

Nº de fichero: 78241



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS INDUCIDOS POR
DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS SOBRE LA CARRETE-
RA COMARCAL C-1310 DE FRAGA A HUESCA.

(En el Término Municipal de BALLOBAR (HUESCA)).

01215

Este estudio ha sido realizado por el siguiente equipo técnico:

- D. Francisco J. Ayala Carcedo.

* Ing. Minas.

* Director del Estudio.

I.T.G.E.

- D. Guillermo O. Conconi.

* Ing. Civil.

GEONOC, S.A.

- D. Alberto Gracia Bernal.

* Lcdo. en CC. Geológicas.

GEONOC, S.A.

- D. Miguel Pérez Picallo.

* Lcdo. en CC. Geológicas.

GEONOC, S.A.

COLABORACIONES:

- D.G.A. (Dirección General de Carreteras).

- DIVISION TERRITORIAL DEL I.T.G.E. en ARAGON.

I N D I C E

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- ANTECEDENTES.
- 3.- SITUACION GEOGRAFICA. LOCALIZACION Y ACCESOS.
- 4.- GEOLOGIA GENERAL DE LA ZONA.
 - 4.1. Introducción.
 - 4.2. Estratigrafía.
 - 4.3. Estructura.
 - 4.4. Geomorfología.
 - 4.5. Hidrología.
- 5.- DESCRIPCION DE LA PROBLEMATICA GENERAL.
- 6.- FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROBLEMA.
 - 6.1. Parámetros climático-ambientales.
 - 6.2. Geometría del talud.
 - 6.3. Características de los materiales.
 - 6.3.1. Caracterización geológica de los materiales.
 - 6.3.2. Caracterización geotécnica de los materiales.
 - 6.3.3. Defectos rocosos -Grado de fracturación del macizo.
 - 6.3.4. Condiciones hidráulicas del macizo.
- 7.- ALCANCE DE LOS DESPRENDIMIENTOS

- 7.1. Introducción.
 - 7.2. Aspectos teóricos de la caída de rocas en el talud.
 - 7.3. Alcance máximo probable de bloques aislados.
 - 7.4. Alcance máximo probable de bloques aislados (modelo HACAR BENITEZ 1.988)
 - 7.5. Análisis de los resultados obtenidos.
 - 7.6. Evaluación del nivel de riesgo.
-
- 8.- CONCLUSIONES.

 - 9.- RECOMENDACIONES.

 - 10.- BIBLIOGRAFIA.

A N E X O S

- I. FOTOGRAFIAS.
- II. CORTES.
- III. MAPA 1.
- IV. CALCULOS.
- V. RECORTES DE PRENSA.

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 geológico inducido por los desprendimientos producidos y susceptibles de seguir produciéndose, de no adoptarse las medidas necesarias, en la carretera C-1310 de Fraga a Huesca, concretamente en un congosto situado en el punto kilométrico 14,850 de la mencionada carretera, entre las localidades de Velilla de Cinca y Ballobar (ambas en la provincia de Huesca), en el paraje denominado Las Ripias, frente a la confluencia de los ríos Cinca y Alcanadre.

Este estudio se enmarca dentro de un conjunto de trabajos de investigación solicitados por el Servicio de Protección Civil, en este caso, de la provincia de Huesca. El objeto del mismo es el análisis de las inestabilidades de un talud-acantilado rocoso que viene produciendo desprendimientos sobre la carretera que discurre paralela durante algunos kilómetros al pie de dicho talud, con el consiguiente peligro para los usuarios que circulan por ella.

Los trabajos que se han realizado parten de una primera fase de visitas a la zona de los desprendimientos y de la recogida de documentación antecedente al problema.

Posteriormente se lleva a cabo un minucioso estudio del talud y se aportan las recomendaciones técnicas que se adoptarán para la corrección del problema.

Con todo ello se ha elaborado la presente memoria.

2.- ANTECEDENTES.

La carretera comarcal C-1310 de Fraga a Huesca viene sufriendo desde hace tiempo graves desprendimientos como consecuencia de los fenómenos de inestabilidad de las rocas que conforman el talud al pie del cual discurre. Durante algunos kilómetros y en los dos últimos años la situación se ha agravado habiéndose producido dos grandes desprendimientos. El primero de ellos tuvo lugar el 7 de Enero de 1.987 y el segundo, más reciente el 18 de Febrero de 1.989. En ambos casos, como consecuencia de la caída de bloques de roca, se produjo el corte de la carretera. Si bien hasta el momento no ha habido que lamentar desgracias personales, sí han sido numerosas las personas que han sufrido daños de consideración en sus vehículos.

Esta carretera viene utilizándose fundamentalmente por vecinos de las localidades de Ballobar, Chalamera y Ontiñena (municipios de la provincia de Huesca) en sus desplazamientos frecuentes a la localidad de Fraga (Huesca) que actúa en la zona como centro comercial y administrativo. Es importante destacar que el tráfico a través de dicha vía sufre un importante incremento durante la temporada estival motivado fundamentalmente por la actividad frutícola que constituye la principal riqueza de la región. Debemos también señalar que dada la infraestructura viaria de la zona es importante mantener la comunicación de los municipios señalados anteriormente a través de esta carretera ya que los únicos pasos del Río Cinca que conectan ambas riberas del mismo en esta área se localizan en Fraga (18 Km. al SE. de Ballobar) y en Alcolea de Cinca (12 Km. al NO. de Ballobar).

La zona donde se han producido los últimos desprendimientos se sitúa en el punto kilométrico 14,850 de la mencionada carretera situado a unos dos kilómetros hacia el SO. de la localidad de Ballobar, en el paraje denominado Las Ripas, frente a la confluencia de los ríos Cinca y Alcanadre.

La inestabilidad del talud se manifiesta fundamentalmente en el desprendimiento de bloques de diferentes tamaños algunos de ellos considerables, así como en la existencia (en cabecera del talud) de grandes grietas de tracción. También son causa de inestabilidad la presencia en la cara libre del talud de bloques que en algún caso alcanzan importantes dimensiones, descalzados por erosión diferencial del sustrato subyacente más blando. Este fenómeno se ha podido observar en otras zonas próximas y ha sido causa de un reciente estudio realizado por el I.T.G.E. en esta misma zona.

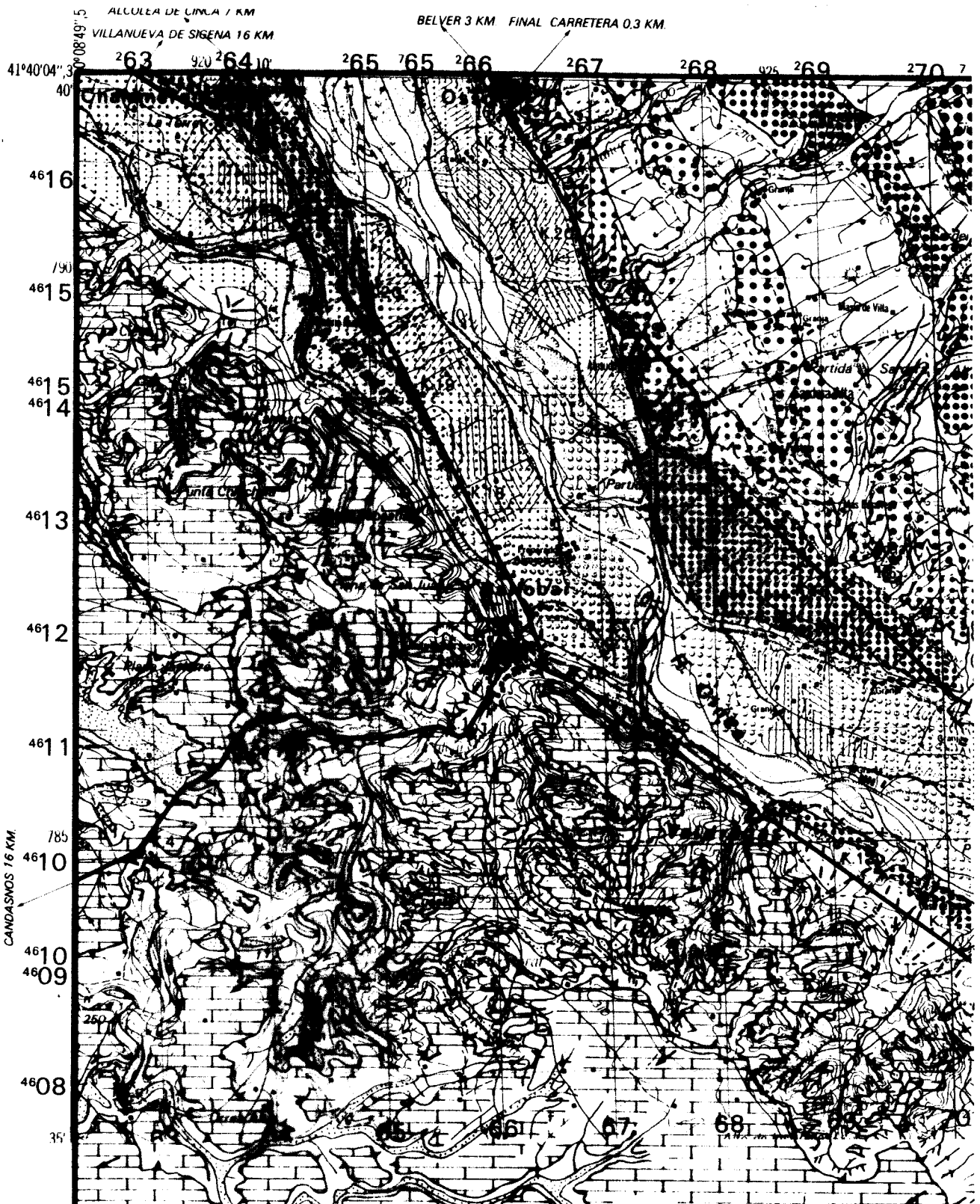
3.- SITUACION GEOGRAFICA. LOCALIZACION Y ACCESOS.

La población de Ballobar se encuentra ubicada en el vértice más Suroriental de la provincia de Huesca, a muy pocos kilómetros de la provincia de Lérida.

El acceso a dicha población se puede realizar por carretera desde Zaragoza, bien por la Nacional II (Zaragoza-Lérida) hasta Candasnos en donde se toma la carretera local a Monzón y Barbastro, o bien por la Autopista A-2 hasta la salida de Fraga en donde se toma la carretera comarcal C-1310 (Fraga-Huesca) en dirección a Sa_{ri}ñena que es la que nos ocupa.

El punto inestable se localiza en dicha comarcal a partir del punto kilométrico K-14,00 desde la salida de un pronunciado barranco conocido como Barranco Valdragas hasta el punto kilométrico K-16,00 ya en las proximidades de la localidad de Ballobar en donde dicha carretera se desvía atravesando mediante un puente el Río Alcanadre dirigiéndose hacia la localidad de Chalamera.

La zona más conflictiva, en la que se han producido los dos últimos grandes desprendimientos y que es el objeto del presente estudio es la zona conocida como Las Ripas, en el punto kilométrico K-14,850 y es de fácil localización ya que se encuentra justo enfrente de la confluencia actual de los ríos Alcandre y Cinca.



TOPOGRAFICO GENERAL

LOCALIZACION Y ACCESOS

Sacado del Mapa de Fraga, N.387
 Serie L. Del Servicio Geografico
 del Ejercito. Escala 1:50.000

MAPA GEOMORFOLOGICO

Fuente: C. SANCHO MARCEN. 1988

4.- GEOLOGIA GENERAL DE LA ZONA.

4.1. INTRODUCCION.

Ballobar se encuentra situado en la zona más oriental del gran área conocida como "Los Monegros", sobre una serie de materiales miocenos y en algún caso piedemontes y terrazas aluviales cuaternarios. Esta zona del Valle del Ebro ha sido bastante estudiada datando los primeros trabajos que hacen referencia a ella de 1.836, año en el que EZQUERRA DEL BAYO publica un estudio en el que se incluye a esta área. Los últimos trabajos sobre esta zona han sido realizados por RIOS (1.959) que hace un interesante análisis sobre la sedimentación y estructura de la parte central de la Cubeta del Ebro, basada en sondeos realizados por empresas petrolíferas. LLAMAS (1.959) que realiza un "Estudio Geológico-técnico de los terrenos yesíferos de la Cuenca del Ebro", y más recientemente el importante trabajo de QUIRANTES PUERTAS (1.978) que publica una síntesis de enorme interés sobre la sedimentología y estratigrafía del Terciario Continental de los Monegros.

4.2. ESTRATIGRAFIA.

Los Monegros ocupan una gran extensión dentro del marco geográfico del Valle del Ebro, en esta amplia zona, existen todo un mosaico de formaciones del Terciario que presentan un complejo sistema de variaciones tanto en la vertical como en la horizontal. Todas ellas con rasgos que las relacionan, provienen de un ambiente sedimentario semejante, con variaciones en función de la profundidad, distancia del área fuente, etc. del punto concreto del que se trate.

En la zona estudiada, debido a la gran regularidad que presenta la estratificación y a la ausencia generalizada de estructuras tectónicas importantes es posible correlacionar fácilmente las distintas formaciones que aparecen con puntos cercanos: Ontiñena, Cuestas de Fraga y Las Huelgas.

Podemos por tanto determinar que en este área aflora la "Formación Mequinenza" cuyo término superior está definido en "Los Arcos". (QUIRANTES, 1.969).

Esta Formación consiste en un primer paquete de 30-35 m. de potencia de margas arcillosas rojas intercalando frecuentes niveles centimétricos de yesos laminares y fibrosos y eventuales estratos calcomargosos con potencias variables entre 0,1 y 1 metro hacia la base de la formación principalmente.

Los distintos niveles son en general muy finos, la estratificación es horizontal y muy regular, el contenido de yesos es muy elevado y en algunos puntos la degradación de la roca impide apreciar bien la estratificación existiendo algunos puntos cubiertos por coluviones.

Un segundo paquete de 25-27 metros de potencia está compuesto por margas grises, blanquecinas con niveles calcomargosos intercalados de 0,25 - 0,50 m. de potencia y al igual que en el resto de la formación se observa una gran continuidad lateral.

Un tercer paquete lo constituyen entre 16 y 18 metros de calizas tableadas de color gris, en bancos de potencias variables que no sobrepasan los 1,5 m. con intercalaciones margosas poco potentes. En este paquete la estratificación es mucho más marcada y constituye la coronación del talud resaltando en el relieve debido a la mayor dureza de la roca.

4.3. ESTRUCTURA.

El Terciario de esta zona se encuentra horizontal no apreciándose ningún buzamiento de las capas a escala de afloramiento. Tan sólo a escala regional se han conseguido medir suaves deformaciones con el empleo de barra de paralaje.

En Ballobar nos encontramos en el vértice más oriental de un suave sinclinal cuyo eje alcanza en su extremo occidental la Sierra de Alcubierre. Aquí se ha medido un buzamiento general de la serie muy suave, de unos dos grados hacia el Oeste.

4.4. GEOMORFOLOGIA.

Ballobar se encuentra a algo menos de un kilómetro de la confluencia de los ríos Cinca y Alcanadre y a orillas de éste último, que en este sector discurre muy encajado respecto de su margen derecha presentando taludes de hasta 135 m. de altura con tramos "verticales" de hasta 75 m. de altura. El relieve en la zona es en mesas y cuestas que presentan fuertes caídas hacia los ríos Alcanadre y Cinca provocadas por el encajamiento de estos sobre los materiales blandos de su margen derecha.

Las altas pendientes determinan, en materiales blandos, que las precipitaciones den formas de relieve características y así en zonas próximas como en el "Cerro de San Juan" se presentan laderas muy abarrancadas donde los interfluvios prácticamente no existen quedando reducidos a simples aristas dando un paisaje típico de "bad-lands".

La margen derecha del río es la de relieve más importante alcanzándose cotas de hasta 330 metros, la margen izquierda corresponde a una gran llanura de inundación con algunas formas de deposición (meandros y terrazas) debidas a la acción de los ríos. (Véase Mapa Geomorfológico).

4.5. HIDROLOGIA.

Existen en la zona dos cursos de agua permanente que corresponden a los ríos Cinca y Alcanadre y uno estacional activo únicamente en épocas de avenidas importantes, conocido como el Barranco de Valcarreta, que vierte al Alcanadre a la altura de la localidad de Ballobar.

La red de drenaje superficial está jerarquizada por los grandes barrancos de la margen derecha de los ríos, predominando las aportaciones por escorrentía superficial, siendo la infiltración escasa y limitada a las zonas en las que existe una importante red de diaclasas ya que el resto de la litología en la zona es marcadamente impermeable, lo que da lugar, en épocas de grandes precipitaciones torrenciales, a fenómenos erosivos de gran importancia y a un aumento de la incisión lineal de los barrancos.

Las aportaciones subterráneas son escasas sin que existan otros acuíferos conocidos que los limitados a las terrazas aluviales próximas a los cauces de los ríos. En áreas próximas existe algún nivel acuífero colgado de poca entidad, la recarga en estas áreas se produce por infiltración a través de grietas y diaclasas.

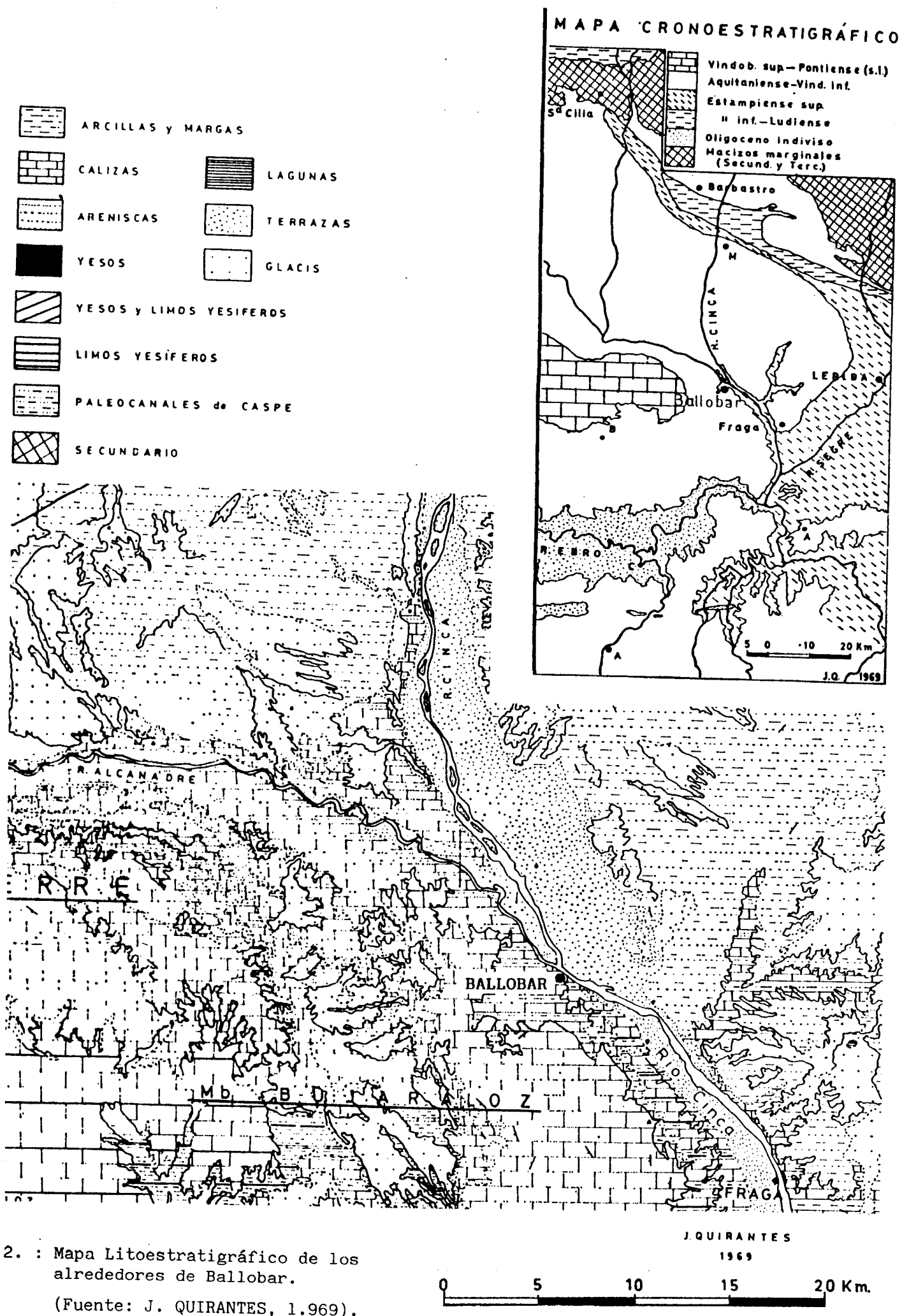


FIG. 2. : Mapa Litoestratigráfico de los alrededores de Ballobar.

(Fuente: J. QUIRANTES, 1.969).

0 5 10 15 20 Km.

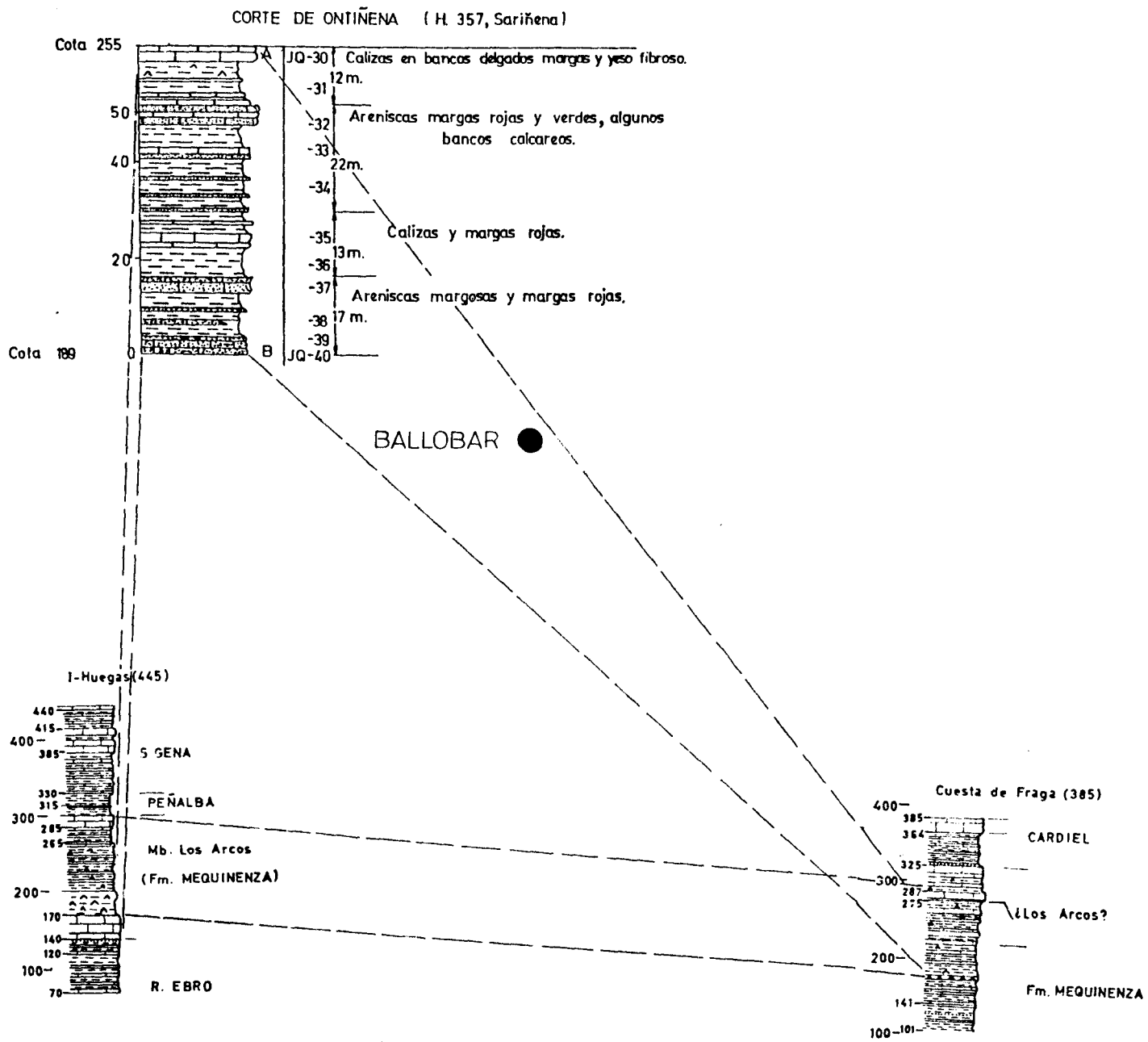


FIG. 3. Correlación estratigráfica entre las distintas columnas existentes en localidades próximas (QUIRANTES, J. 1.969).

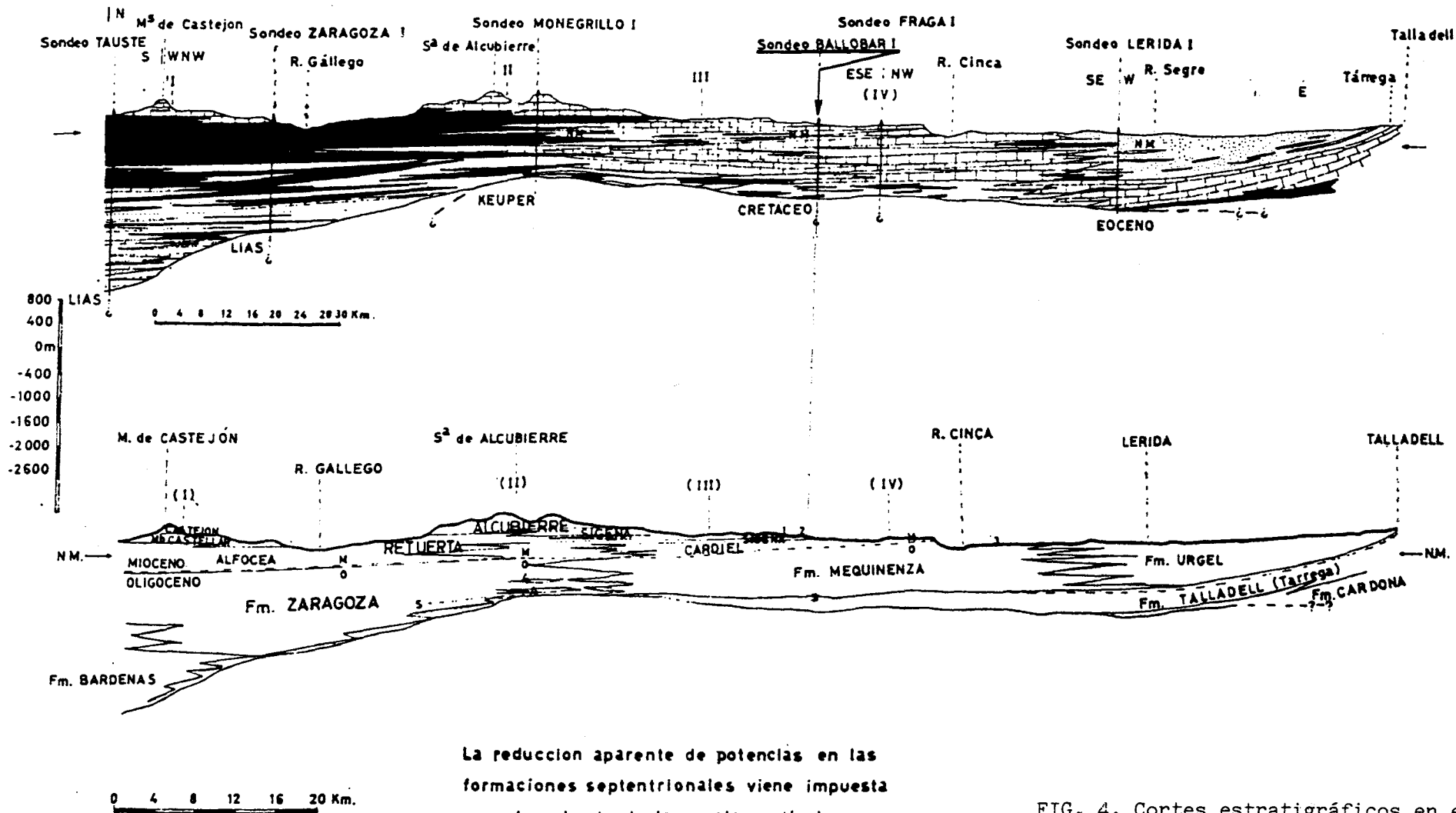


FIG. 4. Cortes estratigráficos en el área de Ballobar. (Fuente: QUIRANTES, J. 1.969).

5.- DESCRIPCION DE LA PROBLEMATICA GENERAL.

El problema principal del talud en el paraje de Las Riplas consiste en los desprendimientos que se producen en el mismo y que ocasionan la caída de bloques de material del talud superior (prácticamente vertical), individualizados por planos de rotura, con caída libre al menos en parte de su recorrido.

Generalmente este mecanismo ocurre en taludes escarpados, AYALA (1.987) y está motivado por diversas causas. La superficie de rotura que individualiza al bloque verticalmente puede ser una grieta de tracción provocada por el estado tensional a que está sometido el material, siendo en otros casos la erosión del pie (o parte de la cara del talud) por diferente competencia de los materiales la que da lugar a grietas por pérdida de sustentación del bloque que sobresale, lo que provoca la rotura debido a la excentricidad del peso del bloque.

La pérdida de resistencia y apertura de las superficies de discontinuidad es motivada, en una gran mayoría de los casos, por la presencia de agua en las mismas, dando lugar a la aparición de presiones intersticiales que actúan sobre el bloque, o por congelación de este agua de infiltración al aumentar la apertura de las mismas provocando empujes en el bloque aislado (FERRER GIJON, 1.987).

Resumiendo, se puede afirmar que los desprendimientos que se producen en el talud están motivados por dos causas principales:

- a) Concentración de tensiones en la cabecera del talud.
- b) Pérdida de resistencia por erosión en la base de algunos bloques individualizados.

6.- FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROBLEMA.

A continuación se revisan los principales factores que contribuyen a dar la situación de inestabilidad anteriormente descrita, y, en consecuencia, a crear la situación de riesgo que posteriormente se evalúa.

6.1. PARAMETROS CLIMATICO-AMBIENTALES.

El clima es el factor principal en todos los procesos erosivos y de degradación de laderas. Fenómenos como termoclastia y crioclastia contribuyen enormemente a la meteorización de las rocas y a la aparición consiguientemente de fenómenos de inestabilidad, en función de la posición relativa de los materiales que se erosionan (altura, inclinación de la ladera, etc.). En la tabla n.º1 aparecen representados los valores medios de temperaturas para la zona estudiada.

TABLA nº 1	
VARIABLE CLIMATICA	VALOR MEDIO
Temperatura media anual	De 14 a 16 °C.
Temperatura media mes más frio	De 4 a 6 °C.
Temperatura media mes más cálido ...	De 25 a 27 °C.
Duración media del periodo de heladas.....	5 meses.

Toda la zona está caracterizada por un Clima Mediterráneo Continental.

Como puede observarse en la Tabla n.º 1 la duración media del periodo de heladas es de cinco meses al año; este factor es por tanto fundamental. El agua absorbida por la roca se transforma en cristales de hielo como resultado de la disminución de la temperatura. El consiguiente aumento de volumen (que se estima en torno al 9 %) pulveriza la roca, sin embargo es preciso para ello que el agua no encuentre espacio libre para la expansión. La helada produce la rotura cuando el grado de saturación de la roca anterior a la aparición del hielo era superior a un cierto "grado de saturación crítico". En el terreno, el grado de saturación de las rocas es con frecuencia superior a este valor crítico. Es también frecuente que sucesivas alternancias de ciclos hielo-deshielo provoquen el que se alcance dicho valor (JIMENEZ SALAS et. al 1.980).

Otro agente climático que podemos considerar fundamental y que está directamente involucrado en la aparición de la inestabilidad del talud es la lluvia. Es por tanto importante hacer un análisis de las condiciones de precipitación de la zona.

En la Tabla n.º 2 aparecen los valores medios de precipitación así como referencias a la evapotranspiración potencial media anual y al déficit medio para la zona:

TABLA n.º 2	
E.T.P. media anual	De 950 a 1.000 mm.
Precipitación media anual	De 300 a 450 mm.
Déficit medio anual	De 500 a 600 mm.
Duración media del periodo seco	De 4 a 6 meses.
Precipitación de invierno	21 %
Precipitación de primavera	28 %
Precipitación de otoño	31 %

Se cuenta además con datos pluviométricos de las precipitaciones diarias durante el año 1.988 tomadas de las estaciones de Fraga y Ontiñena, ambas poblaciones cercanas a Ballobar.

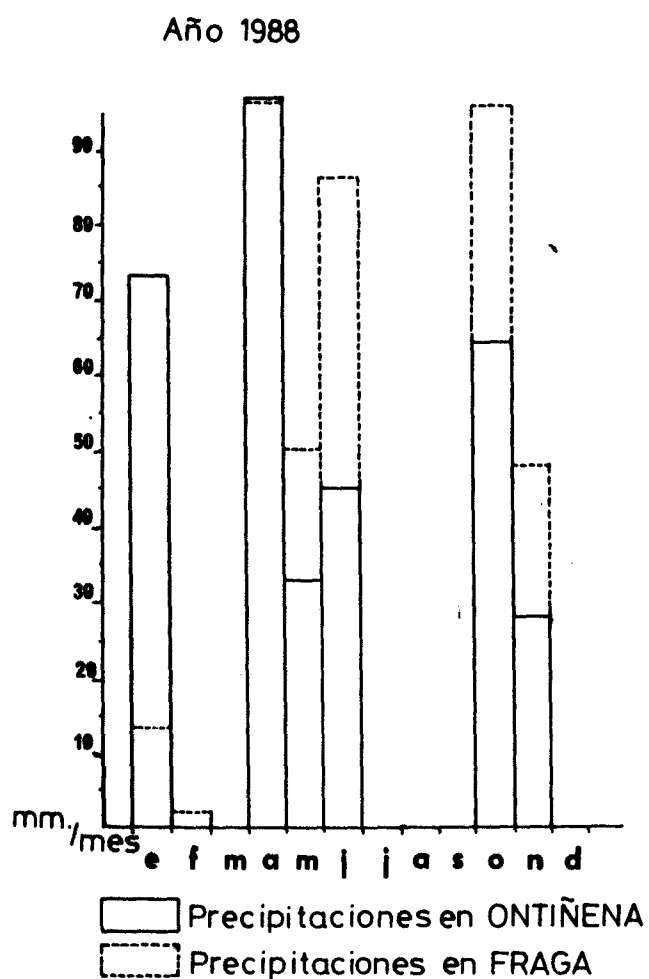


FIG. 5. Precipitaciones registradas en las estaciones de Fraga y Ontiñena en 1.988. (Fuente: Instituto Nacional de Meteorología).

TABLA N.º 3

Días Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTAL mm.	
ENERO										8		3		7	5	12	2	12					6									73 mm.	
FEBRE.																																	
MARZO																																	
ABRIL			12	22	3	1		13		4				7								6				11						97 mm.	
MAYO	5			2			12					2			5								7									33 mm.	
JUNIO								19	11					5							7		11				8	13	6			45 mm.	
JULIO																																	
AGOSTO																																	
SEPTI.																																	
OCTUB.														10		49	5															64 mm.	
NOVIEM.											28																					28 mm.	
DICIEM.																																	

Total Anual 340 mm.

PRECIPITACIONES DIARIAS DURANTE EL AÑO 1.988

-OBSERVATORIO DE ONTIÑENA (HUESCA).

N.º 911 Del INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA

En la Tabla n.º 3 y en la Fig. 5 aparecen recogidos estos datos; en la primera las precipitaciones en mm. diarias durante el año 1.988 en la estación de Ontiñena (la más cercana, 10 kilómetros al Norte) y en la segunda un histograma en el que se combinan los datos obtenidos en Fraga y Ontiñena.

Las precipitaciones, como corresponde en un clima continental con una fuerte influencia mediterránea, son escasas, con 35 días de lluvia al año.

Sin embargo en 14 de las ocasiones se superó los 10mm/día, que en este tipo de clima significa que la precipitación ha tenido lugar en condiciones de tormenta con fuertes aguaceros.

Según TAYLOR (1.970), con precipitaciones de 10 mm. o más en este tipo de clima se produce erosión.

Este proceso erosivo provocado por el agua se manifiesta en el talud por la existencia de:

- Procesos de socavación y erosiones internas con formación de grandes huecos.
- Procesos de disolución de sulfatos que dan lugar a pequeños hundimientos más o menos localizados en las zonas con mayor contenido de yesos.

Otros fenómenos que acompañan a la presencia de agua en el talud y que también contribuyen enormemente a la inestabilidad son:

- Aumento de las presiones hidrostáticas. Es de particular importancia el incremento debido a la infiltración del agua a través de las grandes grietas que aparecen en la coronación del talud, en las que ha podido constatarse la presencia de agua.

- Disminución del ángulo de rozamiento de los materiales situados en el piedemonte del talud.

- Tendencia (al aumentar el % de humedad) a un incremento en el Índice de Plasticidad de los materiales más arcillosos con el consiguiente aumento de su índice de fluidez y la disminución de su resistencia al corte.

6.2. GEOMETRIA DEL TALUD.

La geometría del talud, (en particular la altura del mismo y su pendiente), es un factor de enorme importancia en los fenómenos de inestabilidad de las laderas naturales.

Se han realizado ocho cortes del talud a escala 1:1.000 perpendiculares o casi perpendiculares al eje longitudinal de la carretera. La situación y orientación de los mismos aparece en el Plano 1.

Para comparar los perfiles se ha procedido a dividirlos en una serie de zonas pasando a continuación a medir la pendiente y longitud relativa de las mismas.

De la observación detallada de los perfiles se deduce una tendencia general de la geometría del talud que permite distinguir en el mismo cuatro zonas que en esencia corresponden a la nomenclatura dada por DALRIMLE, BLANG y CORACHER (1.986) para los distintos tramos de las laderas.

Dichas zonas son:

- ZONA I : Pared o talud de la carretera. Corresponde en este caso al talud artificial de la carretera. Presenta pendientes muy variables entre 37° y 68° (esta última próxima ya al Barranco de Valdragas).

- ZONA II: Pie de ladera coluvial (piedemonte). Las pendientes son muy variables existiendo zonas donde el talud presenta "escalones" más o menos importantes. Los ángulos varían entre 20° y 48° .

- ZONA III: Ladera media. Fuertemente escarpada con ángulos entre 68° y 90° .

- ZONA IV: Zona de coronación del talud. Angulos variables entre 65° y 13° .

Con el mismo criterio seguido al numerar las zonas (es decir desde la carretera hasta el punto de cota máxima) se consideran tres puntos de rotura de pendiente importantes.

El PUNTO I separa la ZONA I de la ZONA II es decir constituye la rotura de pendiente entre el talud de la carretera y el piedemonte del talud natural. El PUNTO II constituye la rotura de pendiente entre las ZONAS II y III es decir entre el piedemonte y la ladera media. El PUNTO III separa a esta de la zona de coronación del talud.

Estos puntos se caracterizan por lo siguiente:

-PUNTO 1: Se propone una disminución de la pendiente en el tramo siguiente de la zona considerada, superior a 12° respecto a la zona precedente.

-PUNTO 2: Se produce un brusco aumento de la pendiente igual o superior a 25° respecto de la inclinación de la zona que le precede.

-PUNTO 3: Hay un brusco descenso de la pendiente igual o superior a 25° respecto a la zona que le precede.

Tomando como cota de referencia en cada punto la de la carretera se obtiene:

- Cota máxima del talud 275 m.
- Cota de la carretera 135,47 m.
- Altura máxima del talud 139,53 m. (Respecto de la carretera)
- Altura mínima del talud 33,5 m. (En las proximidades del Barranco de Valdragas).

Las alturas medias a las que se encuentran los puntos de rotura de pendiente sobre la carretera son:

- Altura media del Punto I. 8,34 m.
- Altura media del Punto II. 31,13 m.
- Altura media del Punto III. 120 m.

A efectos de la geometría del talud se pueden destacar los siguientes aspectos:

- 1.-El talud presenta una fuerte disminución progresiva de su altura respecto a la cota de la carretera en dirección SW. (hacia el Barranco de Valdragas). Las máximas alturas del talud se alcanzan en el punto medio entre el Barranco de Valdragas y la localidad de Ballobar (Paraje de Las Ripas).
- 2.-Se produce una desaparición progresiva del elemento que se ha denominado "vertical" en la misma dirección. La máxima longitud de dicho elemento se alcanza así mismo en el Paraje de Las Ripas donde llega a tener 78 m.
- 3.-En dirección Ballobar aumenta la longitud del piedemonte a la vez que disminuye la del elemento vertical.
- 4.-La pendiente del talud actual de la carretera tiende a aumentar progresivamente hacia el Barranco de Valdragas llegando a los 68° coincidiendo con la desaparición del tramo vertical del talud y con la disminución de su altura respecto a la cota de la carretera.

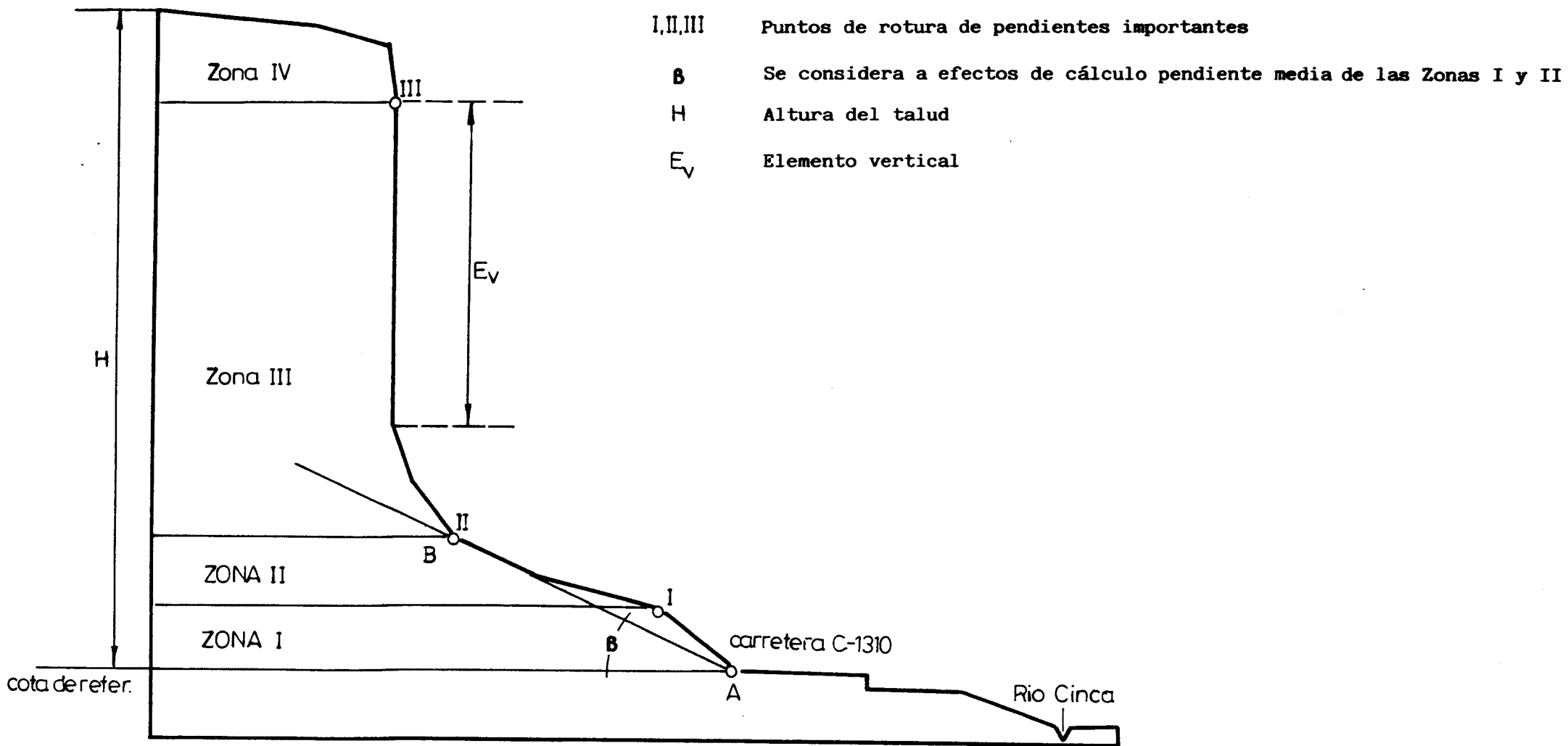


FIG. 6. Esquema general de la geometría del talud. Distribución de zonas y puntos de rotura de pendiente considerados (Sin escala).

6.3. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES.

Un factor de enorme importancia a la hora de analizar las causas de inestabilidad en cualquier talud son las propiedades de los materiales que lo constituyen.

A continuación se pasa a caracterizar estos materiales desde el punto de vista geológico y geotécnico y se hace una revisión de los defectos del macizo y su influencia en los procesos que llevan a la inestabilidad del mismo.

6.3.1. Caracterización geológica de los materiales.

Como ya se ha mencionado anteriormente los materiales que constituyen el talud son margas arcillosas, margas y calizas margosas que hacia el techo de la formación pasan a calizas tableadas. En toda la formación, a excepción del nivel superior de calizas tableadas, aparecen intercalados frecuentes niveles centimétricos de yesos laminares y fibrosos, paralelos a la estratificación y de escasa continuidad lateral.

En general, estas rocas corresponden a depósitos de tipo detrítico continental (ambiente distal de abanicos aluviales) con pasadas de materiales evaporíticos (yesos) correspondientes a épocas de fuerte evaporación; posteriormente y debido a un cambio importante en las condiciones de sedimentación aparecen los materiales de precipitación bioquímica (calizas tableadas) depositados en un ambiente lagunar.

La edad de estos materiales es Aquitaniense-Vindoboniense Inferior (QUIRANTES, J. 1.978) y sedimentológicamente corresponden al relleno de este sector de la Cuenca Terciaria del Ebro.

Dado que se trata de materiales relativamente recientes, que no han llegado a sufrir un importante enterramiento, no presentan una diagénesis intensa.

Es de gran importancia a la hora de analizar la inestabilidad del talud el hecho de que exista una alternancia en la serie estratigráfica de materiales de distinta competencia. Estas alternancias, en bancos de diferente espesor favorecen la aparición de descalces y cornisas. La diferencia de texturas de las rocas que conforman el talud contribuyen en igual medida a favorecer erosiones diferenciales. Cabe destacar la importancia que tiene la diferencia de permeabilidad entre las calizas tableadas (de alta permeabilidad por fisuración) y las margas y arcillas prácticamente impermeables. Como ya se menciona la presencia de yeso contribuye así mismo a la inestabilidad de la ladera por su alta solubilidad.

No se presentan en este sector estructuras tectónicas importantes que pudieran contribuir a la inestabilidad (pliegues, fallas, etc.) siendo destacable únicamente la gran uniformidad a escala de afloramiento de la estructura horizontal de la estratificación.

6.3.2. Caracterización geotécnica de los materiales.

Geotécnicamente los materiales que forman el talud son de dos tipos:

a) Materiales muy preconsolidados que forman los resaltes de la pared del talud debido a su mayor competencia y que petrológicamente responden a los tipos de: caliza y marga calcárea.

b) Materiales blandos , poco consistentes y poco resistentes a la erosión, fundamentalmente arcillas limosas, limos y yesos.

En el primer caso los valores típicos de resistencia a la compresión simple de estas rocas aparecen en la Tabla n.º 4 respondiendo el intervalo a los diferentes grados de alteración con que se presentan. Valores típicos de los parámetros efectivos (orientativos) para algunos de estos tipos de rocas aparecen en la Tabla n.º 5. (JIMENEZ SALAS et al. 1.981).

TABLA n.º 4	
<u>Tipo de roca</u>	<u>q_u (Kp/cm²)</u>
Caliza	40 - 3.300
Marga	35 - 1.970
Yeso	15 - 52
Marga calcárea	73 - 288

TABLA n.º 5		
<u>Tipo de roca</u>	<u>c' (kp/cm²)</u>	<u>φ' (Grados)</u>
Caliza	30 - 350	37 - 58
Caliza margosa	10 - 60	30 - 40

Se puede afirmar que la resistencia de la roca matriz es baja para los tipos petrológicos margas calcárea, yeso y algunas margas y alta para las calizas. (JIMENEZ SALAS, 1.975).

Los yesos presentan además una resistencia a la tracción muy baja, en torno a 1,5 Kg/cm² y un comportamiento viscoso muy acusado que puede dar lugar a fenómenos de deformación muy superiores a los previsibles.

El segundo tipo de materiales queda caracterizado a partir de las muestras que se obtuvieron para otro estudio realizado en el "Cerro de San Juan" en esta misma localidad de Ballobar y que dada la uniformidad de la geología de la zona son perfectamente correlacionables con el área que nos ocupa.

En el mencionado estudio se tomaron cinco muestras en cinco puntos distintos dentro del talud, en la ladera del "Cerro de San Juan" eliminando previamente una capa superficial alterada entre 10 y 20 cm.

Para la identificación del material, éste se disgregó y tamizó, obteniéndose un rango entre el 93 % y el 99,8 % de fracción que pasa el Tamiz 200 (limos y arcillas). Tres de las cuatro muestras tamizadas dieron valores por encima del 99 % en finos.

El contenido de la fracción limosa-arenosa a partir de las granulometrías, aparece reflejado en la siguiente tabla.

N.º Muestra	Limos	Arenas
(2)	57 %	7 %
(3)	51 %	0,8 %
(4)	58,6 %	0,4 %
(5)	40 %	0,2 %

TABLA n.º 6

Los límites dieron los siguientes valores máximos y mínimos:

W_L (%) = 35,2 % y 43,2 % estando 4 de los 5 por encima de 40%.

W_p (%) = 16,8 % y 23,2 %

I_p (%) = 18,3 % y 23,6 %

Utilizando el sistema de clasificación de suelos unificado U.S.C.S. las muestras se clasifican dentro del grupo CL de arcillas limosas de plasticidad media-baja, muy cerca del campo ML de limos arcillosos con ligera plasticidad.

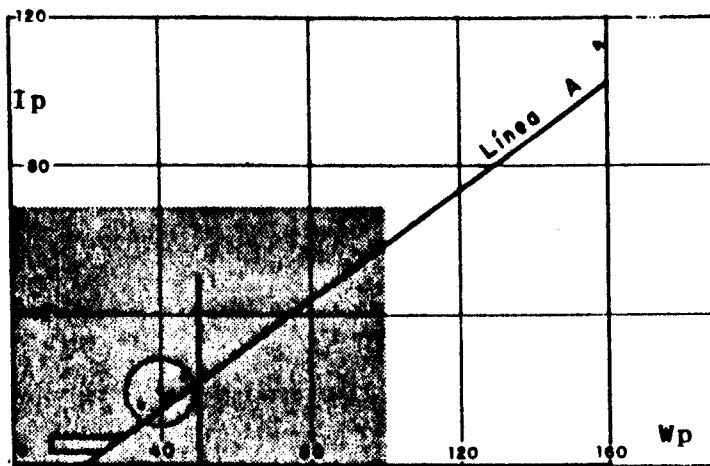


FIG. 7. -Diagrama de Plasticidad.

En cuanto a la caracterización de la expansividad, se adoptó el sistema LAMBE obteniendo los siguientes valores:

TABLA n.º 7	
N.º de Muestra	Expansividad
(2)	1,2 Kp/cm ²
(3)	1,4 "
(4)	1,5 "
(5)	1,7 "

La muestra n.º 2 (la de mayor contenido limos-arenas) es la de menor valor relativo presentando una expansividad media, siendo la del resto alta.

Estos materiales son fácilmente atacados por los agentes erosivos y son los que en definitiva provocan, como veremos más adelante, la existencia de bloques descalzos, en voladizo, susceptibles de desprendimiento y caída.

6.3.3. Defectos rocosos - Grado de fracturación del macizo.

Conviene considerar tres zonas: (Ver Figura 6).

- ZONA IV: de coronación del talud (Calizas tableadas).
- ZONA III: de escarpe o de caída de pendiente.
- ZONA II: de piedemonte.

Siendo la ZONA IV la que mayores y más variados problemas presenta.

-Zona de coronación del talud (ZONA IV).

Presenta una potencia entre 16-18 m. Los planos de estratificación son muy marcados y al igual que en todo el talud se presentan horizontales con separación entre ellos de 0,5 a 1,5 m. Aparecen juntas y diaclasas perpendiculares a la estratificación a favor de las cuales se produce la individualización de los bloques. En esta zona el índice J_v es ≥ 25 juntas/m³ de las que casi el 75 % corresponden a los planos de estratificación.

En estas condiciones podemos clasificar este sector del macizo como de bloques pequeños (TABLA n.º 8)

TABLA n.º 8	
CLASIFICACION	J _v
Bloques masivos	1
Grandes bloques	1 - 3
Bloques tamaño medio	3 - 10
Bloques pequeños	10 - 30
Bloques muy pequeños	30 - 60
Roca machacada	60

$$J_v = \sum_{i=1}^n \frac{1}{S_{mi}}$$

Donde: n= número de familias

S_{mi}= espaciamiento medio de la familia i.

Se puede determinar una relación entre el índice J_v y el RQD que para esta zona del talud sería:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v \quad (\text{Si } J_v \geq 4,5). \quad (\text{SERRANO, A. 1.985}).$$

Obteniéndose un valor del 32,5 %, que según la TABLA 9 da una calidad para esta zona superior del macizo de "Pobre".

TABLA n.º 9	
Calidad del macizo	RQD (%)
Muy pobre	0-25
Pobre	25-50
Mediana	50-75
Buena	75-90
Selecta	90-100

DEERE, D. (1.967).

Las juntas que aparecen son en su mayoría lisas, perpendiculares a la estratificación, de pequeña escala ($\leq 0,5$) y perfil variable entre suave y especular. La mayoría permanecen abiertas y no suelen presentar rellenos o bien estos son arcillosos, procedentes de la meteorización y descalcificación de la propia roca matriz.

Existe una familia principal con dirección predominante NO 70 E y N 180 E. Está representada también una familia subordinada de dirección variable entre NO 70 E y N 120 E. La intensidad de diaclasado varía verticalmente oscilando entre 1 en la parte inferior y 0,65 en la superior en la escala de VIALON et. al (1.976). En la figura 8 puede verse como los puntos pertenecientes al sistema de diaclasas se ordenan según dos líneas paralelas a la relación $F_f/F_c = 1$, observándose como cada una de ellas está desplazada bien hacia la parte superior (predominio del diaclasado) en la parte inferior del paquete calcáreo, bien hacia la parte inferior (predominio de los planos de estratificación) en la parte superior del mismo, (SANCHO MARCEN, 1.984).

Cabe destacar en esta zona la presencia de discontinuidades singulares muy importantes en forma de grietas de tracción de profundidad variable pero que pueden superar los 25 m. alcanzando y superando la ZONA II. Estas grietas permanecen abiertas y con anchura variable ($\geq 0,2m.$); a través de ellas se produce una impor

tante infiltración que acelera el proceso de erosión interna en el macizo y constituyen junto con la caída de bloques el principal riesgo para la estabilidad del mismo.

Debido a la presencia de estas grandes grietas de coronación aparece en el talud un "colmillo inestable" de enormes dimensiones, en equilibrio crítico que constituye un gran peligro (véanse fotografías en los Anexos).

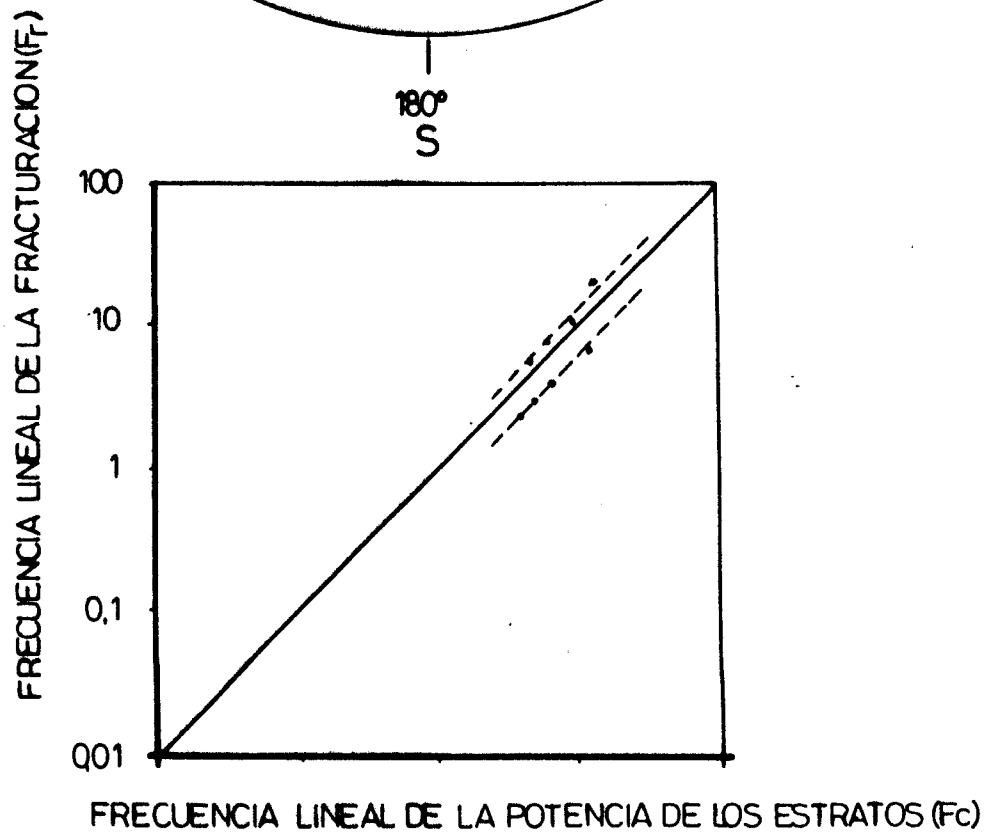
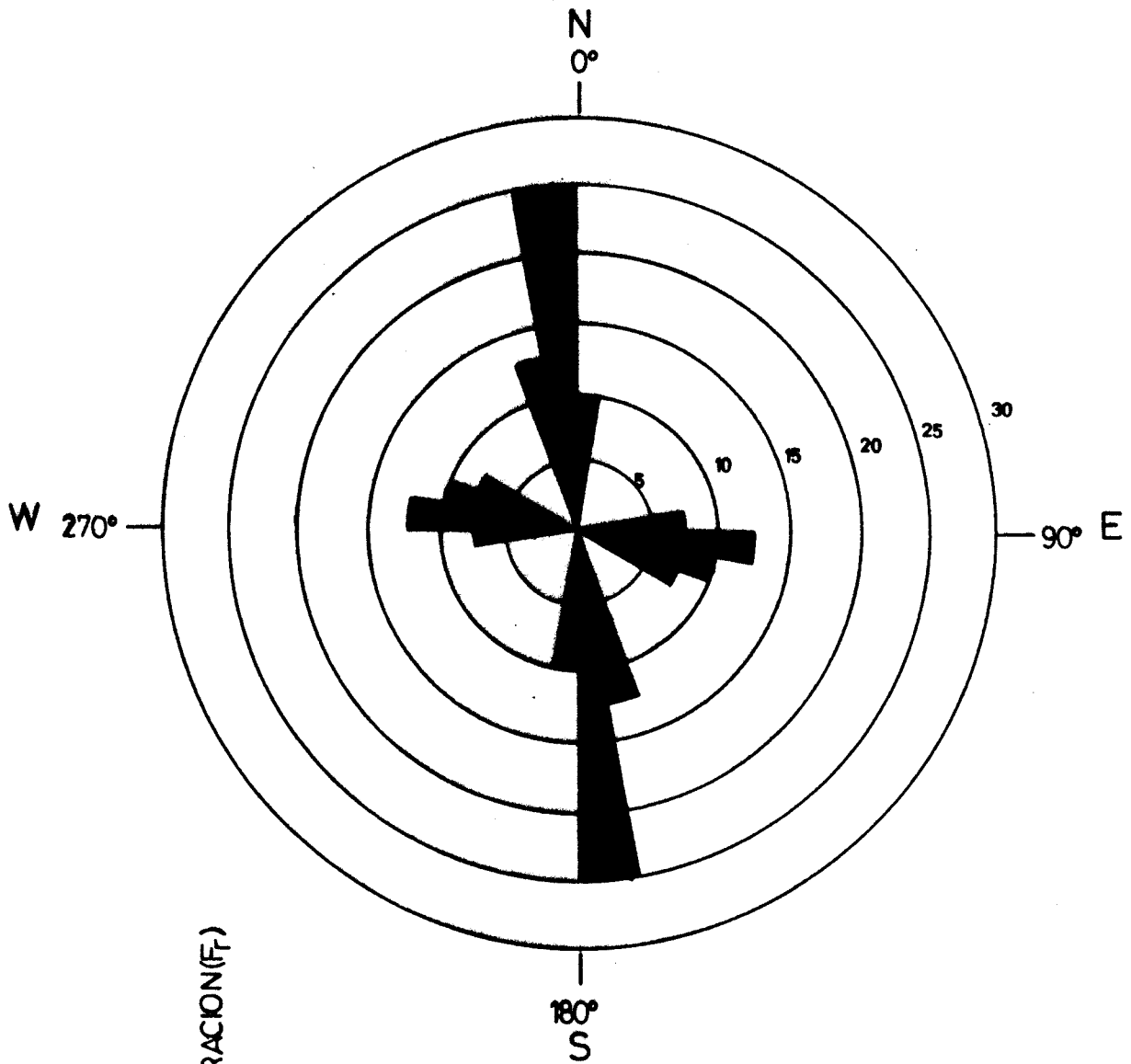


FIG. 8. Distribución de las familias de diaclasas presentes en Ballobar, y Gráfica de intensidad de fracturación.

(Tomado de SANCHO MARCEN, C. 1.984).

En cuanto a la forma y dimensiones de la mayoría de los bloques que se mantienen en equilibrio inestable en esta zona no suelen superar (salvo excepciones) los dos metros de lado predominando los bloques en forma de laja sobre los redondeados (más bien escasos).

-Zona de escarpe o de caída de pendiente (ZONA III).

Potencia que varía entre los 80 y 90 metros.

Las únicas discontinuidades dignas de mención que aparecen son los planos de estratificación más o menos marcados en función de la litología. Presenta una gran regularidad en la estratificación y al igual que en la ZONA IV, una gran persistencia lateral de los planos de estratificación.

Algunas de las grietas de tracción de la zona anterior llegan a alcanzarla provocando en la intersección con la cara libre del talud la existencia de grandes huecos debidos al constante arrastre de material, gracias a la mayor debilidad de la roca, al descargarse por esta zona parte del agua de infiltración.

Se puede señalar así mismo la existencia de pequeñas cornisas y resaltes de escasa potencia pero de gran longitud debidos a erosión diferencial entre los estratos con materiales de distinta competencia.

-Zona de piedemonte (ZONA II).

A partir del punto de rotura de pendiente I, aparece el depósito coluvionar que forma el piedemonte del macizo. (Véase FIG. 6).

La disposición de estos materiales es típica de los depósitos de acumulación de ladera y no presentan ningún tipo de estructura debido principalmente a su mecanismo de transporte. La potencia del depósito es escasa no superando en muchos casos los 2-3 m. de recubrimiento. Destacan los bloques de tamaños muy diversos (en general inferiores a 2 m. de lado y con forma de laja) de roca caliza o caliza margosa englobados en una matriz arcillo-limosa con abundante yeso. Este depósito presenta en algunos puntos un alto grado de erosión con formas de incisión lineal (cárcavas) muy agudas, en uve, en las que se puede observar la continuidad de la serie estratigráfica del talud por debajo del recubrimiento.

En toda esta zona de piedemonte dada su intensa actividad y pendiente pueden producirse fenómenos de desprendimientos de rocas o pequeñas avalanchas de piedras y fango sobre todo en áreas que no estén suficientemente protegidas por la vegetación.

6.3.4. Condiciones hidráulicas del macizo.

La mayor parte del agua que se infiltra en el macizo lo hace a través de las discontinuidades que se presentan en la ZONA IV fundamentalmente a favor de las grandes grietas de tracción. La ZONA III sin embargo puede considerarse como impermeable aunque

como ya se ha mencionado puede sufrir procesos de erosión interna que si progresan pueden facilitar vías de descarga para el agua que en algunos casos puede escurrir por la cara libre del macizo. La ZONA II o piedemonte presenta una permeabilidad alta debido a su bajo grado de compactación, su escasa cohesión facilita los procesos erosivos.

7.- ALCANCE DE LOS DESPRENDIMIENTOS.

7.1. INTRODUCCION.

Hay que analizar muchos factores para estudiar las características de la trayectoria que siguen las rocas en su caída y en consecuencia del alcance que pueden conseguir.

Factores que influyen extraordinariamente en el recorrido máximo de los bloques desprendidos son entre otros:

- Tamaño y forma de las rocas.
- Geometría del talud.
- Clase de roca y en particular sus propiedades elásticas.
- Características de la superficie del talud.

Se sabe que no es probable que las rocas desprendidas vayan a alcanzar distancias mayores que la longitud del talud; sóloamente podrían hacerlo bloques de tamaño superior o más redondeados de los que lo forman (ESCARIO, 1.981).

Lógicamente este límite superior que es muy improbable que se supere no proporciona una gran información si tenemos en cuenta la variedad de los factores que intervienen que tienden, en general, a hacer que el alcance máximo que realmente puedan tener los desprendimientos diste mucho de aquel.

El problema del alcance máximo probable de los bloques está lejos de haber sido resuelto de forma analítica para todos los casos. Se hacen necesarias ciertas simplificaciones, existiendo, sin embargo una correspondencia suficiente entre los resultados empíricos y los reales tal y como han puesto de manifiesto algunos autores como RITCHIE, A. (1.963), HACAR BENITEZ et. al. (1.988) y LIED (1.976).

A continuación se tratarán algunos aspectos teóricos de la caída de piedras en el talud así como de sus trayectorias. Posteriormente se intentará aproximar el problema del alcance máximo probable en base a dos modelos puramente geométricos, uno es el modelo de LIED (1.976), para rocas que se desprenden de la zona de coronación del talud y otro el modelo de HACAR BENITEZ et. al. (1.988) para bloques que se desprenden del piedemonte inferior.

Finalmente se analizan los resultados obtenidos y se da un intervalo de alcance máximo probable de los bloques que se aproxima bastante al observado en el último desprendimiento.

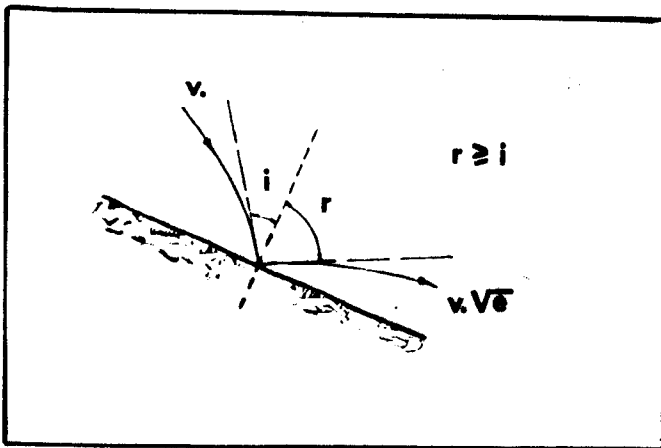
7.2. ASPECTOS TEORICOS DE LA CAIDA DE ROCAS EN EL TALUD.

La caída del bloque en el talud se inicia en la zona de coronación (ZONA IV).

En la primera parte de su recorrido el movimiento de los bloques es de caída libre (talud prácticamente OH: IV). Al llegar al punto de rotura de pendiente II entre el talud superior y el piedemonte se produce el choque del bloque con este. Con el impacto tienen lugar dos fenómenos principales: en primer lugar el bloque rueda por el piedemonte a causa de su peso y de su velocidad angular. En este caso el alcance del bloque quedará li

mitado por el coeficiente de rozamiento y la estabilidad de la superficie del piedemonte inferior. En segundo lugar las fases de compresión y restitución del impacto basadas en fenómenos de elasticidad tienden a volver a la roca a su trayectoria. La condición más desfavorable (máximo impulso horizontal) se produce cuando el vector velocidad en el instante del choque forma un ángulo de unos 45° con el plano definido por el piedemonte inferior. También en este caso, y dado que se trata del choque entre cuerpos no perfectamente elásticos, tienen enorme importancia las características de la superficie pudiendo definirse un "coeficiente de restitución" denominado "e" que se define como:

$$e = \frac{\text{tg } i}{\text{tg } r} \cdot \frac{V_1^2}{V_2^2}$$



e = 1 choque perfectamente elástico

e = 0 choque perfectamente plástico

normalmente $e \approx \frac{2}{3}$

FIG. 9. Concepto de coeficiente de restitución.

Se sabe que para taludes verticales altos de unos 20 ó más metros (en el caso del talud de Ballobar la altura del elemento verticalizado oscila entre 20 y 78 m.), un impacto sobre un plano inclinado de $\frac{1}{2}H:1V$ comunica a la roca un momento horizontal y una velocidad angular muy grandes lo que generalmente se traduce en alcances importantes (RITCHIE 1.963).

Sólamete los bloques cuya masa exceda de un valor crítico (los muy grandes generalmente), pueden alcanzar la carretera ya que son capaces de transformar la energía potencial perdida al disminuir bruscamente su cota en energía cinética capaz de desplazar el bloque a distancias importantes.

La condición de rodadura o deslizamiento es para una sección del bloque teóricamente elíptica:

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{a^2 - b^2}{2 ab}$$

Siendo ϕ = rozamiento de la superficie y "a" y "b" los semiejes de la elipse; y suponiendo que las fuerzas que lo mueven son paralelas a la superficie de rodadura y que la resultante de dichas fuerzas pasa por el centro de la elipse.

En el caso, más frecuente en este talud, de ser muy pequeño "b" con respecto a "a" (laja o canto aplanado) es evidente que unavez en el piedemonte inferior no rodara sino que al moverse deslizaría para cualquier valor de ϕ . Por el contrario si "b" está próximo a "a" (cantos cúbicos o esféricos) el movimiento será siempre de rodadura (lo cual es mucho menos frecuente en el talud).

La mayor parte de los bloques que caen no llega a alcanzar la carretera (por las consideraciones anteriores) y quedan integrando el piedemonte del talud inferior (ZONA II) en equilibrio inestable. Algunos de ellos pueden llegar a desprenderse y caer sobre la carretera sobre todo en épocas de fuertes lluvias debido a la baja cohesión del depósito, al ángulo de reposo del material recién depositado que está generalmente entre (35 y 48°) y a su fácil erosionabilidad (RICE, R.J. 1.983).

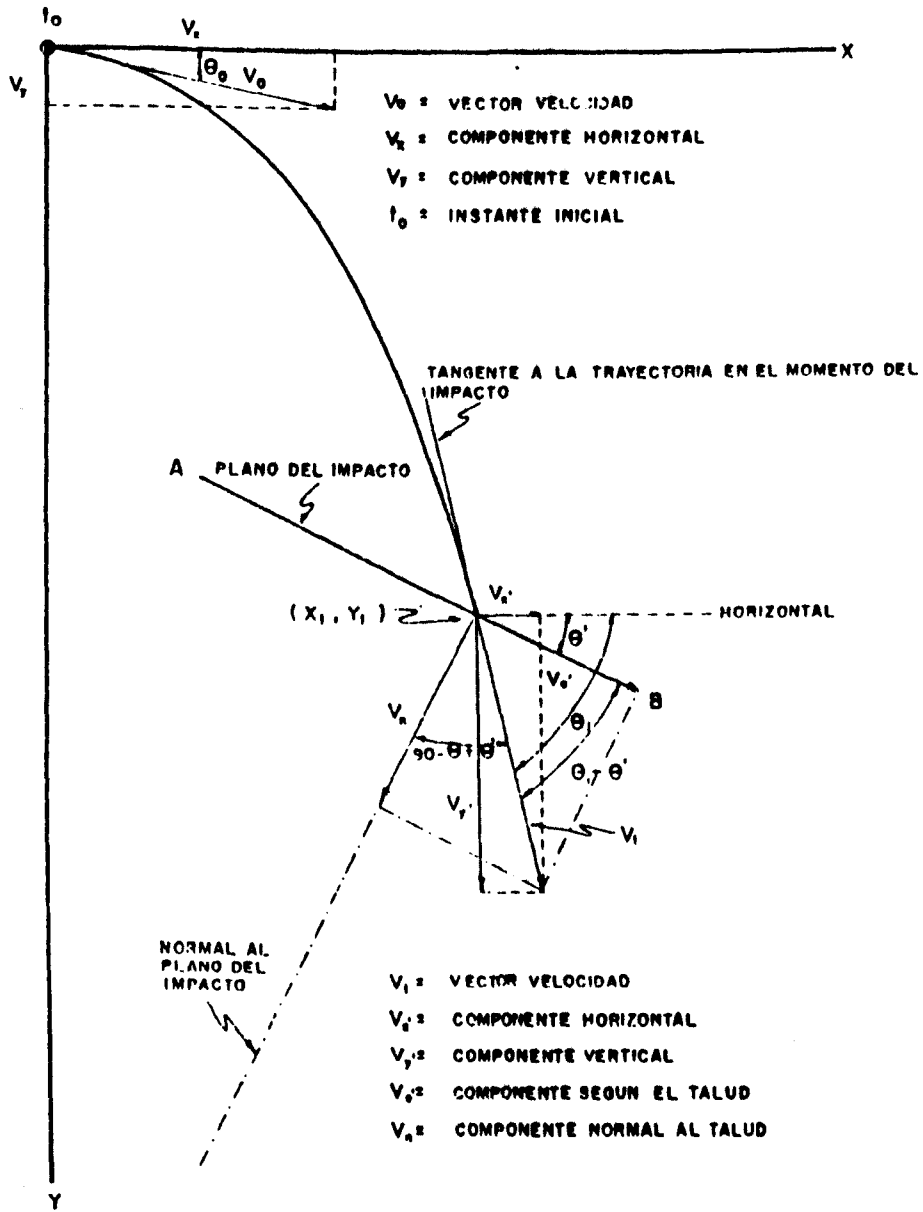


FIG. 10. Consideraciones teóricas sobre la trayectoria de las rocas.
 (LOPEZ CARRERAS, et. al. 1.988).

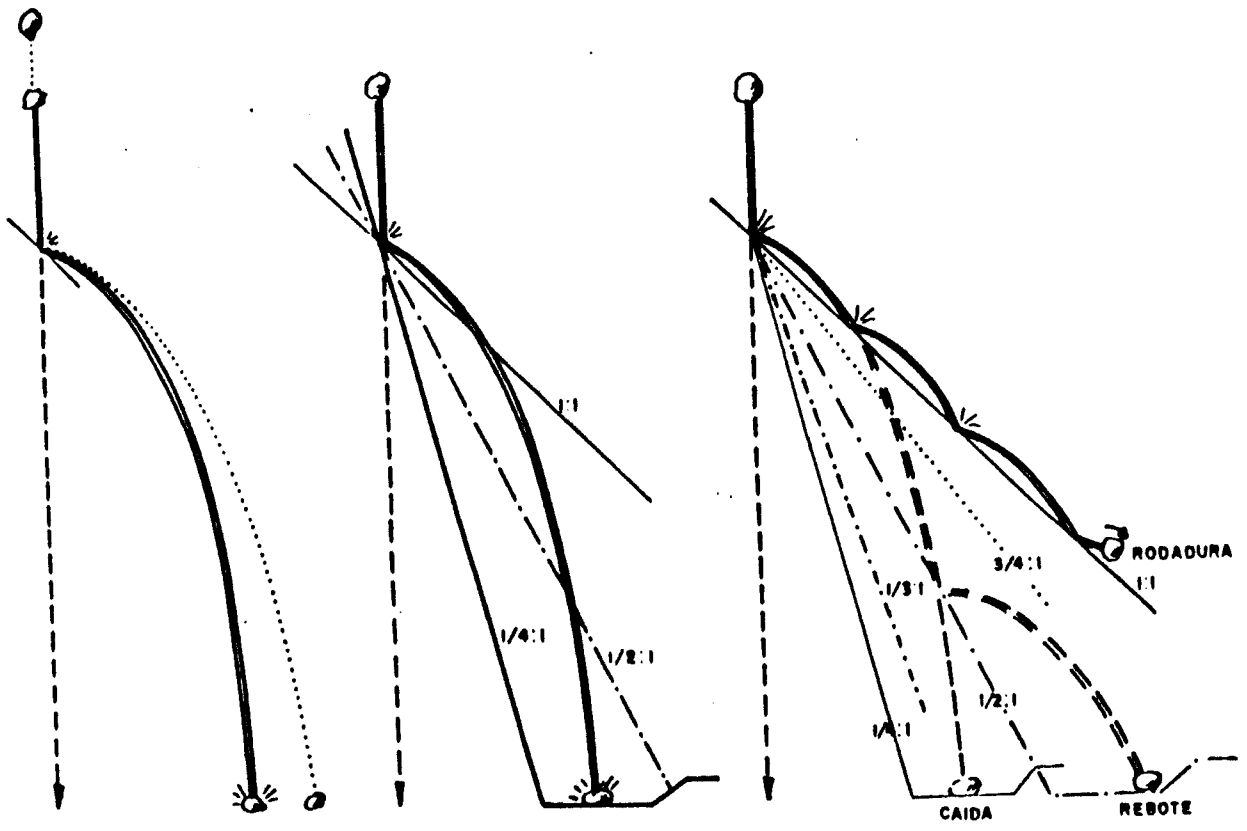
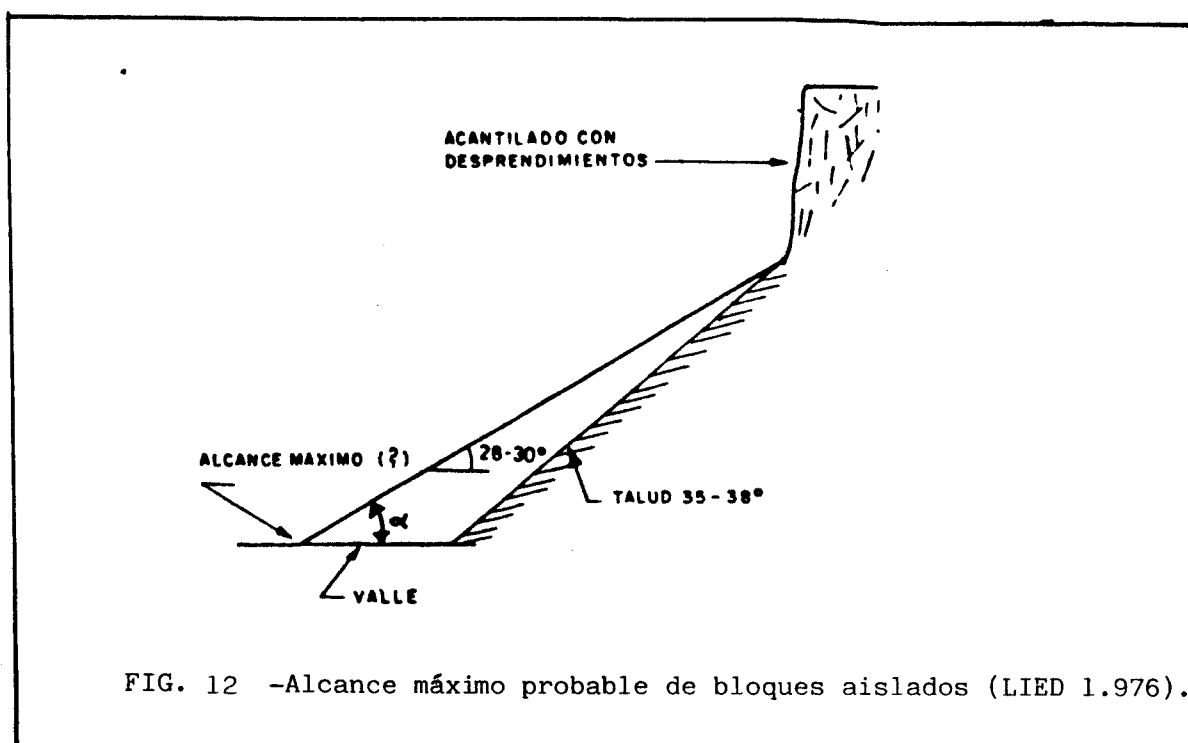


FIG. 11. Trayectoria de las rocas sobre taludes variables.
 (RITCHIE; 1.963).

7.3. ALCANCE MAXIMO PROBABLE DE BLOQUES AISLADOS.

En la figura 12 (LIED, 1.976) se representa la distancia máxima probable, que según la experiencia noruega alcanzarán los bloques aislados de un acantilado rocoso en un desprendimiento relativamente reducido. En desprendimientos de gran volumen de roca se producen fenómenos de licuefacción que pueden conducir a distancias mayores (ESCARIO, 1.981).



Basándonos en el esquema de la figura 12 y dado que las características geométricas del talud se aproximan mucho al mismo se han realizado algunos cálculos para los diferentes perfiles realizados susceptibles de sufrir desprendimientos exceptuando los cortes n.º 1 y n.º 2 por carecer de elemento verticalizado y no aproximarse a la geometría descrita por LIED, (1.976).

La distancia de alcance máximo probable en cada punto se mide a partir del pie del talud de la carretera. La pendiente del talud se considera que es en cada punto la que representa el ángulo β de la figura 6.

Para cada punto considerado se han obtenido:

TABLA n.º 10			
N.º Corte	β (°)	α (°)	*Alcance máx. probable
3	38	28	27,65 m.
		30	20,55 m.
4	35	28	24,09 m.
		30	17,60 m.
5	37	28	21,45 m.
		30	15,39 m.
6	38	28	28,16 m.
		30	20,78 m.
7	32	28	22,15 m.
		30	21,43 m.

(*) Medido a partir del pie del talud de la carretera.

Observando la TABLA n.º 10 se deduce que:

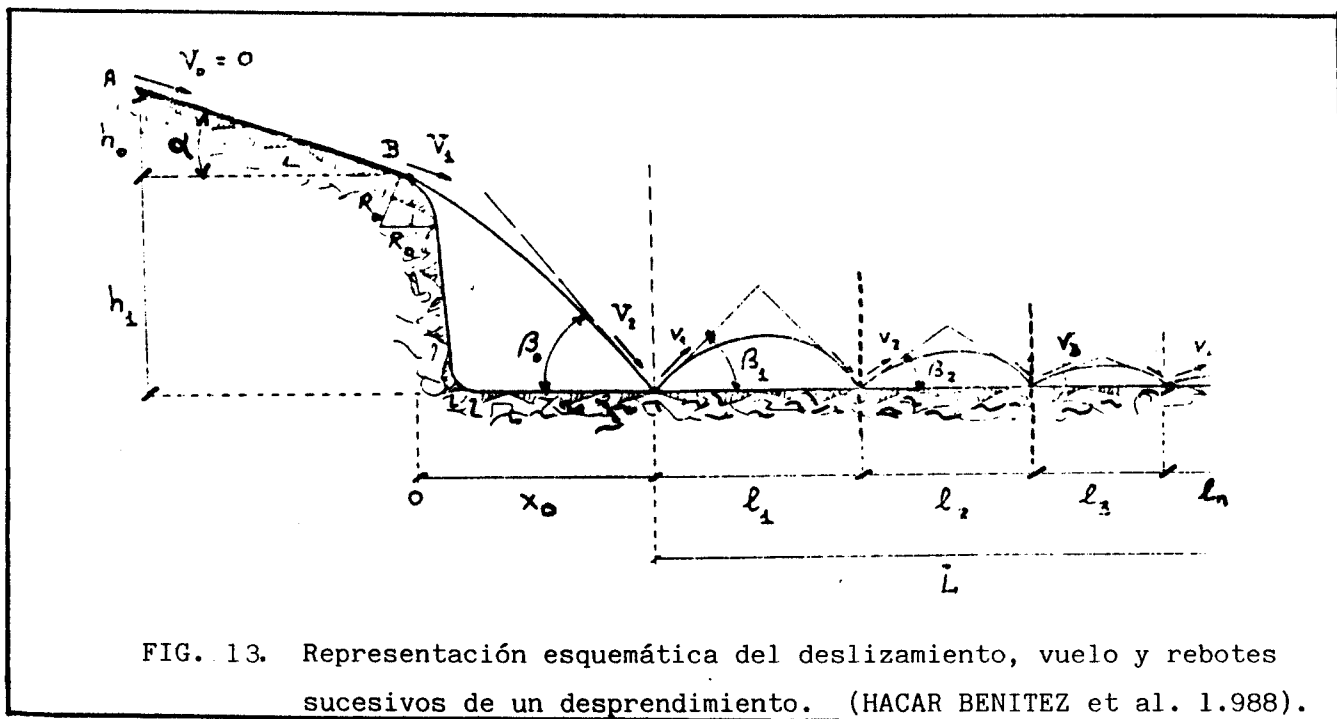
- 1.- Atendiendo a la hipótesis pésima ($\alpha = 28^\circ$) los valores de alcance máximo probable oscilan entre 21,42 m. y 28,16 m.
- 2.- Con la hipótesis más favorable ($\alpha = 30^\circ$) los valores de alcance máximo probable oscilan entre 15,39 m. y 21,43 metros.

Lógicamente hay que tomar estos datos con reserva ya que no se han introducido más factores que los correspondientes a la geometría del talud sin tener en cuenta que existen otros como las características de la superficie del piedemonte, forma de los bloques, etc. cuya contribución limita mucho el alcance del desprendimiento, por lo que se pueden considerar como un límite superior que

en cualquier caso queda muy del lado de la seguridad. Al final de este capítulo se volverá a tratar sobre estos aspectos.

7.4. ALCANCE MAXIMO PROBABLE DE BLOQUES AISLADOS. (Modelo de HACAR BENITEZ 1.988).

Este modelo parte de un bloque situado en un plano inclinado de inclinación α cuya superficie presenta un ángulo de rozamiento ϕ . El bloque se considera que tiene una masa puntual y que desliza sobre la superficie del talud, vuela y rebota hasta detenerse (véase figura 13).



Según este esquema se puede calcular L como:

$$L = \frac{V_2 \operatorname{tg} \beta_0}{g} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\left(\frac{1}{e}\right)^{2i} + \operatorname{tg}^2 \beta_0}$$

Siendo:

β_0 = ángulo que forma V_1 con la trayectoria descrita por el bloque.

$$V_2 = 2g (h_0 n + h) \text{ siendo } n = 1 - \frac{\text{tg } \phi}{\text{tg } \alpha}$$

e = coeficiente de restitución.

La distancia hasta el punto del primer impacto X_0 se calcula como:

$$X_0 = n h_0 \cdot 2 \text{ sen } \alpha \sqrt{1 + \frac{h}{n h_0 + \text{sen}^2 \alpha} - 1}$$

Aplicando estas fórmulas al talud y considerando diferentes grados de altura e inclinación del piedemonte inferior (ZONA II), se han obtenido una serie de valores que no se corresponden con lo observado en la realidad por lo que se piensa que el modelo no es aplicable al talud (ver Anexos).

7.3.5. Análisis de los resultados obtenidos.

A la vista de los resultados obtenidos cabe hacer las siguientes puntualizaciones.

A) Como ya se ha dicho no es aplicable al talud el modelo de HACAR BENITEZ (1.988) para rocas que pudieran desprenderse del piedemonte inferior, ya que se obtienen distancias de alcance muy superiores a las que realmente pueden darse. Se cree que esto se debe a la gran dificultad que tienen los bloques para deslizar por el piedemonte inferior como bloques aislados, lo que condiciona lógicamente su alcance.

B) El modelo de LIED (1.976) da una serie de valores más acordes con lo que se puede esperar de un talud de las características geométricas (altura y pendiente) del que nos ocupa. No hay que olvidar, sin embargo, que en el modelo no se toman en consideración algunos factores que influyen muy notablemente en el sentido de minimizar las distancias que pueden alcanzar los bloques. Dichos factores que hay que valorar son:

- Tamaño y forma de la roca.
- Clase de roca (propiedades elásticas fundamentalmente).
- Características de la superficie de la ZONA II (piedemonte), en particular: grado de compactación del depósito, ángulo de rozamiento, variabilidad puntual de la pendiente (escalones) y comportamiento más o menos plástico del recubrimiento frente a un impacto procedente de la zona de coronación.

C) Todos los factores anteriormente mencionados permiten introducir en los valores obtenidos, a partir del modelo de LIED unos "coeficientes correctores" que permiten aproximar las distancias máximas probables a los alcances realmente observados.

Dichos coeficientes se pueden expresar como:

C_R = corrección por el tipo de roca.

C_S = corrección por las características de la superficie del piedemonte.

De forma orientativa:

C_R = puede oscilar entre 1 y 0,5 siendo su valor tanto mayor cuanto más elástico sea el comportamiento de la roca frente a un impacto y más redondeada sea la forma que presente.

C_S = puede oscilar entre un valor de 0,9 para superficies duras y de tipo especular (sin rugosidades) y 0,25 para superficies muy irregulares y de comportamiento muy plástico frente a un impacto (coeficiente de restitución "e" muy próximo a 0).

Conjugando todos los factores que intervienen el alcance máximo probable será:

$$X_0 = A_G \cdot C_R \cdot C_S$$

Siendo:

X_0 = alcance máximo probable .

A_G = alcance máximo probable debido a la geometría del talud .

C_R y C_S coeficientes correctores .

Si se toman ahora los valores de C_R y C_S atendiendo a la hipótesis más conservadora (es decir la que puede dar mayores valores de alcance): $C_R = 0,9$; $C_S = 0,7$

Obteniendo para cada punto considerado:

N.º Corte	α	X_0
3	28°	17,41 m.
	30°	12,94 m.
4	28°	15,17 m.
	30°	11,08 m.
5	28°	13,51 m.
	30°	9,70 m.
6	28°	17,74 m.
	30°	13,09 m.
7	28°	13,95 m.
	30°	13,50 m.

TABLA n.º 11

Observando los valores de la TABLA n.º 11 se obtiene que el alcance máximo probable de los bloques que se desprenden de la zona de coronación, una vez considerados todos los factores que intervienen oscila entre 9,70 m. y 17,74 m. medidos a partir del pie del talud de la carretera.

Estos valores y en particular el valor más bajo, se aproximan a los que se han venido observando en los desprendimientos recientes.

7.6. EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO.

La tabla que a continuación se presenta ha sido utilizada para evaluar el nivel de riesgo en el talud.

CONDICIONES DE LA ZONA				INFLUENCIA SOBRE LA	
Equilibrio actual				TRAYECTORIA	
Estable	Estricto	Crítico		Topografía	
(0)	(1)	(2)		Vegetación	
Evolución				Protección	
Nula		Progresiva			
(0)		(1)			
Topografía					
Suave	Media	Fuerte			
10	10-30	30			
(0)	(1)	(2)			
Volumen (m ³)					
10	10-100	100-1000	1000		
(0)	(1)	(2)	(3)		
Daños posibles					
Humanos			Materiales		
NO	SI	ligeros	Medios	Catastróf.	
(0)	(3)	(1)	(2)	(3)	
0-4 : Riesgo débil (R0)					
4-8 : Riesgo mediano (R1)					
8-12: Riesgo elevado (R2)					
12-16: Riesgo muy elevado (R3)					

TABLA n.º 12.: -Evaluación del nivel de riesgo. (Fuente: I.G.M.E. 1.986).

Se realiza una primera estimación del nivel de riesgo para el talud considerando las inestabilidades locales del tipo "desprendimiento de un bloque aislado" basada en los valores que se presentan en la TABLA n.º 13.

Se considera:

-Equilibrio actual	.....	Estricto	.....	1
-Evolución	.....	Progresiva	.....	1
-Topografía	.....	Fuerte	.....	2
-Volumen afectado (*)	.....	10 m ³	.....	0
-Daños posibles	humanos	si	3
	materiales	ligeros	1
			TOTAL	8	

Grado de Riesgo R1 (mediano) a R2 (elevado).

Debe tenerse presente que al evaluar el Riesgo no se ha tenido en cuenta la posibilidad de un desprendimiento de grandes proporciones si progresa la grieta de tracción del "colmillo inestable" que aparece en el Mapa 1 (Véase fotografías en Anexos) en cuyo caso el riesgo podría llegar a ser muy elevado.

(*) Se considera únicamente el nivel de riesgo al que conduce el desprendimiento de un único bloque de dimensiones $\leq 10 \text{ m}^3$ ya que es el caso que mayores probabilidades tiene de presentarse.

8.- CONCLUSIONES.

Como ya se ha mencionado, el problema principal del talud está en los desprendimientos que se producen en el mismo y que ocasionan caídas y deslizamientos de bloques que, en ocasiones, alcanzan la carretera que discurre a su pie o bien quedan formando parte del piedemonte en un equilibrio inestable que puede verse fácilmente alterado en épocas de fuertes precipitaciones, que dada la climatología de la zona suelen ser de tipo torrencial y con fuerte capacidad erosiva.

Las causas que provocan los desprendimientos son:

- Concentración de tensiones en la cabecera del talud.
- Pérdida de resistencia por erosión en la base de los bloques individualizados.

Del análisis de la inestabilidad se desprenden las siguientes conclusiones:

1.-La concentración de tensiones en la cabecera del talud da lugar al desarrollo de grietas de tracción que en algún caso alcanzan profundidades importantes. Estas grietas potencian el efecto desestabilizador al favorecer la infiltración y con ello el aumento de las presiones hidrostáticas en el macizo. A su vez favorecen la individualización de bloques y consiguientemente el riesgo de desprendimientos.

2.-Tanto los bloques que proceden de la zona de coronación del talud como los que se hallan en el piedemonte del mismo son susceptibles de alcanzar la carretera tanto por caída libre y rebote más o menos elástico como por deslizamiento por la superficie del piedemonte debido a una pérdida de sustentación. En este último caso el alcance es mucho menor.

3.-Un análisis exhaustivo del talud confirma que los factores que mayor influencia tienen en el alcance de los desprendimientos son: geometría, tamaño y forma de los bloques, clase de roca y características de la superficie de la ZONA II. Aplicando los factores de corrección correspondiente se han obtenido valores de alcance máximo probable entre 9,70 y 17,74 m. que deberán tomarse como orientativos.

4.-Los materiales más duros son los que tienden a quedar individualizados ya sea por descalces progresivos por erosión del sustrato más blando ya porque se ven afectados por numerosas litoclasas perpendiculares a los planos de estratificación. Petrologicamente corresponden a los términos de calizas, calizas margosas y margas.

5.-Los materiales blandos son arcillas limosas de plasticidad media-baja y expansividad alta, muy susceptibles a la erosión hídrica. La presencia de yeso tiende también a aumentar su erosionabilidad y en áreas próximas al talud (Cerro de San Juan) han podido observarse en estos materiales fenómenos de erosión interna (paiping).

6.-Como consecuencia de la alternancia en la serie estratigráfica local de estos dos tipos de materiales se producen bloques descalzados, cornisas y bloques en voladizo que son los que posteriormente se desprenden.

7.-El volumen que pueden alcanzar los desprendimientos dadas las características del área de aportes no suele sobrepasar el m^3 en la mayoría de los casos. En casos particulares el volumen puede ser mucho mayor y se han producido desprendimientos de bloques de hasta 30 Tm.

En general estos desprendimientos de mayor magnitud están ligados a la actividad de las grandes grietas de tracción en cabecera, que involucran a bloques compuestos por más de una litología y que tienden a disgregarse con el primer impacto.

8.-Los datos de que se dispone revelan que la forma de las laderas del talud se esbozó mediante procesos de erosión fluvial, helada y otros mecanismos que no han dejado de actuar y que van a seguir trabajando sobre los materiales que lo forman, por lo que es del todo previsible una evolución más o menos progresiva que se traducirá a corto o medio plazo en nuevos desprendimientos, continuando una dinámica natural de "retroceso" del talud.

9.-El nivel de riesgo para un desprendimiento reducido es de grado medio (R1) a elevado (R2), pudiendo llegar a ser muy elevado (R3) si se produjera el desprendimiento de la gran masa que forma el "colmillo inestable".

9.- RECOMENDACIONES Y MEDIDAS PROPUESTAS.

Es evidente que la situación de riesgo a la que se alude en el apartado anterior viene provocada por la existencia de una carretera (C-1310) que en el tramo comprendido entre los puntos kilométricos K-14 a K-15,500 discurre excesivamente próxima al talud del que parten los desprendimientos. A continuación, se harán una serie de recomendaciones tendentes a minimizar la situación descrita.

9.1. MEDIDAS PREVENTIVAS.

- Saneo de toda la cornisa superior (ZONA IV).

Esta es la zona de alimentación de bloques. En esta zona aparecen gran número de ellos en equilibrio límite; son numerosas también las grietas de tracción que tienden en su evolución a individualizar los bloques.

El saneo de esta zona incluirá por lo tanto:

- Derribo de los bloques inestables.
- Sellado de grietas.

En el primer caso se procederá al derribo por personal especializado en trabajos a gran altura.

El trabajo se realizará con palanca y martillo rompedor de forma meticulosa tirando aquellos bloques que se identifiquen en situación inestable.

Por ello, es evidente que será imprescindible impedir el tránsito por la carretera durante el periodo de tiempo que duren los trabajos de saneo.

Caso aparte lo constituye el gran bloque inestable que se sitúa en la parte más al Norte del acantilado rocoso, sobre la carretera. Las dimensiones del mismo dan en torno a los 25.000 m³ de roca (50.000 Tm. aprox.). Este volumen resulta excesivo para la berma de contención recomendada. Su vuelco ya da un alcance mayor de 30 m. sin contar el efecto avalancha posterior, en el que dado el gran volumen de roca se produce una "plastificación" que favorece el desplazamiento y por tanto el alcance máximo.

Por todo ello la operación más recomendable es su eliminación mediante voladuras. Y para ello entrar en contacto con una empresa verdaderamente especializada que en etapas sucesivas con siga ir desmontándolo sin afectar a otras partes del macizo.

El material desprendido puede utilizarse posteriormente como material de préstamo.

Es interesante ver qué grietas comprometen masas de roca excesivamente grandes como para ejercer labores de saneo. En estos casos se debe proceder a su limpieza y sellado con productos de un comportamiento que permita pequeños movimientos sin producir roturas. Así mismo como complemento es recomendable intentar canalizar las escorrentías superficiales en esta zona de cabecera del talud, evitando que puedan llegar a penetrar por las fracturas. Se propone ver como se desarrolla el drenaje superficial interviniendo en aquellos puntos en los que se observe que vierten aguas al interior de las fracturas de coronación. Para evitarlo se excavarán regachos que desaguaran en puntos del talud que no provoquen nuevas situaciones inestables.

- Desplazamiento de la carretera de las zonas de alcance máximo probable.

Tal y como se establece en las conclusiones finales, el alcance máximo probable de un bloque que parte de la ZONA IV del talud (coronación) oscila entre 9,70 y 17,74 m., medidos desde el pie del talud de la carretera actual. Como también se establece en dichas conclusiones los mecanismos que provocan los desprendimientos van a seguir actuando, si bien las medidas propuestas en el punto anterior van a rebajar considerablemente las probabilidades de desprendimientos. Sin embargo, las situaciones puntuales identificadas, aún siendo muchas, no son todas las que, sin duda, existen. A los bloques que podemos apreciar con claros signos de inestabilidad debemos sumar una cantidad indeterminada de cornisas viseras y voladizos cuya posición entraña riesgo.

Por lo tanto las medidas aconsejables con mejores resultados a medio-largo plazo son de PREVISION y PROTECCION, puesto que las medidas de actuación directa sobre el talud con carácter definitivo se consideran difíciles de acometer técnicamente, de costo elevado y con escasas garantías a medio-largo plazo cuando la evolución natural del macizo determine nuevas situaciones inestables.

Dentro del conjunto de medidas de PREVENCIÓN se considera imprescindible desplazar lateralmente la carretera. El cálculo sobre el alcance máximo de bloques desprendidos desde la cornisa superior establece un intervalo entre 9,70 y 17,40 metros. Como ya se ha comentado son cifras obtenidas para la valoración más favorable y más desfavorable respectivamente. En cualquier caso podemos determinar en 15 metros el alcance máximo probable, siempre del lado de la seguridad y sin otras medidas complementarias que puedan llegar a reducir considerablemente esta distancia. Esta medida está corroborada por la experiencia que existe en los varios desprendimientos habidos. El alcance máximo de los materiales se determinó entre los 10 y 12 m. (4-5 m. después de cruzar la carretera) quedando el volumen mayor de material desprendido (en torno al 80%) sobre la propia calzada, en los primeros 7-8 m. medidos a partir de la carretera.

Para la nueva carretera, dadas las características especiales del trazado, (con el talud a un lado y el Río Cinca al otro) será necesario en algún punto disponer un terraplén cuyas condiciones y diseño se proponen a continuación; el trazado de dicho terraplén procurará separar a la carretera de la zona que se ha denominado de "Riesgo máximo" (véase plano n.º 1) quedando a discreción del futuro proyecto su trazado fuera de dicha zona.

El terraplén constará de un solo talud exterior hacia el Río Cinca. Dicho talud, salvo prescripciones de proyecto, no superará los 35-40° de inclinación.

En algún punto se hace preciso el construir terraplén sobre el propio cauce del Río Cinca en su margen derecha. El invadir el dominio del actual cauce implica riesgos que es preciso prever:

a) El régimen del Río Cinca en este tramo medio-alto es de gran energía en la época de deshielo. Su capacidad de arrastre de material sólido es alta.

b) Su régimen meandriforme determina puntos en los que la erosión es especialmente intensa.

Por lo tanto se propone que en el terraplén a construir que necesariamente tenga que invadir parte del cauce se considere la posibilidad de:

a) Un escollero de base para evitar problemas de socavación interna del terraplén, tanto por corrientes inducidas por el propio río en busca de su cauce original como por flujos internos transversales del propio nivel freático local. Este escollero debe ser de tamaño heterogéneo, buscando un empaquetamiento denso, evitando finos que, al ser socavados, su arrastre provoque asentamientos.

b) Un escollera en el talud del terraplén que constituye ahora la margen del río. El tamaño de este sistema de escollera ha de ser determinado en función del arrastre máximo en el cauce en caso de avenida. Para ello se observará el tamaño máximo de bloque (x)* con signos apreciables de arrastre (redondeado, trabajado) en este intervalo del cauce. Aplicándose como norma entre 2 y 2,5 (x) como tamaño mínimo de seguridad.

En los puntos donde se identifica una socavación mas intensa se aplicarán tamaños entre 3 y 4 veces el tamaño máximo referido.

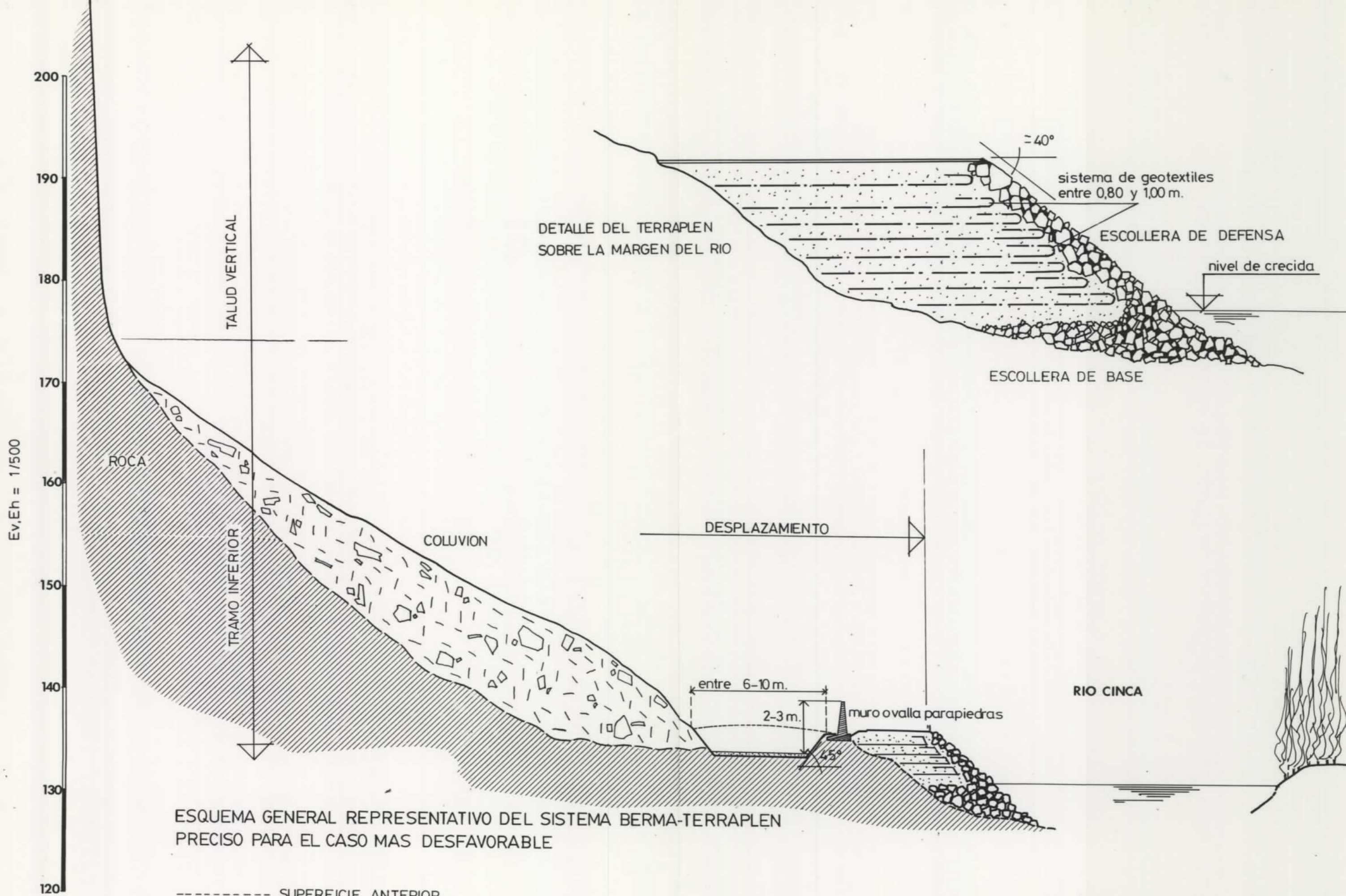
La construcción de la escollera precisa además de una superficie lo más regular posible evitando así flujos turbulentos que provoquen su erosión y socavamiento.

c) El terraplén de la carretera debe ser construido con especial atención. Las filtraciones a través de todo el coluvial que existe en la margen interior de la carretera, así como la variación del nivel freático en este punto, pueden provocar socavamientos por arrastre de finos y por lo tanto asentamientos.

Se propone poner especial atención en el compactado del terraplén (Normas NLT-107/72 y NLT-108/72) utilizando en intervalos horizontales según tongadas un geotextil permeable que permita el drenaje e impida el arrastre. Su colocación se puede hacer cada 2-3 tongadas de compactación entre 0,80 y 1,00 m. El esquema de su colocación se encuentra en la figura adjunta.

Las características técnicas del geotextil deben comprender una fuerte porosidad, alta tenacidad y resistencia a deformaciones, un coeficiente elevado de rozamiento entre geotextil y suelo, siendo compatible la dimensión de los poros con el material con el que se construye el terraplén.

* (x) = CENTIL DEL MATERIAL ALUVIAL DEL RIO CINCA.



9.2. MEDIDAS DE PROTECCION.

- Construcción de berma parapiedras.

En la tabla de Ritchie (1.963) se dan las recomendaciones para el proyecto de cunetones de recogida de piedras, según la altura y pendiente del talud. Los valores indicados deben, sin embargo, tomarse solamente como una orientación, que habrá de ajustarse a las características locales de la roca, a la experiencia en la zona en condiciones similares y al tráfico de la carretera. A estos efectos, se tendrá en cuenta que la tabla se ha obtenido principalmente mediante experimentación práctica con rocas duras, y, por tanto, vivas al rebote. En algunas de las nuevas autopistas del Norte, como la Vasco-Aragonesa, Bilbao-Behovia y Solución Sur, se han seguido los criterios de Ritchie.

En los anteriores casos se aplicaron coeficientes reductores al considerar que p.e. el flisch cantábrico está formado por rocas relativamente blandas. No se dispone, sin embargo, de experiencia suficiente para poder juzgar si los valores adoptados son los correctos. (ESCARIO, v. 1.981).

Así pues contrastada la información que existe para casos similares y aplicandolo a las condiciones que aquí se presentan, se puede diseñar una BERMA que consiga reducir el intervalo de riesgo por impacto directo actualmente estimado en 15 m. máximo y 5 m. mínimo en toda la carretera que discurre bajo el gran talud conocido como "Las Ripias".

El dimensionamiento de esta BERMA PARAPIEDRAS ha de hacerse en función de cual de los dos tramos de pendiente es el más importante: TALUD DE MAXIMA PENDIENTE o PIEDEMONTE. Para longitudes de PIEDEMONTE mayores el alcance máximo se hace menor. Como podemos

ver en la tabla de RITCHIE, 1.963 (tomada de ESCARIO, V. 1.981) para la misma altura de más de 18 metros, la amplitud de berma es de 1/3 mayor si el talud es vertical o casi, que si tiene un ángulo en torno a 45° (1:1). No se dimensionará igual para los perfiles "A"(B-3, B-5, B-6, B-7) donde el talud presenta un tramo muy importante vertical o incluso extraplomado que para "B"(B-4, B-8) donde predomina el piedemonte. En los perfiles de pendiente tipo "A" un bloque desprendido desde la zona de coronación impactaría en primer lugar sobre la LADERA MEDIA y luego rodaría conservando gran parte de la energía adquirida en función de la altura del punto de partida. Por lo tanto su alcance es mayor.

Aún realizadas labores de saneo es preciso adoptar un ancho de BERMA mínimo en todo el talud del paraje "Las Ripias":

Ancho mínimo 6,00 m.
Profundidad mínima 1,50 m.

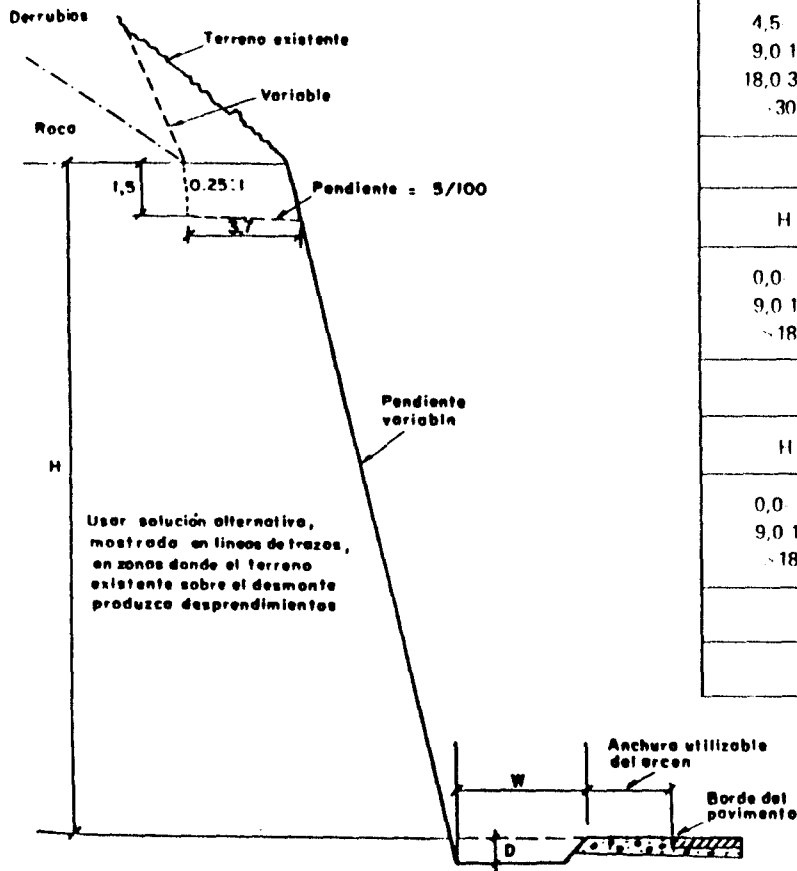
La berma irá rellena de arena sin compactar hasta una altura no inferior a 0,5 m. para amortiguar posibles rebotes.

Deberá procederse a la limpieza periódica de la misma mediante maquinaria adecuada con el fin de que no pierda efectividad en su función al colmatarse.

- Valla parapiedras.

Fuera del área de "riesgo máximo" y en dirección a la localidad de Ballobar podrá procederse a la colocación en las zonas que lo requieran (si no existe vegetación arbórea suficiente) de una valla para-piedras siguiendo el esquema de la figura en función de los ángulos que presente el piedemonte del talud. Estas medidas no deberán excluir, de utilizarse, la realización de la berma parapiedras descrita en el punto anterior.

TABLA N. 13
Dimensionamiento de cunetones de piedras según Ritchie (1963)



TALUD: CASI VERTICAL		
H	W	D
4,5- 9,0	3,0	0,9
9,0 18,0	4,5	1,2
> 18,0	6,0	1,2
TALUD: 0,25:1 0,3:1		
H	W	D
4,5 9,0	3,0	0,9
9,0 18,0	4,5	1,2
18,0 30,0	6,0	1,8F
> 30,0	7,6	1,8F
TALUD: 0,5:1		
H	W	D
4,5 9,0	3,0	1,2
9,0 18,0	4,5	1,8
18,0 30,0	6,0	1,8F
> 30,0	7,6	2,4F
TALUD: 0,75:1		
H	W	D
0,0 9,0	3,0	0,9
9,0 18,0	4,5	1,2
> 18,0	4,5	1,8F
TALUD: 1:1		
H	W	D
0,0- 9,0	3,0	0,9
9,0 18,0	3,0	1,5F
> 18,0	4,5	1,8F
TALUD: 1,25:1		
PONER DEFENSA EN ARCEN		

Notas:

- 1) Cuando el terreno existente sobre el desmonte tiene una pendiente próxima a la de éste, la altura (H) debe incluir la pendiente existente o la porción que pueda lógicamente considerarse como parte del desmonte.
- 2) Generalmente deberá ponerse una defensa cuando $D > 0,90$. F permite disminuir D a 1,20 si también se utiliza de fensa.

FIGURA 9.1.

Tomado de ESCARIO, V. 1.981.

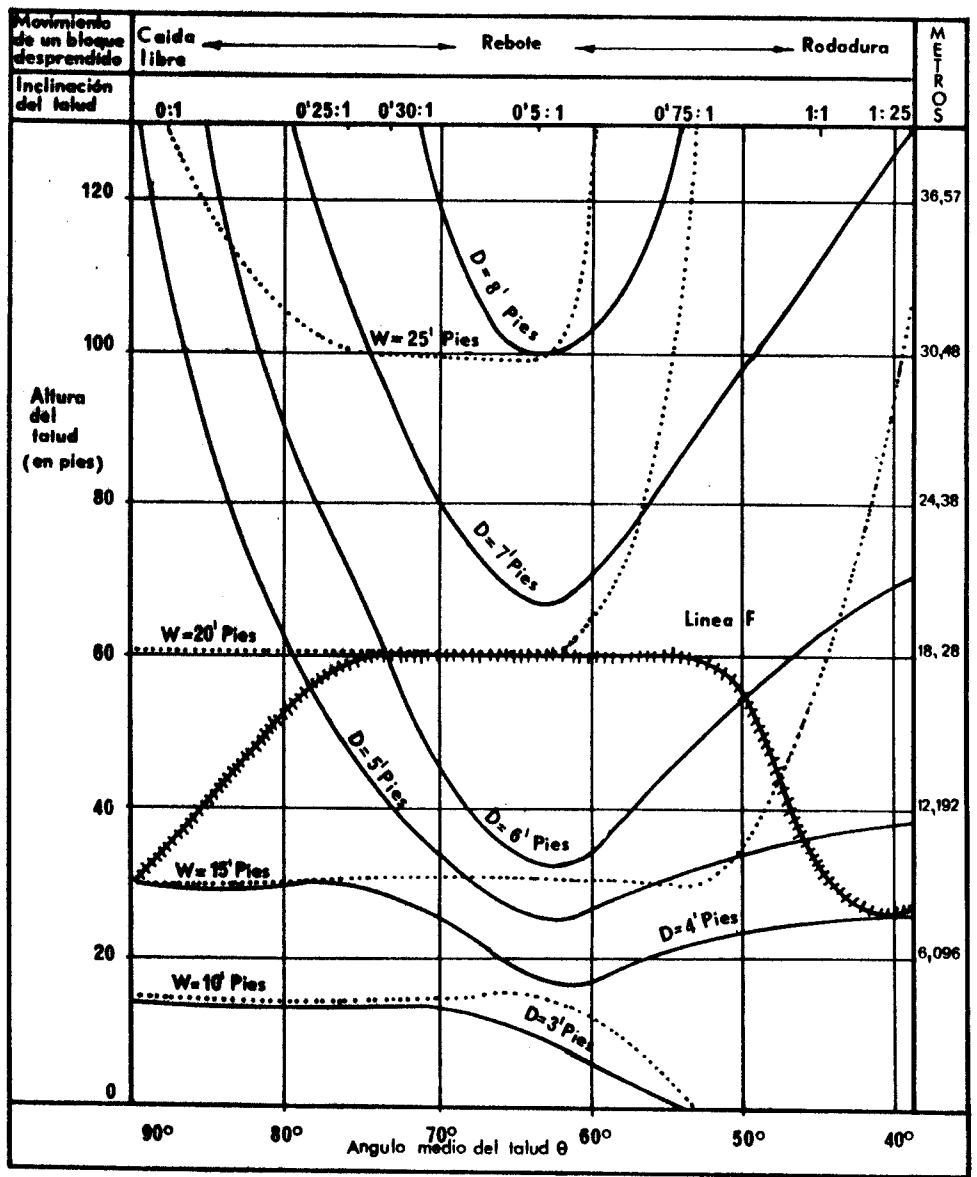


FIG.9.2 Segun ARTHUR M.RITCHIE, 1963 (Modificado).
 HIGHWAY RESEARCH RECORD N° 17

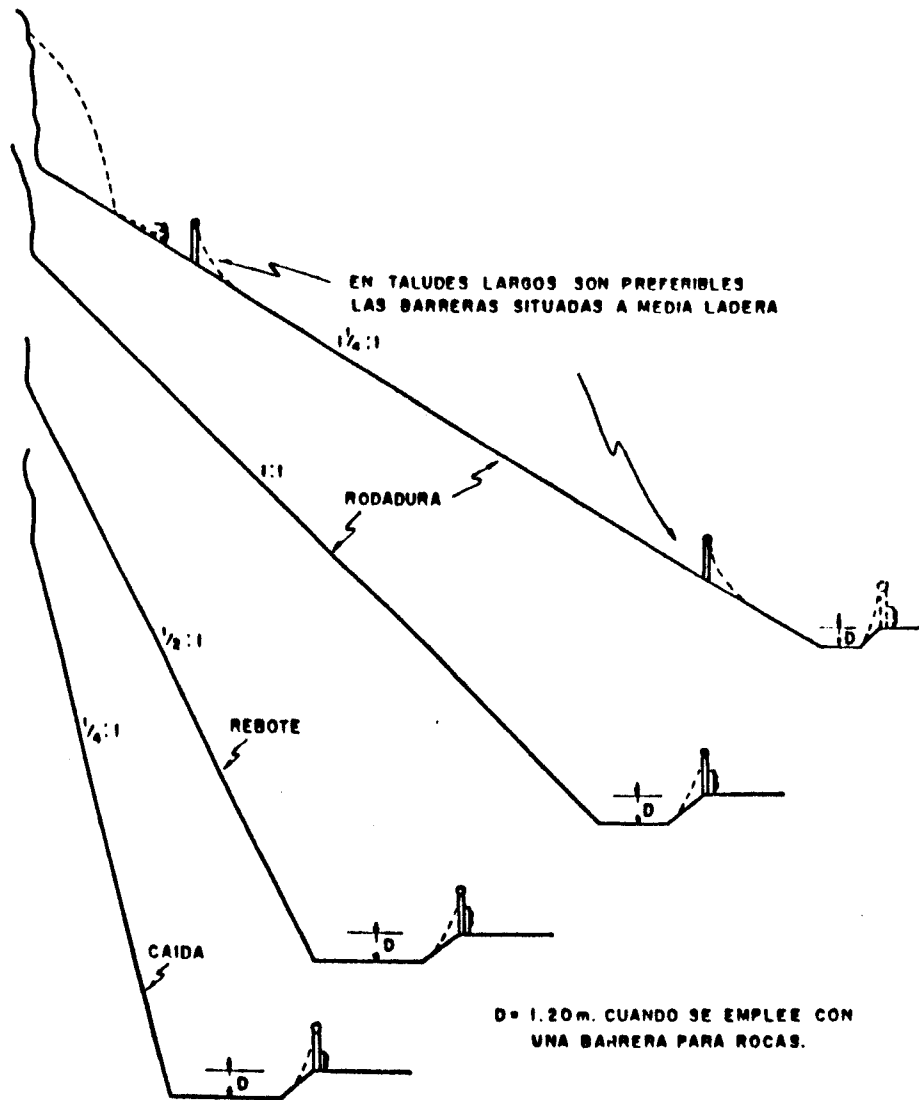


FIG.9.3 Protección contra las rocas en forma de barreras en el talud o en el borde de la carretera. Aunque la disposición para taludes de $1/4:1$ y $1/2:1$ de 30 m. de altura es la misma, sin embargo en un talud $1/2:1$ las rocas deben recorrer una distancia mayor hasta encontrar la misma barrera (RITCHIE, 1.963).

9.3. MEDIDAS COMPLEMENTARIAS.

Como medidas complementarias y con el fin de proteger a largo plazo tanto la carretera (de los desprendimientos) como el propio talud (de la erosión y acarreamiento del piedemonte) se procederá a la repoblación forestal de la ladera. Para la elección de las especies nos referiremos a las que ya están siendo utilizadas en el entorno, fundamentalmente coníferas que son las que mejor se adaptan en esta zona a las condiciones meteorológicas, de suelo y pendiente precisando además mínimos cuidados para su conservación.

Se pondrá especial cuidado en repoblar en los puntos de mayor erosión actual (cárcavas).

Deberá procederse (para asegurar el éxito de la medida) a un riego de la replantación entre 6 y 8 veces/año necesitando en el periodo seco del mismo un promedio de 50 L/árbol-vez. Se procederá así mismo a replantar aquellos árboles que en una primera fase de un año quedaran secos.

Para alcanzar un mayor nivel de eficacia se replantarán en la zona II con árboles entre 1 y 2 m. de altura con una distancia media entre ellos de 5 metros y al tresbolillo.

10.- B I B L I O G R A F I A .

- AYALA CARCEDO, F. (1.987): "Introducción a los Riesgos Geológicos".
En: "Riesgos Geológicos". I.G.M.E. Serie: Geología Ambiental. Madrid.
- COROMINAS, J. Ed. (1.989): "Estabilidad de taludes y laderas naturales"
Monografía n.º 3. Soc. Esp. de Geomorfología. Barcelona.
- CEOTMA: "Guía para la elaboración de estudios del Medio Físico. Conte-
nido y Metodología". Serie Manuales n.º 3 . MOPU. Madrid.
- DARYMLE, BLANG y CORACHER (1.968): "Zeitschrift fur Geomorphologie, 12"
60-76.
- DEERE, D.U.; MERITT, A. N.; COON, R.F. (1.967) "Engeneering classifica-
tion of in situ rock". Tech. Rept. núm. AFWL-67-144. Air Force.
System Command. Kirtland Air Force Base. New Mexico.
- ESCARIO, V. (1.981): "Terraplenes y Pedraplenes. Estado actual de la
Técnica" MOPU. Dir. Gral. de Carreteras. Madrid.
- ESCARIO, V. (1.981): "Desmontes. Estado actual de la Técnica" MOPU.
Dir. Gral. de Carreteras. Madrid.
- FERRER GIJON, M. (1.987): "Deslizamientos, Desprendimientos, Flujos
y Avalanchas".
- HACAR BENITEZ, M.A.; HACAR RODRIGUEZ, F.; GARCIA-ARANGO, I. (1.988):
"Estudio dinámico de los desprendimientos y bases de cálculo de los
sistemas de protección". En: II Simposio sobre taludes y laderas in-
estables". Andorra La Vella. 1.988.
- I.G.M.E. (1.986). "Manual de Taludes". Serie Geotecnia. Madrid.
- I.G.M.E. (1.988). "Estudio de riesgo por erosión en las laderas del
Cerro de San Juan. Ballobar (Huesca)".
- JIMENEZ SALAS, J.A.; JUSTO, J.L. (1.975) Geotecnia y Cimientos I.
Ed. Rueda. Madrid.
- JIMENEZ SALAS, J.A.; JUSTO, J.L.; SERRANO, A. (1.976) Geotecnia y
Cimientos II. Ed. Rueda. Madrid.
- LIED, K. (1.976): "Rockfall problems in Norway". Meeting sur le Dina-
mique de Chute des masses rocheuses el L'efficite des Onorages de Pro-
tection. ISMES, n.º 90 Bérghamo.

- LLAMAS MADURGA, M.R. (1.959): "Estudio geológico-técnico de terrenos yesíferos de la Cuenca del Ebro y de los problemas que plantean en los canales". Min. Obras Públicas, Serv. Geol., Bol. núm. 12, pp 9. 192. Madrid.
- LOPEZ CARRERAS et. al. (1.988): "Análisis del movimiento de bloques y optimización de las posibilidades de protección". En II Simposio sobre taludes y laderas inestables.
- QUIRANTES PUERTAS, J. (1.978): "Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario Continental de los Monegros". Tesis Doctoral. INSTITUCION FERNANDO EL CATOLICO (CSIC) Zaragoza.
- RICE, R.J. (1.983): "Geomorfología" Ed. Paraninfo, 392 pp.
- RITCHIE, A.M. (1.963): "Evaluation of Rockfall an its Control". Highway Research Board. Highway Research Record N° 17. Traducido n.º 32 del Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo "José Luis Escario".
- SANCHO MARCEN, C. (1.984): "Geomorfología de la región Albalate de Cinca-Candasnos (Prov. Huesca). Tesis de Licenciatura. Universidad de Zaragoza. (Ined).
- SERRANO, A. (1.985): "Descripción de los defectos de un macizo rocoso" Bol. de la Soc. Esp. de Mecánica del Suelo y Cimentaciones. N.º 76 pp. 43-67.
- TAYLOR, J.C. (1.970): "An evaluation of the universal soil loss equation for predicting wathershed sediment tieldd". Master thesis, Iowa State. Univ., Annes.
- VIALON, P.; RUHLAND, M.; GROVIER, J. (1.976): "Eléments de tectonique analytique". Ed. Masson, 118 pp.

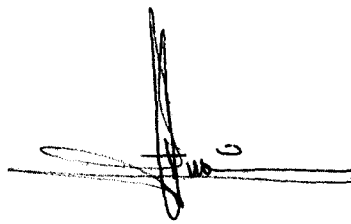


Fdo.: Francisco J. Ayala Carcedo

* Ing. Minas.

* Jefe del Area de Geología
Ambiental y Geotecnia.

I.T.G.E.



Fdo.: Alberto Gracia Bernal

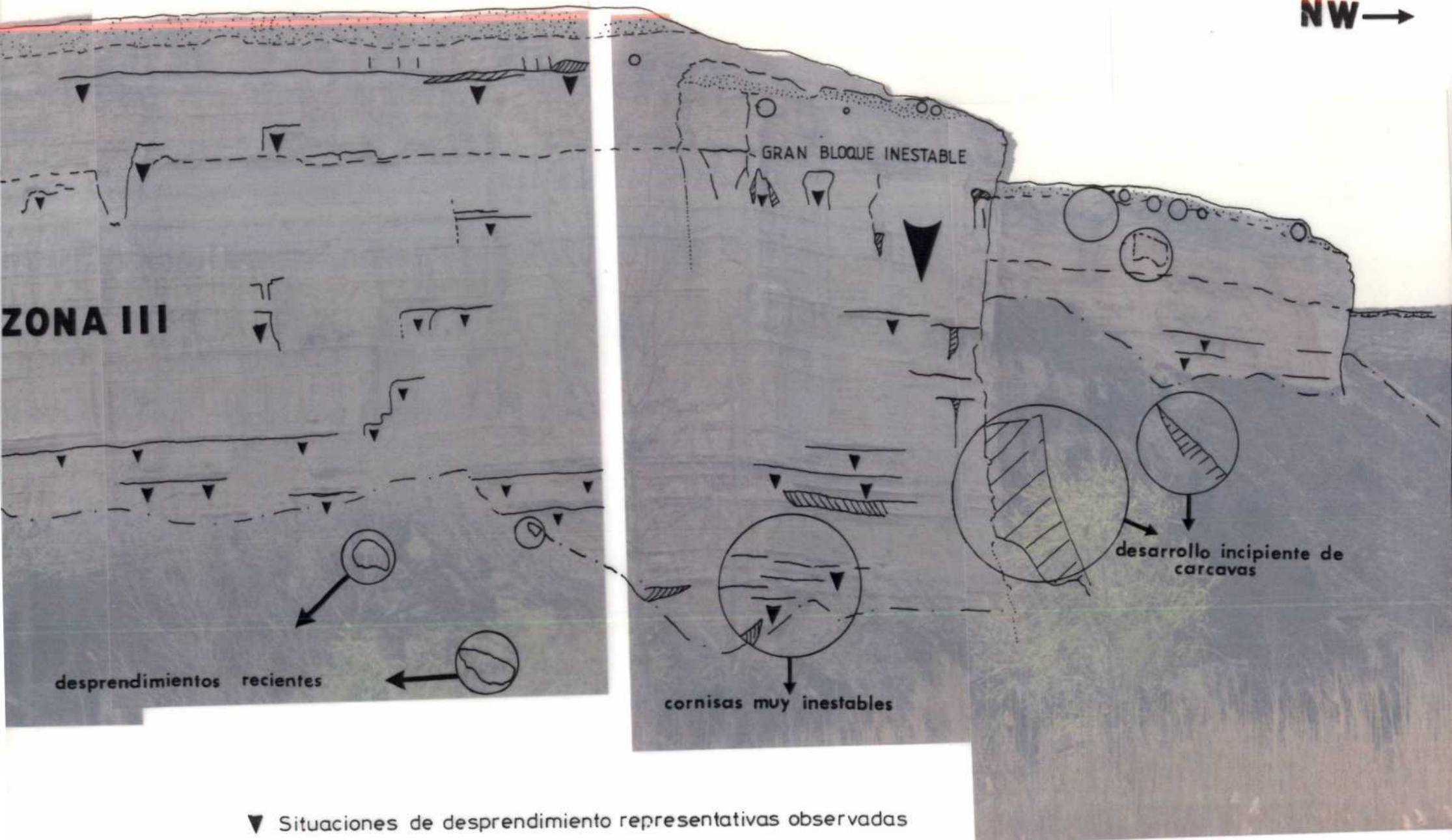
* Geólogo.

GEONOC, S.A.

A N E X O S

I. FOTOGRAFIAS.

NW →



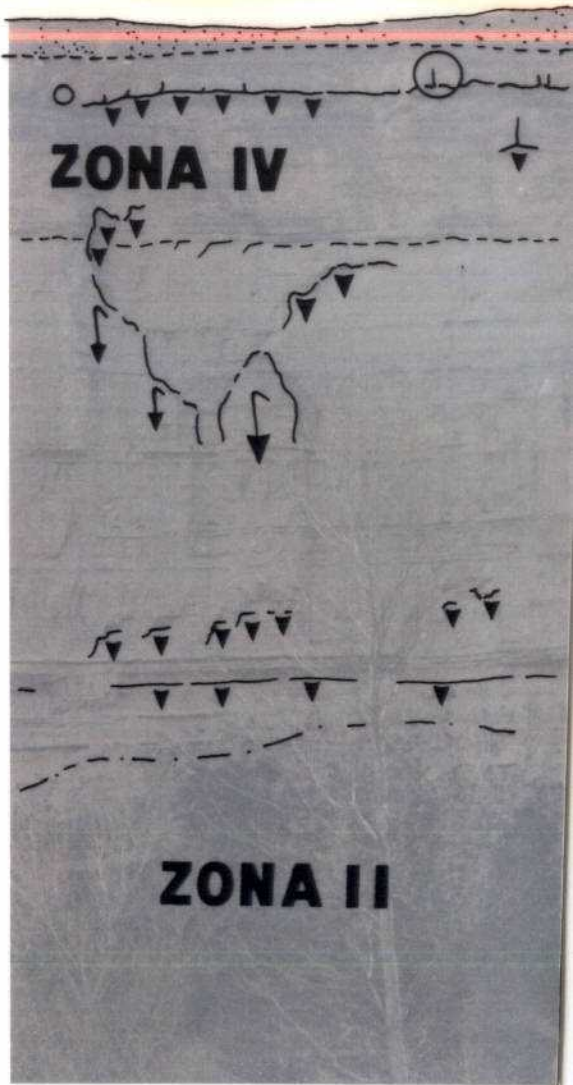
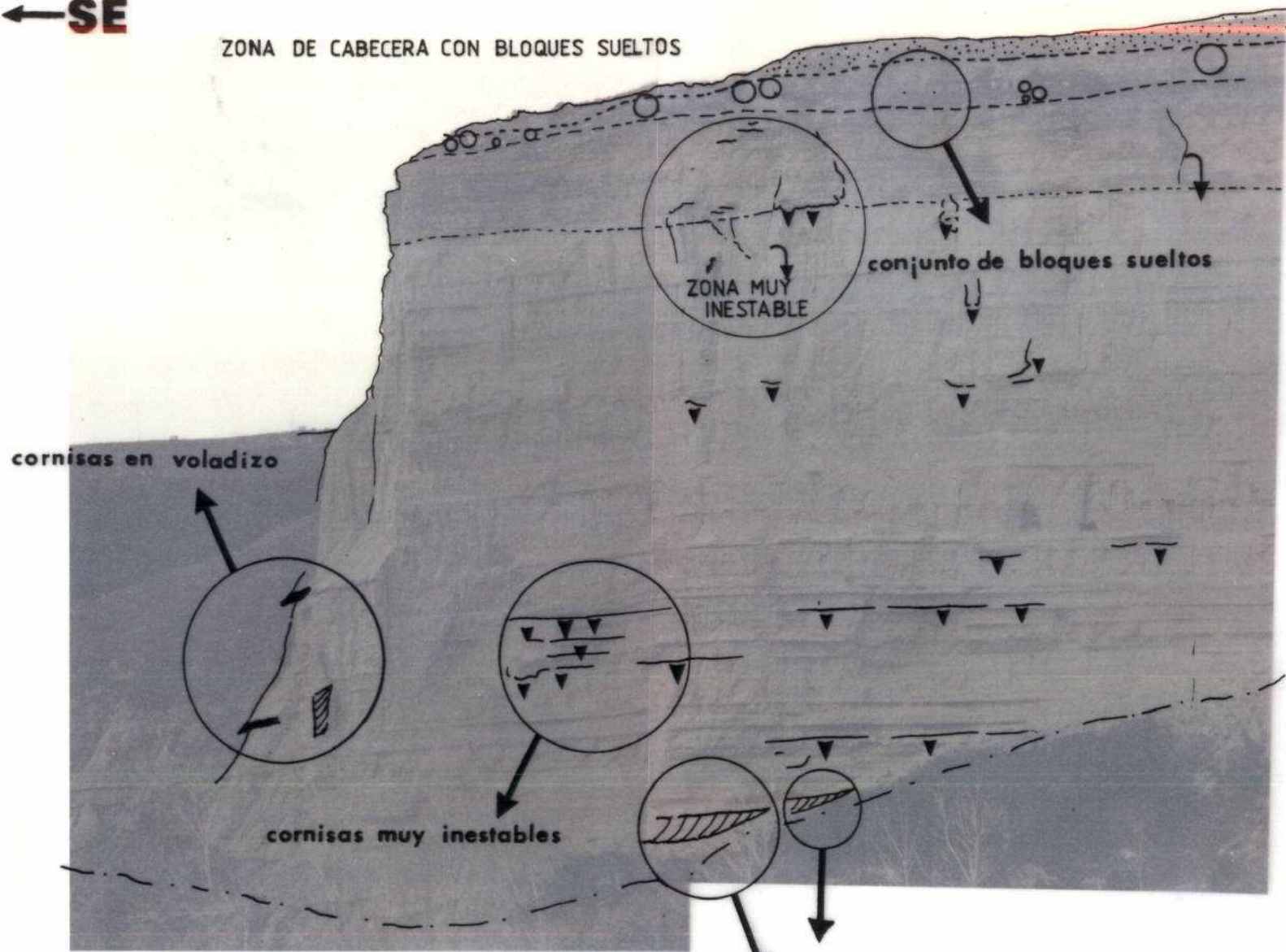
▼ Situaciones de desprendimiento representativas observadas

- — — Límite ZONA III
- · - · - Límite ZONA II



←SE

ZONA DE CABECERA CON BLOQUES SUELTOS



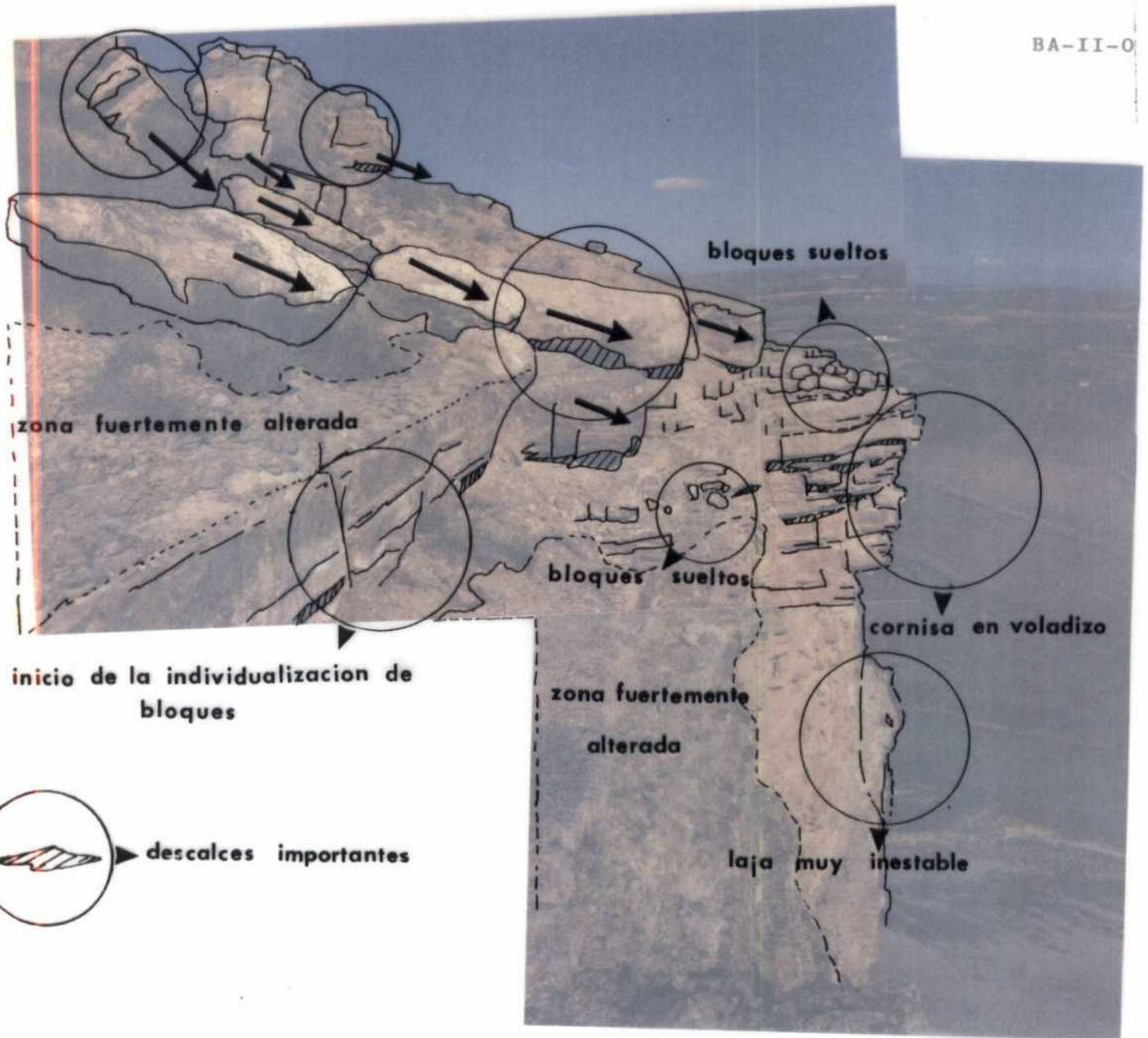
PANORAMICA 1: Vista general de la zona del talud con mayor riesgo sobre la carretera.
zonas de actividad erosiva intensa



PANORAMICA 1: Vista general de la zona del talud con mayor riesgo sobre la carretera.

BA-II-1

BA-II-0



inicio de la individualizacion de bloques



descalces importantes

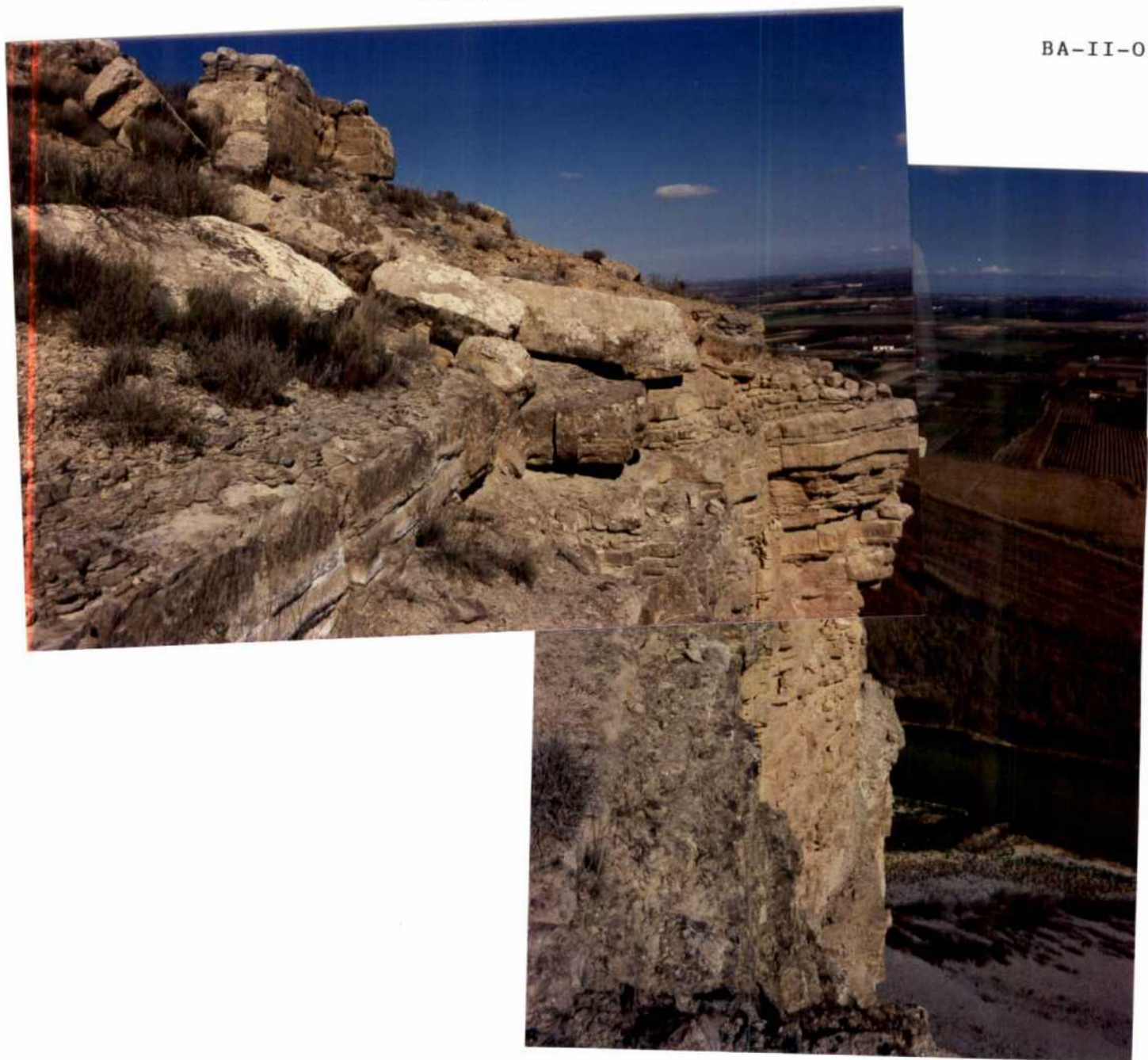
FOTOGRAFIAS 1 y 2 :

En el punto más al Sur del talud sobre la carretera C-1310 de Fraga a Huesca. En toda la orla de coronación del talud existen grandes bloques sueltos, descalzados o inclinados a favor de la pendiente. Aquí podemos observar grandes losas de calizas en situaciones muy comprometidas, amenazando desprendimiento.

En toda la superficie vertical del talud se aprecian fenómenos de erosión diferencial quedando los niveles más duros en voladizo formando viseras y resaltes. Progresando la meteorización de la roca se alcanza un punto límite en el que los estratos competentes ceden a los esfuerzos de flexotracción y caen o permanecen apoyados sobre otros inferiores, sueltos en situaciones de equilibrio inestable.

BA-II-1

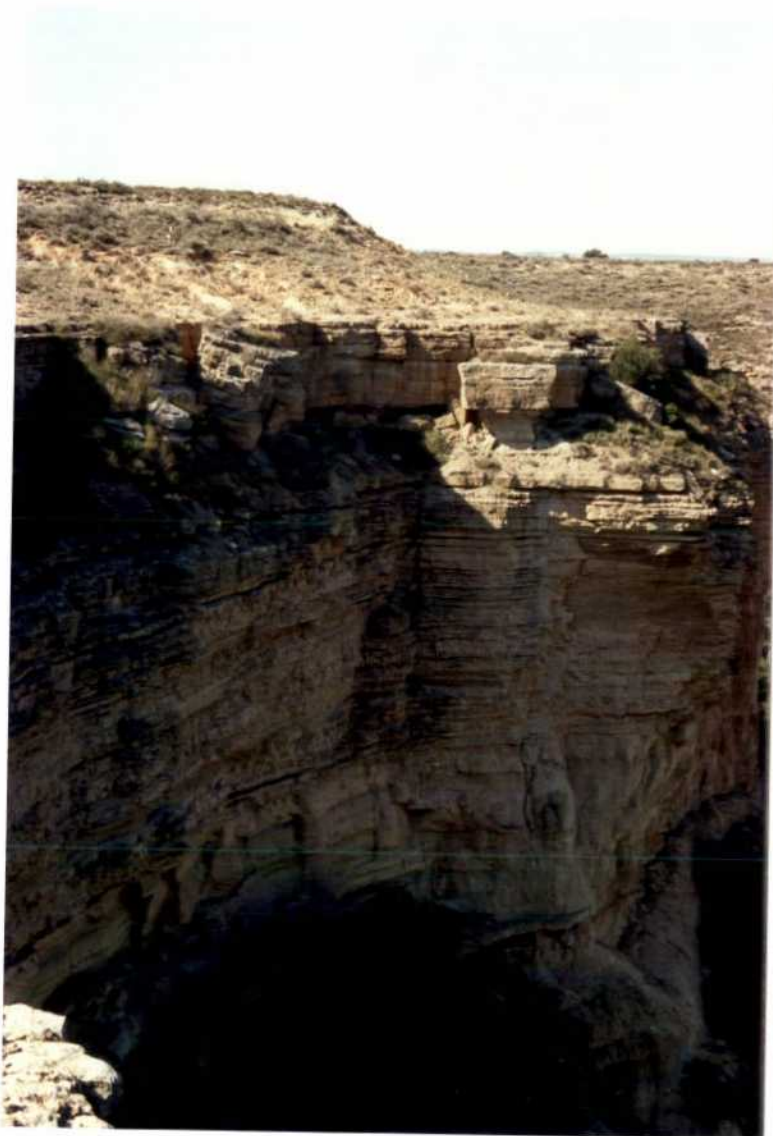
BA-II-0



FOTOGRAFIAS 1 y 2 :

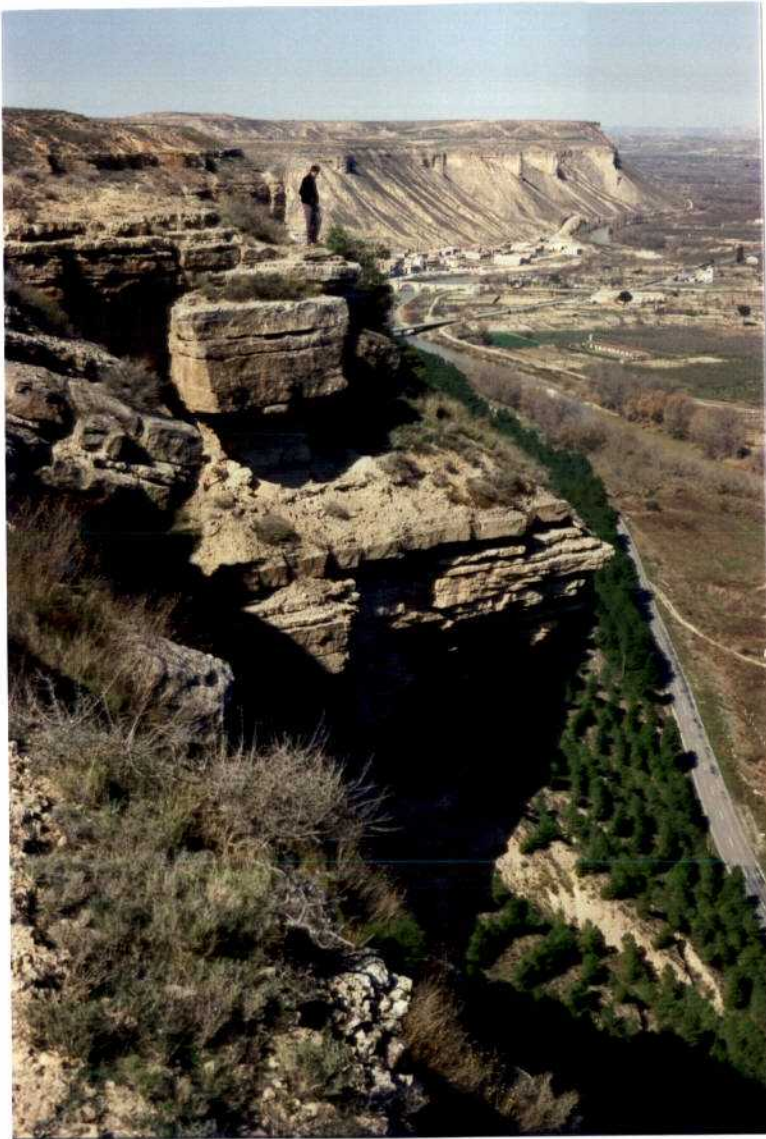
En el punto más al Sur del talud sobre la carretera C-1310 de Fraga a Huesca. En toda la orla de coronación del talud existen grandes bloques sueltos, descalzados o inclinados a favor de la pendiente. Aquí podemos observar grandes losas de calizas en situaciones muy comprometidas, amenazando desprendimiento.

En toda la superficie vertical del talud se aprecian fenómenos de erosión diferencial quedando los niveles más duros en voladizo formando viseras y resaltes. Progresando la meteorización de la roca se alcanza un punto límite en el que los estratos competentes ceden a los esfuerzos de flexotracción y caen o permanecen apoyados sobre otros inferiores, sueltos en situaciones de equilibrio inestable.



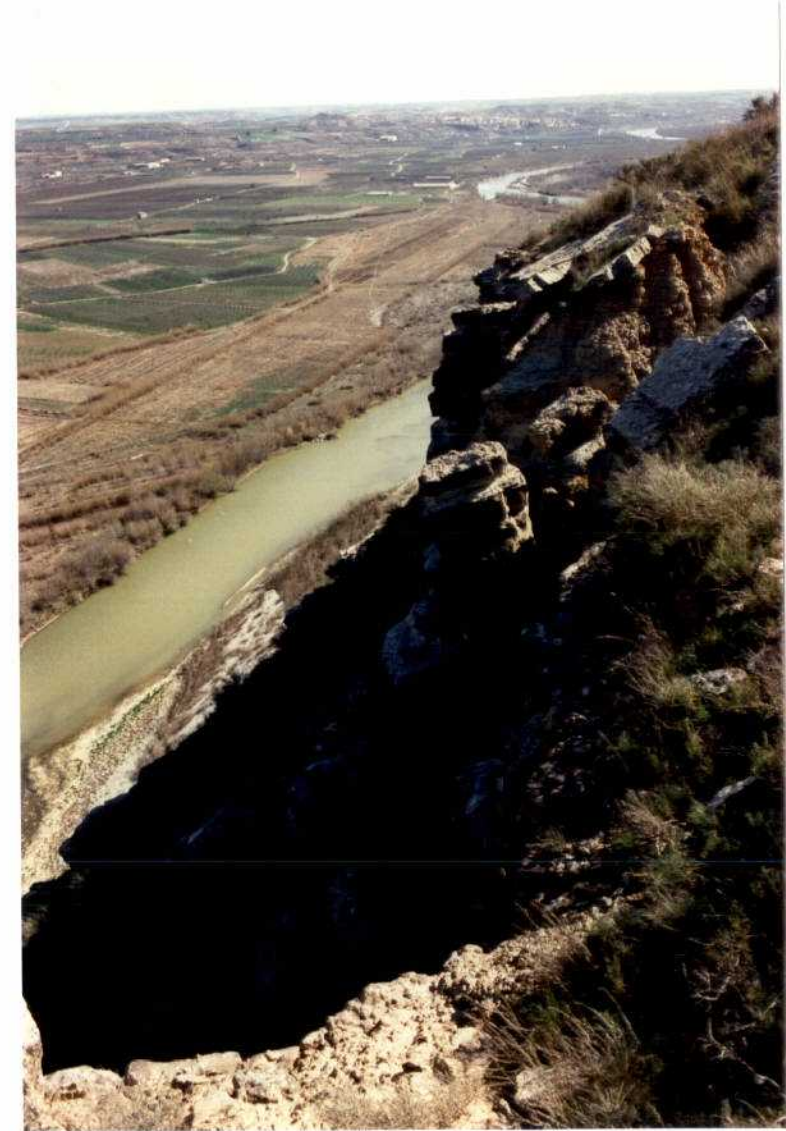
FOTOGRAFIA 3 y 4:

Panorámica y detalle de la zona que queda al Norte del talud sobre la carretera. Las situaciones de inestabilidad, sobre todo en la zona superior del promontorio, son muy numerosas destacando en algunas de ellas grandes conjuntos rocosos fracturados y desgajados, inclinados peligrosamente. El pie de talud, allí donde su longitud y repoblación son suficientes constituye un colector que defiende la carretera. Sin embargo existen muchas situaciones en las que se aprecia insuficiente.



FOTOGRAFIA 5:

Aspectos puntuales de situaciones claramente inestables en la cornisa de coronación del talud. Se aprecia bloques sueltos e inclinados, apoyados sobre sustratos arcillosos de baja cohesión que están siendo erosionados.

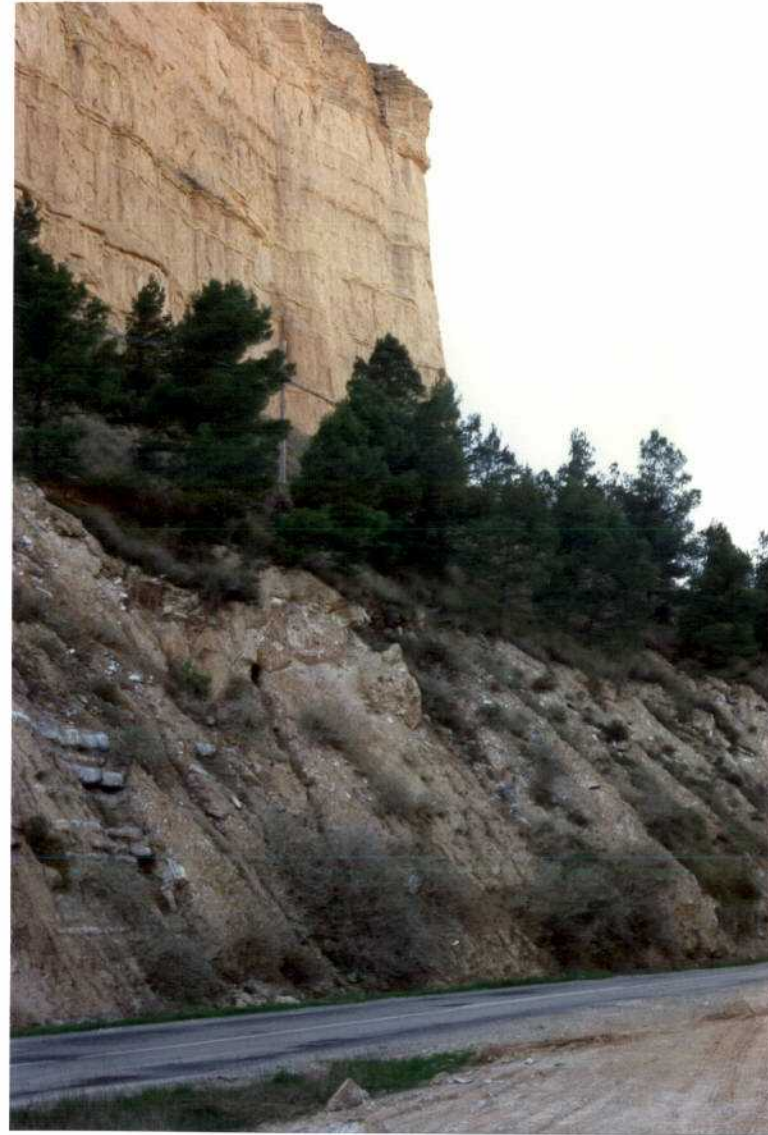


FOTOGRAFIA 6:



FOTOGRAFIA 7:

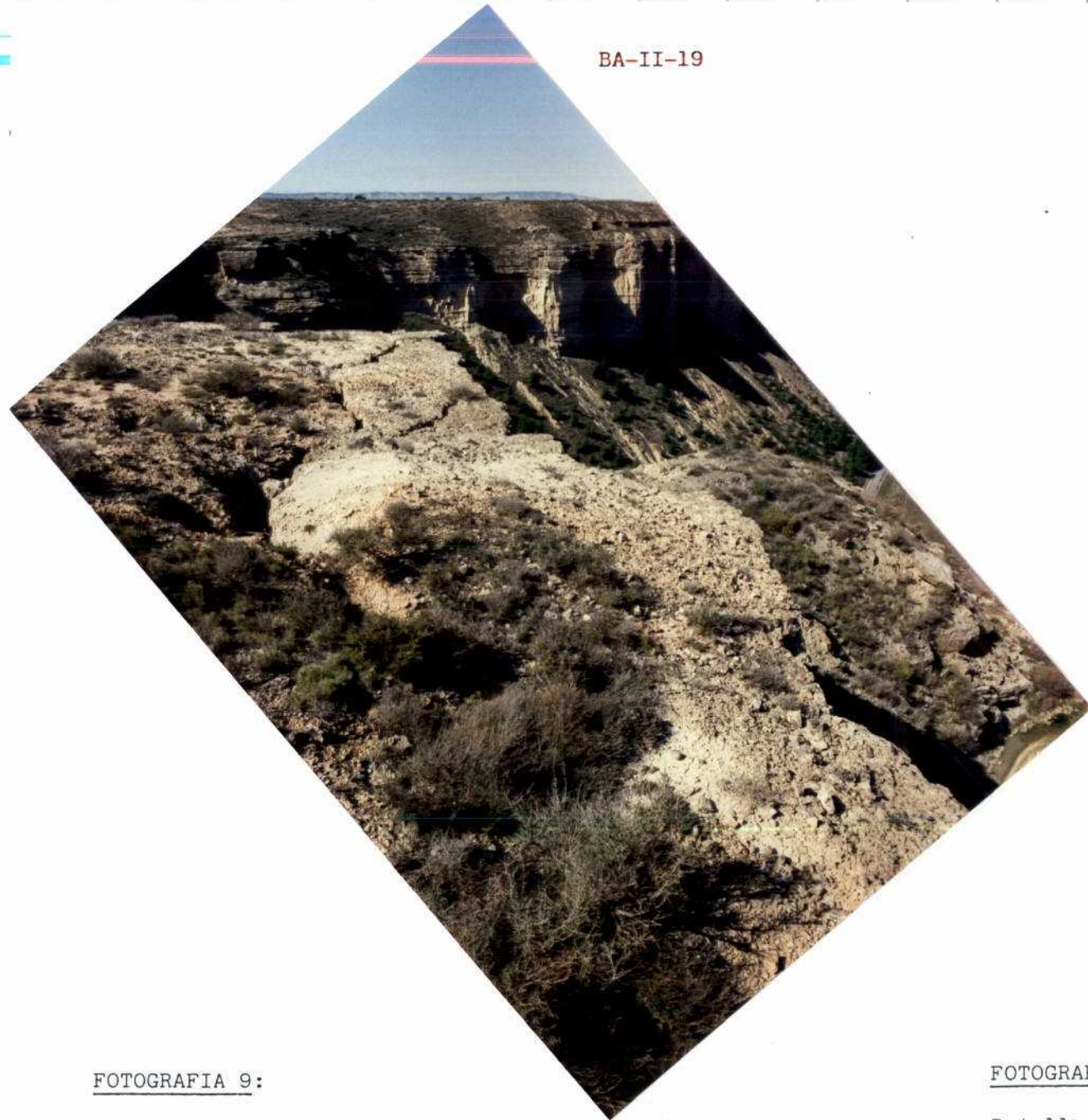
Vista del talud desde el NW. Obsérvese la importante grieta en la pared del talud. Su ensanchamiento se debe a procesos de infiltración y socavamiento interno.



FOTOGRAFIA 8:

Aspecto del talud desde el SE. Se puede destacar la importancia del tramo vertical del mismo. Al pie del talud se observa en detalle el depósito de piedemonte cuya evolución ha llegado a recubrir en algunos puntos el talud original de la carretera.

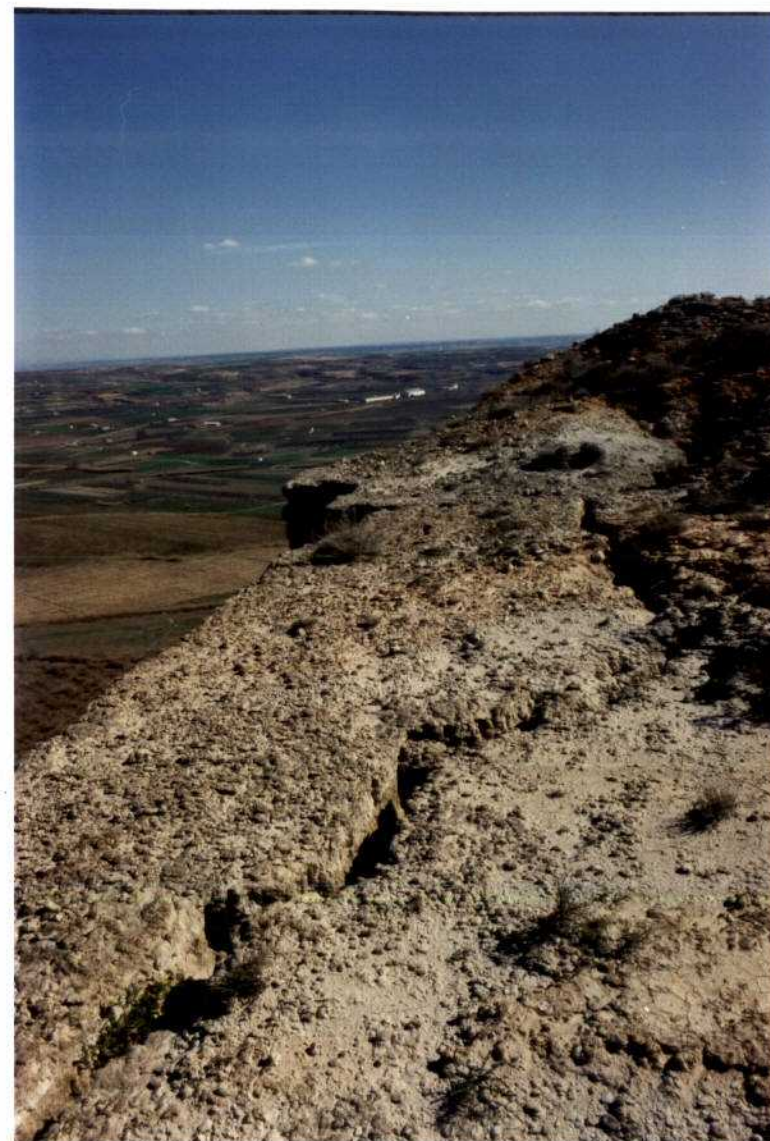
BA-II-19



FOTOGRAFIA 9:

Aspecto que presentan las grietas de tracción en la coronación del talud. A la derecha puede verse un pequeño tramo de la carretera que discurre al pie del talud.

BA-II-20



FOTOGRAFIA 10:

Detalle de una de las grietas de tracción. Esta importante grieta tiende a individualizar un "colmillo" de grandes dimensiones (ver fotografía n.º 24).



FOTOGRAFIA 11:

En la zona conocida por "Las Ripias", al Norte existe una gran laja sobre la carretera. Aquí podemos ver una toma de la zona de coronación.

BA-II-24



FOTOGRAFIA 12:

En primer termino un gran bloque basculando, en equilibrio inestable, a punto de caer. Al fondo el gran paramento rocoso vertical.



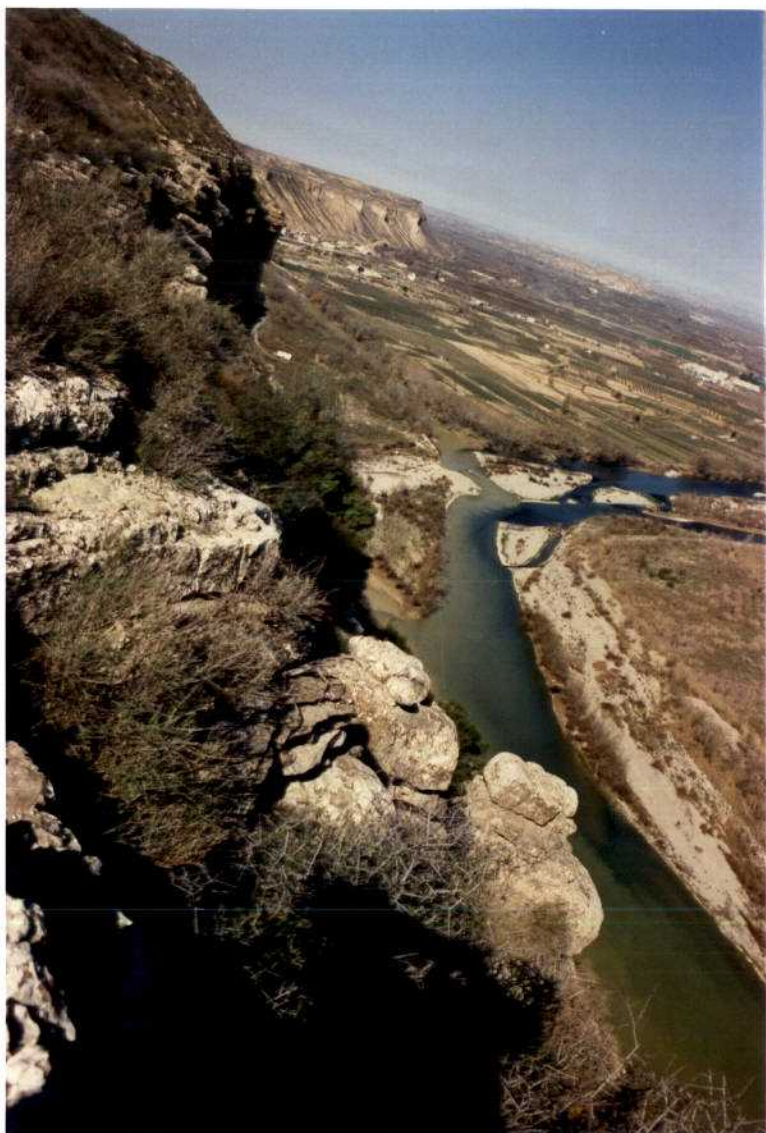
FOTOGRAFIA 13:

Aspecto de la zona de la que partieron los últimos desprendimientos. En el centro pueden observarse dos grandes huecos generados por socavación interna. Por encima puede observarse la situación de voladizo de un gran número de bloques en la zona de coronación del talud.



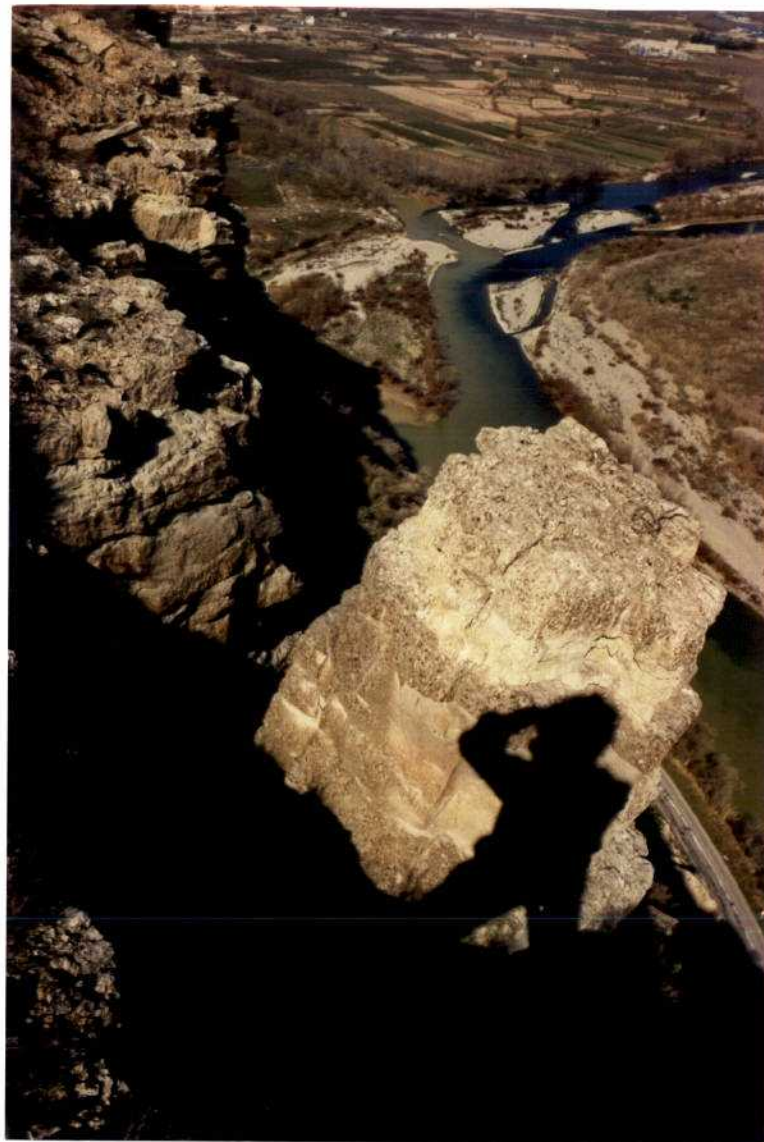
FOTOGRAFIA 14:

Aspecto de uno de los bloques desprendidos. El material que lo compone consta de más de una litología. Se puede observar la alternancia de material duro (arenisca margosa) y material blando (arcillas versicolores expansivas). Cabe también destacar la presencia de una laja de yeso fibroso.



FOTOGRAFIA 15:

En primer termino bloques fuertemente inclinados en situación inestable. En el centro puede observarse la confluencia de los ríos Alcanadre (de aguas más turbias) y Cinca.



FOTOGRAFIA 16:

Gran bloque inestable fuertemente inclinado. A la derecha, abajo, la carretera. En el centro la confluencia de los ríos Alcanadre y Cinca.

BA-II-31



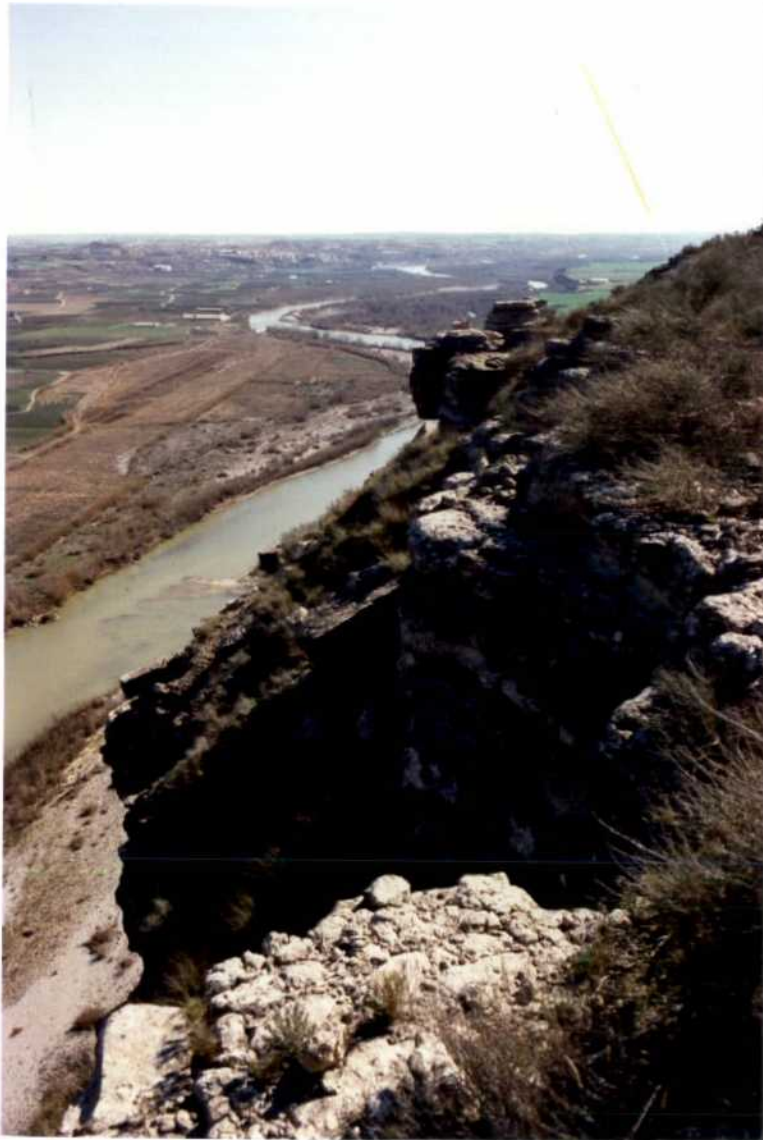
BA-II-4



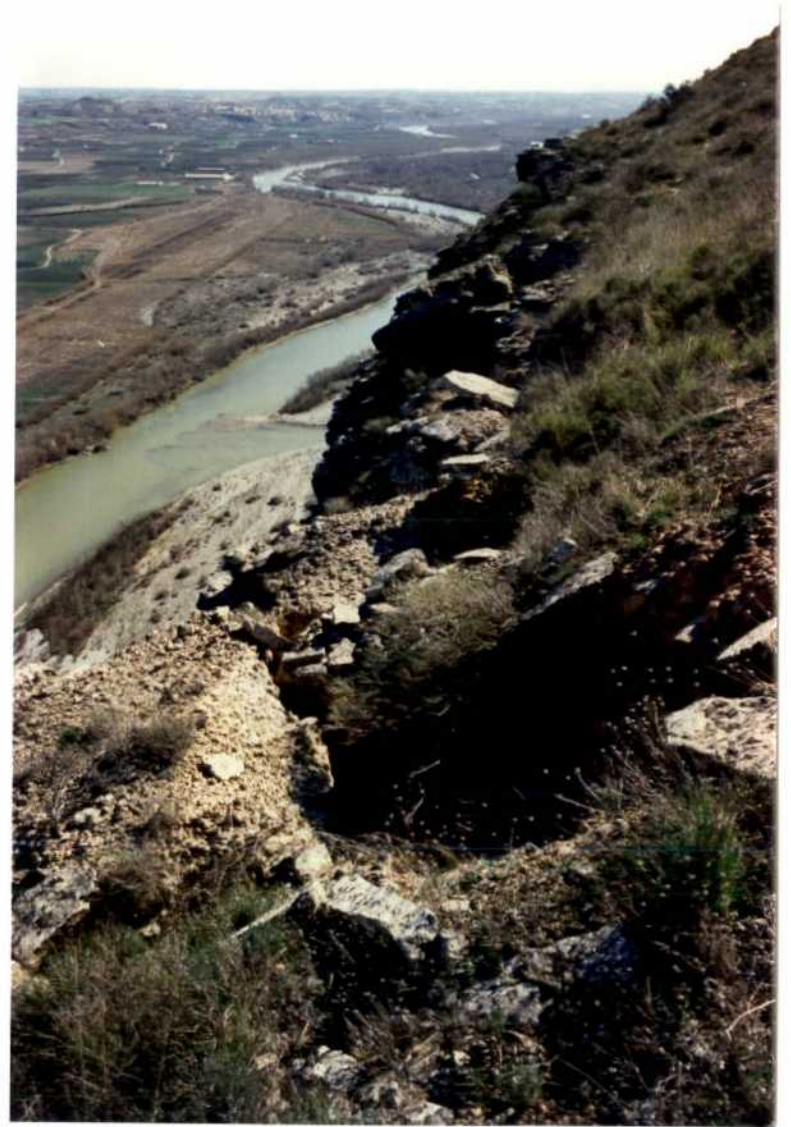
FOTOGRAFIAS 17 y 18 :

Importancia grietas que alcanzan entre 2 y 3 metros de profundidad pro_vocan la inclinación progresiva de grandes masas de roca. El agua de escorrentía penetra a través de ellas acelerando el proceso por lavado y socavación de los niveles inferiores que presentan (arcillas-margas) una cohesión y facilidad para la erosión y arrastre mucho más altas.

BBA-II-7



BA-II-13



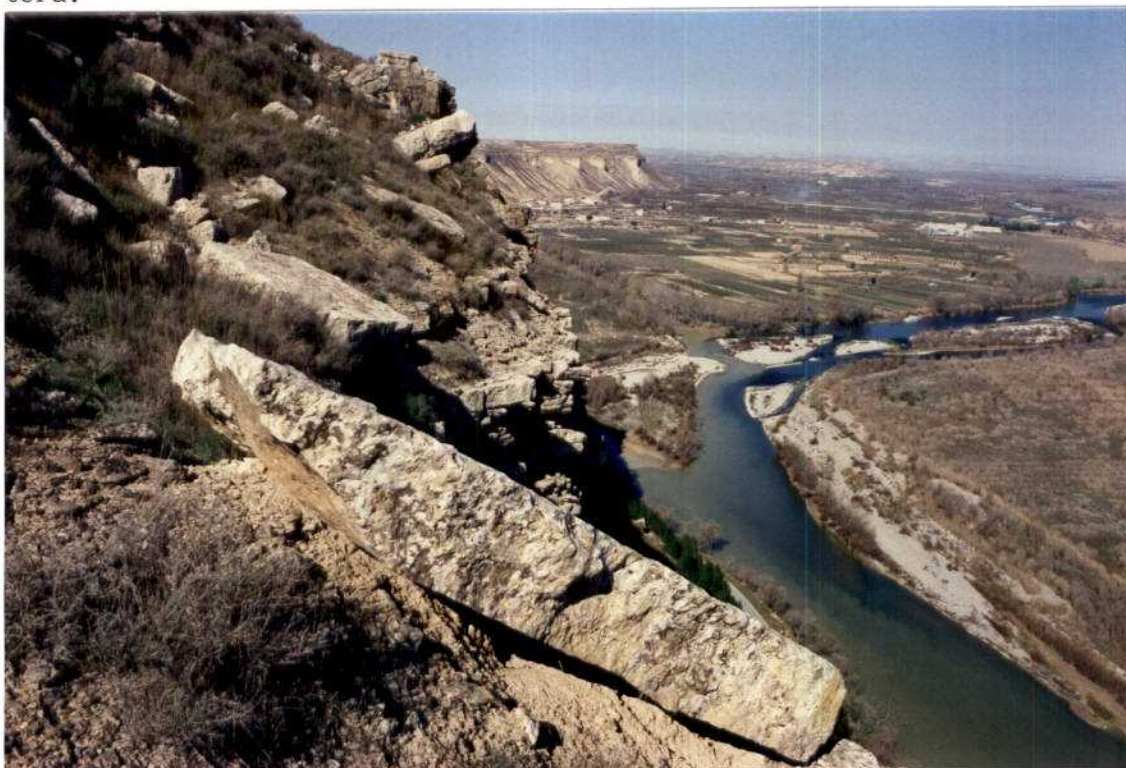
FOTOGRAFIAS 19 y 20.

Dos vistas consecutivas dentro del mismo área en la zona de coronación del talud. Viseras y bloques inestables en rocas muy fragmentadas.



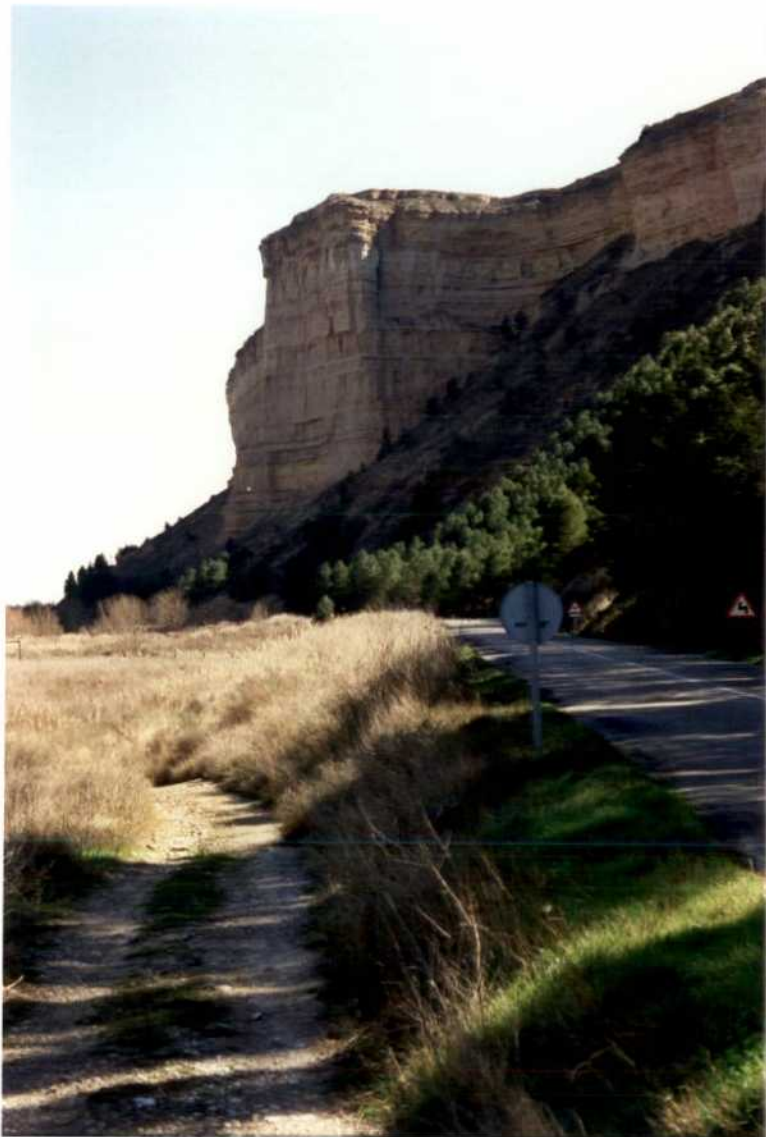
FOTOGRAFIA 21:

Aspecto del talud en el que se pueden apreciar la disminución progresiva del tramo vertical del mismo. En último término aparece la grieta y el gran hueco generado por erosión interna. Abajo a la izquierda la carretera. *



FOTOGRAFIA 22:

En primer termino un bloque basculando en equilibrio muy inestable (sólo presenta un punto de apoyo). En segundo término aspecto de la zona de coronación del talud fuertemente meteorizada y con gran número de bloques sueltos.



FOTOGRAFIA 23:

Desde la carretera una gran laja desgajada del resto del macizo.

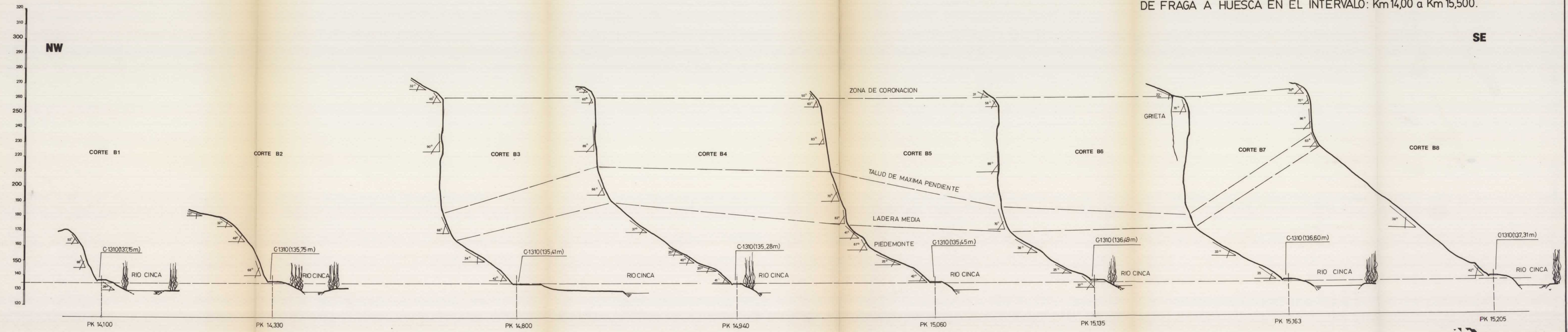


FOTOGRAFIA 24:

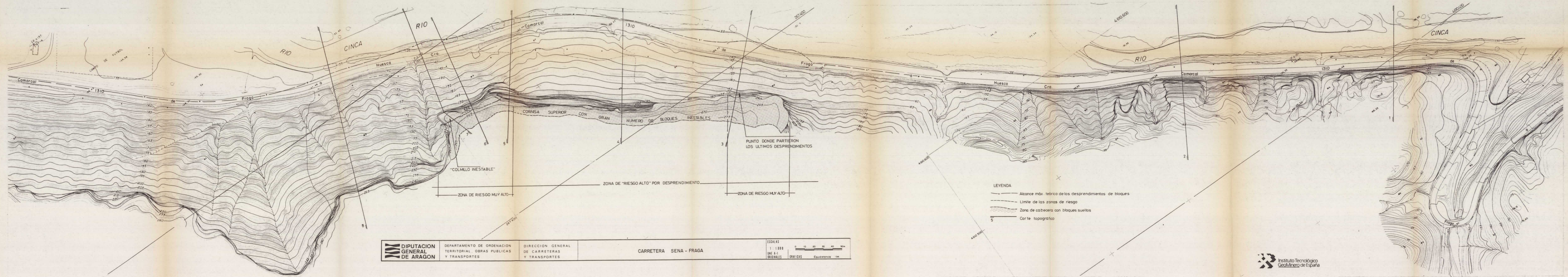
Vista de la misma laja de la fotografía 23 de perfil y desde arriba.

II. CORTES.

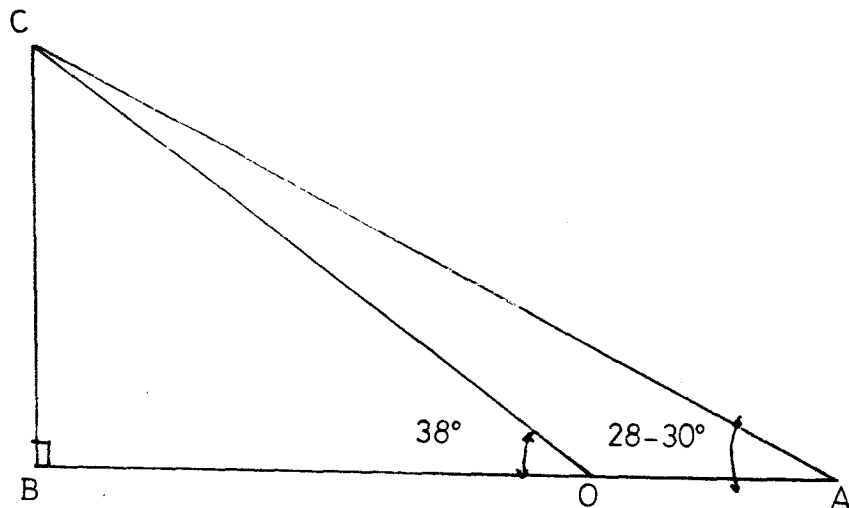
CORTES TOPOGRAFICOS EN LA CARRETERA COMARCAL C-1310 DE FRAGA A HUESCA EN EL INTERVALO: Km 14,00 a Km 15,500.



[II. MAPA 1.



IV. CALCULOS.



BALLOBAR: ALCANCE MAXIMO PROBABLE (Corte n.º 3).

Distancia \overline{OB} = 59,56 m.

Distancia \overline{AB} = 87,21 m. (80,11 m.).

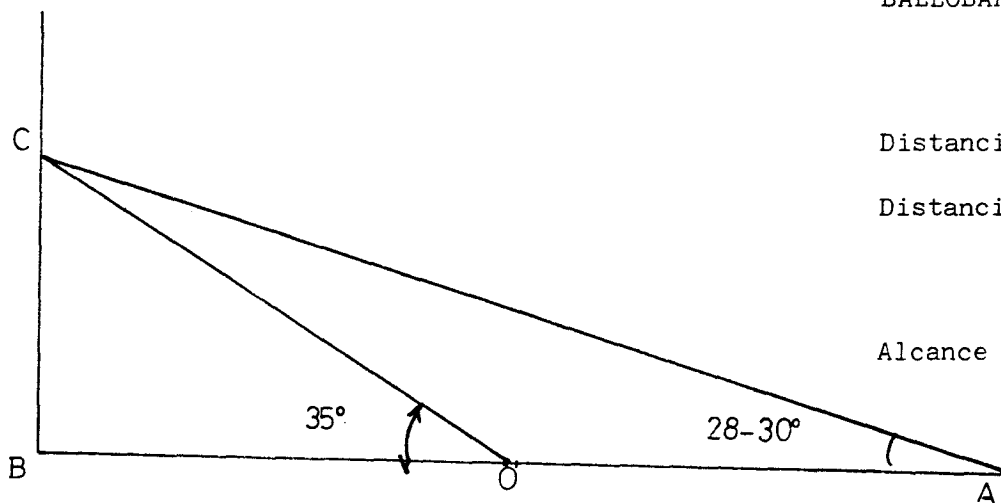
$\alpha_1 = 28^\circ$ $\alpha_2 = 30^\circ$

Alcance máximo probable \overline{OA} $87,21 - 59,56 = 27,65$ m.

$$87,21 - 59,56 = 27,65 \text{ m.}$$

\overline{OA} $80,11 - 59,56 = 20,55$ m.

$$80,11 - 59,56 = 20,55 \text{ m.}$$



BALLOBAR: ALCANCE MAXIMO PROBABLE (Corte n.º 4).

Distancia \overline{OB} = 78,76 m.

Distancia \overline{AB} = 102,85 m.

$\alpha_1 = 28^\circ$ $\alpha_2 = 30^\circ$

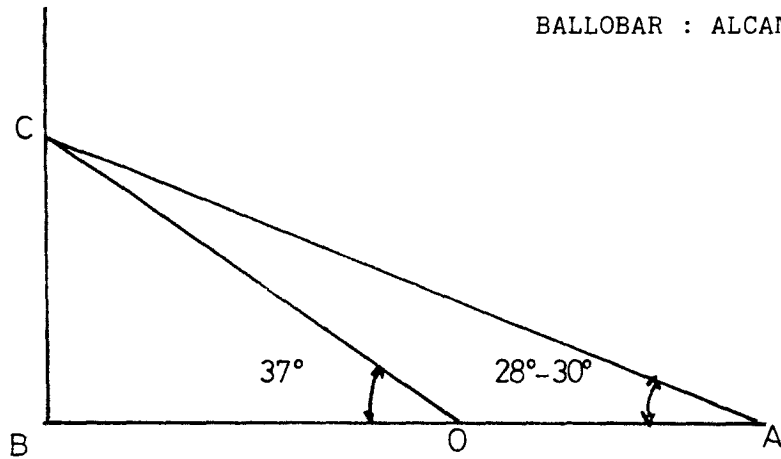
Alcance máximo probable \overline{OA} $102,85 - 78,76$ m. = 24,09 m.

$$102,85 - 78,76 \text{ m.} = 24,09 \text{ m.}$$

\overline{OA} $96,36 - 78,76$ m. = 17,60 m.

$$96,36 - 78,76 \text{ m.} = 17,60 \text{ m.}$$

BALLOBAR : ALCANCE MAXIMO PROBABLE (Corte n.º 5).



Distancia \overline{OB} = 52,63 m.

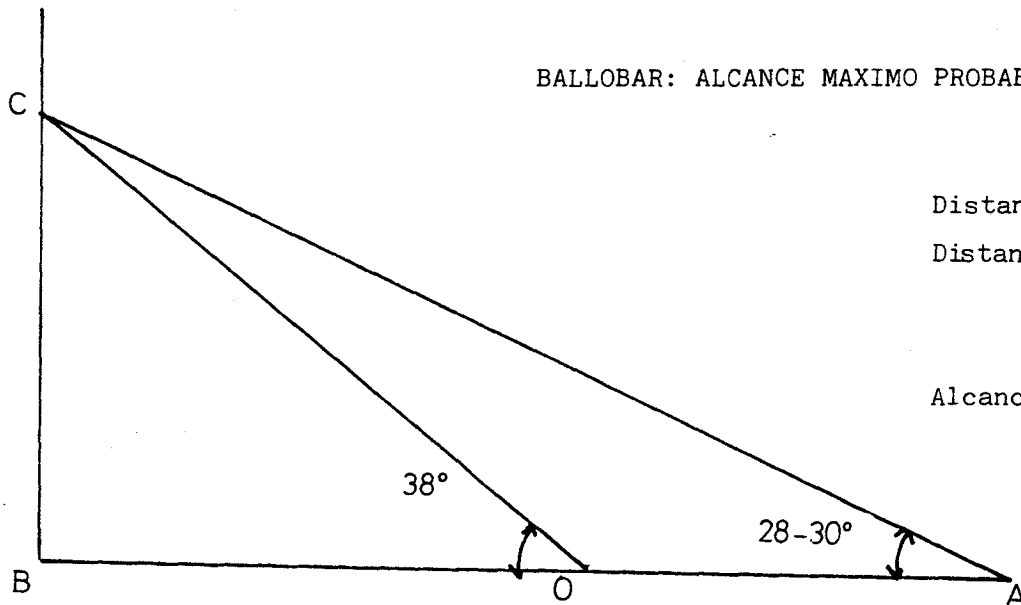
Distancia \overline{AB} = 74,05 m. (68,02 m.)

$\alpha = 28^\circ$ $\alpha = 30^\circ$

Alcance máximo probable \overline{OA} 74,05-52,63 = 21,42 m.

\overline{OA} 68,02-52,63 = 15,39 m.

BALLOBAR: ALCANCE MAXIMO PROBABLE (Corte n.º6).



Distancia \overline{OB} = 62,64 m.

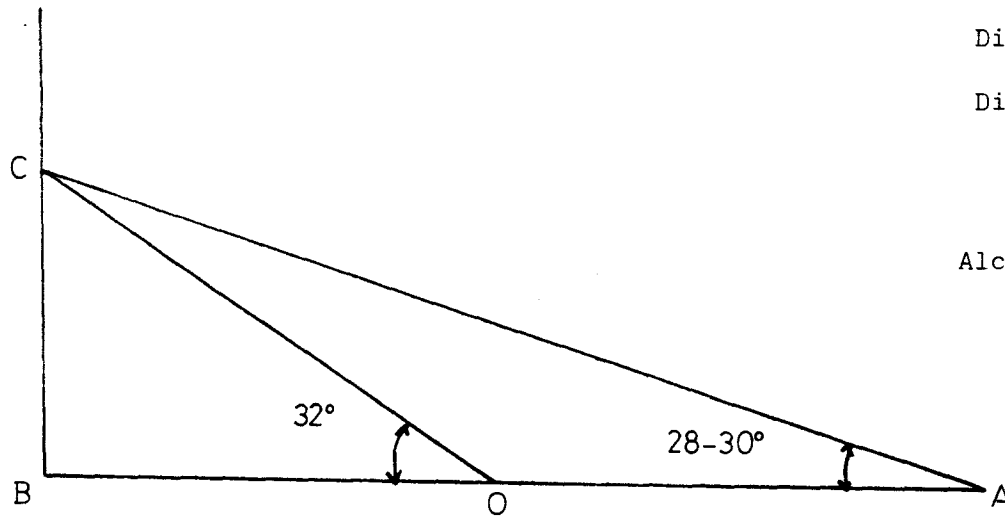
Distancia \overline{AB} = 90,80 m. (83,42 m.)

$\alpha = 28^\circ$ $\alpha = 30^\circ$

Alcance máximo probable \overline{OA} 90,80-62,64 = 28,16 m.

\overline{OA} 83,42-62,64 = 20,78 m.

BALLOBAR: ALCANCE MAXIMO PROBABLE (Corte n.º 7).



Distancia \overline{OB} = 138,71 m.

Distancia \overline{AB} = 160,14 m. (163,84 m.)

$\alpha = 30^\circ$ $\alpha = 28^\circ$

163,84-138,71 m. = 21,43 m.

Alcance máximo probable

\overline{OA}

160,14-138,71 m. = 25,15 m.

RESOLUCION HACAR Y BENITEZ (1.988).

Datos:

$$h_0 = 31,12 \text{ m.}$$

$$h_1 = 8,34 \text{ m.}$$

$$\alpha = 40^\circ$$

$$\varphi = 35^\circ$$

$$e = \frac{2}{3}$$

$$n = 1 - \frac{0,70}{0,84} = 0,17$$

$$X_0 = 0,17 \times 31,12 \times \sin 80 \sqrt{1 + \frac{8,34}{0,17 \times 31,12 \sin^2 40}} - 1 = 10,39 \text{ m.}$$

$$\text{tg } \beta_0 = \text{tg}^2 40 + \frac{8,34}{31,12 \times 0,17 \cos^2 40} = 1,85$$

$$V_2^2 = 2 g (h_0 n + h) = 13,63 g$$

$$L = -\frac{13,63 g \times 1,85}{g} = 25,21 \left[\frac{1}{(1,5)^2 + 3,42} + \frac{1}{(1,5)^4 + 3,42} + \frac{1}{(1,5)^6 + 3,42} \dots \right]$$

$$L = 8,74$$

Alcance máximo $X_0 + L = 10,39 + 8,74 = 19,13 \text{ m.}$

V. RECORTES DE PRENSA.

BAJO CINCA

El aluvión se produjo después de que pasara el autobús de línea Sariñena-Fraga

Un gran desprendimiento de piedras y tierra provoca cortes en la carretera Huesca-Fraga

Javier FONCILLAS

BALLOBAR.— El pasado sábado se produjo otro gran desprendimiento de tierra y piedras sobre la carretera Fraga-Huesca, en el punto ki-

Como ya informó DIARIO DEL ALTOARAGON los continuos desprendimientos eran motivo constante de preocupación de los usuarios que en algunos momentos se veían en la necesidad de frenar o hacer giros bruscos por encontrarse piedras de gran volumen sobre la carretera.

El pasado sábado se produjo un enorme desprendimiento de varias toneladas de piedras y tierra—sólo una roca de las que cayeron pesará unas treinta toneladas que al caer produjo un enorme socavón en la carretera de unos noventa centímetros de altura—

El tráfico tuvo que ser cortado

durante unos minutos hasta que el socavón fue arreglado ya que la piedra cayó en la calzada, rebotó y salió al arcén. También resultó afectado el tendido telefónico, aunque de manera más leve.

Este nuevo desprendimiento ha provocado el temor y el miedo de todos los que transitan esa zona, que principalmente son los vecinos de Ballobar cuando se van a Fraga o Lérida y en concreto los cincuenta trabajadores de la empresa Preparados Alimenticios que deben hacer cuatro veces el trayecto cada día.

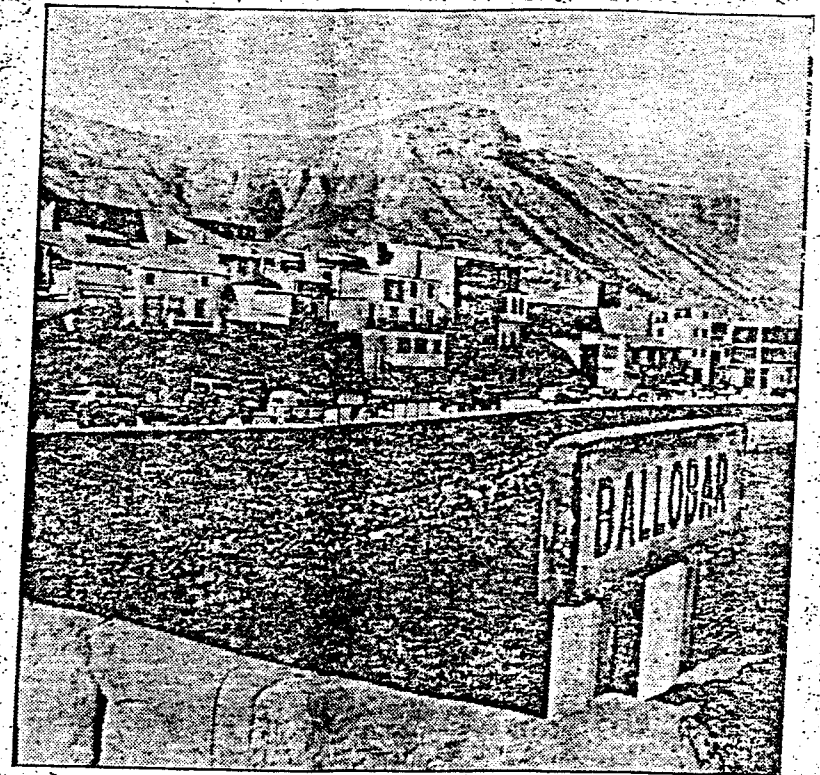
Asimismo también afecta principalmente a los municipios de Chalamera, Ontiñena y Alcolea

lométrico 16 en el término municipal de Ballobar y en la zona denominada las Ripas. Por fortuna no hubo que lamentar desgracias aunque cinco minutos antes del desprendimiento había pasado el autobús de la línea Sariñena-Fraga.

EL AUTOBUS DE LINEA

El autobús de línea que hace el trayecto Sariñena-Fraga había pasado unos minutos antes de que se produjeran los desprendimientos que hubieran podido producir una tragedia.

En opinión del alcalde de Ballobar, Alvaro Enrech «la situación se hace insostenible, de máxima preocupación y por ello no descartamos tomar todas las medidas necesarias para llamar la atención a fin de que las autoridades competentes tomen de una vez por todas cartas en el asunto». El Ayuntamiento de Ballobar se ha puesto en contacto en repetidas ocasiones con el director general de ca-



Ballobar es la localidad más afectada

rrerteras de la Diputación General de Aragón y con autoridades también provinciales. Incluso el alcalde de Ballobar se trasladó a Zaragoza para comentar la preocupación existente por los reiterados desprendimientos.

En enero del año 87 la carrete-

ra se debió cortar en la misma zona de Las Ripas por un enorme desprendimiento, similar al ocurrido el pasado sábado. En aquella ocasión la piedra cayó en el centro de la carretera y tuvo que ser segregada para poderla apartar de la vía por su gran volumen.

BAJO CINCA

Los desprendimientos sobre la carretera Fraga-Huesca preocupan en Ballobar

Javier FONCILLAS

BALLOBAR.— Los continuos desprendimientos que se producen en la carretera que une Fraga con Huesca, a la altura del término municipal de Ballobar están creando serias molestias a los usuarios que ven la necesidad de frenar de alguna manera lo que estiman como un peligro.

La zona donde se producen estos desprendimientos es la del denominado pasaje «Las Ripas» y el tramo de carretera afectado se utiliza frecuentemente por los trabajadores de la factoría de Preparados Alimenticios, que suman una cifra de unos cincuenta, además de para ir a Fraga o a Lérida, y el tráfico se ve incrementado con los usuarios de otros municipios, como Ontiñena y Chalamera entre otros.

El problema que crea inquietud entre los habitantes de la zona, se puede agravar considerablemente debido a las abundantes

lluvias caídas este otoño y con la llegada de las heladas.

El pasado siete de enero, en el citado pasaje de «Las Ripas», se produjo una gran avalancha de varias toneladas de piedras y tierra, por lo que tuvo que ser cortada al tráfico la carretera. Ya con anterioridad a este hecho se había puesto en conocimiento de las autoridades regionales y provinciales la peligrosidad de los desprendimientos, se volvió a insistir mediante escritos del Ayuntamiento de Ballobar, e incluso se procedió a visitar a los responsables de la Dirección General de Carreteras de la Diputación General de Aragón este pasado mes de octubre, si bien hasta ahora lo único palpable es la promesa de estudiar el problema.

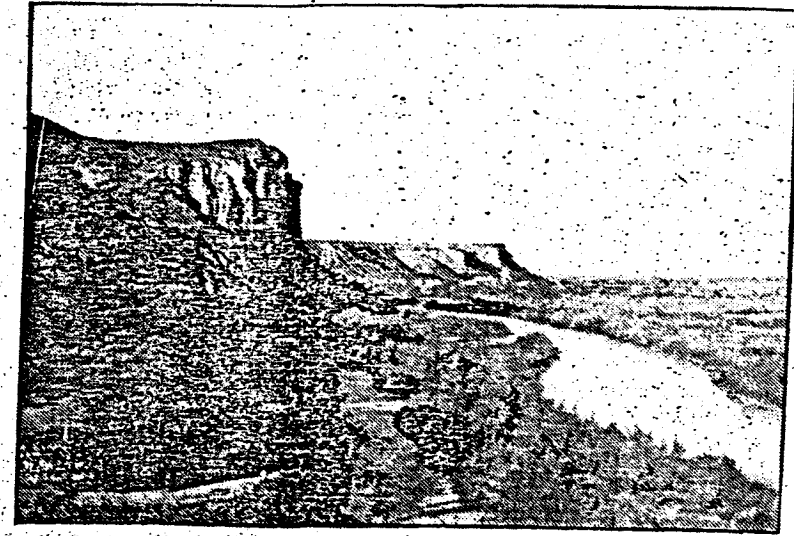
PROGRAMA DE SALUD

Se está desarrollando conforme son normalidad del Programa de Salud que se lleva a cabo en la zona del Bajo Cinca-Monegrós

Sur, el cual pretende realizar un estudio exhaustivo de la comarca, así como a atender la problemática de la salud en todas sus manifestaciones. Esta actividad está coordinada por el Centro de Recursos de Ballobar y agrupa a diecinueve escuelas públicas de la zona.

El programa de salud se inició en enero de este año y finalizará con el curso 87-88. Para el mismo, se reunieron representantes de las escuelas citadas y solicitaron el proyecto sanitario al Departamento de Sanidad, Bienestar Social y Trabajo de la DGA. El ente regional lo aprobó y concedió una subvención de quinientas mil pesetas para su puesta en práctica.

Un grupo de trabajo compuesto por profesores de las escuelas junto con sanitarios locales, se reúnen mensualmente en Fraga, Ballobar, Albátate de Cinca y Zaidín de forma rotativa y de esta



La carretera en la zona de «Las Ripas»

forma preparan los planes de trabajo a desarrollar, que se centra en información a padres, medios de comunicación y el tratamiento de temas como el tabaquismo, la drogodependencia, alimentación y nutrición, salud mental, sexualidad y otros.

De forma periódica, también se reúnen en Huesca los coordinadores de los proyectos de salud del Somontano, del colegio Pío XII y de la zona del Bajo Cinca-Monegrós Sur, para componer así el plan de trabajo en la provincia y analizar su situación.

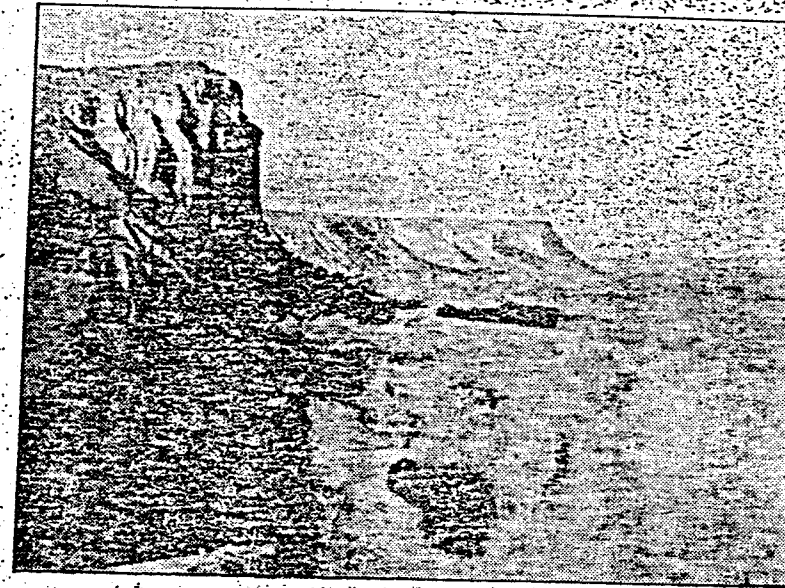
Se esperan 'soluciones' para los desprendimientos de la carretera Fraga-Huesca

Los alcaldes de las localidades de Chalamera, Ontiñena, Ballobar, Velilla, Fraga y Torrente, que el pasado viernes 24 se reunieron en Ballobar y redactaron un documento dirigido al consejero de Ordenación Territorial, Obras Públicas y Transportes de la DGA, Joaquín Maggioni, están a la espera de una respuesta sobre las medidas a tomar para evitar que los graves desprendimientos que se producen en la carretera C-1310 de Fraga a Huesca, provoquen «alguna desgracia irreparable».

La zona de conflicto es un congesto situado en el punto kilométrico 15, 850 de la mencionada carretera, entre las localidades de Velilla y Ballobar, en el paraje denominado Las Ripas, frente a la confluencia de los ríos Cinca y Alcanadre.

El documento suscrito por los alcaldes de las poblaciones de la margen derecha del Bajo Cinca fue entregado el pasado lunes por el diputado regional y alcalde de Fraga, Francisco Beltrán, con motivo de la comparecencia del consejero Maggioni ante la Comisión de las Cortes Aragonesas donde se presentaba el Plan General de Carreteras.

En el escrito se hace referencia a la gran preocupación de los responsables municipales por el peligro inminente que existe para los numerosos usuarios que circulan por la C-1310, así como por el aumento de los desprendi-



mientos observado en las últimas semanas. Los alcaldes solicitan que la DGA tome las medidas pertinentes para buscar «las soluciones idóneas lo antes posible» pues consideran que se está llegando a una situación límite que exige una solución urgente antes «de que haya que lamentar males mayores».

Como ya publicaba en fechas pasadas DIARIO DEL ALTOARAGON, los desprendimientos en la zona son constantes y en numerosas ocasiones los automovilistas han tenido problemas al encontrar piedras sobre la calzada que les han obligado a frenar de repente o a girar de forma brusca, con el consiguiente peli-

gro para su seguridad e integridad física. En los últimos dos años ha habido dos grandes desprendimientos. El primero de ellos, el 7 de enero de 1987, provocó el corte de la carretera durante varias horas. En aquella ocasión hubo que segregar las rocas que taponaron por completo la carretera. El más reciente ocurrió el pasado 18 de febrero cuando una roca con un peso aproximado de 35 toneladas cayó a la calzada, produjo un socavón de unos 90 centímetros de profundidad, y tras rebotar, quedó depositada en el arcén. El suceso ocasionó un nuevo corte de tráfico durante unos minutos y daños leves en el tendido telefónico.

Si bien hasta el momento no ha habido que lamentar desgracias personales, sí han sido numerosos los automovilistas que han sufrido daños de consideración en sus vehículos.

La Corporación municipal de Ballobar ha mostrado en multitud de ocasiones su preocupación por la extrema gravedad de la situación. En octubre de 1987 el alcalde de esta localidad, Alvaro Enrech, se entrevistó con el director general de Carreteras para dejar patente su preocupación por el tema. Sin embargo, las promesas de visitar la zona afectada no se cumplieron hasta el pasado 22 de febrero en que dos técnicos del Servicio Provincial de Carreteras de la DGA ascendieron a la parte alta del congesto comprobando el peligro existente de que se sucedan nuevos desprendimientos.

Tras esta visita, los técnicos de la DGA prometieron proponer al director general de Carreteras que se amplíe la contratación del estudio de la carretera Ontiñena-Chalamera, que comprende los kilómetros 22 al 32, hasta el kilómetro 14 para, de esta manera, abarcar la zona de conflicto e, incluso, dar prioridad a este tramo ya que el peligro existente requiere una actuación inmediata. Se decidió, igualmente, que los encargados de la conservación de carreteras intensifiquen su vigilancia para desalojar de piedras la misma.

Los alcaldes estudiarán medidas de presión para que se solucionen los desprendimientos

22-2-89

HUESCA.— El alcalde de Ballobar, Alvaro Enrech, va a convocar a los alcaldes de la comarca bajo cinco para preparar un manifiesto común en pro del arreglo de la zona de Las Ripas, en la carretera Huesca-Fraga. La indignación es grande después del gran desprendimiento de piedras y tierra del pasado sábado. No se descarta que se establezcan medidas de presión en caso de que en breve plazo no se tomen las medidas necesarias para solucionar el problema.

Según informa nuestro corresponsal en Ballobar, Javier Foncillas, durante el día de ayer se supervisó el estado del tramo afectado. Las conclusiones no pueden ser más preocupantes.

Hay rocas agrietadas y gran cantidad de tierra que está a punto de caer sobre la calzada. Según comentarios recogidos en la zona, el peligro es inminente y los automovilistas no les tienen todas consigo a la hora de atravesar el medio kilómetro aproximado de Las Ripas.

ARREGLAR EL TRAMO SARIÑENA-FRAGA

El gobierno civil de la provincia se interesó ayer por los sucedido. Las competencias de la carretera están transferidas, sin embargo, a la DGA. En palabras de Fermín Molina, director general de carreteras del Ejecutivo autónomo «en estos momentos tenemos in-

tención de arreglar el tramo completo entre Sariñena y Fraga».

«En los presupuestos para 1989 —continúa Molina— hay varias partidas para arreglar los tramos entre Sena y Ontiñena y entre Ontiñena y Chalamera hasta la parte donde se han producido los desprendimientos».

Según el director general de Carreteras, el tramo está incluido dentro del próximo Plan Regional de Carreteras. «Es cierto —señala— que en este tramo ha habido diversos problemas. Lo habíamos asumido. Si se aprueban los presupuestos las obras comenzarán sin más retraso».