

**ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS INDUCIDOS
POR DESPRENDIMIENTOS EN LA LOCALIDAD DE
GARGALLO (TERUEL).**

01235.

Este estudio ha sido realizado por el siguiente equipo técnico:

D. Francisco J. Ayala Carcedo.

- Ing. de Minas
- Jefe del Area de Ingeniería Geoambiental. (I.T.G.E.)

D. Alberto Gracia Bernal.

- Geólogo.
- GEONOC, S.A.

D. Miguel Pérez Picallo.

- Geólogo.
- GEONOC, S.A.

I N D I C E

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- LOCALIZACION Y ACCESOS.
- 3.- ANTECEDENTES.
- 4.- GEOLOGIA GENERAL DEL AREA.
 - 4.1. Introducción.
 - 4.2. Estratigrafía.
 - 4.3. Tectónica.
- 5.- DESCRIPCION DE LA SITUACION.
- 6.- DESCRIPCION GEOMECANICA DEL MACIZO.
 - 6.1. Introducción.
 - 6.2. Número y orientación de las familias de discontinuidades.
 - 6.3. Espaciado.
 - 6.4. Tamaño y forma de los bloques.
 - 6.5. Estado de las paredes de las juntas. Rellenos.
 - 6.6. Rugosidad.
 - 6.7. Persistencia.
 - 6.8. Apertura.
 - 6.9. Condiciones hidráulicas.
- 7.- ANALISIS DE LA INESTABILIDAD.

- 8.- EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO. PELIGROSIDAD.
- 9.- CONCLUSIONES.
- 10.- RECOMENDACIONES.

A N E X O S

- I. Mapa de situación.
- II. Orientación de los planos de discontinuidad.
- III. Cortes topográficos.
- IV. Fotografías.
- V. Presupuesto estimativo de las obras.
- VI. Solicitud de ayuda técnica por parte de la Excma. Diputación Prov. de Teruel.

1.- INTRODUCCION.

El INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (I.T.G.E.) ha realizado, con la colaboración de GEONOC, S.A. un estudio sobre el riesgo de desprendimientos en un cerro al pie del cual se localiza el municipio de Gargallo (Teruel).

Este estudio, solicitado por la Excma. Diputación Provincial de Teruel, atendiendo a la petición realizada por el Señor Alcalde de la localidad, tiene por objeto conocer la situación general del macizo así como el realizar un análisis de los factores que inciden en los desprendimientos con el fin de poder evaluar el grado de riesgo que la situación entraña para la población.

El trabajo parte de una visita realizada a la zona en la que se procedió a la recopilación de cuanta documentación y antecedentes existen sobre el problema.

Posteriormente se realiza un minucioso estudio de las condiciones geomecánicas del macizo y finalmente se establecen unas recomendaciones en base a las conclusiones extraídas del estudio.

Con todo ello se ha elaborado la presente memoria técnica.

Madrid, Agosto 1.989.-

2.- LOCALIZACION Y ACCESOS.

La localidad de Gargallo se encuentra ubicada en el sector nororiental de la provincia de Teruel.

El acceso a esta localidad desde la capital de la provincia, Teruel; se puede realizar por la Nacional 420 que discurre paralela al Río Alfambra hasta Perales de Alfambra. Continuando por la misma nacional, tres kilómetros después de pasar la localidad minera de Utrillas, se debe tomar la Nacional 211 con dirección a Montalbán y Alcañiz. Pasada la primera de estas localidades, a 26 km. se encuentra la población de Gargallo.

El punto conflictivo se localiza inmediatamente, ya que se trata de la zona más alta del promontorio rocoso al pie del cual se encuentra una buena parte del casco urbano de la localidad.

3.- ANTECEDENTES.

En los últimos años no se han registrado en el macizo desprendimientos importantes que pudieran afectar a las edificaciones, sin embargo los vecinos si que temían, desde hace ya tiempo, por la presencia de bloques de hasta 10 Tm. que se encuentran en la ladera, individualizados del resto del macizo, y cuya presencia entrañaba riesgo para la localidad, dada la situación de precario equilibrio en el que se encontraban. La constatación de este hecho provocó el que se llevara a cabo en su día el recalce de dichos bloques para lo cual se utilizó un sistema rudimentario, aunque efectivo, a base de piedra caliza tomada con una argamasa pobre. El sistema si bien hasta la actualidad ha demostrado su utilidad se halla en algunos puntos deteriorado.

En áreas próximas a la localidad, concretamente en la carretera Nacional-420 en dirección a Alcalñíz y a poco más de un kilómetro de Gargallo, existen antecedentes de desprendimientos recientes, al parecer con carácter estacional (frecuentemente en primavera) que han llegado a provocar el corte al tráfico, ya que el volumen de material desprendido fue muy importante hasta el punto de tener que proceder a la voladura para su fragmentación y posterior retirada.

4.4 GEOLOGIA GENERAL DEL AREA.

4.1. INTRODUCCION.

Geológicamente la localidad de Gargallo se ubica dentro del marco de la Cordillera Ibérica, en la región denominada Bajo Aragón, muy próxima a las cuencas lignitíferas de Montalbán y Utrillas. Su término municipal queda encuadrado en las Hojas: 493 "Oliete" y 518 "Montalbán" del Mapa Geológico de España, Escala: 1/50.000.

Existen un gran número de trabajos y estudios tanto a escala regional como local de toda la zona, motivados en parte, por el enorme interés que tiene en el área la explotación de lignitos junto con otras materias primas como Manganeseo, caolín, refractarios, tierras decolorantes, etc.

Se conocen trabajos de investigación desde principios de siglo, destacando los de P. FALLOT y J. R. BATALLER (1.927), RICHTER y TEICHMULLER (1.933), y algo más posteriores los de A. ALMELA y J. M. RIOS (1.951) y J. CANEROT (1.974).

4.2. ESTRATIGRAFIA.

Afloran en la zona de Gargallo una serie de materiales fundamentalmente cretácicos, si bien al N. de la localidad y extendiéndose en una estrecha franja hacia el E. afloran discordantes con estos, y en algún caso con contacto por falla, unos materiales carbonatados pertenecientes al Jurásico Inferior (Lías).

Estos depósitos Jurásicos afloran aproximadamente a un kilómetro de la localidad, en los cerros que se divisan al N. de la misma. Se trata de un conjunto de materiales que abarcan desde el Rethiense-Hettangiense al Sinenuriense. La sucesión litológica del Rethiense-Hettangiense es monótona, a base de carnioles (dolomías azoicas) con una potencia de alrededor de 200 m. Su presencia sugiere unas condiciones de sedimentación mediolitorales de tipo lagunar con el agua del mar como fuente de alimentación de magnesio. Siguen a estos materiales una formación de calizas y margocalizas atribuidas al Sinemuriense. En la base de la formación aparecen calizas micríticas con niveles de calizas biomicríticas incluso con oolitos en bancos de potencia variable (de 0,10-0,80 m.) muy pobres desde el punto de vista paleontológico; siguen a estos unos bancos calizos y margocalizos de escasa potencia que señalan el final del Sinenuriense. La potencia total varía entre los 10 y los 50 m.

Por encima de estos materiales, y en clara discordancia con ellos, afloran los materiales cretácicos más antiguos que se reconocen en las proximidades de la localidad, y que se han datado como Beduliense. Estos materiales son de naturaleza caliza, presentando facies diferentes; en general su litología está compuesta de calizas y margas con predominio de las primeras.

Las calizas son biomicritas de escasa potencia con Orbilínidos y biomicrosparitas que presentan algunas intercalaciones margosas en las que aparecen gasterópodos. La potencia de la serie es variable alcanzando un máximo de 40 m. en Alcaine.

Por encima de estos materiales afloran, unos dos kilómetros al N. de Gargallo siguiendo el curso del Río Escuriza, unos materiales que constituyen una formación fundamentalmente margosa que hacia techo pasa a ser más caliza (biomicroesparitas) atribuidos al Gargaviense. La potencia total de la serie es de 140 metros siendo todo el conjunto muy fosilífero.

Siguen a esta formación unos materiales que se presentan a escala regional bajo la facies clásica de Utrillas. Estos materiales afloran discordantes sobre cualquier otro término de la serie subyacente. Se pueden reconocer en la misma localidad de Gargallo ya que parte del casco urbano se asienta sobre ellos. Afloran también al N. y E. de la localidad orlando los montes que rodean a la misma y ocupando el fondo del valle.

La litología está constituida por sedimentos clásticos continentales: arcillas arenosas blancas o abigarradas, ferruginosas y esporádicamente lignitíferas. Localmente, como en Gargallo, pueden presentarse facies acrónicas que por meteorización dan lugar a formaciones caoliníferas. En el corte desde el Aptiense del N. de Gargallo a La Muela, la sucesión de niveles es la siguiente: ocho metros de areniscas y arcillas arenosas abigarradas, un metro y medio de lignitos, dos metros de arcillas ferruginosas, tres metros de areniscas varioladas, doce metros de areniscas claras con estratificación cruzada, un nivelillo de 5 centímetros con algas ferruginosas, seis metros de arcillas abigarradas, un metro y medio de arenisca, otros 12 metros de arcillas abigarradas y finalmente unos 40 centímetros de areniscas varioladas claras o rojizas. La potencia total es de unos 90 metros.

Sobre el Albiense en facies Utrillas yace transgresivo el Cenomanense Marino; en la localidad de Gargallo se reconoce en el promontorio que presenta los desprendimientos, así como al Este de la localidad formando parte de un sinclinal en cuyo núcleo afloran materiales del Turoniense.

Litológicamente la implantación del nuevo régimen marino se traduce en la aparición de margocalizas de tonos grises que alternan con bancos rojos de aspecto continental, lo que sugiere un paso gradual de las condiciones anteriores a las actuales.

La serie comienza con margocalizas versicolores que pasan a margocalizas nodulares rojas, sigue una alternancia de estos niveles con presencia de calizas tableadas y con predominio de las primeras, pasando finalmente a calizas marinas típicas. Por encima de estos niveles se situán 20 metros de caliza dolomitizada que coronan la formación Cenomanense. La potencia de esta serie se estima entre 80 y 90 metros. Los veinte metros de dolomías presentan todos los aloquímicos afectados por la dolomitación en un porcentaje entre el 90% - 100%, lo que sugiere un proceso epigenético. Por encima del nivel de dolomitación aparecen veinte metros de caliza arrecifal con Rudistas de canales que se atribuyen al Turoniense.

Por encima de estos materiales del Cretácico Superior no afloran en las proximidades de la localidad materiales más modernos. Entre tres y cuatro kilómetros hacia el E. y W. de la población aparecen recubriendo a los materiales mesozoicos una serie de arcillas y conglomerados del Mioceno. El Cuaternario está escasamente representado en los alrededores, y corresponde al aluvial del Río Escuriza al E. de la localidad, y a algunos derrumbios de ladera recientes.

4.3. TECTONICA.

La zona objeto de estudio forma parte a escala regional de la Cordillera Ibérica hacia su terminación oriental. Se integra en el ámbito conocido como el Bajo Aragón, donde la tectónica tangencial da lugar a pliegues y cabalgamientos generalmente con vergencia Norte.

A escala regional los materiales aflorantes han sufrido los efectos de la Orogenia Hercínica (sectores Hoz de la Vieja - Torre de las Arcas y de la Orogénesis, Alpina pasando por los movimientos Triásicos, los del Jurásico Medio y las fases Alpinas Precoces).

En la zona de Gargallo los materiales que afloran han sufrido fundamentalmente estas últimas como testimonia el hecho de que el Aptense Inferior descansa directamente sobre el Sinenuriense, sin intercalaciones de niveles Wealdenses. Posteriormente hay otra nueva pulsación epirogenética ante-Albiense. La movilidad del zócalo paleozoico, poco profundo, queda patentizada por estas pulsaciones intracretácicas y las que dan lugar a la gran transgresión del Cenomanense, así como a la regresión general del Cretácico terminal. En la zona situada a unos 3 kilómetros al N. de la localidad las fases Kimnéricas dan nacimiento a un relieve emergido que forma la ondulación de carniolas del Retiense con algún nivel liásico suprayacente, que, al Sur de "La Pedriza", tiene una dirección NE-SW. y gira hasta la dirección E-O desde "El Carrascal" hacia Gargallo. Sobre estos niveles se apoya transgresivo el Aptense Inferior, con un amplio hiato que abarca los pisos inferiores, hasta el Pliensbachiense basal por lo menos. (Figura 4.3.1.).

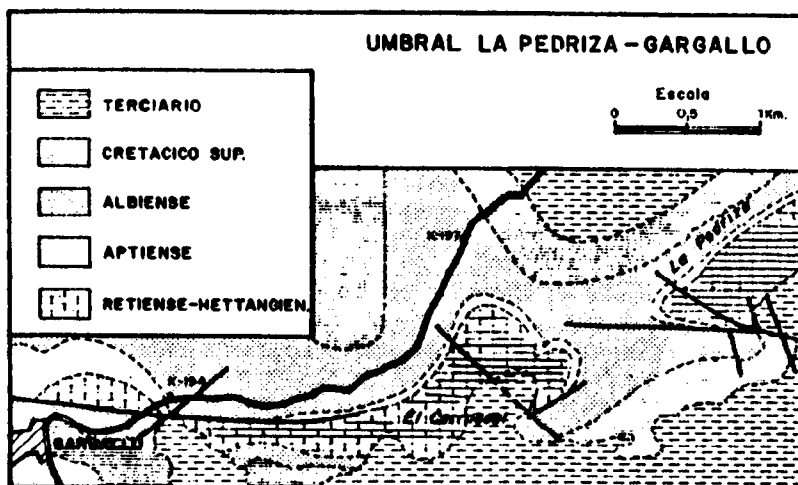
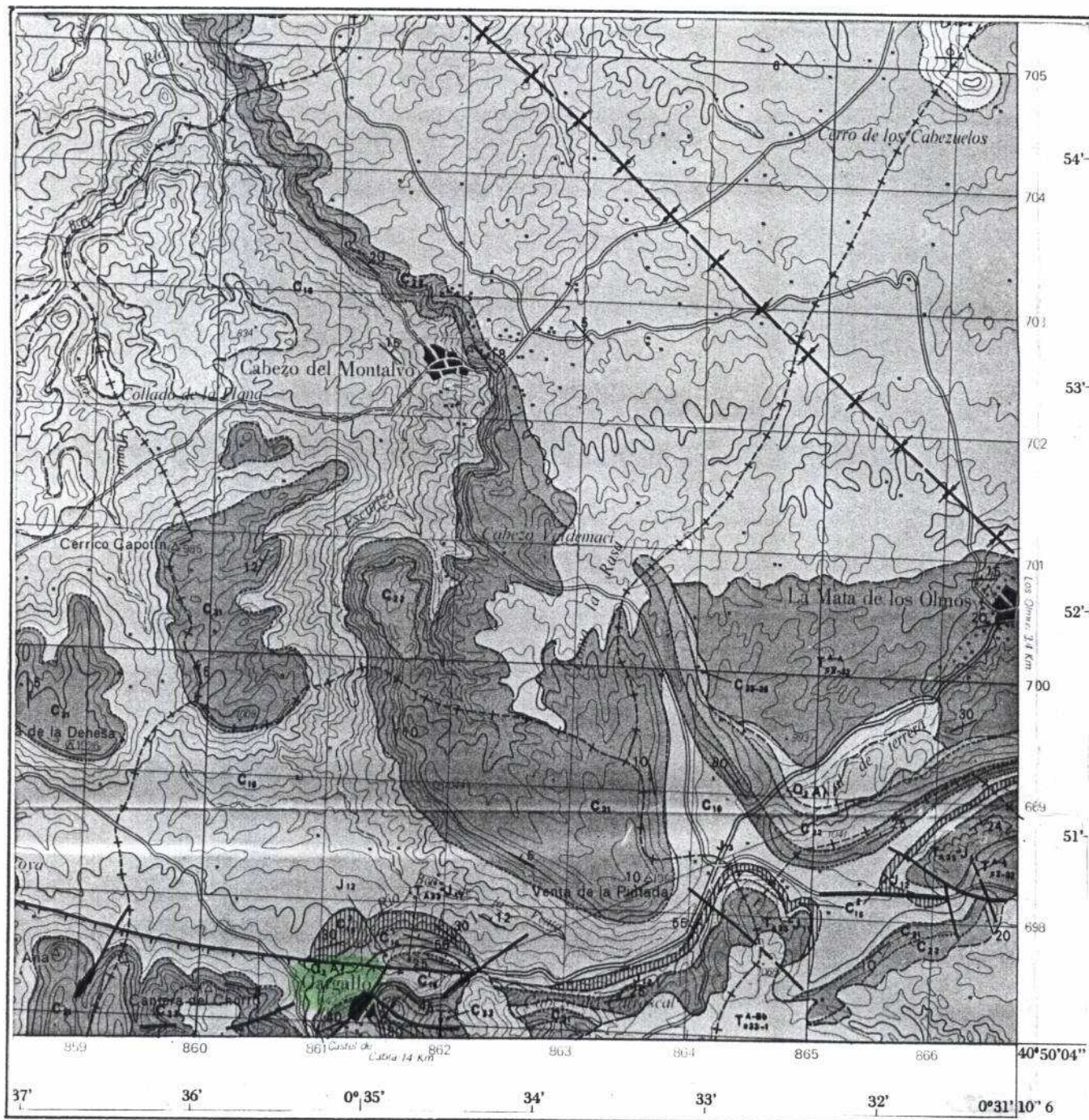


Figura 4.3.1.

Localmente la tectónica se manifiesta en las proximidades de la población por la presencia de un sinclinal de dirección aproximadamente E-W, con su extremo Este desplazado por una falla de dirección NE-SW posiblemente de desgarre (sinistral); esta falla atraviesa la parte baja del promontorio al pie del cual se sitúa el casco urbano de Gargallo y continúa hacia el NE hasta chocar con otra fractura, esta mucho más importante, de dirección E-W, que es la que pone en contacto los materiales del Lías con el Cretácico Inferior (Albiense) y que forman el relieve emergido al que se ha hecho referencia.

En el promontorio rocoso que presenta los desprendimientos la serie Cenomanense presenta una dirección bastante regular NE-SW. y buzamiento aproximadamente constante de 40° hacia el SE.

Otra manifestación tectónica local de interés la constituye la red de diaclasas que afecta al macizo y que en este área se organiza en dos familias, una de las cuales tiene mayor desarrollo y es casi perpendicular a la estratificación. Este aspecto se tratará en profundidad más adelante.



MAPA GEOLOGICO DE LA ZONA.

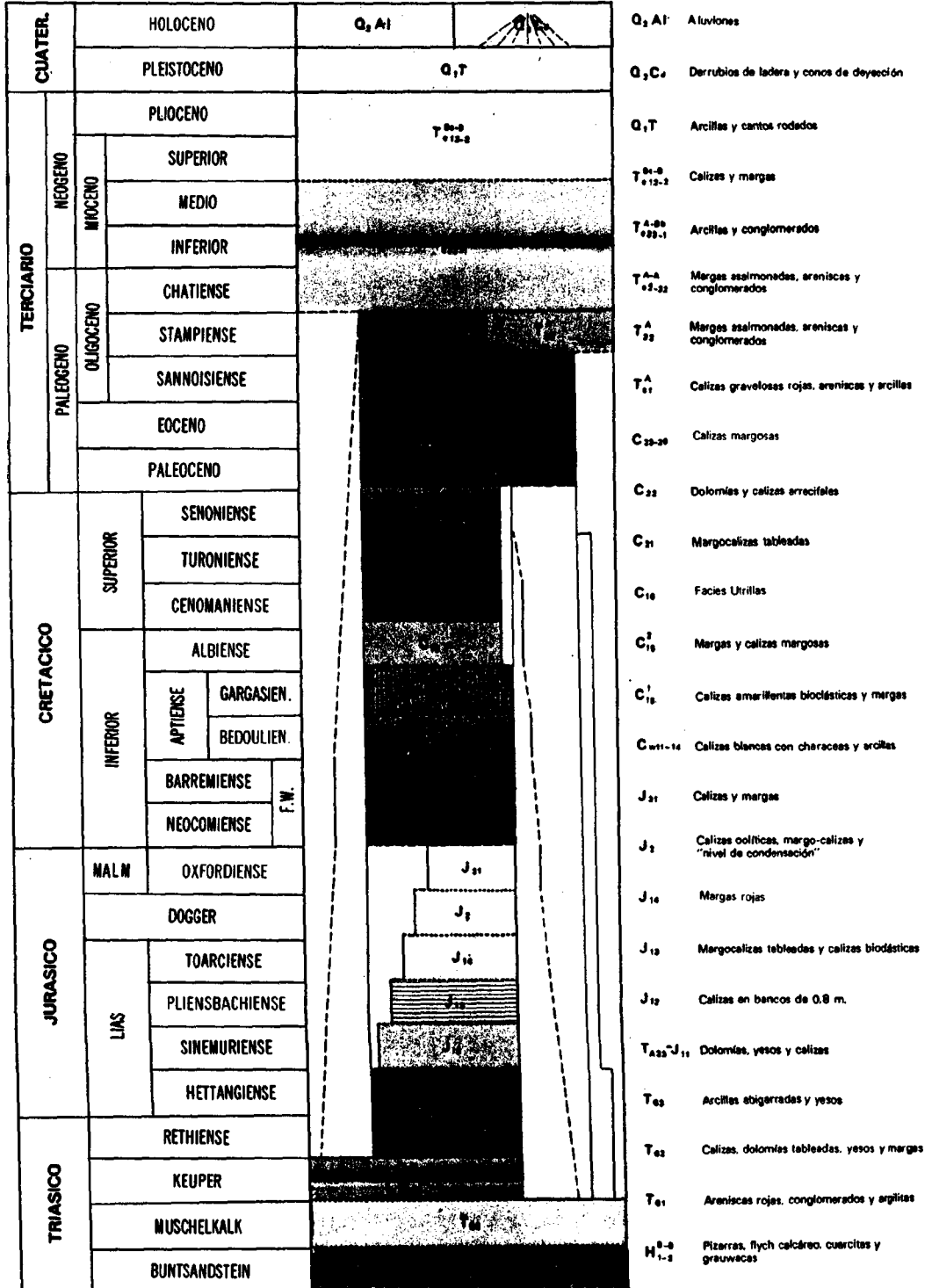
Sacado de:

"MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA"

Hoja 493. 28-19. OLIETE.

Escala: 1/50.000

LEYENDA



5.- DESCRIPCION DE LA SITUACION.

El promontorio al pie del cual se encuentra la localidad de Gargallo es un macizo rocoso de dirección NE-SW. que alcanza una altitud de unos 60 m. sobre la cota a la que se encuentran las últimas construcciones del pueblo sobre la ladera. Su cota absoluta es de algo más de 1.000 m. Geomorfológicamente se puede aproximar a una "cuesta estructural" alargada con un resalte muy marcado en el relieve en la zona de coronación.

El macizo está constituido en la zona baja y media por rocas calizas y margo-calizas que pueden llegar a ser tableadas. En la zona que corona el promontorio aparecen dolomías y algunas calizas muy oquerosas en bancos que alcanzan 1,50 m. de potencia. Estos materiales han sido datados en su conjunto como Cretácico Superior (Cenomanense).

Todo el macizo presenta una serie de discontinuidades que corresponden fundamentalmente los planos de estratificación y las diaclasas.

En la zona alta del macizo se puede observar tres grandes bloques sobre la ladera en situación inestable, habiendo sido recalzados por los propios vecinos ante el temor de que pudieran deslizar cayendo por la ladera y alcanzara alguna de las construcciones que existen a su pie. Los recalces según se ha podido observar fueron realizados mediante un sistema de mampostería que, si bien en la actualidad se encuentra deteriorado en algunos puntos, su efectividad ha sido suficientemente probada.

La zona del macizo más deteriorada, y en la que por tanto se centrará el estudio, es la de coronación. En ella se pueden apreciar bloques sueltos, o casi individualizados, a favor de fracturas y grietas.

Como puede observarse en la Panorámica 1 en esta zona alta del macizo existe un pequeño talud de unos 6 metros de altura máxima que decrece en el sentido de la pendiente general de la ladera; la cara libre de este talud tiene una dirección aproximadamente N 50 E y una marcada inclinación de unos 70°-75° SE.

Al pie de este pequeño talud se han ido acumulando los bloques desprendidos, entre los que se encuentran los que han sido recalzados.

El resto de la ladera (zona baja y media) no ofrece mayores problemas.

En la Panorámica 1 y en las fotografías de los Anexos puede observarse como toda la ladera se encuentra totalmente desprovista de vegetación arbórea, presentando únicamente una pobre vegetación arbustiva y de matorral bajo, muchas veces con sus raíces armando en los planos de discontinuidad de la roca.

6.- DESCRIPCION GEOMECANICA DEL MACIZO.

6.1. INTRODUCCION.

Cualquier tipo de inestabilidad a pequeña escala, como la que se presenta en este caso, es casi siempre menos pronosticable que las inestabilidades globales se desarrolla principalmente a partir de las irregularidades locales de la estructura y de zonas muy fisuradas. En estos casos, las discontinuidades determinan en gran manera el comportamiento mecánico de las masas rocosas. Es por ello esencial que la estructura de la masa rocosa y la naturaleza de sus discontinuidades sean descritas cuidadosamente.

A continuación se pasará revista a los parámetros relativos al sistema MACIZO-DISCONTINUIDADES para la zona de coronación por ser, como ya se ha mencionado, la que mayor riesgo de inestabilidad presenta. Entre estos parámetros se distinguen:

- Número y orientación de las familias de discontinuidades.
- Espaciado.
- Tamaño y forma de los bloques.

Seguidamente se tratarán los parámetros que definen las discontinuidades en sí, considerando los siguientes:

- Estado de las paredes de las juntas.
- Presencia o no de rellenos en las discontinuidades.
- Rugosidad.
- Persistencia.
- Apertura.
- Condiciones hidráulicas del macizo.

6.2. NUMERO Y ORIENTACION DE LAS FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES.

El número de familias de discontinuidades domina el comportamiento mecánico del medio rocoso y es determinante en los problemas de estabilidad de taludes, a lo que da el número de grados de libertad de los bloques.

En el macizo estudiado hay dos familias de diaclasas que junto con los planos de estratificación constituyen las discontinuidades del mismo. No se han identificado en la zona superior discontinuidades singulares como fallas o grietas principales.

En lo que sigue se hablará, por tanto, sólomente de las discontinuidades más o menos sistemáticas entendiendo por tales el conjunto diaclasas-planos de estratificación.

Las orientaciones de las discontinuidades aparecen en los Anexos así como en la figura 6.2.1.

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA DE LOS PLANOS Y POLOS DE DISCONTINUIDADES EN EL MACIZO.

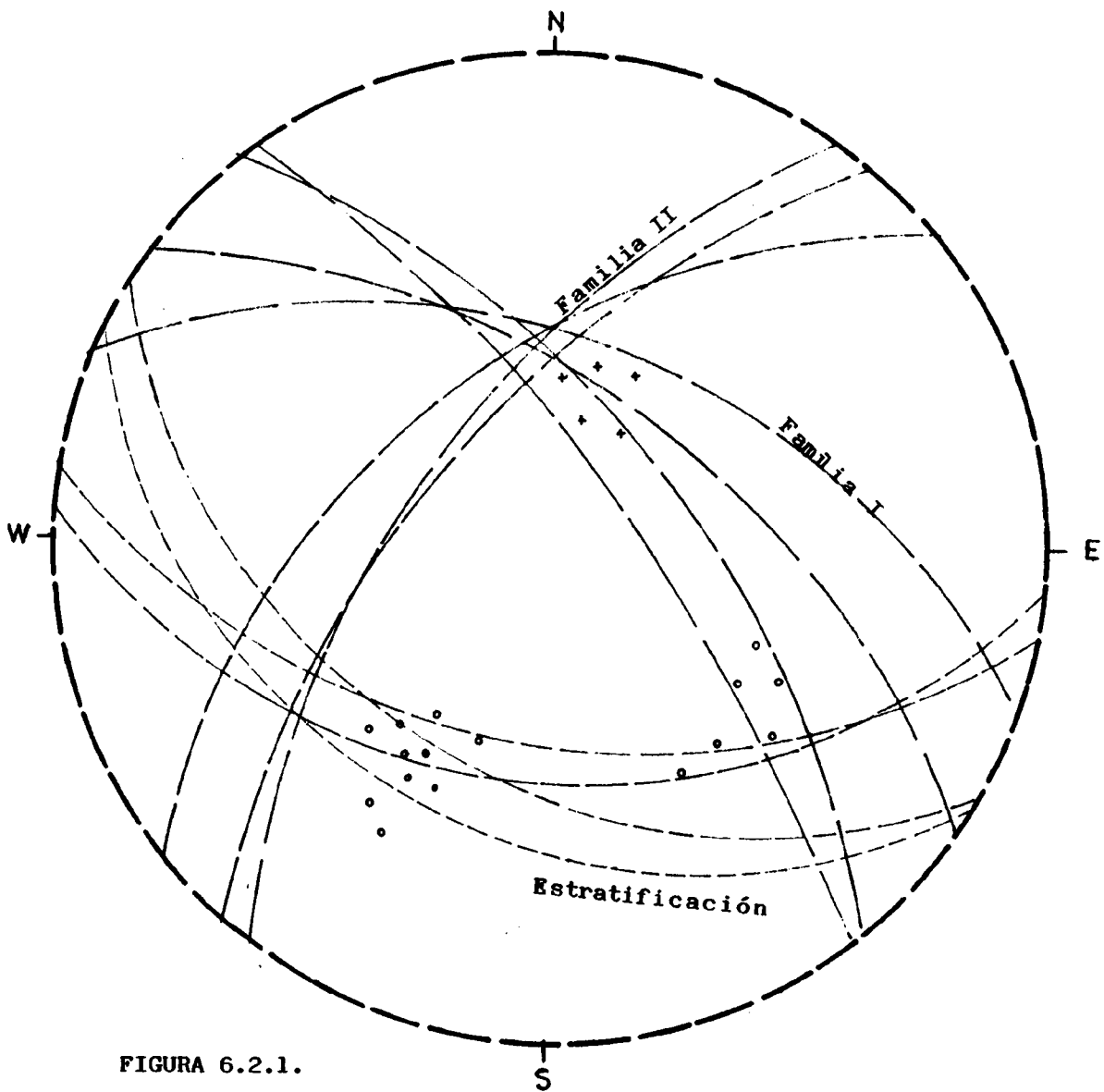


FIGURA 6.2.1.

LEYENDA:

— — — — —	Diaclasado. (*)
- - - - -	Estratificación.
° °	Polos de diaclasado.
+ +	Polos de planos de estratificación.

(*). No se han dibujado todas las ciclográficas que representan los planos medidos.

6.3. ESPACIADO.

El espaciado de las discontinuidades controla el tamaño de los bloques individuales de roca intacta. Es un parámetro importante cuando se presentan más de dos familias de discontinuidades en el macizo como en este caso. En esencia es una medida de la densidad con que se presentan las discontinuidades sistemáticas. La inversa del espaciado es la frecuencia.

En la zona de coronación las medidas realizadas dan como resultado:

<u>Discontinuidad</u>	<u>Espaciado medio (e)</u>	<u>Frecuencia($\frac{1}{e}$)</u>
Estratificación	1,50 m.	0,66
Diaclasas I	0,50 m.	2
Diaclasas II	0,60 m.	1,66

La "Densidad de Diaclasado" es, para esta zona del macizo:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{1}{e_i} = 2,63$$

La intensidad de diaclasado es la relación que existe entre la frecuencia de las fracturas y la frecuencia de la estratificación ($\frac{F_f}{F_c}$). Para la zona de coronación se obtiene:

<u>Familia</u>	<u>Intensidad de Diaclasado</u>
Diaclasas I	3,03
Diaclasas II	2,51

6.4. TAMAÑO Y FORMA DE LOS BLOQUES.

Se puede intentar evaluar mediante el Índice de Bloque I_B que viene a representar la dimensión media de los bloques típicos de roca en el macizo. Se calcula como:

$$I_B = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n}$$

siendo: e_i = espaciado modal entre las discontinuidades de la familia i .
 n = número de familias.

Para la zona superior del macizo $I_B=0,86$ m.

La forma predominante de los bloques es la romboédrica si bien los de mayor tamaño pueden presentar una dimensión muy alargada que les confiere una forma casi prismática.

6.5. ESTADO DE LAS PAREDES DE LAS JUNTAS. RELLENOS.

Cuando como en este caso no existen rellenos o bien estos son muy escasos, la resistencia de la pared de la junta determina en gran manera la resistencia a cortante y la deformabilidad del macizo. La pared de las discontinuidades se presenta moderadamente meteorizada, decolorada con aspecto de penetrar hacia el interior la meteorización. El material es más débil en la pared que en la roca sana. En los bancos menos potentes las juntas están en su mayoría cerradas o bien presentan espesores milimétricos de rellenos arcillosos o de cristalización de carbonatos. Los planos de estratificación pueden representar interestratos milimétricos de arcillas probablemente de descalcificación.

6.6. RUGOSIDAD.

La rugosidad de un discontinuidad es una componente importante de la resistencia al esfuerzo cortante, especialmente en el caso de juntas sin relleno.

El perfil de las juntas de la parte superior del macizo es claramente ondulado. De "visu" la rugosidad de las juntas es bastante alta, de pequeña escala y ondulante.

6.7. PERSISTENCIA.

Es una medida de la continuidad a lo largo del macizo de un plano de debilidad. En el macizo la familia de discontinuidades dominante es la I (casi perpendicular a los planos de estratificación) siendo la II secundaria y mucho menos persistente. La estratificación es así mismo muy constante por lo que la estabilidad del macizo vendrá controlada fundamentalmente por la interrelación entre esta, la superficie topográfica y las Diaclasas I. Las Diaclasas II se pueden clasificar como subsistemáticas.

6.8. APERTURA.

La gran mayoría de las discontinuidades de la zona superior aparecen abiertas entre 0,5 a 5 cm. siendo el valor más frecuente entre 1 - 2 cm. Las discontinuidades que individualizan bloques en la zona alta del macizo son las que presentan una mayor apertura a la vez que un mayor aspecto de lavado, y trazas de desplazamiento por esfuerzo cortante y movimientos debidos a tracción (ver fotografía n.º 4).

6.9. CONDICIONES HIDRAULICAS.

Durante la inspección no se observaron humedades ni filtraciones a través de las juntas, apareciendo estas secas tanto en la zona alta como en la parte inferior del macizo. El grado de diaclasado y la propia naturaleza de la roca (calizas y dolomías) confieren al macizo una alta permeabilidad por fisuración, por lo que es de esperar que constituya una importante área de recarga local. La influencia sobre la estabilidad del agua infiltrada, así como de la "cuña de hielo" que pueda llegar a producirse cuando esta congela, será muy alta en todo el macizo.

7.- ANADISIS DE LA INESTABILIDAD.

Se han representado en proyección estereográfica las orientaciones de las discontinuidades que afectan al macizo en el talud superior.

En la figura 7.1. aparecen representados los planos cuyos po los dan máximos de densidad, que se han denominado DI, DII y So que corresponden respectivamente a las familias de diaclasas I y II y a los planos de estratificación respectivamente. Así mismo se ha representado la orientación del plano del talud de cabecera.

Se comprueba que queda asegurada la estabilidad de las cuñas determinadas por los planos DI-DII y DII-So ya que no cumplen la condición geométrica y cinemática de que su línea de intersección sea exterior a la proyección del círculo máximo que define la dirección e inclinación del talud libre.

Las cuñas determinadas por la intersección de los planos DI-So cumplen la condición antedicha marcando su línea de intersección una dirección ESE.

Para que el movimiento de estas cuñas potencialmente inestables se produzca realmente es necesario además que las fuerzas que intentan mover la cuña superen a las resistencias que se oponen al movimiento. Este movimiento será posible cuando la inclinación de la arista definida por los planos sea mayor que el ángu lo de rozamiento efectivo de las discontinuidades. En la figura 7.1. se observa que esto último se producirá para un ángulo $\phi \approx 30^\circ$ que puede tratarse del ángulo de rozamiento residual de los planos. (JIMENEZ SALAS, et al. 1.975).

El cálculo del factor de seguridad FS de las cuñas se realiza considerando terreno seco y cohesión nula mediante la expresión:

$$FS = A \operatorname{tg} \varphi'_A + B \operatorname{tg} \varphi'_B \quad (1)$$

que es independiente de la altura del talud, de la dirección del plano del talud y del situado superiormente a este.

Los coeficientes adimensionales A y B se obtienen de los ábacos de HOECK y BRAY (1.977), en función de los buzamientos y direcciones de buzamientos de los planos de discontinuidad.

El no considerar la cohesión en las discontinuidades queda del lado de la seguridad; sin embargo la existencia de presiones intersticiales puede disminuir fuertemente el factor de seguridad calculado.

Con los datos de la tabla I se obtienen los siguientes valores: $A = 1,5$; $B = 0,9$; suponiendo un $\varphi'_A \cong 40^\circ$ para los planos de estratificación y manteniendo el criterio de $\varphi'_B \cong 30^\circ$ residual para Diaclasas I. Aplicando la expresión (1) se obtiene:

$$FS = 1,7.$$

TABLA I.

PLANO	RUMBO	BUZAMIENTO	DIRECCION DEL BUZAMIENTO
So(A)	N 66 E	40 SE	156°
DI(B)	N 123 E	64 NE	31°
	DIFERENCIA	24°	DIFERENCIA 125°

El valor $FS = 1,7$ indica que en el caso de talud seco las cuñas formadas por los planos So-DI son estables.

Se ha comprobado sin embargo, en la aplicación de estos ábacos, que solamente si el factor de seguridad para terreno seco y sin cohesión es mayor de 2,0 se puede afirmar que el talud será estable aún en las peores condiciones de presión intersticial. (AYALA, et al. 1.987).

Los escasos antecedentes de desprendimientos recientes en el talud vienen a confirmar lo anteriormente reseñado, pero estos podrán producirse cuando la ladera se encuentre en condiciones de fuertes presiones intersticiales, coincidiendo con periodos de precipitaciones importantes, o en épocas de intensas heladas. En estas condiciones, las cuñas que parten del talud superior caen desde una altura inferior a 6 m. sobre la superficie alomada de la ladera en la zona alta (ver Panorámica n.º 1) quedando sobre la misma en equilibrio más o menos inestable. La escasa altura del talud de coronación sobre la superficie inclinada inferior condiciona el que los bloques no consigan adquirir la suficiente energía cinética como para rodar por la ladera, en cuyo caso seguirían una línea cuya trayectoria más probable sería aproximadamente SSE.

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA DE LAS CUÑAS EN EL TALUD SUPERIOR

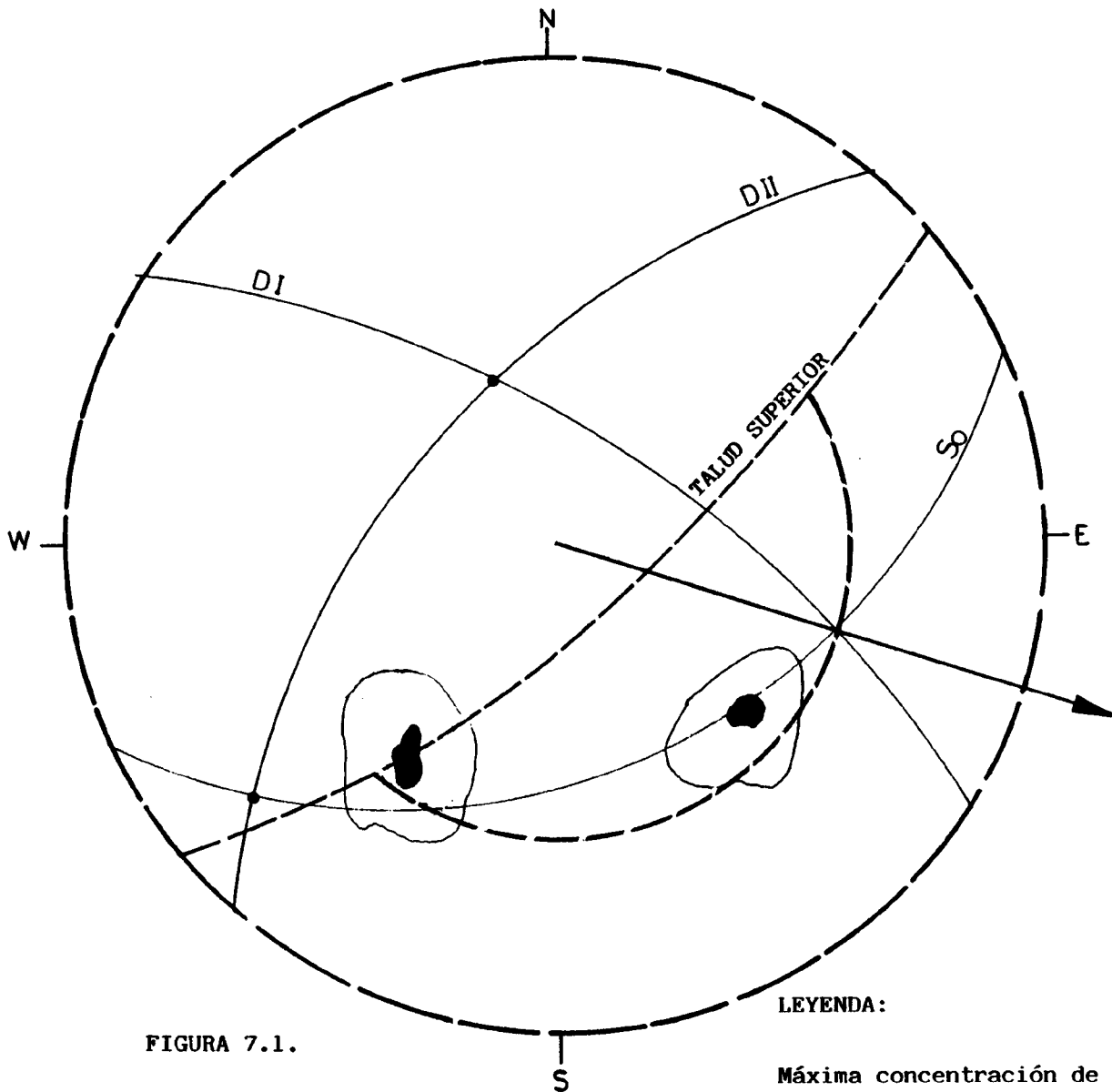


FIGURA 7.1.

LEYENDA:

Máxima concentración de puntos correspondientes a los planos de diaclasas medidos. (El último contorno, engloba el 100 % de las observaciones.)



Dirección del movimiento de las posibles cuñas.



El nivel de riesgo puede por tanto calificarse como R1 (Mediano).

La ausencia de antecedentes recientes de desprendimientos importantes delata la lenta, aunque progresiva, evolución de la ladera.

La influencia de la topografía condiciona, como trayectoria más probable, la de dirección aproximadamente SSE (véase mapa de situación). En esta dirección sólomente se encuentran algunos corrales, muchos de ellos abandonados o en ruinas por lo que se puede considerar que es muy improbable que de producirse un desprendimiento este vaya a afectar a zonas del casco urbano que estén siendo utilizadas como viviendas.

Se puede considerar por tanto que el riesgo en la actualidad es BAJO.

9.- CONCLUSIONES.

De la descripción geomecánica del macizo, así como del análisis de la inestabilidad llevado a cabo, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La tipología de la inestabilidad corresponde a la de desprendimientos tipo cuña a favor del sistema de discontinuidades en la zona de coronación de la ladera.

- Se comprueba que estas cuñas, en el caso de terreno seco y considerando cohesión nula para las superficies de discontinuidad, tienen un factor de seguridad $FS = 1,7$. En condiciones de elevada presión de agua o por empujes provocados por hielo sobre los bloques individualizado, el coeficiente de seguridad decrece, pudiendo dar lugar a la caída de los bloques.

- La escasa altura del talud y el volumen moderado de los bloques que se pueden desprender, condiciona el que estos no lleguen a alcanzar la suficiente energía cinética como para llegar al pie de la ladera, quedando en equilibrio más o menos inestable al pie del talud superior.

- En el caso de que se produzca un desprendimiento de suficiente entidad como para alcanzar el pie de la ladera, la topografía condiciona como trayectoria más probable la SSE, con lo que es muy difícil que llegara a afectar áreas del casco urbano actualmente habitadas.

- El nivel de riesgo actual puede ser considerado como BAJO.

10.- RECOMENDACIONES.

De las conclusiones anteriormente expuestas, se desprende que las medidas que se adopten van a ir encaminadas, fundamentalmente, a paliar el progresivo deterioro de la zona de coronación del macizo y a incrementar convenientemente el grado de estabilidad de los bloques de gran tamaño que se encuentran en la ladera. Se proponen por lo tanto las siguientes medidas:

- Sistema de recalce.

El sistema de recalce de los bloques de gran tamaño que existen actualmente sobre la ladera, así como de aquellos que pudieran resultar de las labores de saneo y que llegaran a quedar sobre la misma en situación inestable, será similar al que puede observarse en la fotografía n.º 6, que corresponde al ya realizado por los vecinos. El sistema consistirá en la ejecución de un muro de entre 0,50 y 0,60 metros de grosor, de piedra de mampostería que será prestada de la misma ladera al objeto de abaratar los costes y conseguir un menor impacto visual. La piedra se tomará con mortero de cemento. El esquema que se pretende adoptar aparece representado en la figura 10.1.

- Sistema de anclaje.

Lo constituyen grapas de acero corrugado bien electro-soldadas o bien dobladas. Su sección mínima no será inferior a los \emptyset 2 cm. y se colocarán a intervalos dictados por las dimensiones de los bloques que vayan a fijarse.

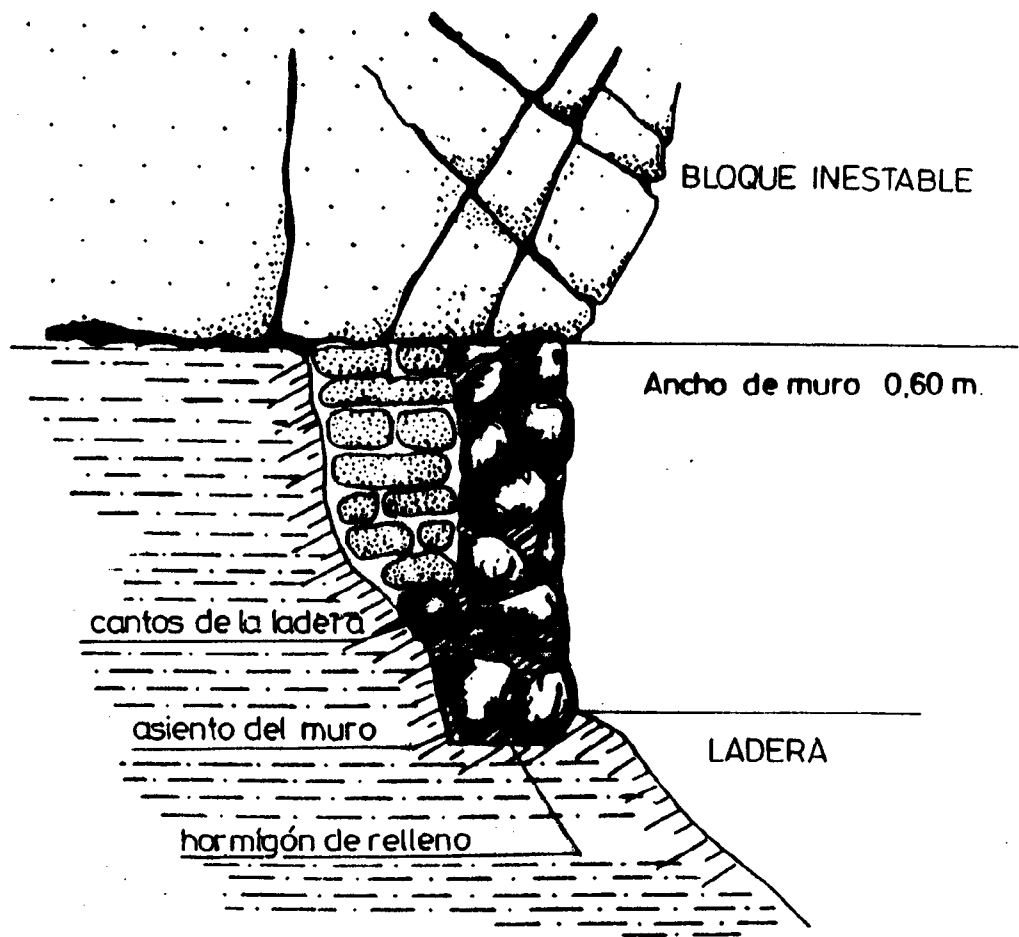


Figura. 10.1. Sistema de recate ("dentición") para el contacto bloque-ladera. (Adaptado de: GEORGE FOOKES, P y SWEENEY, M. en "Q. Journal of Engineering Geology" 1.976. Vol. 9. pp 37 55)

La forma de ejecutar las grapas consistirá en primer lugar en una limpieza a fondo tanto de la superficie de la roca como de las juntas. Posteriormente se procederá a realizar los agujeros de anclaje en la roca mediante martillo percutor, para rellenarlos completamente con cemento de alta capacidad adherente e introducir seguidamente la pata de la grapa que previamente habrá sido pintada con pintura de plomo anticorrosiva. Es conveniente que el cemento rebose un poco del agujero de anclaje para la grapa por lo que no se retirará. Una vez colocada la grapa en el lugar de anclaje se procederá a cubrirla con hormigón de sellado.

Este sistema se aplicará únicamente en la zona de coronación del promontorio cuando se identifiquen bloques de gran tamaño individualizados por grietas o juntas de tracción que tienden a abrirse por el propio peso de los bloques en el sentido de la pendiente general de la ladera. No se aplicará por lo tanto a bloques o cuñas de menor tamaño. El esquema del sistema de sujeción así como detalle del mismo aparecen en la figura 10.2. y 10.3.

- Impermeabilización por sellado de juntas.

Dentro de las medidas de mejora del promontorio se considera conveniente proceder a sellar las juntas o grietas visibles en la zona alta del mismo, en una zona suficientemente amplia en toda la longitud del talud superior. Para ello, se procederá previamente a comprobar la movilidad de los bloques y cuñas mediante palanquetas. Se deberá proceder a apeaar cuantos bloques resulten inestables, adoptando para ello las medidas de seguridad convenientes. El material procedente se podrá verter por la cara Norte del promontorio ya que no existen al pie de la ladera construcciones que puedan resultar afectadas. En todo caso se comprobará que no existan conducciones u otros servicios y se seña^lizará la zona durante el tiempo que duren los trabajos.

Una vez retirados todos los bloques y cuñas inestables se procederá a la limpieza en profundidad de la roca, eliminándose todo el borde de alteración de la fractura a ambos lados de la misma. Posteriormente se procederá al vertido en las fracturas de una lechada de cemento lo suficientemente fluída como para conseguir niveles aceptables de penetración por gravedad. Dada la litología aflorante en la zona, el impacto visual de esta medida será prácticamente nulo.

Como medida complementaria, y en cualquier caso siempre que se vaya a proceder al sellado de alguna fractura, se propone arrancar de raíz la vegetación arbustiva de la zona alta del talud y verter sal en las grietas con el objeto de impedir el re crecimiento (o algún otro producto que tenga efectos similares).

Todas las operaciones anteriormente reseñadas serán diri gidas por personal técnico especializado.

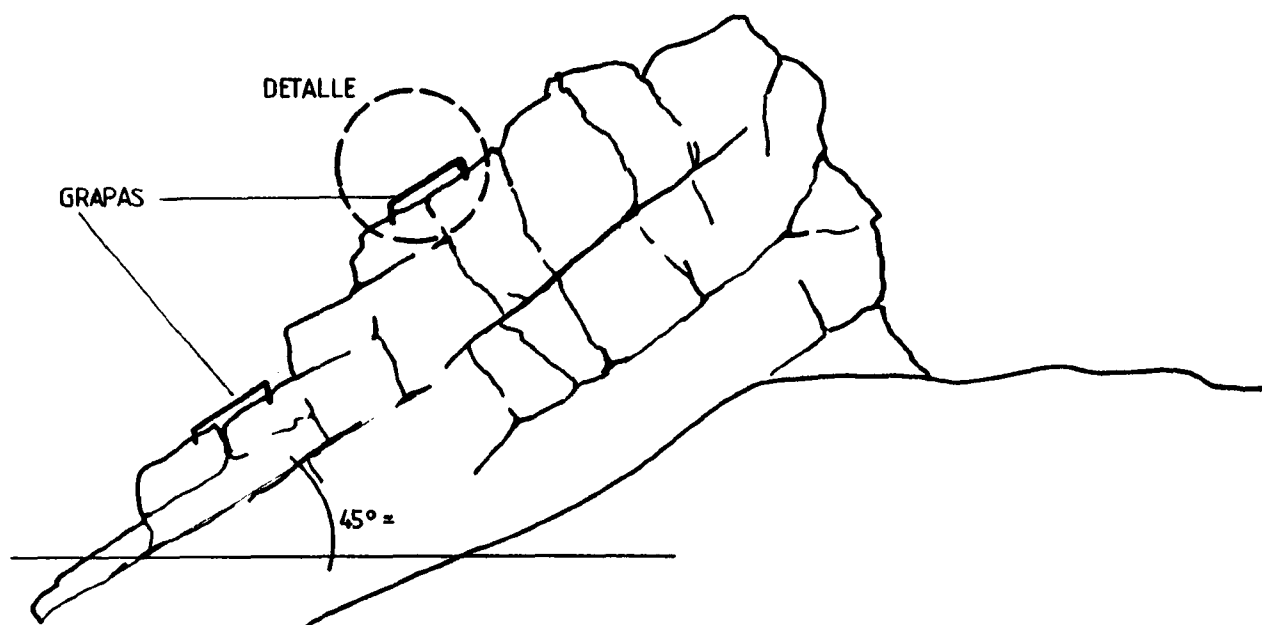


FIGURA 10.2.

Sistema de sujeción de bloques mediante grapas de anclaje.

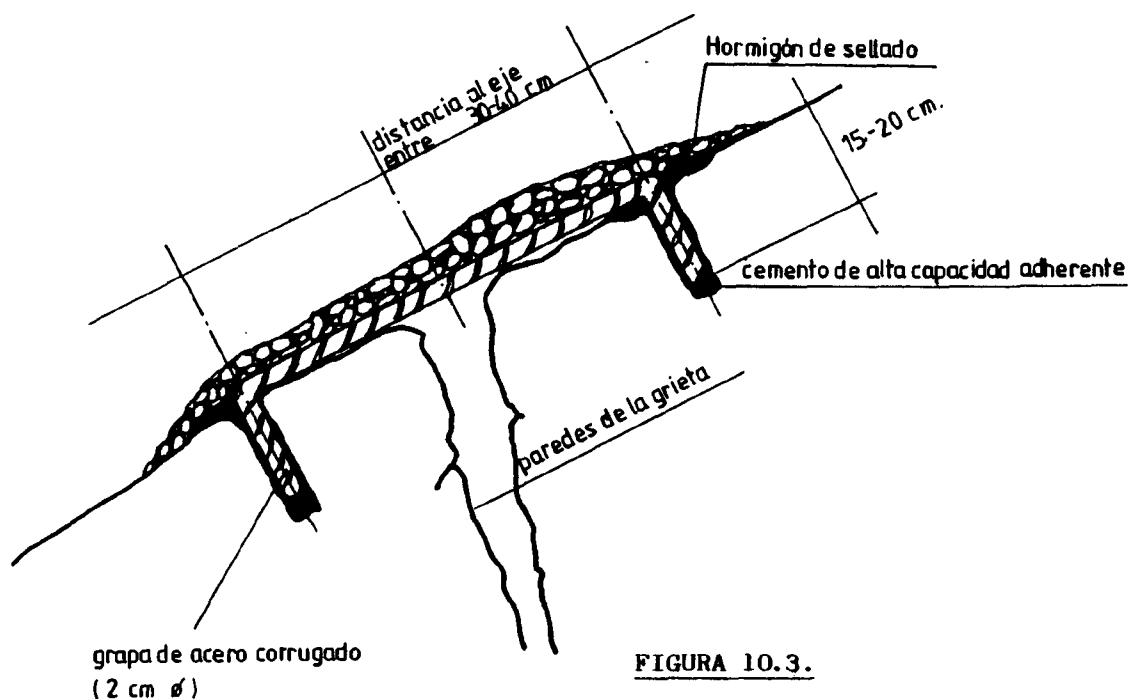
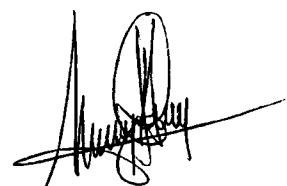


FIGURA 10.3.

Sección-Detalle del sistema de grapas para fijación de la grieta.

Fdo.: Francisco J. Ayala Carcedo
- Jefe del Area de Ingenie
ría Geoambiental.
I.T.G.E.

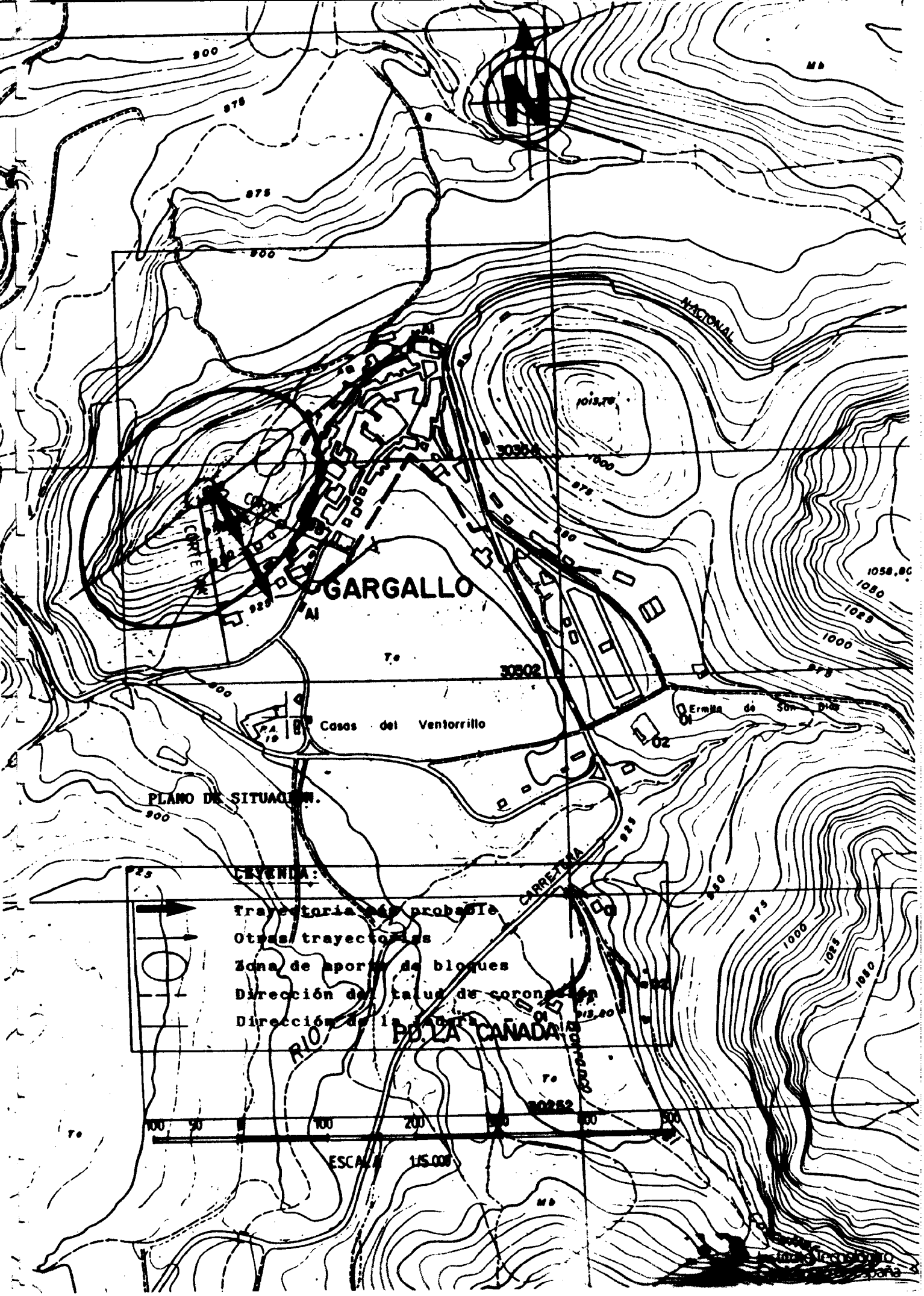


Fdo.: Miguel Pérez Picallo
- Lcdo. en Ciencias
Geológicas.
GEONOC, S.A.

A N E X O S

Anexo I:

Plano de situación.

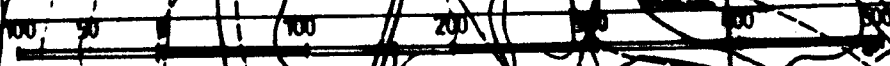


PLANO DE SITUACION.

LEYENDA:



- trayectoria a probar
- Otras trayectorias
- Zona de aporte de bloques
- Direccion del talud de coronacion
- Direccion de la carretera



ESCALA 1:15.000

Anexo II:

Orientaciones de los planos de discontinuidad.

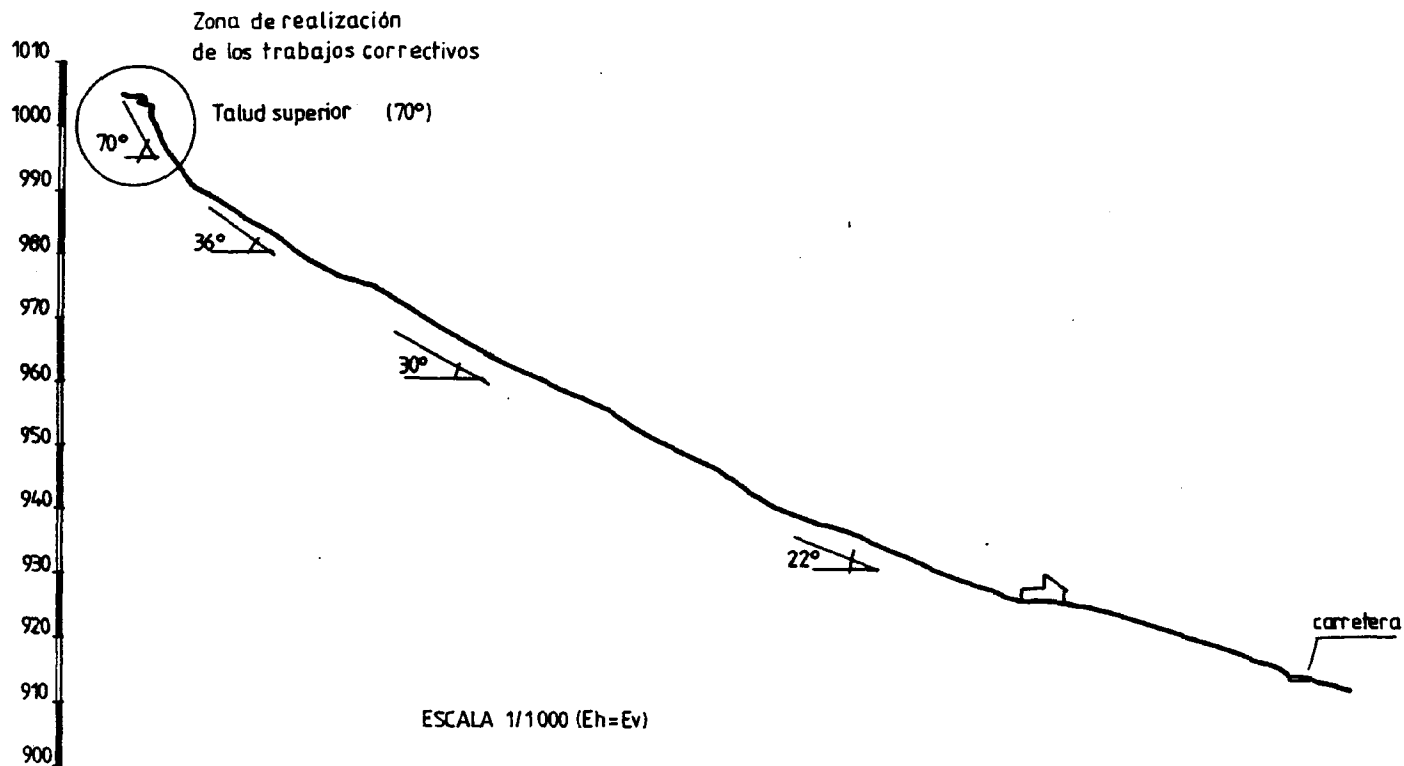
ORIENTACIONES DE LOS PLANOS DE DISCONTINUIDAD EN LA ZONA ALTA DEL DEL MACIZO.

FAMILIA	DIRECCION	BUZAMIENTO
Estratificación(So)	N 66 E	40 SE
Diaclasas I	N 217	72 NE
	N 250	45 NE
	N 220	60 NE
	N 235	54 NE
	N 230	50 NE
	N 235	65 NE
	N 225	55 NE
	N 240	67 NE
	N 245	60 NE
Diaclasas II	N 235	45 NE
	N 230	62 NW
	N 235	58 NW
	N 310	50 NW
	N 315	60 NW
	N 325	50 NW
	N 330	55 NW

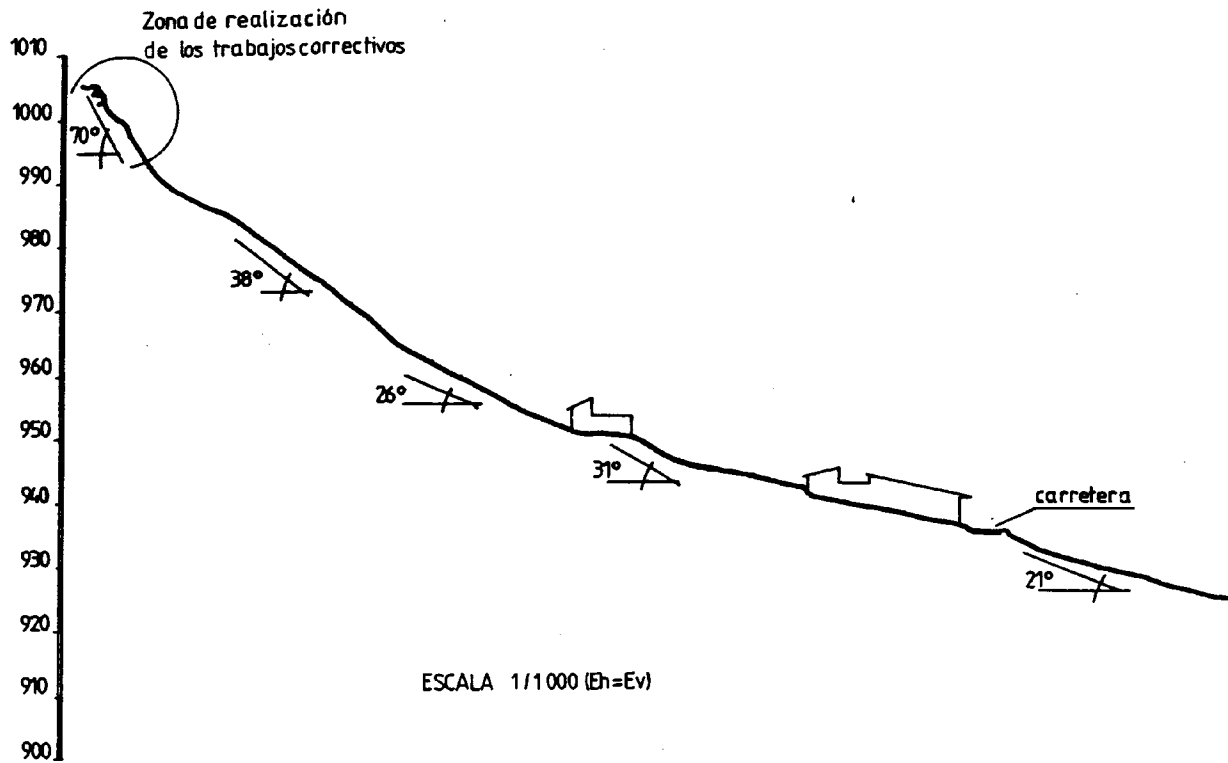
Anexo III :

Cortes Topográficos.

CORTE "A"



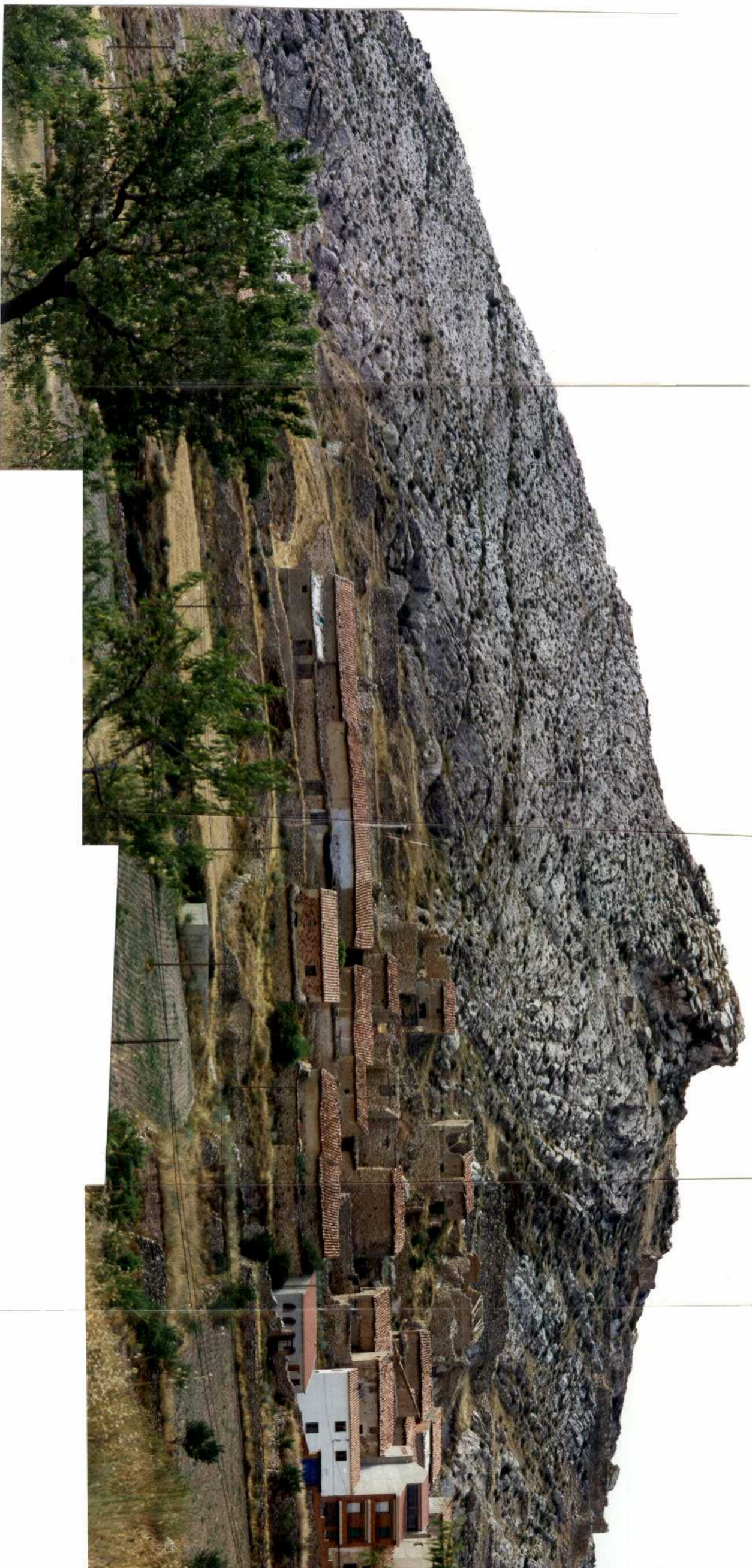
CORTE "B"



ESCALA 1/1000 (Eh=Ev)

Anexo IV:

Fotografías.



PANORAMICA N.º 1.

Vista general del promontorio desde el SE. Obsérvese la disposición del mismo formando una típica "cuesta estructural". La altura desde la última línea de casas es de 55 m. La zona de coronación que forma el "crestón" de la cuesta es la que presenta los problemas de desprendimientos. Obsérvese los bloques desprendidos acumulados al pie del pequeño talud de coronación.



FOTOGRAFIA 1.

Vista del talud de coronación, obsérvese la superficie alomada inferior sobre la que se encuentran los bloques desprendidos. La intersección de planos de estratificación y diaclasado provoca la individualización de bloques. En primer término uno de los bloques desprendidos ha sido recalzado.



FOTOGRAFIA 2.

La misma zona que en la fotografía 1 vista desde el Norte.

Se observan algunos bloques que ya se encuentran totalmente individualizados y basculados a favor de la pendiente.



FOTOGRAFIA 3.

Detalle de la fracturación en la zona de coronación del macizo. Obsérvese como los matorrales arman sus raíces en los planos de discontinuidad. En el centro puede observarse una cuña ya desprendida.



FOTOGRAFIA 4.

Aspecto que presenta el macizo en coronación.

Las fisuras aparecen abiertas y sin rellenos. A la derecha un detalle de la gran porosidad de la roca que unida a la fracturación confiere una gran permeabilidad al macizo.





FOTOGRAFIA 5.

Vista de la ladera desde el SW. Obsérvese algunos bloques de grandes dimensiones sobre la ladera en situación inestable, así como el gran número de cantos más pequeños.



FOTOGRAFIA 6.

Detalle desde el punto NE. del bloque que se encuentra en la parte superior de la ladera. Obsérvese el recalce realizado mediante muro de mampostería.



Anexo V:

Presupuesto estimativo de las obras.

PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS OBRAS.

1- Transporte de maquinaria y acopio de materiales, puesta en obra ($\approx 15\%$ Coste seco).	34.877 Ptas.
2- Fijación de los bloques (recalce). M ³ . muro de mampostería. (26.488 Ptas/m ³).....	(1 m ³)	26.488 Ptas.
3- Sistema de fijación de grapas. Ud. de limpieza, acondicionamiento y taldro con martillo-percutor. (1.400 Ptas/hora).....	(0,5 h.)	700 Ptas.
Ud. de grapas de acero corrugado \emptyset 2 cm. (450 Ptas/Ud.).	450 Ptas.
Ud. de instalación con cementos especiales. (2.000 Ptas/hora).....	(0,5 h.)	<u>1.000</u> Ptas.
		2.150 Ptas.
	x 20 Ud. =	43.000 Ptas.
Hormigón de sellado (Incl. vertido).....	(0,5 m ³)	17.000 Ptas.
4- Impermeabilización. Hormigón de limpieza en grietas, manual mediante compresor y cepillo. (1.560 Ptas/hora)	(40 h.)	62.400 Ptas.
M ³ . de impermeabilización de grietas con mortero especial. (3.345 Ptas/m ²).....	(25 m ²)	83.625 Ptas.

Coste seco		232.513 Ptas.
Coste ejecución material (Coste seco + 1)		267.390 Ptas.
30 % gastos generales + beneficios		80.217 Ptas.
12 % IVA		32.087 Ptas.
TOTAL COSTE EJECUCION OBRA		<u>379.694</u> Ptas.
	Redondeo	380.000 Ptas.

Anexo VI:

Solicitud de ayuda técnica por parte
de la Excma. Diputación Prov. de Teruel.



El Presidente de la Diputación Provincial

TERUEL

17 de Enero de 1.989

ILMO. SR. D. EMILIO LLORENTE GOMEZ

Director del Instituto Tecnológico y Geominero de España

M A D R I D.-

Estimado amigo:

Habiéndose presentado a esta Diputación por parte de los Alcaldes de Libros y Gargallo sendas peticiones, en las que se nos pide un estudio de los deslizamientos que afectan, en cada caso, a sus núcleos urbanos, y careciendo esta Diputación de los medios técnicos adecuados, es por lo que se pide a este Instituto la colaboración necesaria para realizar el estudio y resolución de los deslizamientos que amenazan a los núcleos urbanos arriba citados.

En espera de tus noticias y agradeciéndote de antemano tu atención, recibe un cordial saludo.

I. T. G. E.	FECHA: 20-1-89
DIRECTOR A:	PARA:
<input type="checkbox"/> SECR. GRAL.	1. CONOCIM.
<input type="checkbox"/> D. PLANIFIC.	2. INF. LSCR.
<input type="checkbox"/> D. GEOCLOCIA	3. I. DE B.
<input type="checkbox"/> D. REC. MIN.	4. I. A. I. G.
<input type="checkbox"/> D. AGUAS	5. ARCHIVO
<input checked="" type="checkbox"/> F. AYUDA	6. PROP. CONT.
<input type="checkbox"/>	7.

Fdo: Isidoro Esteban Izquierdo,