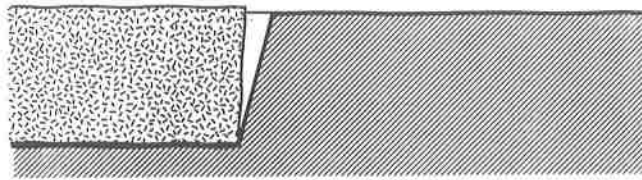
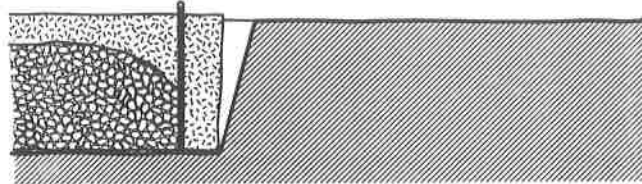


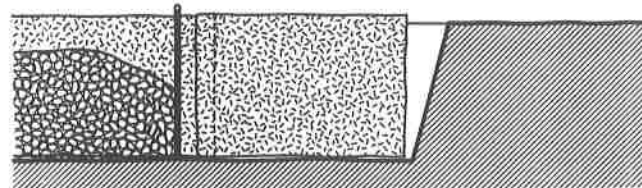
Fig. 1 PERFIL POR LA ZONA DESLIZADA



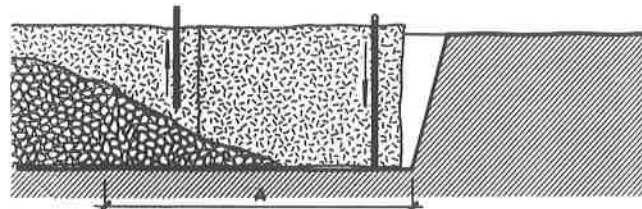
1.- EXCAVACION Y COLOCACION DE GEOTEXTIL



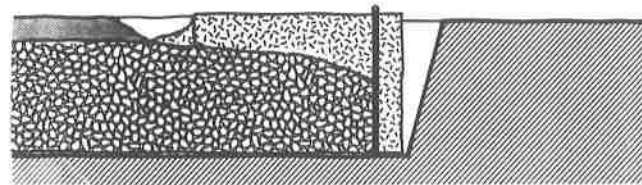
2.- COLOCACION DE TAPE Y RELLENO DE PIEDRA



3.- EXCAVACION Y COLOCACION DE GEOTEXTIL DEL BATACHE SIGUIENTE



4.- LEVANTE Y TRASLADO DE TAPE. PUEDE CONSIDERARSE COMO EL MOMENTO DE MAYOR LONGITUD DE ZANJA ABIERTA



5.- RELLENO DE PIEDRA DEL NUEVO BATACHE, DOBLADO DEL GEOTEXTIL DEL BATACHE ANTERIOR Y CUBRACION CON SUELO ARCILLOSO

Fig.-2 CONSTRUCCION DE LA ZANJA DE DRENAJE PERIMETRAL

6. CONSTRUCCION

Un problema de máxima importancia en la realización de las soluciones propuestas estaba en las condiciones meteorológicas pues Erasmun está enclavado en la zona "Húmeda" de Navarra, con lluvias y nevadas importantes entre los meses de Noviembre y Abril.

Amén de impedir "per se" la realización de las obras, la saturación del terreno hacía muy difícil la apertura de zanjas y mantenerlas abiertas hasta la colocación del geotextil y relleno de grava. Por ello los plazos de ejecución quedaban reducidos a un período de 5-6 meses al año.

Las obras comenzaron en Octubre de 1984 realizándose en primer lugar la cuneta de guarda longitudinal que fue ajustada "in situ" a la topografía y construida con medios-tubos prefabricados de $\phi = 60$ cm, con una imbricación adecuada.

La realización de la zanja longitudinal superior puso de manifiesto la inestabilidad del suelo y/o roca alterada superficial pues las paredes de la zanja no se mantenían abiertas más de unas horas y se manifestaban grietas ladera arriba. En estas condiciones hubo que prescindir del tubo dren de fondo e idear un procedimiento de la construcción como se indica en la figura 2, de tal forma que la longitud A, máxima que permanecía abierta, lo hacía durante no más de 2 horas. Este procedimiento implicaba la necesidad de tener el relleno granular

dispuesto a los lados de la zanja o en el lado opuesto al equipo de excavación, ambas cosas difíciles con la topografía existente y con la apertura de un pasillo entre el arbolado de anchura suficiente para la zanja.

La zanja longitudinal de drenaje pudo ser ejecutada en los meses de Noviembre y Diciembre de 1987 gracias a un retraso del inicio de la temporada lluviosa, si bien a finales del año se registraron ya precipitaciones de hasta 100 l/m^2 .

Entre los meses de Junio y Diciembre de 1985 se ejecutó el resto de la obra destacando la dificultad de ejecución de las zanjas transversales drenantes, dada la fuerte pendiente de la ladera, debiendo realizarse de manera prácticamente artesanal.

7. COMPORTAMIENTO

En los tres años y medio transcurridos desde la terminación de la obra el comportamiento general ha sido satisfactorio, no apreciándose grietas ladera arriba de las obras de estabilización. El muro de gaviones ha funcionado correctamente y, de hecho, se manifiestan puntos con deformaciones lo que implica que ha trabajado eficazmente. Únicamente cabe mencionar que dada la dificultad de replantar la ladera excavada antes de las lluvias, se produjo una erosión de la superficie con vertidos de "flujos de barro" por encima del muro, aunque la obra en conjunto tuvo un buen comportamiento.