



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS  
POR DESLIZAMIENTO DE UNA  
LADERA EN SIERRA ELVIRA, TER-  
MINO MUNICIPAL DE ALBOLOTE  
(GRANADA).

EXPEDIENTE Nº

--	--	--	--

ORGANICA Nº

PROGRAMA Nº

CONCEPTO Nº

--	--	--



Este estudio ha sido realizado por el siguiente equipo:

- D. Francisco Javier Ayala Carcedo.
  - \* Ing. Minas.
  - \* Jefe del Area de Ingenieria Geoambiental y Geotecnia del I.T.G.E.
  - \* Director del Estudio.
  
- Dña. Mercedes Ferrer Gijón.
  - \* Lcda. en CC. Geológicas.
  - I.T.G.E.
  
- D. Jesús M. Rico Romero.
  - \* Lcdo. en CC. Geológicas.
  - GEONOC, S.A.
  
- D. José A. Grao del Pueyo.
  - \* Lcdo. en CC. Geológicas.
  - GEONOC, S.A.

## INDICE

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- ANTECEDENTES.
- 3.- LOCALIZACION GEOGRAFICA.
- 4.- MARCO GEOLOGICO.
- 5.- DESCRIPCION Y ANALISIS DE LA PROBLEMATICA.
  - 5.1.- Factores implicados en el deslizamiento.
    - 5.1.1.- Características del material deslizado.
    - 5.1.2.- Topografía.
    - 5.1.3.- Hidrología.
    - 5.1.4.- Socavación basal.
    - 5.1.5.- Disposición estructural.
  - 5.2.- Análisis del fenómeno.
    - 5.2.1.- Morfología del deslizamiento.
    - 5.2.2.- Tipo y modelo de rotura.

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.- MEDIDAS CORRECTORAS.

8.- BIBLIOGRAFIA.

#### ANEXOS

I FOTOGRAFIAS.

II ANALISIS DE LABORATORIO.

III PLANOS Y PERFILES.

IV PRESUPUESTO ESTIMATIVO.

## 1.- INTRODUCCION.

El presente estudio realizado por el I.T.G.E. (Instituto Tecnológico y Geominero de España) en colaboración con GEONOC,S.A., por encargo del Excmo. Ayuntamiento de Albolote (Granada), recoge uno de los problemas más frecuentes en materia de Riesgos Geológicos que se producen en la provincia de Granada: los deslizamientos de laderas.

En este caso, el fenómeno se localiza en la parte Oeste del cerro Atalaya, en Sierra Elvira (término municipal de Albolote), donde se ha producido un deslizamiento afectando a parte de la ladera y poniendo en movimiento un volumen considerable de material margo-calizo que fluye, principalmente, después de grandes lluvias.

Habiendo realizado los estudios oportunos y conociendo la magnitud y características del material puesto en movimiento, se dan al final una serie de recomendaciones para evitar que se siga produciendo este potencial peligro.

## 2.- ANTECEDENTES.

Los fenómenos de deslizamientos de laderas constituyen un riesgo en el momento en que estos pueden afectar a áreas pobladas o vías de comunicación.

En el caso del presente estudio, el deslizamiento afecta a una vía de acceso al repetidor de RTVE de la zona, situado en la parte oriental de una pequeña elevación montañosa (cerro Atalaya), encontrándose localizado junto a una cantera actualmente en explotación.

El camino de acceso al repetidor separa la zona ya explotada de la que se explota en la actualidad.

Para la reciente construcción del Embalse del Cubillas, a los pies de la falda N. de la Sierra Elvira, se utilizaron áridos provenientes de terrenos municipales de Albolote que existen en dicha Sierra.

En un principio, estos áridos eran extraídos en la parte superior del camino, socavando así la base de la ladera donde actualmente existe el deslizamiento. Al descalzar dicha ladera, y facilitado por la lluvias, se empezó a producir un agrietamiento de forma circular en la parte superior de la ladera, por encima de la zona explotada, dibujando lo que hoy

constituye la cabecera del deslizamiento, (1.974, aproximadamente).

El avance progresivo de un gran volumen de material rocoso hacia el camino hizo que se paralizaran las obras de extracción en esta zona ante el peligro que esto suponía (1980). Como solución inmediata se determinó continuar la extracción de áridos al otro lado del camino.

Hasta finales de 1988 no hubo ningún tipo de movimiento, siendo en Febrero de 1989 cuando se detectó el último movimiento repentino de masa que provocó la alarma en el Ayuntamiento de Albolote.

En la actualidad, no existe movimiento aparente desde dicho mes, pero este puede ser inminente tras un período de lluvias que plastifique y lubrique el material sobre el que desliza la masa rocosa.

### 3.- LOCALIZACION GEOGRAFICA.

La zona de estudio se situa en el centro de la Hoja 1009 de Granada, Escala 1:50.000, editada por el Servicio Geográfico del Ejercito en 1971, con coordenadas Geográficas 3941'10'', 37214'50''.

El acceso puede realizarse por una pista forestal desde el K.418,800 de la carretera N-323 de Bailén a Motril o por la misma pista desde la localidad de Albolote, situada a unos 5 Km. al NW. de Granada, a 2 Km. de esa misma Carretera Nacional.

Geográficamente, Sierra Elvira constituye una elevación de dirección E-W cuya mayor altura la representa el pico Elvira de 1.102 m. Toda ella se rodea de las bajas llanuras del valle en artesa del rio Genil (550 m.) al sur y de los valles de los rios y acequias que en dirección N-S desembocan en el rio principal de la zona.

Sierra Elvira resulta ser, pues, un promontorio aislado de casi 600 m. de altura en la estribaciones de Sierra Nevada, dentro del conjunto de las Cordilleras Béticas.

El relieve esta configurado por elevaciones más o menos puntiagudas de pendientes constantes o con fuertes cortados, dependiendo de la disposición estratigráfica o estructural del conjunto.

La altitud media de la zona, bastante elevada, hace que goce de un clima caluroso, aunque no tanto como en otras zonas andaluzas, y con precipitaciones también superiores debido a la proximidad de las altas cumbres de Sierra Nevada. En general, los veranos son calurosos y los inviernos fríos.

La vegetación esta constituida por matorral, arbustos, encinas y pinos de repoblación en las zonas elevadas, mientras que en la zona de vega o de llanura media son cultivos variados u olivos respectivamente.

Aunque actualmente existe extracción de áridos para construcción en el Cerro Atalaya (886 m.), en cuya falda se encuentra el deslizamiento, existen vestigios de una tradición en cantería, con extracción de bloques calizos tallados "in situ" destinados a la industria aceitera como muelas de almazara, o como piedra ornamental o de construcción principalmente.

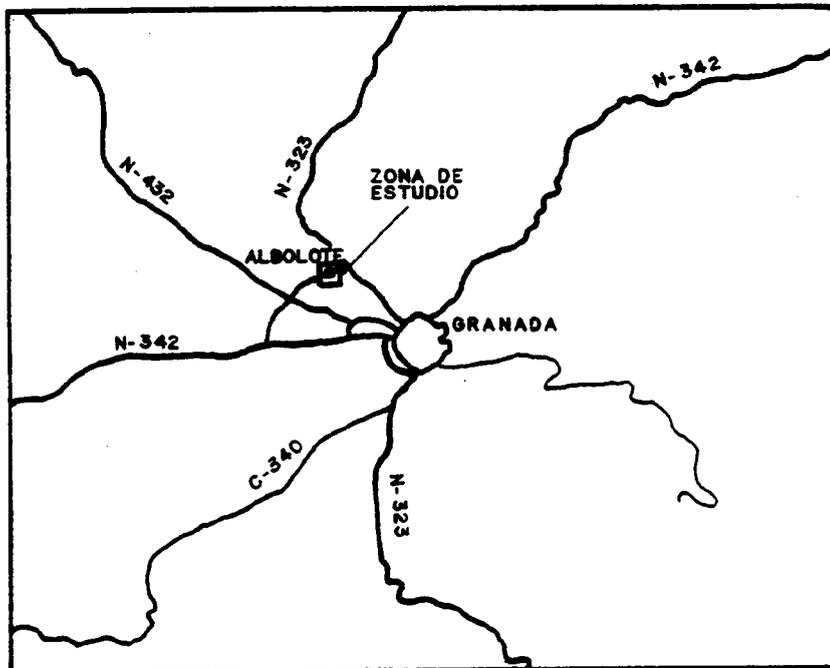


FIGURA nº 1.-

# LOCALIZACION GEOGRAFICA

#### 4.- MARCO GEOLOGICO.

Esta hoja (1009) se encuentra sobre el área de contacto de las zonas Internas y Externas de la Cordillera Bética, en gran parte oculta por materiales neógenos de la Depresión de Granada.

Las cordilleras Béticas representan el extremo occidental del conjunto de cadenas alpinas europeas. Se trata, conjuntamente con la parte Norte de la zona africana, de una región inestable afectada durante parte del Mesozoico y durante gran parte del Terciario de fenómenos tectónicos mayores, y situada entre los grandes cratones europeo y africano.

Tradicionalmente se distinguen las "Zonas Internas" (Zona Circumbética y zona Bética) y las "Zonas Externas" (Zona Prebética y Zona Subbética), con una distribución geográfica de Norte a Sur desde la Meseta: Prebética, Subbética, Circumbética y Bética.

Los materiales que afloran en la zona de estudio corresponden al Subbético Medio Meridional, entre los que destacan:

\* Dolomias grisáceas pobremente estratificadas, generalmente brechificadas o con laminaciones algal, con dolomitización de tipo singenético tardío. Su edad es Lias Inferior, aunque la datación no se ha realizado mediante fauna.

\* Margocalizas, Margas y Calizas nodulosas con dos tramos: el tramo inferior corresponde a unas margas y margocalizas grises con intercalaciones de calizas con sílex y de crinoides, margocalizas brechoides, calizas nódulosas y calizas arenosas, de edad Domeriense medio y superior. El Toarciense se muestra más continuo correspondiendo a margas y margocalizas amarillentas con nódulos de sílex hacia techo. El tramo superior esta constituido por calizas beige-amarillentas con sílex. La edad es Lias superior.

\* Margocalizas Silíceas y Radiolaritas, encima de las anteriores con fractura astillosa y tonos verdosos, con un tramo inferior más margoso y otro superior más carbonatado. Por comparación con otras series del Subbético y por la posición estratigráfica que ocupa, se puede atribuir al Dogger.

\* Calizas y calizas margosas con sílex, en ocasiones de carácter turbidítico, con lechos o nódulos de sílex de tonos grises. En los niveles turbidíticos se observan laminaciones paralelas. Al haberse reconocido tintínidos, tanto en los fragmentos como en la matriz de la roca, este tramo se incluye en el Tithónico superior.

Tectónicamente, Sierra Elvira queda perfectamente delimitada por dos familias de fracturas algunas con salto importante incluso en épocas recientes. La serie estratigráfica descrita que aparece en la zona de estudio presenta una dirección E-W con un ligero buzamiento (25-30°) hacia el N-NW.

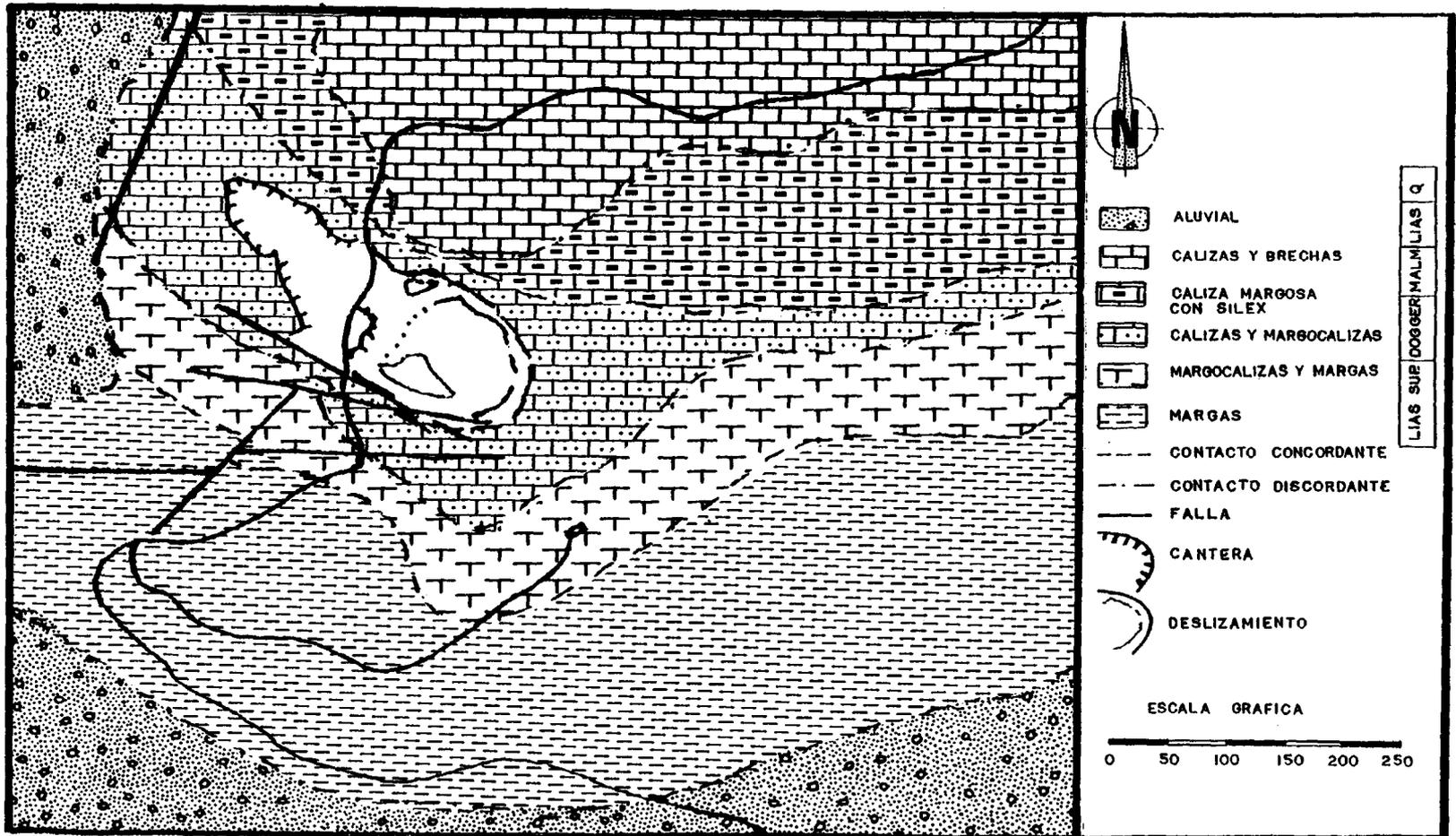
La disposición estructural de los materiales así como su naturaleza caliza, son dos condicionantes del relieve que presenta dicha sierra.

Los fenómenos de deslizamiento van ligados al sistema de dinámica de vertientes, destacando los deslizamientos y los desprendimientos de grandes bloques. Entre los primeros se encuentra el deslizamiento de Sierra Elvira objeto de este estudio, ligado a materiales margosos. Originan morfologías convexas y lobuladas en la zona basales y cóncavas en las áreas topográficamente más altas, correspondientes al área fuente del material deslizado.

La elevada sismicidad de la zona, aumenta si cabe más, el riesgo potencial de movimiento en masa o de desprendimientos en estas áreas.

FIGURA nº 2.-

# MAPA GEOLOGICO



## 5. DESCRIPCION Y ANALISIS DE LA PROBLEMATICA

### 5.1. Factores implicados en el deslizamiento.

Son numerosos y algunos difíciles de calcular por lo que no son tenidos en cuenta. Algunos de los más importantes son los que a continuación se describen.

5.1.1. El material. Las litologías afectadas directamente por el deslizamiento son calizas y calizas margosas grises, con tonos negruzcos, con gran contenido en margas de color blanquecino y aspecto polvoriento finamente intercalada. Se presenta intensamente fracturado por lo que se disgrega fácilmente dando una fracción próxima a la gravilla, (ver ensayos de laboratorio en el Anexo II).

En la parte media del deslizamiento se localizan grandes bloques de caliza margosa descansando y "flotando" sobre este material más margoso que fluye. En la parte superior y derecha del deslizamiento (cabecera y flanco S respectivamente) se encuentran igualmente grandes bloques de caliza margosa amarillenta disgregados por el agrietamiento y con un aspecto caótico.

5.1.2. La topografía. La pendiente de la ladera afectada es suave (10º) y orientada hacia el WNW., coincidiendo con una pequeña vaguada de escorrentía, ahora más acusada por el deslizamiento. Por encima se encuentra un pequeño cerro (884m.) y el Collado de los Pinos, por lo que la cuenca de recepción de este pequeño torrente es mínima, siendo el desnivel entre las zonas mas altas y la base del deslizamiento (camino) inferior a 75 m.

Algunos datos topográficos de la ladera afectada son los que a continuación se muestran:

- Longitud total (hasta el camino): 300 mts.
- Desnivel total (hasta el camino): 70 mts.
- Extensión : 90.000 m<sup>2</sup>
- Pendiente media: 14º

5.1.3. La hidrología y características drenantes del terreno influyen decisivamente en el movimiento del material, puesto que afectan a las características y propiedades del mismo. Algunos datos climáticos de esta zona son: Temperatura media anual: 16ºC; Precipitación media mensual: 450 mm.; Precipitación Máxima anual: 183mm.; Numero medio de días de lluvia al año: 90 (\*). Estos datos pueden verse modificados

---

(\*) Datos extraídos de la Guía Resumida del Clima en España. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, 1982.

dadas las características cambiantes de nuestro clima, sobre todo en estos últimos años, pero en término medio se consideran los expuestos como válidos. (Ver datos climáticos de la estación más próxima en Anexo II).

El terreno es especialmente drenante en aquellas zonas calizas más carstificadas y fracturadas situadas en la parte superior derecha de la ladera y menos en aquellas zonas donde el componente arcilloso es mayor. La grieta de cabecera del deslizamiento y las laterales producidas por los primeros desplazamientos de material constituyen inmejorables vías de acceso del agua de lluvia hacia el subsuelo y hacia la superficie de deslizamiento.

No obstante, la cuenca de recepción es pequeña y ofrece pocos aportes al deslizamiento.

No se conoce la existencia de nivel freático próximo a la superficie y hay ausencia total de fuentes o surgencias en la parte basal del deslizamiento.

5.1.4. La socavación basal de la ladera debida a la explotación de la cantera municipal existente dió lugar al descalce del material situado por encima, favoreciendo el movimiento del mismo al liberar de peso su zona basal y provocar una inestabilidad. El embudo que constituye la parte basal del pequeño valle, ha hecho que el movimiento quede frenado actualmente a escasos metros del camino, pudiendo llegar en próximas fases a sobrepasarlo y continuar deslizando.

El movimiento del material que fluye queda perfectamente reflejado en las grietas de tracción que se localizan distribuidas en varias direcciones principales, lo que denota el movimiento se genera en varios frentes a la vez, adoptando, el movimiento general, la componente resultante (ver fotografías en Anexo I).

5.1.5. La disposición estructural de los materiales es un condicionante que influye en que toda esta masa haya deslizado a lo largo de la ladera. Todos los materiales presentan un buzamiento suave pero con dirección

prácticamente paralela a la de la topografía, lo que hace que el material tenga facilidades para deslizar a favor de los planos de estratificación.

## 5.2. Análisis del fenómeno

### 5.2.1. Morfología del deslizamiento

El fenómeno en cuestión presenta una rotura de forma circular en cabecera, en la parte alta de la ladera, estrechándose algo hacia la base o socavación inicial. A "priori" responde perfectamente a la geometría de un deslizamiento "en cuchara".

En él, se aprecian con claridad algunas grietas de cabecera y laterales que denotan la rotura, y un escarpe principal disectado por algunos escarpes más pequeños. Se pueden observar también algunas grietas subparalelas al escarpe principal que pueden dar lugar a escarpes secundarios en sucesivas fases del deslizamiento.

Las dimensiones del deslizamiento son aproximadamente:

- \* Longitud máxima (hasta el camino): 140 mts.
- \* Anchura máxima: 100 mts.
- \* Profundidad máxima de la superficie de rotura (observable):  
8 mts.
- \* Longitud del escarpe: 100 mts.
- \* Profundidad escarpe: 4 mts.
- \* Superficie : 7.850 m<sup>2</sup>.
- \* Tipo de rotura: mixta (circular y planar).
- \* Volúmen aproximado de material: 70.000 m<sup>3</sup>.
- \* Velocidad actual de movimiento: nula.

Circunscribiendo el cuerpo central del deslizamiento en un círculo, éste tendrá un radio aproximado de 50 m.

Atendiendo a la topografía inicial de la ladera y a la disposición estructural de las capas que deslizan, se aprecia una asimetría del movimiento del material respecto al plano morfológico del deslizamiento (E-W).

El buzamiento de las capas, aproximadamente paralelas a la pendiente topográfica, condiciona que estas deslicen con una dirección SE-NW. Esto responde a que en la parte N del deslizamiento el material tiene que romper perpendicularmente a la superficie de estratificación soportando el empuje de las

capas que buzan de la parte sur, con lo que ésta rotura es más difícil que se produzca. Sin embargo, en la parte Sur del deslizamiento, las capas deslizan, facilitado este deslizamiento por la tracción de innumerables diaclasas, alteración superficial y fallas de desgarre preexistentes. El resultado final es un movimiento cuya componente es la resultante entre el movimiento de la cabecera y el del flanco S del deslizamiento, es decir, el indicado al principio del párrafo (SE-NW).

Es en la cabecera y en el flanco superior derecho donde pueden apreciarse las grietas más profundas (hasta 8 mts.) que delimitan bloques margo-calizos de gran tamaño.

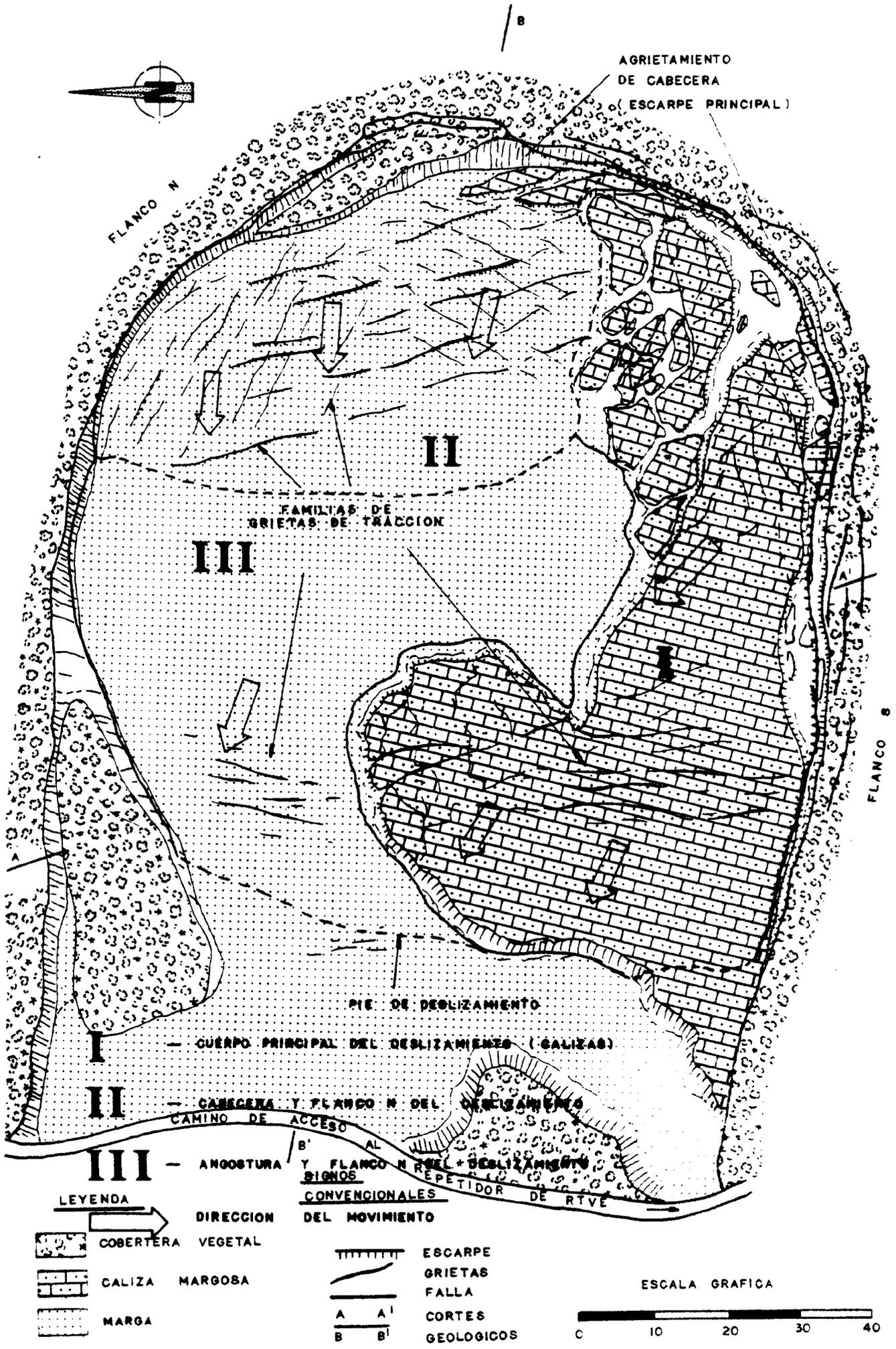


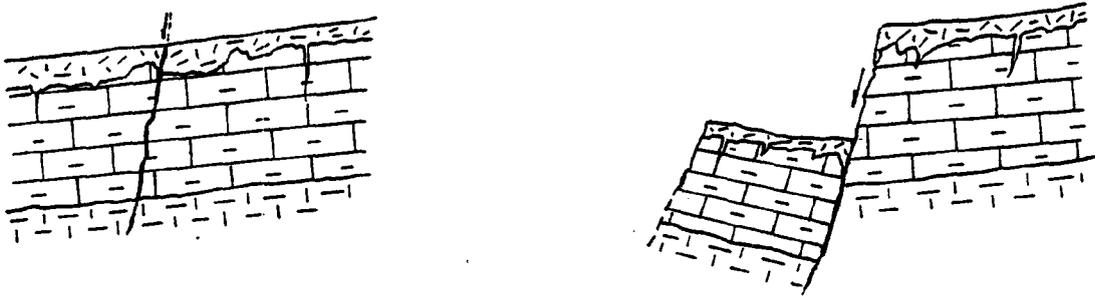
FIGURA nº 3.- Esquema en planta del deslizamiento.

5.2.2. Tipo y modelo de rotura.

De acuerdo con lo expuesto en capítulos anteriores sobre la morfología, disposición estructural de los materiales y topografía existente en el deslizamiento, es difícil asimilar el movimiento de material a un mecanismo de deslizamiento rotacional puro, si bien la forma de las grietas de cabecera dibujan perfectamente la forma de cuchara de un deslizamiento de este tipo.

Es, pues, más lógico pensar, dadas las características implicadas en el deslizamiento, que exista un mecanismo combinado entre un deslizamiento traslacional en los flancos y superficie de rotura con componente rotacional en cabecera.

Atendiendo a la forma del agrietamiento en cabecera y familias de grietas asociadas, vemos que en todo el frente del escarpe estas van perdiendo verticalidad a medida que se introducen en el terreno, aunque esta particularidad sólo será claramente apreciable en profundidad.



LEYENDA



SUELO VEGETAL



CALIZA MARGOSA



MARGAS

FIGURA n<sup>o</sup> 4.- Tipo de rotura en cabecera.

Se observa que en el flanco Sur se han generado grietas de gran anchura (hasta 6 mts.) y profundidad (8 mts. vistos) que han disectado el material sin hacerle perder su buzamiento original. Esto demuestra que, por lo menos, en este flanco el movimiento no ha sido rotacional, ya que si así hubiese sido se hubiese modificado el buzamiento en el lado desprendido y no ocurre ésto, conservándose muy parecido al original.

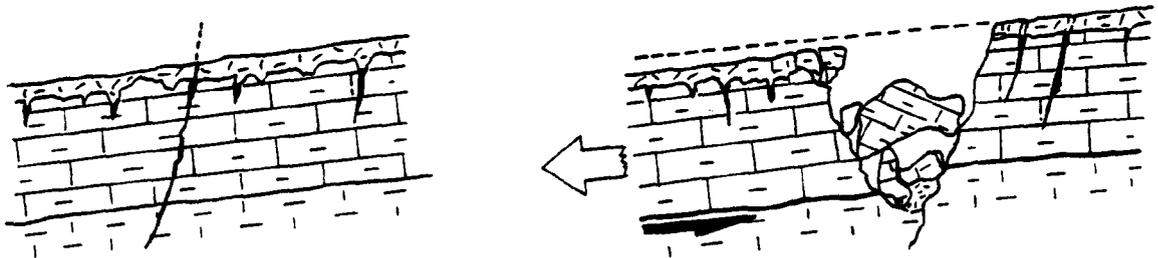


FIGURA n<sup>o</sup> 5.- Tipo de rotura en el flanco S.

En general, la rotura puede asimilarse a un modelo de deslizamiento traslacional, en el que la rotura ocurre en planos de debilidad con dirección más o menos parecida a la que presenta la cara de dicho talud. La superficie de discontinuidad estructural (separación de materiales de diferente competencia) sirve de plano de rotura en este tipo de movimiento, que suelen ser poco profundos en relación a la longitud total del deslizamiento.

El deslizamiento en bloques rocosos está controlado por superficies de discontinuidad, ya sea estratificación, que actúa como nivel de despegue al quedar con baja cohesión, o de fractura o diaclasa, que individualiza y libera de la masa principal pequeños y grandes bloques que quedan "flotando" a expensas de la gravedad.

# CORTES GEOLOGICOS

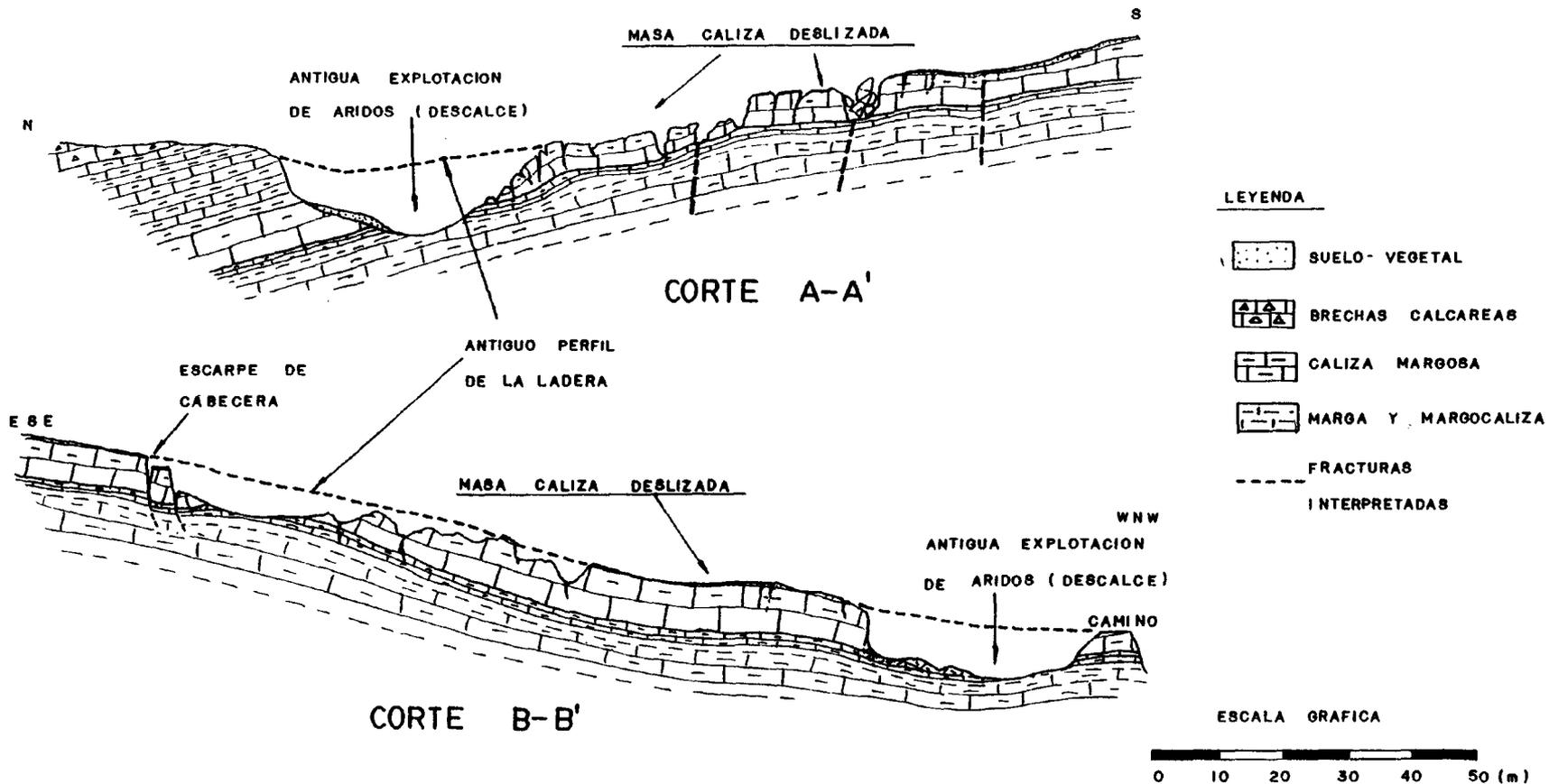


FIGURA nº 6.- Cortes geológicos del deslizamiento.

## 6. CONCLUSIONES.

De todo lo expuesto anteriormente se deduce que en lo referente a la estabilidad del deslizamiento, aunque este permanece en la actualidad estático desde principios de 1989, puede sufrir desplazamientos inminentes en los casos siguientes:

\* Si se producen grandes lluvias que den lugar a una disminución de las propiedades resistentes del material y a un aumento de presiones intersticiales en la superficie de contacto entre calizas y margas.

\* Si se carga de material la cabecera del deslizamiento o, por el contrario, si se descarga del pie y se sigue aumentando el hueco del descalce mediante excavación.

Hay que tener en cuenta que el deslizamiento no se hubiese producido en condiciones naturales con una pendiente de ladera menor que el buzamiento de las capas, pero que esta pendiente se ha aumentado como consecuencia de las explotaciones de áridos, con lo que se han creado unas condiciones geométricas favorables al deslizamiento.

Por estas razones sería muy poco recomendable continuar las explotaciones en la antigua cantera por lo que

el peligro que entraña para nuevos desprendimientos y deslizamientos.

Se dan por ello en el siguiente capítulo, una serie de medidas correctoras que han de seguirse para estabilizar la ladera afectada y frenar el deslizamiento ya existente.

## 7. MEDIDAS CORRECTORAS.

Uno de los problemas fundamentales es la posible presencia de agua que afectase a la zona movida.

La naturaleza del terreno implicado en el deslizamiento de la ladera (calizo principalmente) y su estado de alteración (carstificación superficial y fracturación) no hacen recomendable efectuar una zanja perimetral de drenaje de cabecera y flancos puesto que el área de recepción actuaría como una esponja que filtraría el agua hacia la superficie de rotura.

En cierto modo parte de la cabecera y flanco S agrietados funcionan en la actualidad como una gran zanja drenante pero, introduciendo parte del agua en la superficie de deslizamiento.

La medida de estabilización que se ha considerado como más efectiva consiste en estabilizar el deslizamiento realizando un movimiento de tierras siguiendo las pautas que a continuación se enumeran:

1º. Descabezamiento o eliminación de material de la parte superior (cabecera y flanco S) de la masa deslizante. Es en estas zonas donde el peso del material contribuye más al

deslizamiento y menos a la resistencia al mismo. Además, este material se podría emplear para su emplazamiento en la parte inferior.

Así, habría que retirar la mayor cantidad de bloques y tierra de la zona superior movida.

29. Colocación de un tacón de tierra y escollera en el pie del deslizamiento empleando parte del material calizo en bloques que se han eliminado de la parte superior. De esta forma se produce un abaratamiento de los costes al no tener que transportar el material de otros lugares.

El peso del tacón colocado en el pie del deslizamiento se traduce en un aumento de las tensiones normales en la parte baja de la superficie de deslizamiento, a la vez que se opone al movimiento de toda la masa deslizada actuando como tope o freno.

Es importante que la base del relleno sea drenante para que el efecto estabilizador no se vea disminuido. En este caso el material drenante estaría constituido por gravas limpias o gravillas de las que allí mismo se extraen liberadas mediante lavado o tamiz del componente arcilloso.

El tacón de escollera, además de tener un gran rozamiento interno y estabilidad, garantiza el efecto drenante necesario.

En esta operación es necesario acondicionar el terreno en el que va a ser colocado el tacón, para lo cual hay que limpiar el hueco ya existente de material fino y bloques, principalmente en todo el frente de avance de la masa rocosa. A continuación hay que extender la capa drenante desde el pie del talud hacia el camino, con un espesor medio próximo a 1 m. y mayor en alguno de los huecos existentes de más baja cota, con el fin de uniformizar la base de apoyo del tacón.

Debe asegurarse la evacuación del agua en esta zona que actualmente queda retenida en la parte inferior del deslizamiento; el sistema drenante ha de realizarse desde la misma base del deslizamiento hacia el camino, atravesando este por su cota más baja, tal como ya existía antiguamente (alcantarilla colgada), y evitar así que el agua quede retenida en el hueco.

Sería conveniente, pues, canalizar el agua de las filtraciones hacia un colector general que atravesase dicho camino. Para ello, a lo largo del pie del deslizamiento habrá que colocar un tubo drenante que recoja las filtraciones y las conduzca al citado colector (ver figura 7, superponible a).

Sobre el sistema de drenaje de pie hay que colocar, a continuación, el tacón de escollera de bloques que serán debidamente colocados y trabados siguiendo una pendiente parecida a la existente en la ladera deslizada (ver figura 7, superponible b).

Simultáneamente, puede realizarse una suavización de la parte media y superior del deslizamiento con objeto uniformizar el relieve y evitar zonas de incisión que canalicen preferencialmente las precipitaciones. Esto tendría un doble efecto: el igualar la pendiente ahora deteriorada y el de acondicionar la ladera para una futura reforestación y restauración del paisaje (ver fotografías 1 y 2, Anexo I).

El coste total aproximado de las obras se adjunta desglosado en el Anexo IV.

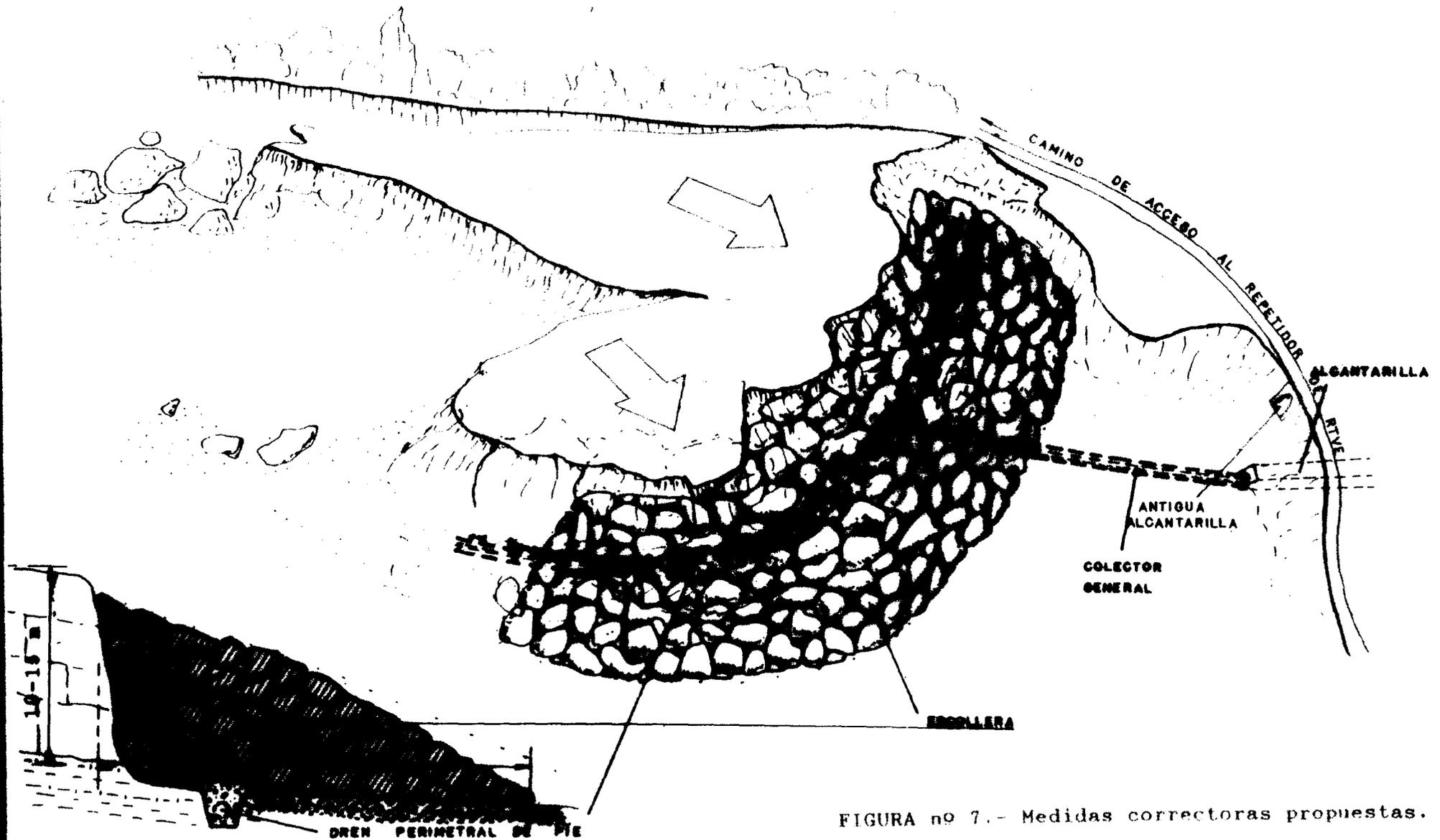


FIGURA nº 7.- Medidas correctoras propuestas.

D. Francisco J. Ayala Carcedo  
Jefe del Area de Ingeniería  
GeoAmbiental. I.T.G.E.

D. Jesús Miguel Rico Romero  
Lcdo. en CC. Geológicas.  
(Zaragoza)



## B I B L I O G R A F I A

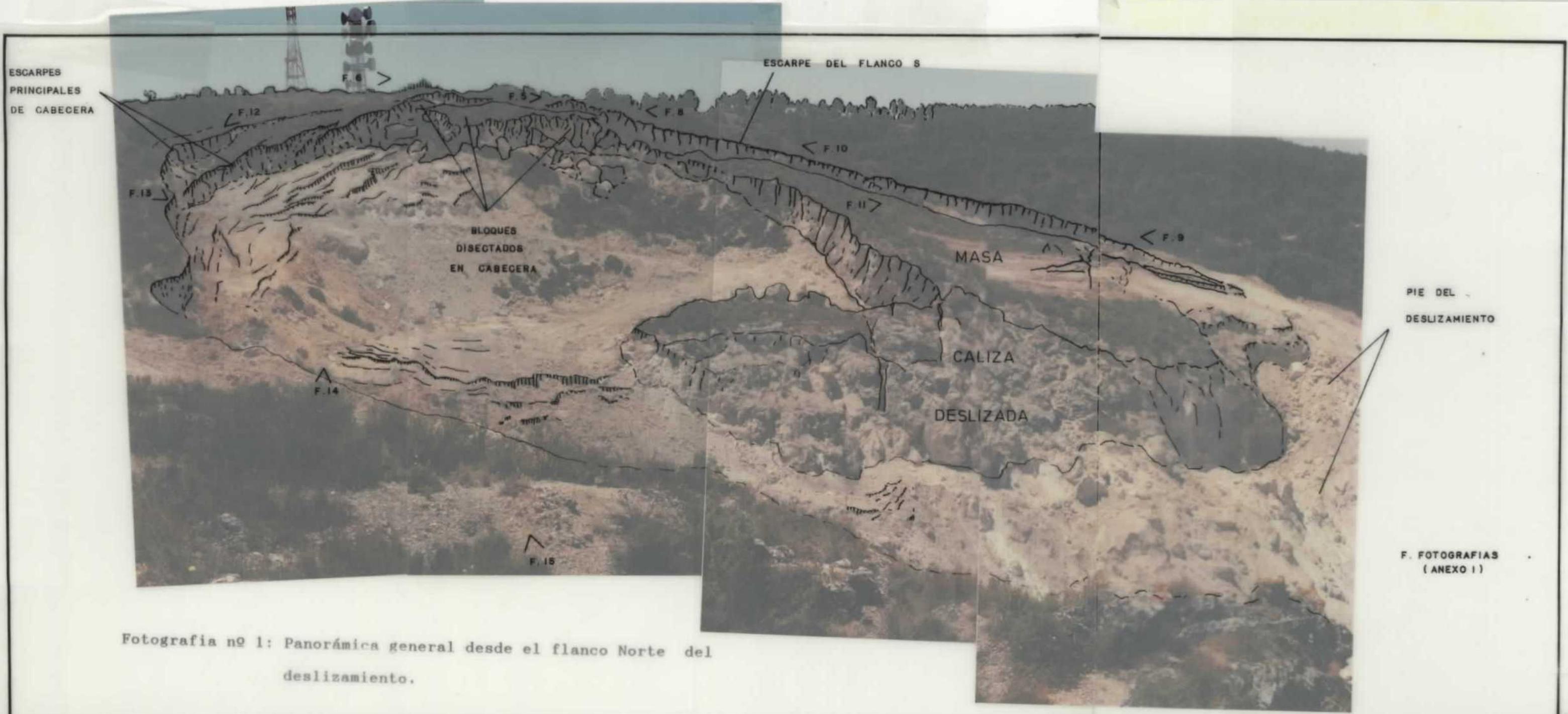
- \* BIENIAWSKI, Z.T. (1979): "The Geomechanics Clasification in rock engineering aplicaciones". IV Int. Cong. of Rock Mechanics.
- \* CEDEX (1985): "Curso sobre estabilidad de taludes". Madrid.
- \* FERNANDEZ HERNAN, O. (1982): "Experiencia colombiana en estabilidad de taludes", en Boletín de la Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones nº 59. Madrid.
- \* FUNDACION GOMEZ PARDO: "El impacto ambiental y la restaruación de terrenos de la minería a cielo abierto". E.T.S. Ingenieros de Minas. Madrid.
- \* GARCIA RODRIGUEZ, JJ. et al. (1985): "Guía para la restauración del Medio Natural afectado por la explotación de canteras". I.G.M.E. Madrid.
- \* II SIMPOSIO SOBRE TALUDES Y LADERAS INESTABLES (1988). Volúmen de Comunicaciones. Andorra la Vella.
- \* INSTITUTO GEOLOGICO Y MIENRO DE ESPAÑA (1986): "Manual de taludes". Serie Geotecnia. I.G.M.E. Madrid.

- \* INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1988): "Mapa Geológico de España", E 1:500.000. Hoja 1.009, Granada. I.G.M.E. Madrid.
  
- \* INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1988): "Riesgos Geológicos". Serie Geología Ambiental. I.G.M.E. Madrid.
  
- \* INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (1982): "Guía resumida del Clima en España". Servicio de Climatología. I.N.M. Madrid.
  
- \* JIMENEZ SALAS, J.A. et al. (1975): "Geotecnia y Cimientos". Ed. Rueda. Madrid.

ANEXOS

- I FOTOGRAFIAS.
- II ANALISIS DE LABORATORIO.
- III PLANOS Y PERFILES.
- IV PRESUPUESTO ESTIMATIVO.

**ANEXO I: FOTOGRAFIAS**

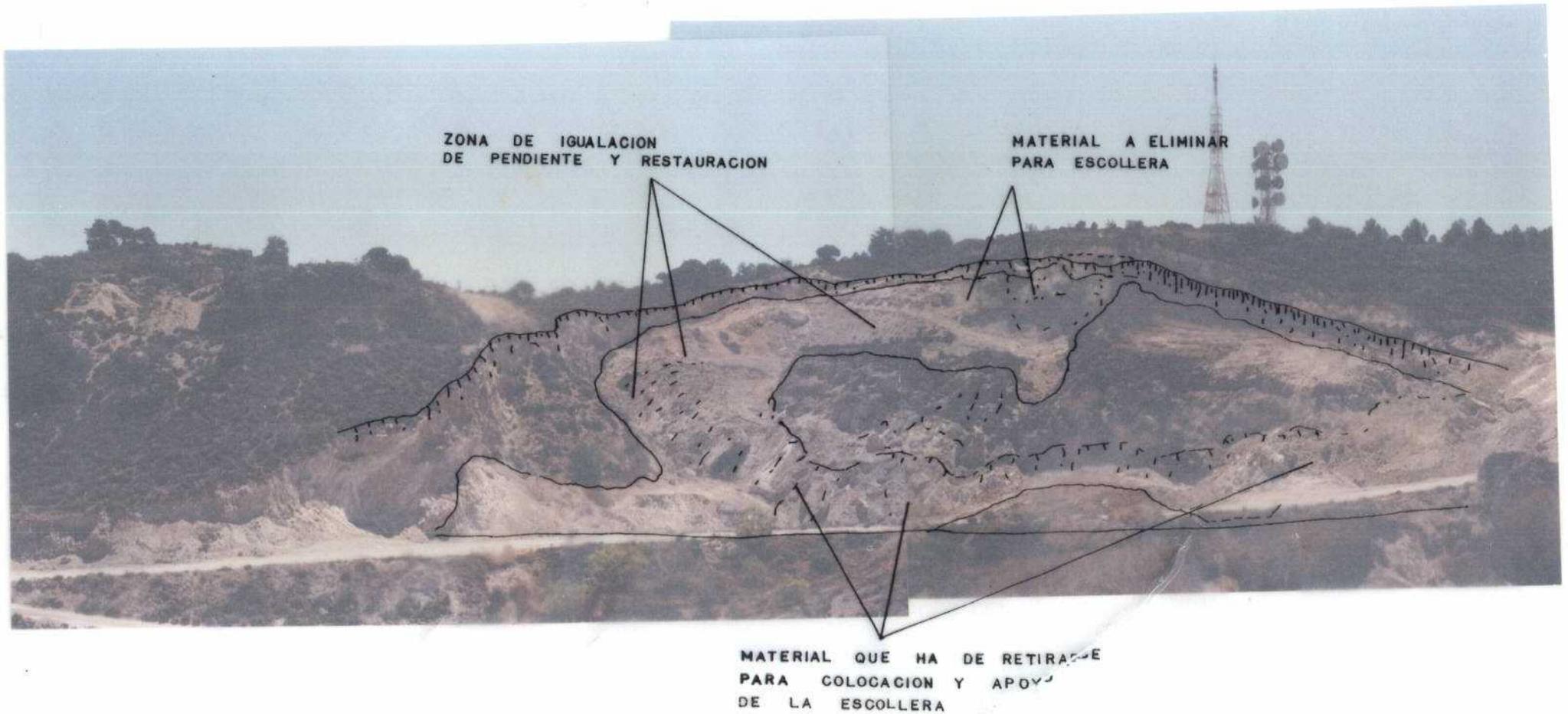


Fotografía nº 1: Panorámica general desde el flanco Norte del deslizamiento.

F. FOTOGRAFIAS (ANEXO I)



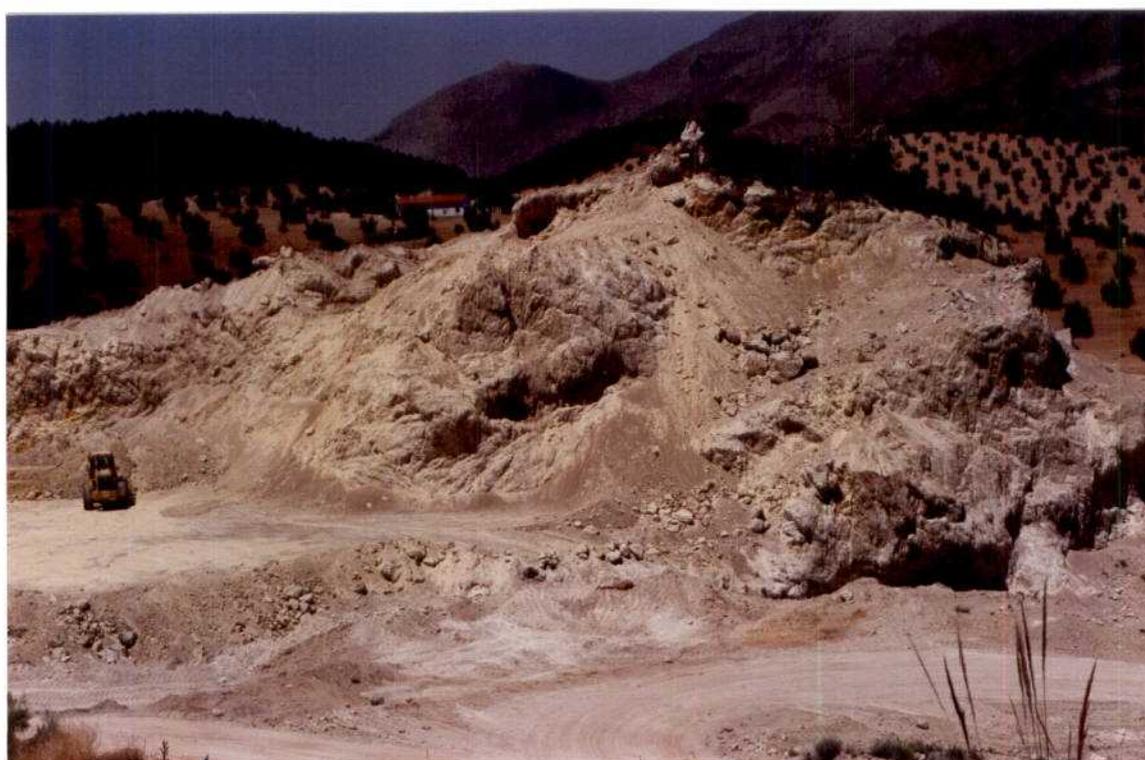
Fotografía nº 2: Panorámica general (frontal) del deslizamiento.



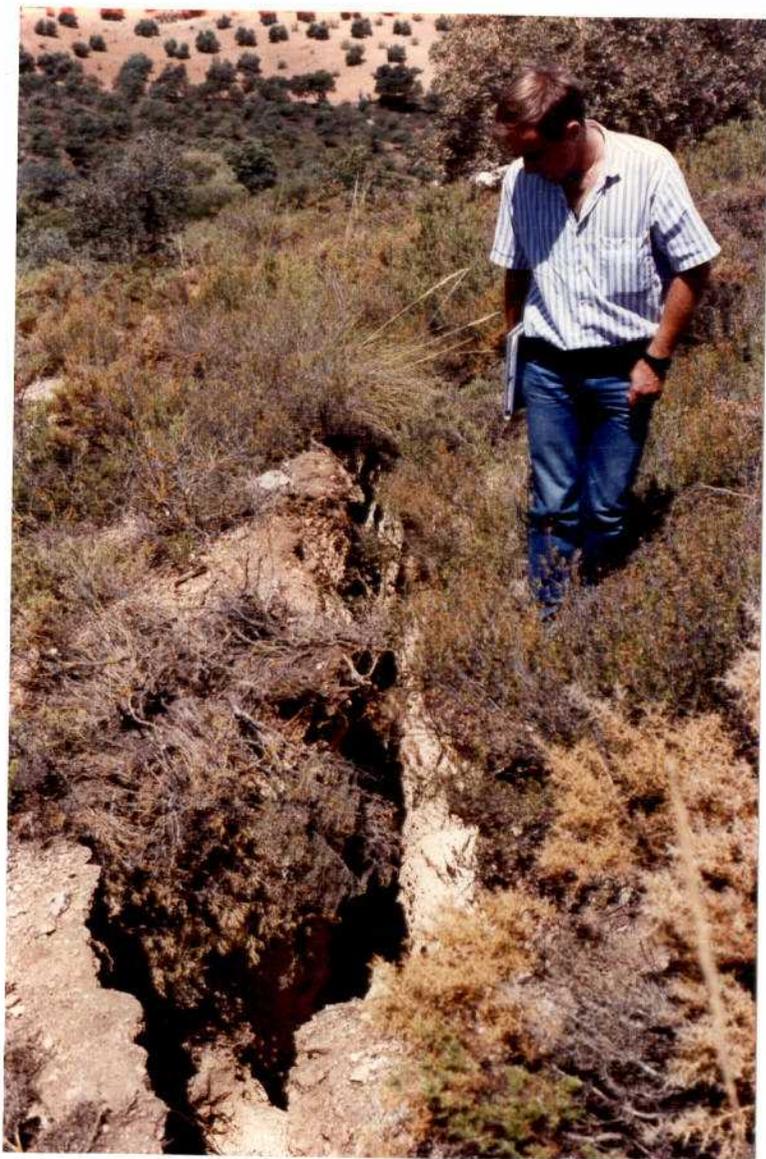
Fotografía nº 2: Panorámica general (frontal) del  
deslizamiento.



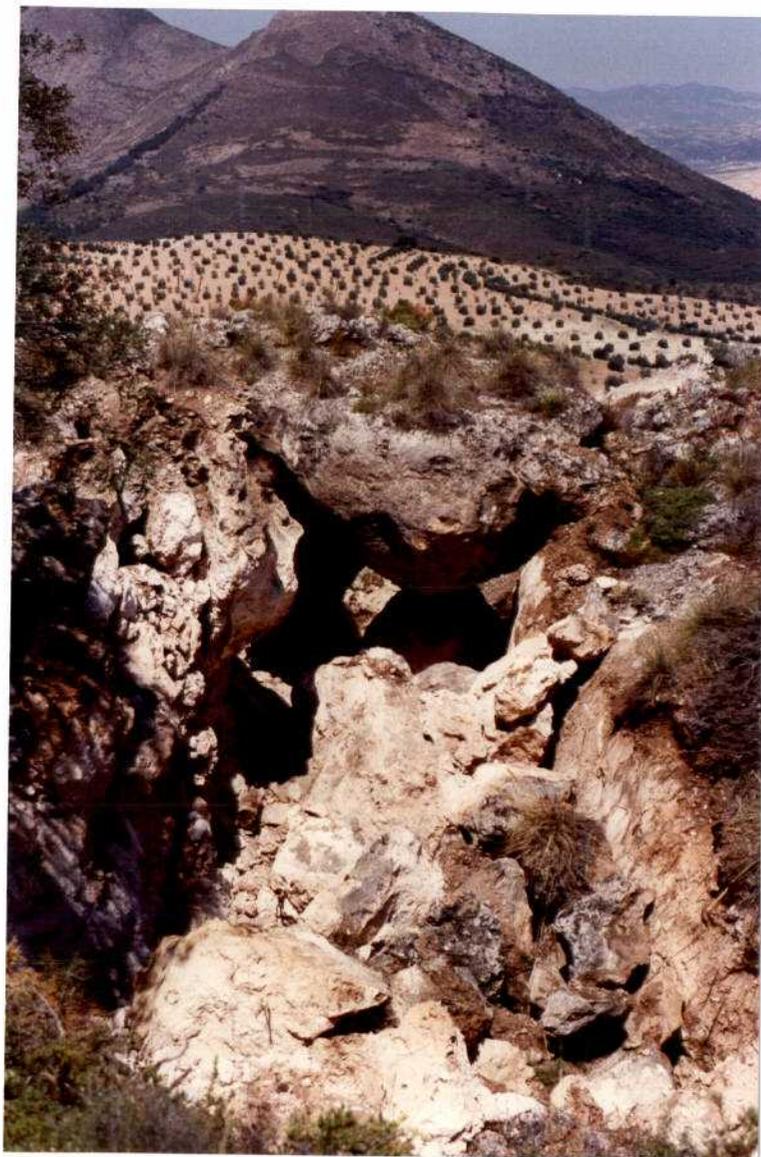
Fotografía nº 3: Materiales que han sido socavados al pie del deslizamiento.



Fotografía nº 4: Nueva explotación de áridos al otro lado del camino.

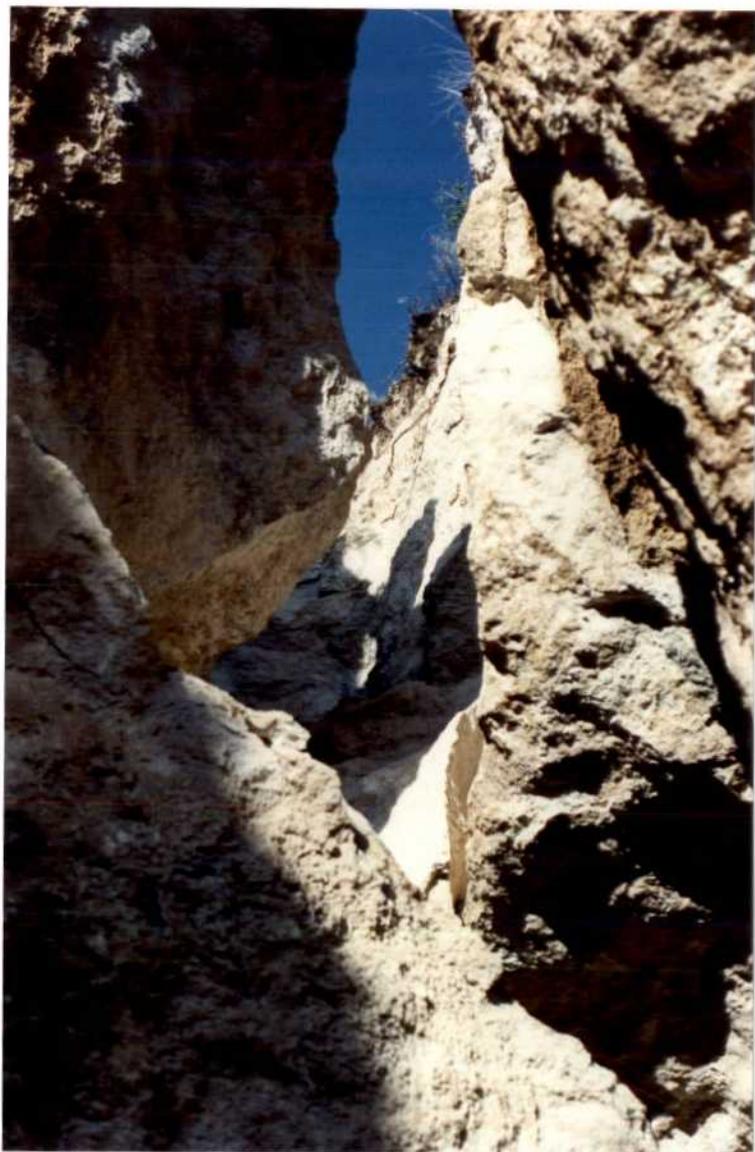


Fotografía nº 5: Agrietamiento lateral externo  
en el flanco Sur del deslizamiento.



Fotografía nº 6:

Agrietamiento lateral interno que afecta a  
materiales calizo-margosos. Véase la amplitud  
de la grieta.



Fotografía nº 7:

Agrietamiento lateral interno (flanco Sur)  
visto desde el interior.



Fotografía nº 8:

Bloques individualizados por el  
agrietamiento.



Fotografía nº 9: Agrietamiento del material situado en la parte centro-derecha del deslizamiento.



Fotografía nº 10:

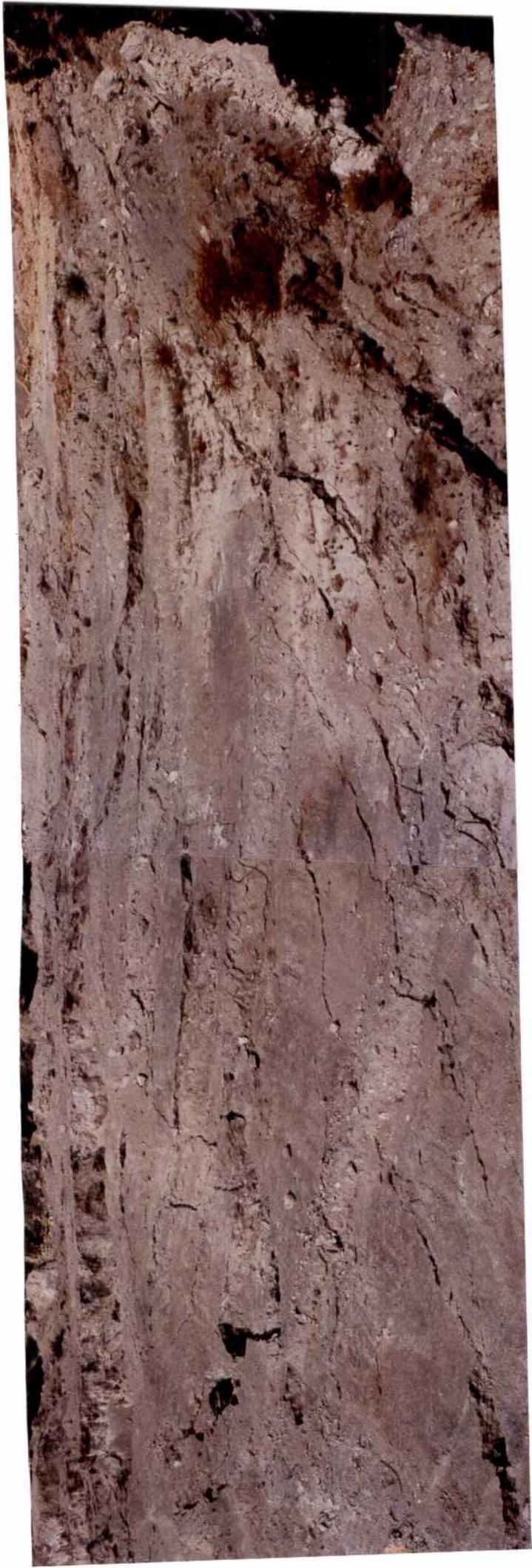
Aspecto caótico del material puesto en movimiento.



Fotografía nº 11: Agrietamientos paralelos de la parte inferior derecha del deslizamiento, afectando a materiales más deleznales.



Fotografía nº 12: Cabecera del deslizamiento. Obsérvense grietas de cabecera y escarpe principal.



Fotografía nº 13: Familias de grietas paralelas al escarpe lateral izquierdo (Flanco Norte) del deslizamiento.



Fotografía nº 14:

Agrietamientos de  
cabecera y escarpe  
principal.



Fotografía nº 15: Cabecera del deslizamiento.

**ANEXO II: ANALISIS DE LABORATORIO**

Dentro de los trabajos encaminados a conocer las características del terreno, los ensayos de laboratorio definen los parámetros fundamentales del suelo.

Con algunas de las muestras procedentes de la investigación realizada en campo se han efectuado ensayos de identificación (límites, granulometrías) y contenido en carbonatos.

### Límites

La consistencia de un suelo cohesivo disminuye al aumentar el contenido de humedad del mismo. Los distintos contenidos de humedad correspondientes a la frontera entre los distintos estados se conocen como "límites de Atterberg".

El límite líquido (WL) es el contenido de humedad que posee el suelo al pasar del estado semilíquido o viscoso al plástico; el límite plástico (Wp) separa los estados plástico y semisólido; y el límite de retracción (Ws) hace lo mismo con los estados semisólido y sólido.

La diferencia entre los valores del límite líquido y el límite plástico se denomina "Índice de plasticidad" (Ip).

La utilidad de los límites de Atterberg como ensayos de identificación estriba en que, debido a la gran profusión de determinaciones ya realizadas, dan una idea de las propiedades del suelo.

Se han realizado ensayos de los límites líquido y plástico y los valores obtenidos han sido los siguientes:

<u>Nº Muestra:</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
Límite líquido .....	46	42
Límite plástico .....	24	22
Índice de plasticidad .....	22	20

A partir de estos resultados se puede definir como finos de media plasticidad. Se incluye un diagrama de plasticidad en el que se han dibujado los puntos representativos del material que pasan por el tamiz nº 40 (Serie A.S.T.M.) de las dos analizadas.

Granulometrías:

La determinación de los distintos tamaños que constituyen los materiales analizados se ha realizado por tamizado y sedimentación.

La representación de los distintos tamaños de partículas se ha efectuado mediante curvas acumulativas (ver

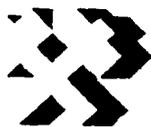
gráficos 1 y 2 de este Anexo). Los parámetros característicos del material son:

Muestra	Profundidad	Gravas	Arenas	Limos	Arcilla	D50
<u>nº</u>	<u>m.</u>	<u>%</u>	<u>%</u>	<u>%</u>	<u>%</u>	<u>mm.</u>
1	2,00	1	22	52	25	0,016
2	0,00	0,0	18	42	40	0,01

Se han considerado como parámetros característicos; además de los porcentajes de gravas, limos y arcillas, el D50 ó tamaño promedio que nos indica el diámetro por encima del cual se encuentra el 50 % de la muestra.

A la vista de los resultados se puede observar que se trata de margas, en los que encontramos numerosos cantos de caliza. Estos materiales se encuentran algo alterados. A veces representan bloques más o menos grandes (dm), que lógicamente no están incluidos en las muestras por que no son representativos del conjunto del material del flujo. Como ya advertimos anteriormente, los resultados de las granulometrías hay que considerarlos con ciertas reservas, ya que parte del material retenido en el tamiz de 4 mm. no se disgregaba, a pesar de ser arcilla, se retiró del conjunto de la muestra; de lo contrario el resultado sería menos fiable; por lo tanto, el porcentaje de las arcillas se encuentra algo disminuido.





Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

Gráfico nº1

Escala :

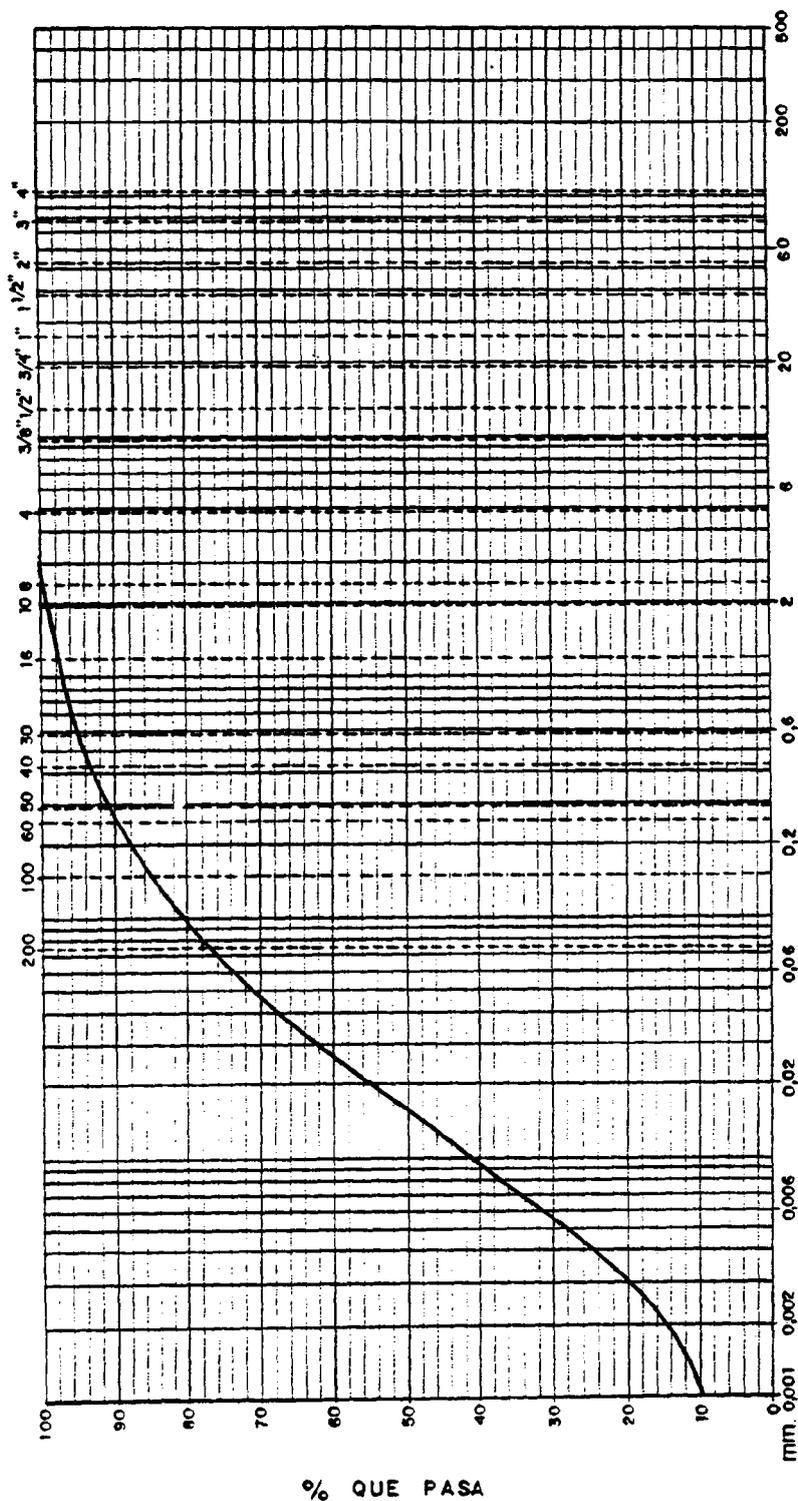
SEMILOGARITMICA

# GRANULOMETRIAS

Verificado

Dibujado

TAMICES SERIE A.S.T.M.



BOLOS

GRAVA

ARENA

ARCILLA Y LIMO

MUESTRA  
NUMERO

M-1

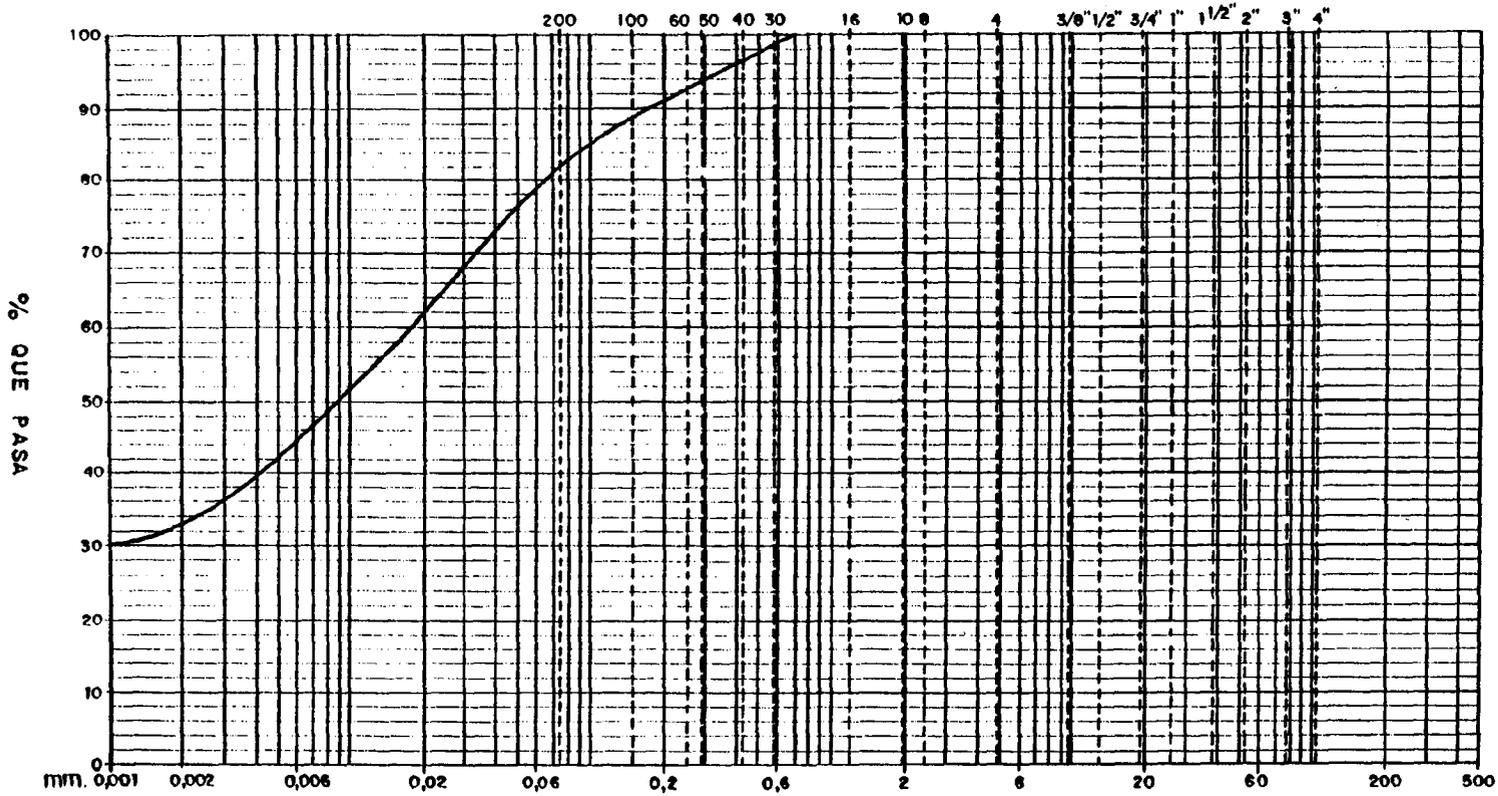
SONDEO N.º  
O CATA N.º

PROFUNDIDAD  
O COTA

2 m.

U.S.C.S.

TAMICES SERIE A.S.T.M.



ARCILLA Y LIMO	ARENA	GRAVA	BOLOS
----------------	-------	-------	-------

MUESTRA NUMERO	SONDEO N.º O CATA N.º	PROFUNDIDAD O COTA	U.S.C.S.
M-2		0 m.	

GRANULOMETRIAS



Instituto Tecnológico  
Geominero de España

Verificado		Dibujado		
SEMILOGARITMICA				
				Gráfico nº 2
				Escala:

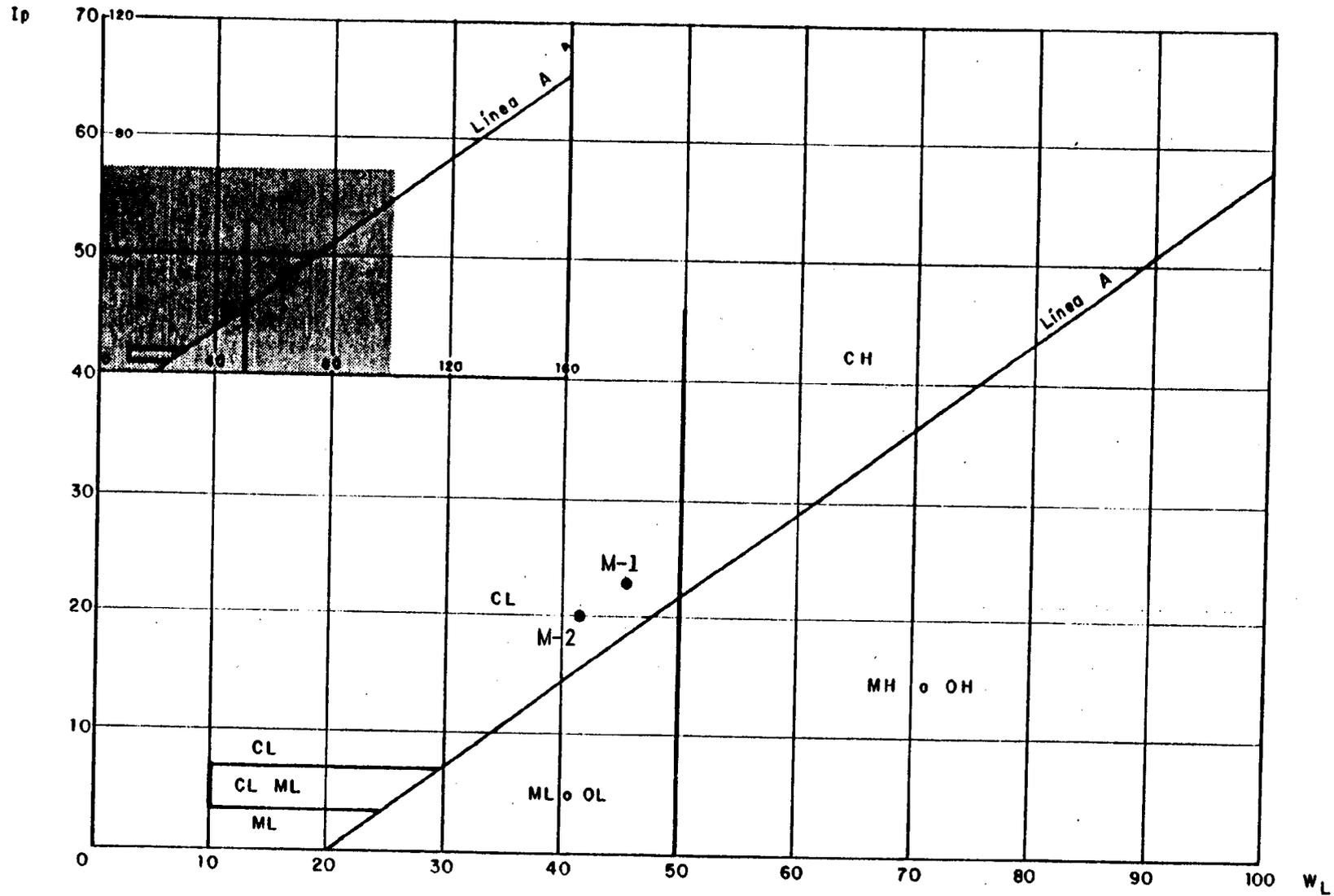


Diagrama de Plasticidad

## OBSERVATORIO DE GRANADA-B.A. ARMILLA

Alt. 664 m. (periodo 1931-1960)

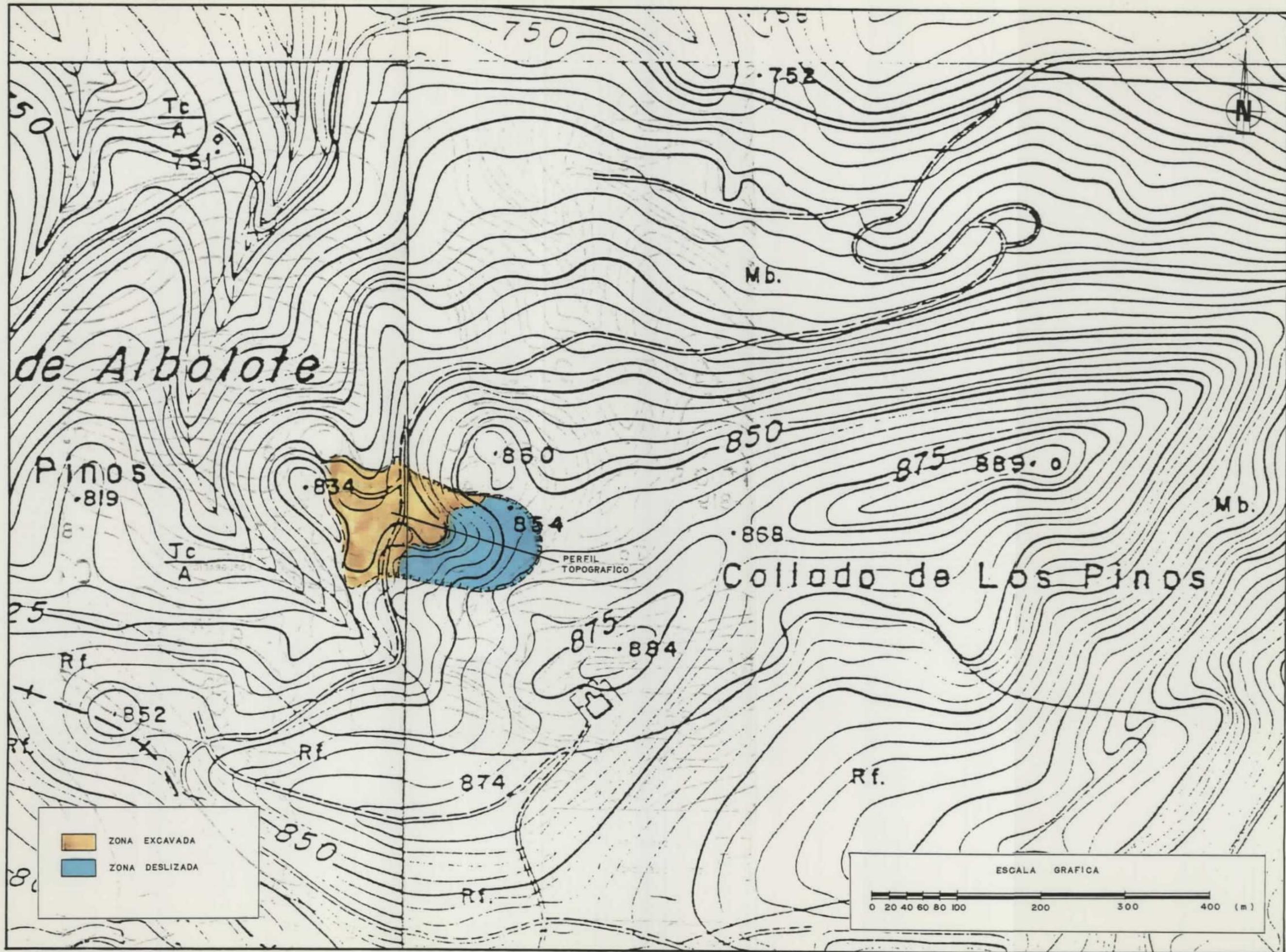
	P	T	Tm	Tm	TM	Tm	R	RM	RD	H	DR	DN	DG	DT	Dn	DH	C	D	I
Enero	704,5	6,5	11,7	1,2	23,4	-11,0	45	116	39	76	9,0	0,6	0,1	0,2	3,7	12,4	9,8	8,2	162
Febrero	704,5	8,1	14,2	2,0	27,6	-13,0	44	156	50	67	8,0	0,7	0,3	0,0	2,1	7,1	8,5	8,4	173
Marzo	702,9	11,1	17,6	4,6	28,4	-5,3	54	153	39	64	11,7	0,1	0,5	0,4	1,9	2,0	10,6	5,7	184
Abril	702,2	13,5	20,4	6,6	33,4	-1,3	46	118	40	60	10,1	0,1	0,5	1,1	1,4	0,3	8,8	5,9	221
Mayo	702,3	16,3	23,6	9,3	37,5	0,7	38	120	45	54	9,0	0,0	0,6	1,4	0,2	0,0	7,3	6,4	286
Junio	703,7	21,9	30,0	13,7	39,0	5,6	11	84	26	46	4,6	0,0	0,1	1,5	0,1	0,0	2,8	11,3	332
Julio	703,7	25,5	34,4	16,7	42,8	9,5	3	29	27	38	1,8	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	21,3	367
Agosto	703,2	25,1	33,6	16,6	41,0	10,0	6	29	27	44	2,1	0,0	0,2	1,3	0,0	0,0	1,2	19,5	337
Septiembre	704,0	21,5	29,2	13,8	39,5	5,2	20	85	36	53	5,8	0,0	0,1	1,7	0,3	0,0	3,8	10,5	241
Octubre	703,8	15,8	22,4	9,3	33,2	-0,5	43	91	39	68	8,1	0,0	0,1	1,0	1,1	0,1	7,5	8,2	203
Noviembre	704,1	11,1	16,9	5,3	27,6	-6,4	41	88	51	76	9,2	0,0	0,0	0,2	3,7	1,1	9,1	7,1	175
Diciembre	704,3	7,2	12,3	2,1	21,7	-7,0	54	183	36	76	10,3	0,4	0,0	0,0	3,6	10,0	9,4	8,4	150
-----																			
AÑO	703,6	15,3	22,2	8,4	42,8	-13,0	405	183	51	60	89,7	1,9	2,5	9,8	18,1	33,0	79,8	120,9	2.831
-----																			

(\*)

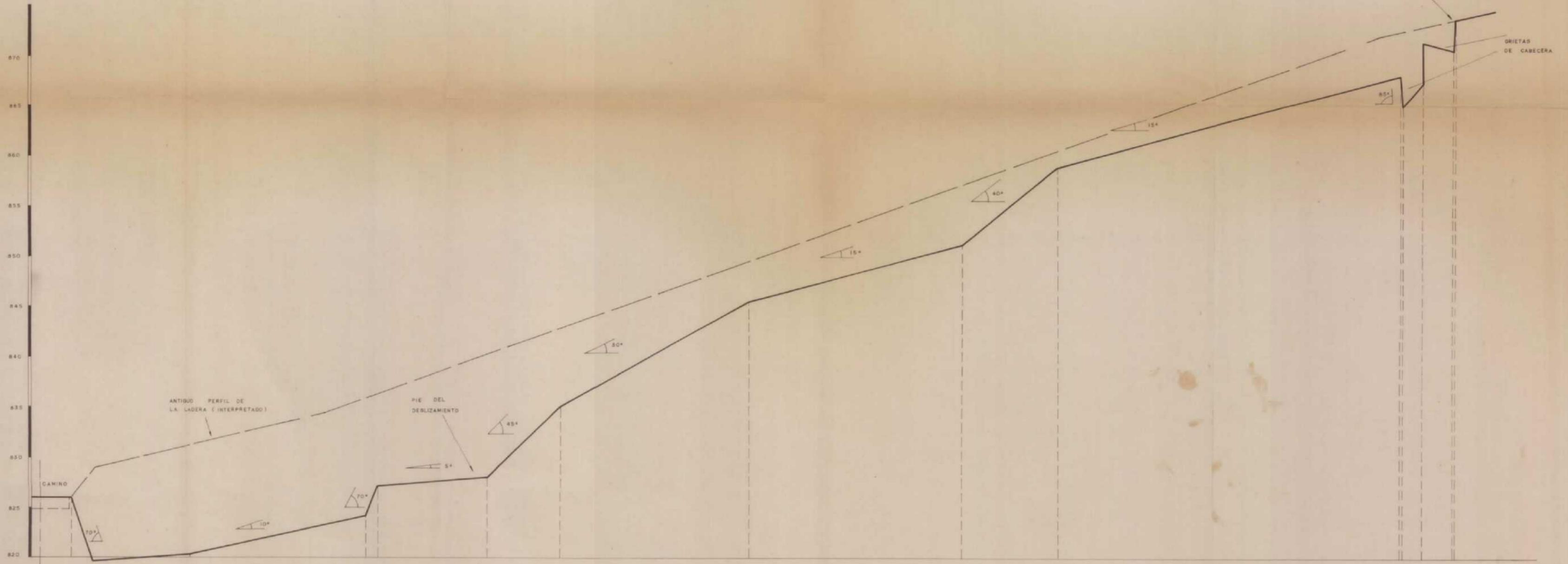
Alt. Altitud en metros sobre el nivel del mar.  
 P Presión media al nivel de la estación.  
 T Temperatura media.  
 TM Temperatura media de las máximas.  
 Tm Temperatura media de las mínimas.  
 Tm Temperatura mínima absoluta.  
 R Precipitación media mensual (en mm.)  
 RM Precipitación máxima en el mes o año.  
 H Humedad relativa media.

DR Número medio de días de lluvia.  
 DN Número medio de días de nieve.  
 DG Número medio de días de granizo.  
 DT Número medio de días de tormenta.  
 Dn Número medio de días de niebla.  
 DH Número medio de días de helada.  
 C Número medio de días cubiertos.  
 D Número medio de días despejados.  
 T Número medio de horas de sol al mes o año.

\* Relación de valores NORMALES correspondientes al Observatorio arriba citado.



PERFIL TOPOGRAFICO LONGITUDINAL



ESCALA = 1:200  
H<sub>max</sub> = 5.4m  
L<sub>max</sub> = 140m

**ANEXO IV: PRESUPUESTO ESTIMATIVO**

## EVALUACION ECONOMICA ESTIMATIVA

<u>Unidades</u>	<u>Medida Correctora</u>	<u>Precio Unitario</u>	<u>Precio Total</u>
2.000 m2	Retirada de la capa de derrubios del pie del deslizamiento con medios mecánicos (excavadora o bulldozer)	42 pts. m2	84.000
-----			
185 m3 =125 ml	Excavación de zanja en terreno semicompacto (1 m. ancho x 1,5 m. profundidad)	518 pts. m3	95.830
-----			
125 ml.	Canalización para drenaje con tubo de hormigón poroso D= 20 cm. incluido relleno de zanja con gravilla (l=0,65 m-h= 1,5 m.)	3.737 pts. ml.	467.533
-----			
1 ud.	Pozo de registro circular D= 110 cm. interior y 2,5 m. de altura de fábrica de ladrillo macizo de un pie incluida tapa de hierro fundido	66.533 ud.	66.533

Unidades   Medida   Correctora   Precio Unitario   Precio Total

2.000 m3   Transporte y colocación  
de tierra y piedra para  
escollera procedente de  
la parte superior del  
deslizamiento o de la  
actual cantera.                      677 pts. m3            1.354.000

---

MEDIDAS ADICIONALES OPTATIVAS

5.500 m2   Refino y nivelación de  
tierras con bulldozer  
o motoniveladora en la  
parte media-alta del  
deslizamiento                      13 pts. m2            71.500

---

1.000 ud.   Reforestación con espe  
cies adecuadas de 100  
a 150 cm. de altura,  
incluido el agujero ma  
nual de 50x50x50 cm.,  
relleno de tierra ve  
getal, mantillo y pri  
mer riego                              2.000 ud.            2.000.000

---

SUMA TOTAL ..... 4.138.988

PRESUPUESTO APROXIMADO DE LAS OBRAS (I)

Incluye corrección y estabilización del deslizamiento como medida más urgente.

\* Medidas correctoras principales ..... 2.067.488

10 % Imprevistos ..... 206.748

Dirección de Obra por personal especializado ..... 206.748

SUMA ..... 2.480.984

12 % I.V.A. .... 297.718

SUMA TOTAL ..... 2.778.702 Pts.

PRESUPUESTO APROXIMADO DE LAS OBRAS (II)

Incluye corrección y estabilización del deslizamiento como medida más urgente y restauración del entorno como medida secundaria (dos últimas medidas).

\* Medidas correctoras principales ..... 2.067.488

\* Medidas adicionales (reforestación)..... 2.071.500

SUMA ..... 4.138.988

10 % Imprevistos ..... 413.898

Dirección de Obra por personal especializado ..... 413.898

SUMA ..... 4.966.784

12 % I.V.A. .... 596.014

SUMA TOTAL ..... 5.562.798 Pts.