

Fig. 3.—Bloque diagrama esquemático propuesto para la zona de estudio.

Fig. 3.—Schematic block diagram proposed for the studied area.

nes N 150-160 y N 180-200 que actúan como desgarres normales.

En la zona diferenciamos seis bloques en base a la disposición de las cuestas y de la red fluvial (figs. 2 y 3):

1) Un bloque con materiales ígneos (*bloque I*); 2) El macizo metamórfico de Muñico (*bloque II*), que ha sufrido una elevación y un basculamiento hacia el N-NO, como lo demuestra el encajamiento del río Almar y la disposición de las cuestas al N del mismo; 3) El bloque occidental (*bloque III*) es el más grande, alcanzando un mayor desarrollo fuera de la zona de estudio. Las características son similares en ambos casos: cuestas amplias inclinadas al NE, que indican un basculamiento con esta misma componente; 4) El bloque central (*bloque IV*) se encuentra dentro de la

fosa de Muñico limitado por dos fallas prácticamente paralelas de carácter inverso-direccional (Portero García, J. M. *et al.*, 1982). Se presenta basculado al N y muy fracturado, como lo demuestra la densidad de las cuestas y su continuación con respecto a las fracturas del basamento visible; 5) El bloque oriental (*bloque V*) muestra un basculamiento hacia el E y tiene cuestas amplias que presentan esta misma disposición; 6) El último (*bloque VI*) se localiza entre los bloques oriental y central, presentando una serie de zonas deprimidas ocupadas por lagunas. Este área posiblemente funcionó como un pequeño graben que acomodó el movimiento de los bloques cercanos.

Estas conclusiones constituyen una hipótesis sobre la evolución morfológica

de este sector del Sistema Central español. Una comprobación de lo aquí expuesto se obtendría mediante la realización de trabajos adicionales orientados al estudio de la geología del subsuelo, tales como la realización de líneas sísmicas, gravimetría, etc., llevadas a cabo en el marco de una campaña geofísica.

#### Agradecimientos

Agradecemos a los Dres. D. Javier de Pedraza, D. Miguel de las Doblas, D. Alfonso G. Ubanell y D. José Luis Hernández Enrile su apoyo, su estímulo y sus valiosos consejos a la hora de la lectura, corrección y puesta a punto de este trabajo. Esto no quiere decir que estén completamente de acuerdo con todo lo expuesto en el mismo. Este trabajo ha sido realizado gracias al proyecto PB 0544/87 de la D.G.I.C.Y.T.

#### Bibliografía

- Capote, R.; de Vicente, G. y González Casado, J. M. (1990): *Geogaceta*, 7, 20-22.
- Martín Serrano, A. (1991): *Rev. Soc. Geol. España*, 4, (3-4), 337-351.
- Pol, C.; Corrales, I.; Corrochano, A.; Carballeira, J. (1977): *VII Congreso Nacional de Sedimentología* Oviedo-León.
- Portero García, J. M.; Aguilar Tomas, M. J. (1982): *Hoja 505, Mirueña de los Infanzones*. I.G.M.E.
- Ubanell, A. G. (1977): *Boletín Geológico y Minero*, 88, pp. 508-512.
- Ubanell, A. G. (1982): *Colección Tesis Doctoral nº 160/82*, U.C.M., 217 p.

Recibido el 30 de enero de 1992  
Aceptado el 21 de febrero de 1992

## Metodología de investigación geotécnica de la inestabilidad de Ladera de Boó (Asturias)

L. Miguel Laguna Megal y J. Mulas de la Peña (\*)

(\*) ITGE. C/ Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.

#### ABSTRACT

Here is commented the research countryside applied in the geotechnical study of a slope instability in Boó, a little village in Asturias. The quick progresion of such instability, and the high doubts in the geological model at the beggiming, forced to carry out a dynamic research.

**Key words:** Slope instability, Research countryside, Boó, Asturias.

*Geogaceta*, 12 (1992), 86-89.

ISSN: 0213683X

## Introducción

En Boó (Aller, Asturias), se desarrolló durante 1991 una inestabilidad de ladera, resultando afectadas diversas viviendas por grietas de tal magnitud que hubieron de ser desalojadas. (figuras 1 y 2).

La rápida progresión de la inestabilidad y el alto grado de incertidumbre que se tenía en la definición del modelo geológico y geotécnico, obligó al diseño de una campaña de investigación y de medidas urgentes de actuación. Se citan aquí diversos aspectos relacionados con la metodología seguida en la campaña de investigación llevada a cabo.

Boó se encuentra a unos 3 km del pueblo de Moreda, en el Concejo de Aller, perteneciente al Principado de Asturias, en plena Cuenca Carbonífera Central. La litología de los alrededores del área a tratar es una alternancia de areniscas, areniscas pizarrosas y pizarras, con intercalaciones de capas de carbón de diversos



Fig. 1.—Grieta entre Los Cuarteles vista desde el lado de la huerta (situación el 31 de mayo).

Fig. 1.—View, from the side of the market garden, of the tension crack between Los Cuarteles (31 th may).



Fig. 2.—Idem foto anterior (situación el 9 de julio). El mayor desplazamiento medido fue de 160 cm.

Fig. 2.—The same view of the upper photograph on 9 th July. The greater measured displacement was 160 cm.

espesores, algunas explotables y otras no (carboneros), todo ello perteneciente al Westfaliense. En la ladera inestable y alrededores existe un coluvión de matriz limo-arcillosa con cantos angulosos de pizarras y areniscas, de milimétricos a centimétricos.

## Objetivos de la investigación

Con el objetivo de realizar un óptimo análisis de estabilidad y el diseño de medidas correctoras se pretende conocer con la mayor aproximación posible:

- Profundidad del coluvión y su heterogeneidad.
- Profundidad a la que aparece el sustrato inalterado.
- Determinar si el coluvión se dispone sobre las mismas o existe una zona de transición de sustrato alterado a otro material.
- Determinación de la profundidad de la superficie (o volumen) de material a favor de la cual se está produciendo el deslizamiento, y si ésta es única o existen varias.
- Nivel freático.
- Parámetros de resistencia de los materiales involucrados en la inestabilidad (especialmente la resistencia al corte, en las condiciones más similares a la realidad supuesta; consolidado, lento y drenado).

## Condicionantes de la investigación

Para el diseño de la campaña de investigación existían diversos condicionantes que merece la pena considerar.

- No se disponía de ningún dato de la distribución de materiales en profundidad, lo que obligó a orientar la campaña inicialmente para comprobar las hipótesis que en un principio aparecían como más probables.

Hay que hacer constar que la abundancia de la vegetación impedía la obtención de datos suficientes de la observación de la geología superficial.

En este primer modelo se suponía que la Falla F1, detectada en explotaciones mineras de interior, y difícil de reconocer en superficie, pasaba por el resalte morfológico que se aprecia en la figura; el coluvión se situaría ladera abajo de la misma, y las pizarras inalteradas del sustrato rocosos se debían encontrar ladera arriba a escasa

profundidad (< 2m.) bajo los cuarteles de Puenxio.

- Se observan indicios de que el modelo geológico se podría apartar de estas primeras consideraciones, especialmente en cuanto a la ubicación de la falla F1 (se pensó que posiblemente pasara por el eskarpe situado ladera arriba de los cuarteles de Puenxio) y al límite superior del coluvión (que podía llegar también hasta dicho eskarpe).

- La rápida evolución de la inestabilidad requería una definición del modelo geológico y geotécnico lo más rápido posible, para realizar el análisis de estabilidad y el diseño de medidas definitivas de estabilización en base a datos suficientemente fiables.

- El área inestable comprendía diversas edificaciones con las consiguientes infraestructuras, lo que condicionaba considerablemente los métodos aplicables.

- La topografía y dificultad de acceso y asentamientos era otro condicionante importante en cuanto a métodos aplicables y logística.

- Había que realizar una optimización de costes entre las diversas actuaciones (campaña de investigación, medidas de estabilización), y ajustarlo a una partida de dinero concedida para financiarlas.

- La incertidumbre de partida hacía pensar en que las replanteos podrían ser notables, por lo que el dinamismo y adaptabilidad debían caracterizar la estructuración y desarrollo de la campaña.

Se hace constancia de todo esto porque, de hecho, los aspectos prácticos, han condicionado tremendamente los planteamientos y ejecución de la campaña.

## Campaña de investigación y ensayos de laboratorio

A grandes rasgos, el diseño inicial de la campaña de investigación planteaba las siguientes realizaciones:

- Geofísica de superficie
  - Sísmica de refracción, según perfiles representados en la figura 3.
  - Prospección de resistividades: Sondeos electromagnéticos en dominio de frecuencias (SEMDF) y Perfiles electromagnéticos en dominio de frecuencias (PEMDF) (figura 3).
- Sondeos geotécnicos con extracción de testigo continuo (figura 3).

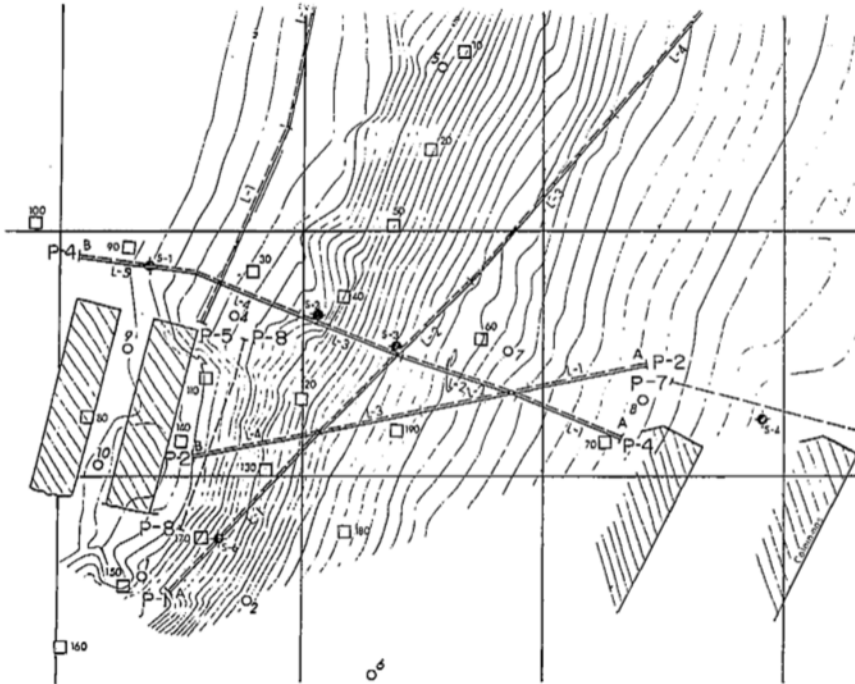


Fig. 3.—Ubicación inicial de los sondeos y perfiles sísmicos y EM.

Fig. 3.—Initial location of drills and seismic and EM crosses.

- Tomas de muestras y ensayos de laboratorio.

Los ensayos de laboratorio realizados fueron los siguientes:

- Determinación del *contenido de humedad natural*.
- Determinación de *densidad aparente y seca*.
- Determinación del *peso específico de las partículas*.
- Determinación de los *límites de Atterberg*, según Norma UNE 7006 y 7002.
- *Comprobación de la nº plasticidad* según Norma NLT-106.
- *Análisis granulométrico por tamizado* según Norma-104.
- *Análisis granulométrico por tamizado y sedimentación*.
- Ensayo de *compresión simple*, según Norma NLT-202.
- Ensayo de *corte directo remoldeado y lento* con consolidación previa.
- Estudio *mineralógico* de los materiales finos.

### Replanteos

Los datos que se iban obteniendo determinaron replanteos de la campaña por los siguientes motivos:

- Confirmación de que la falla Fl pasaba por el resalte situado ladera arriba de los Cuarteles de Puenxio.

- Confirmación de que el coluvión llegaba hasta dicho escarpe.

- Espesor del coluvión mucho mayor del esperado
- Aparición de niveles de gravas

en profundidad irregularmente distribuidos e inesperados a priori; su velocidad de propagación de las ondas sísmicas era menor que el recubrimiento arcilloso, lo que enmascaraba la detección del sustrato inalterado en dichas zonas.

- Velocidad de propagación de ondas sísmicas por el coluvión con valores más altos de lo esperado.

- Espesor de la zona de alteración del sustrato rocoso y grado de alteración del mismo, mayor del esperado.

- Contraste entre los valores de los parámetros medidos insuficientemente en numerosas ocasiones para distinguir contactos con claridad, especialmente entre gravas y sustrato alterado.

- Detección de acuífero confinado con circulación preferencial por la zona gravas-sustrato alterado con surgencia de agua a presión en la zona de pie de la ladera inestable.

Los replanteos que sufrió la campaña de investigación por los motivos citados fueron los siguientes (figura 4):

- Ejecución de 6 sondeos, en lugar de los 4 previstos inicialmente. Se recomendó la ejecución del S5 y S6.

- Alargamiento de perfiles P1 y P5, acortamiento del P4 y realización de P3 y P6.

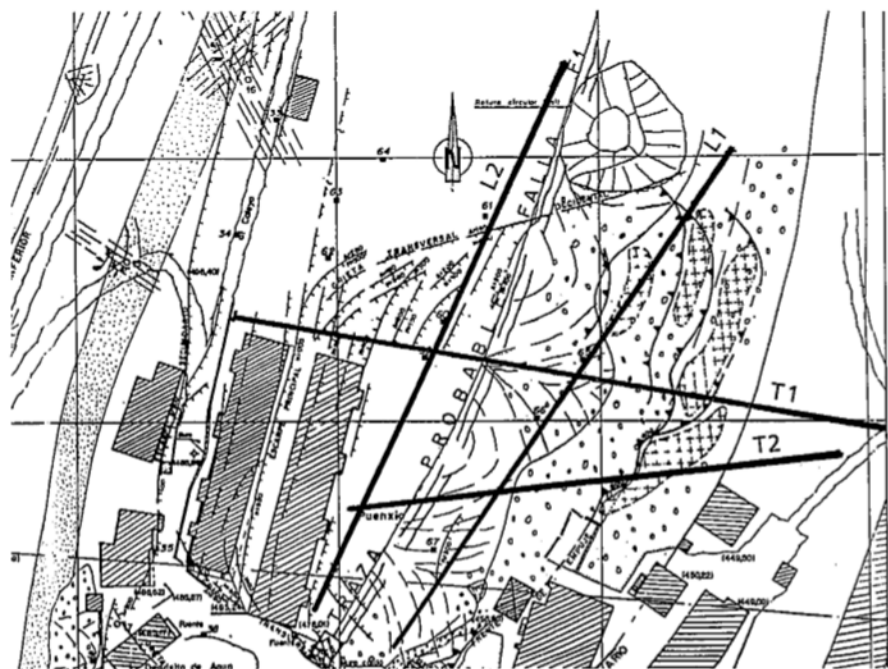


Fig. 4.—Configuración final de las diferentes actuaciones de la campaña.

Fig. 4.—Final configuration of the different actions in the countryside.

- Aumento de la profundidad de perforación en algunos sondeos respecto a la prevista.

	Prevista(m)	Realizada (m)
S1	20	20
S2	35	35
S3	20	22
S4	15	24
S5	0	32
S6	0	20

- No realización de la testificación geofísica en los sondeos. Por considerarse que la información apuntada por los sondeos mecánicos de testigo continuo era suficiente.

- Realización de Sondeos electromagnéticos en dominio de tiempo (SEDT), con el objetivo principal de detectar la profundidad del sustrato inalterado, no detectada claramente por otros medios. Se realizaron un total de 19 SEDT.

## Conclusiones

Las conclusiones se refieren a lo observado a lo largo de la ejecución de la campaña, y son las siguientes:

- Los condicionantes expuestos han incidido de manera notable en el desarrollo de la campaña. Es muy importante tener en cuenta las limitacio-

nes prácticas en el diseño y ejecución de la campaña de investigación. Se ahorran así retrasos y se optimiza la inversión.

- Ningún método de los utilizados ha sido totalmente resolutivo por sí mismo, pero en todos se produce alguna aportación suficientemente significativa como para darlo por bien empleado.

- La perspectiva con que hay que realizar la interpretación es la de correlacionar todos los datos proporcionados por los distintos métodos, tratando de definir un modelo consecuente con los mismos. Ello requiere tener en cuenta el alcance y limitaciones de cada método y considerarlas en conjunto, así como realizar un análisis profundo teniendo en cuenta pequeños detalles y matices que se pueden encontrar.

- La contribución de la investigación al conocimiento de modelo geológico y geotécnico, a falta de realizar un análisis en detalle, ha sido muy notable. El modelo que se va definiendo se aparta bastante del considerado como más probable inicialmente.

Es evidente que el diseño de medidas de estabilización, para obtener óptimos resultados requiere la consideración de un modelo lo más aproximado posible a la realidad. La adopción de medidas "a ciegas" tiene una alta probabilidad de fracaso, o en

cualquier caso, mucho más alta que si se ha realizado investigación.

Esto es especialmente importante al tratarse de una inestabilidad en zona habitada, en la que se han producido desalojos en algunas viviendas y existe riesgo de afección a otras si la inestabilidad progresa.

## Agradecimientos

Los autores de esta ponencia quieren significar la importante colaboración que han tenido las empresas; CONGEO, S. L. y I.G.T. respectivamente, en aquellos aspectos relacionados con las técnicas de sondeos y geofísicas.

## Referencias

- Ayala, F. J.; Andreu, F. J. *et al.* (1987): *Manual de taludes*. ITGE-EPTISA.
- ENADIMSA (1972): *Investigación geológica aplicada en la Cuenca Hullera Central Asturiana - Sector Aller*.
- Rodríguez, J. M.; Ramírez, P.; Ayala, F. J.; *et al.* (1991): *Documentación del Máster de Ingeniería Geológica y Ambiental*.
- Sáenz de Santa María, J. A.; Gutierrez, V. (1991): *Informe sobre deslizamiento ladera de Boó*. Grupo Aller - Turón (HUNOSA)

Recibido el 30 de enero de 1992  
Aceptado el 21 de febrero de 1992