

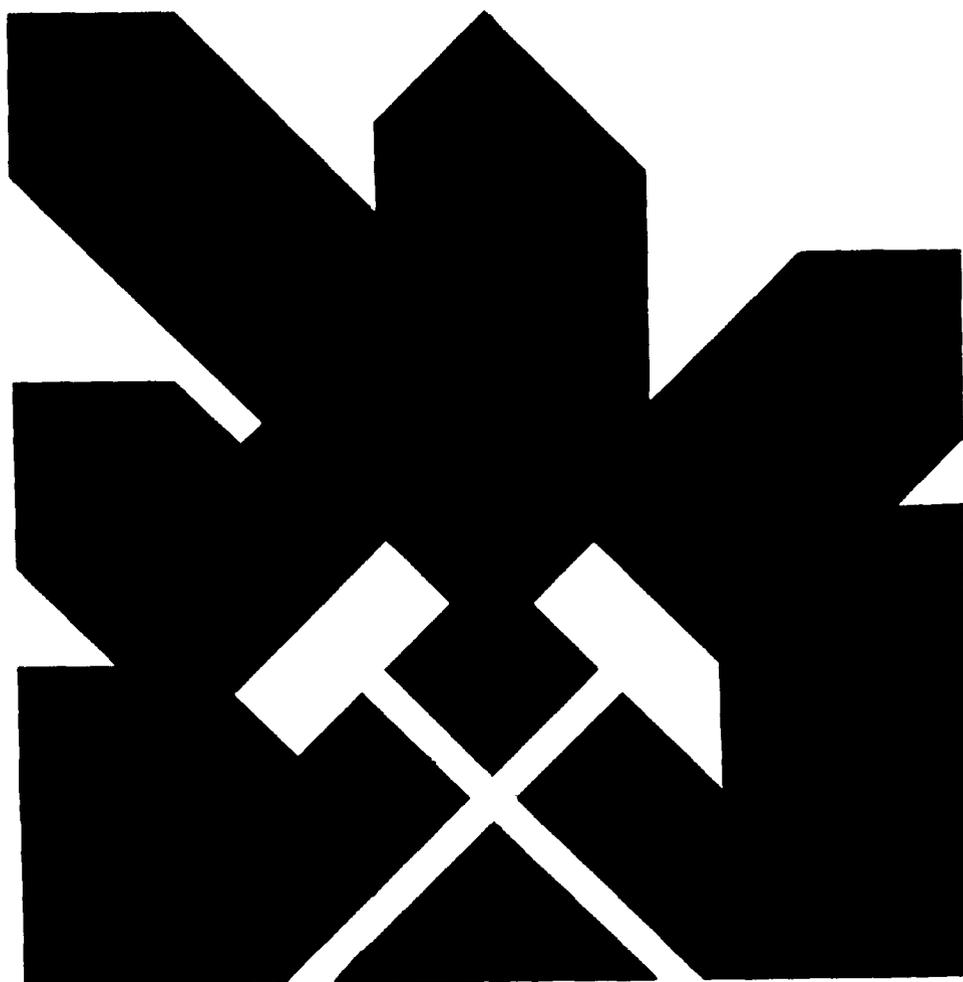
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS INDUCIDOS POR
VARIOS DESLIZAMIENTOS QUE AFECTA A LA CARRE
TERA C-136 (entre el Km. 91,600 y 92,500;
cerca de la estación de esquí de Formigal).

Sico AN
87528

(HUESCA)

PUNTO 2 y 3.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

01227

ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS INDUCIDOS POR
VARIOS DESLIZAMIENTOS QUE AFECTAN A LA CARRE
TERA C - 136 (entre los kilómetros 91,600 y
92,500; cerca de la estación de esquí de For
miga1).

(HUESCA).

PUNTO Nº2y 3

I N D I C E

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- ANTECEDENTES.
- 3.- GEOLOGIA.
 - 3.1. Introducción.
 - 3.2. Estratigrafía.
 - 3.3. Geomorfología.
 - 3.4. Geología Estructural.
- 4.- DESCRIPCION DEL MOVIMIENTO.
- 5.- CARACTERIZACION GEOTECNICA DE LOS MATERIALES.
- 6.- CONCLUSIONES.
- 7.- RECOMENDACIONES.

A N E X O S

- I. TOPOGRAFIA:
 - Topografía 1:10.000 de la zona.
 - Topografía 1:500 del tramo de carretera (Kilómetro 91,600-92,500).
- II. CORTES TOPOGRAFICOS DE LOS PUNTOS CRITICOS.
- III. FOTOGRAFIAS.

Este estudio ha sido realizado por el siguiente equipo:

- D. Francisco Javier Ayala Carcedo.
 - * Ing. Minas.
 - * Jefe del Area de Geología Ambiental y Geotécnia del I.G.M.E.
 - * Director del Estudio.

- D. Guillermo O. Conconi.
 - * Ing. Civil.
 - GEONOC, S.A.

- D. Alberto Gracia Bernal.
 - * Lcdo. en CC. Geológicas.
 - GEONOC, S.A.

1.- INTRODUCCION.

EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO, (I.G.M.E.) ha realizado con la colaboración de GEONOC, S.A. un estudio sobre el riesgo geológico inducido por varios deslizamientos de ladera que afectan a la Carretera Comarcal-136, a la altura de los Km. 91,600 a 92,500. En un punto intermedio entre Sallent de Gállego y la estación invernal de Formigal; en las laderas Norte del Pasino (1.965 m.).

Este estudio se enmarca dentro de un conjunto de trabajos de investigación solicitados por el Departamento de Urbanismo, Obras Públicas y Transportes de la Diputación General de Aragón. El objeto de los mismos es el análisis de las inestabilidades de ladera (deslizamientos, desprendimientos) en varios puntos de la Carretera C-136, entre los kilómetros 87 a 97 muy cerca ya de la frontera francesa.

Los trabajos que se han realizado parten de una primera fase de documentación sobre los estudios ya realizados en la zona por distintos motivos.

Posteriormente se ha llevado a cabo una campaña de recogida de datos de campo y muestras para análisis de laboratorio.

Con todo ello se ha realizado la presente memoria técnica.

Septiembre de 1.988.-

2. ANTECEDENTES.

Los primeros antecedentes del fenómeno se establecen, tal y como se recogerán en el capítulo de Geología, en las características estructurales, la naturaleza de los materiales y la historia geológica-geomorfológica de la zona particular y en general de todo el Pirineo.

Nos encontramos ante un gran deslizamiento, paleodeslizamiento de ladera, de origen gravitatorio postglaciar que afecta a materiales fundamentalmente morrénicos, de alta plasticidad relativa, sobre un sustrato margo-arcilloso que en todo favorece el fenómeno.

Este gran deslizamiento se encuentra aparentemente estabilizado pues ha alcanzado el nivel de base del valle. Sin embargo el Río Gállego erosiona progresivamente la base-pie del mismo induciendo pequeños deslizamientos de ladera en todo su lóbulo frontal.

Precisamente sobre ese lóbulo frontal, perimetralmente y a media altura se encuentra la carretera C-136 Huesca-Francia, a través del Puerto de El Portalet.

Esta carretera se encuentra abierta al tránsito desde primeros de 1.973. Se trata de una variante que la trasladó desde la presa de Lanuza a la orilla derecha (Ladera Norte) del valle.

Sobre las condiciones del terreno los primeros informes geológicos existentes se realizaron para el análisis de las características de la zona del Alto Gállego y del tramo del propio río para la situación en el de presas de embalse. Concretamente esta zona fue ya objeto de estudios de tipo general en 1.910 por Dalloni que los publicó en su trabajo "Etude Geologique des Pyrénées de l'Aragon". Posteriormente Schuridt estudia la región publicando en 1.931 su obra "Das Paläozoi Rum der Spanischen Pyrenäen".

Posteriormente, en el año 1.957; los profesores Alastrué, Almela y Ríos publicaron su "Explicación al Mapa Geológico de la Provincia de Huesca".

En 1.961 H. Wensink publica un denso estudio de todo el curso alto del Río Gállego fundamentalmente estratigráfico y tectónico con título: "Paleozoic of the Upper Gállego and Ara Valleys, Huesca Province, Spanish Pyrenees"; que se recoge en ESTUDIOS GEOLOGICOS, Vol. XVIII, n.º 1-2 (1.962) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Por último en el año 1.986 aparece publicada una síntesis geológica de esta zona del Pirineo: "CARTE GEOLOGIQUE, Pic du Midi d'Ossau et haut bassin du Río Gállego. E = 1:25.000" por F. Bixel, J. Muller y P. Roger. Editada por el Instituto de Geodinamique, Université de Bordeaux III.

Existen además diversos estudios específicos sobre los movimientos del terreno en esta margen derecha del río Gállego en relación precisamente con la carretera C-136. Que se centran de forma particular sobre los que la afectan a la altura del pueblo de Lanuza (en la otra orilla del pantano). Que aluden a características regionales comunes y a las condiciones de construcción de la carretera: "Informe Geológico de la presa y embalse de Lanuza, sobre el Río Gállego, en los términos de Lanuza y Sallent de Gállego (Huesca) de la Asesoría Geológica del Ministerio de Obras Públicas.

En dicho informe se incluyó un párrafo en el que se afirma que: "la construcción de la capa de rodadura coincidió con una época lluviosa desfavorable y no prevista, que perjudicó notablemente las obras".

Por fin, consultados miembros del Ayuntamiento de Sallent de Gállego, afirman que la carretera en el tramo que aquí analizamos no ha estado nunca "en condiciones"; siempre ha habido badenes que las Cuadrillas de Servicio del M.O.P.U. han tenido que estar rellenando. Y llegándose a producir por causa de esas inestabilidades accidentes de tráfico entre los deportistas que suben a esquiar a las pistas de Formigal.

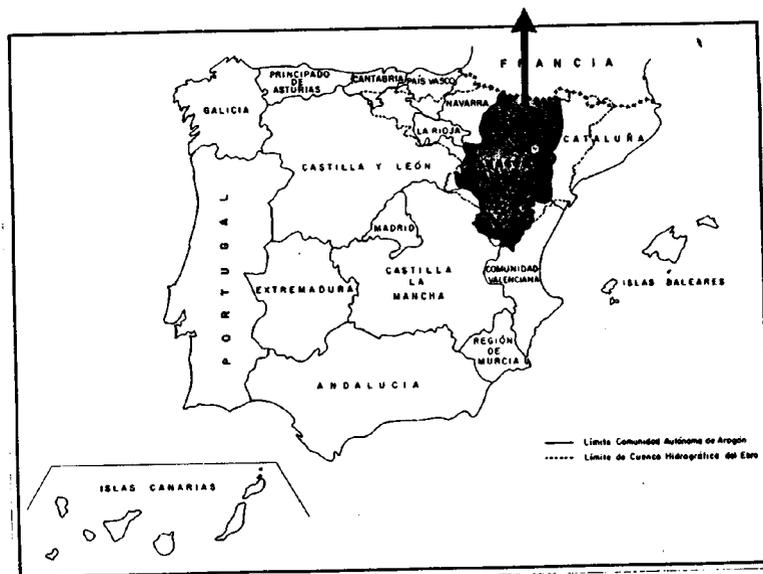
Por todo lo anterior el Departamento de Urbanismo, Obras Públicas y Transportes de la Diputación General de Aragón, requirió en su día, a modo de colaboración, la ayuda técnica del Instituto Geológico y Minero de España.

De las visitas a la zona y de posteriores análisis surge la presente memoria técnica.



LOCALIZACION Y ACCESOS

En la Nacional 136 entre los km.91,600 y 92,500; entre la población de Sallent de Gállego y la Estación invernal de Formigal



3. GEOLOGIA.

3.1. Introducción.

Para los objetivos de este informe resulta de gran interés el estudio geológico de la zona. Y dentro del tema son importantes fundamentalmente el tipo de materiales, sustrato geológico y antecedentes geomorfológicos-estructurales.

Para su estudio nos basaremos en varios estudios regionales entre los que se destacan los de H. WENSINK (1.962), sobre la estratigrafía y los de F. BIXEL; M. CLIN y J.P. TIHAY (1.985) que realizan un análisis fundamentalmente geomorfológico y estructural.

El estudio de todos ellos más la información recogida en la zona nos permitirá abordar el problema con suficiente criterio global y encajarlo dentro de una dinámica mejor conocida.

3.2. Estratigrafía.

Los depósitos sobre los que se asienta la carretera se encuentran sobre materiales Paleozoicos pertenecientes al Devónico Inferior.

DEVONICO:

Devónico Superior - FRAMENIENSE
 - FRASNIENSE

Devónico Medio - GIVETIENSE
 - COUVINIENSE

Devónico Inferior - COBLECIENSE
 - GEDINIENSE

- Devónico Inferior.

En los Pirineos las claras transiciones del Silúrico al Devónico se suceden sólo excepcionalmente. La presencia del Gedinense sólo se ha podido determinar en algunos puntos localizados.

Esa falta de continuidad parece ser debida a un periodo de ausencia de sedimentación ocurrido en el Devónico más Inferior. Pudiendo ser en parte, el resultado del carácter lubricante del GOTLANDIENSE sobre el cual, los sedimentos del Devónico que lo cubren, fueron en general cizallados.

El Devónico Inferior muestra una fuerte variación lateral en las facies como se verá más adelante.

El Devónico Inferior en esta zona axial de los Pirineos centrales es principalmente de desarrollo calcáreo. Hacia el Norte y hacia el Sur (en nuestro caso) se observan variaciones a facies más margosas, esquistosas.

La ausencia de fósiles impide aquí la determinación de la edad de la roca. La mayoría de las localizaciones de fósiles se hallan en áreas adyacentes. La edad de estos fósiles es principalmente COBLECIENSE.

Como contraste, la parte más alta del Devónico Inferior en el Oeste de los Pirineos consiste en pizarras. También la serie de pizarras alternan con capas de GRAUWACAS. Hacia el techo del Devónico Inferior generalmente se hace más calcáreo.

Precisamente como en los Pirineos Centrales la presencia de fósiles gedinenses es en muchas áreas dudosa.

El COBLECIENSE forma la mayor parte de la serie del Devónico Inferior en el Oeste de los Pirineos. Muchos fósiles fueron encontrados en ambas vertientes, francesa y española. Normalmente la conservación es mala.

La potencia del Devónico Inferior en la zona de estudio es considerable. Ya Dalloni presta atención a esta serie "fossilífera". El menciona varias localizaciones de fósiles en los valles del Gállego y del Ara. De acuerdo con Dalloni, el GEDINIENSE no está presente allí. Schmidt (1.930) hizo una visita a los alrededores de Sallent en el Valle del Gállego, confirmando y ampliando los estudios de Dalloni.

- La Región del Gállego.

En el Valle del Gállego el Devónico Inferior aparece principalmente en la parte Central y Oeste. La serie muestra importantes cambios laterales de FACIES. Hacia el Oeste y Noroeste las pizarras alternan con delgados leños de GRAUWACAS que predominan. En la parte central del área Gállego, Sur y Suroeste de Sallent, el Devónico Inferior muestra un desarrollo margoso con intersección de calizas. Los esquistos arcillosos, por lo tanto, predominan hacia el Este que continua en el Valle del Ara.

A causa de su incompetencia, los movimientos tectónicos en serie, a menudo han alterado completamente la sucesión estratigráfica. Las pizarras actúan como una zona lubricante sobre la cual las unidades calcáreas del Devónico Medio fueron cizalladas.

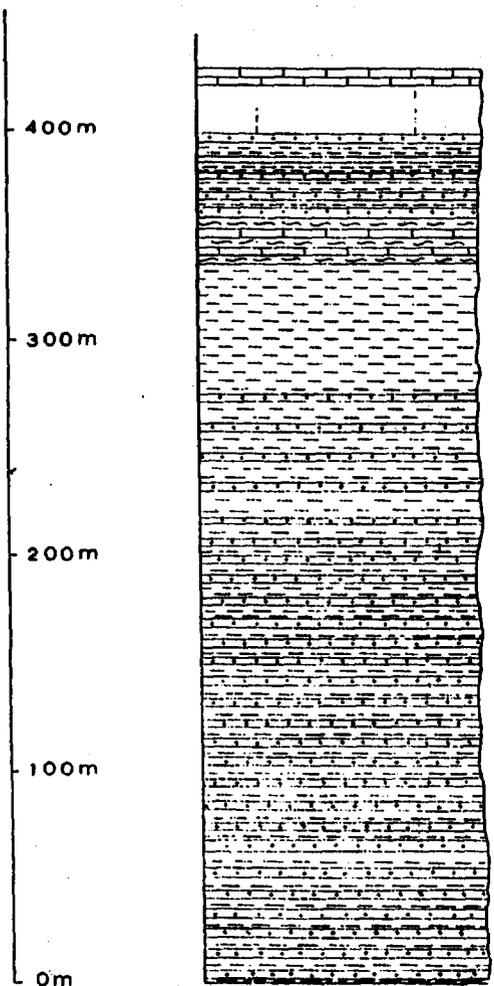


Fig. 2 .: Columna del Devónico Inferior.

-  Calizas
-  Arcillas
-  Margas
-  Grauvacas y areniscas

Como se puede apreciar en la cartografía adjunta varios retazos de calizas pertenecientes al Devónico Medio quedan superpuestas sobre las margas y pizarras coblecienses. Se presentan como "escamas" imbricadas y con una clara vergencia hacia el Sur.

Al Oeste de Sallent de Gállego sigue una zona tectonizada. Aquí los fragmentos de una serie de calizas y margas están mezcladas con los esquistos a través de las fallas tectónicas. La roca está a menudo muy fosilizada. Las calizas y margas, en buena parte pertenecen al COUVINIENSE.

La serie empieza con delgados lechos de calizas grises alternando con margas. Hacia el techo la potencia de las capas aumenta y las calizas predominan. La parte superior de la serie se destiñe hacia un gris anaranjado. La anchura total de esta facies es de 20 a 30 m. (Figura 3).

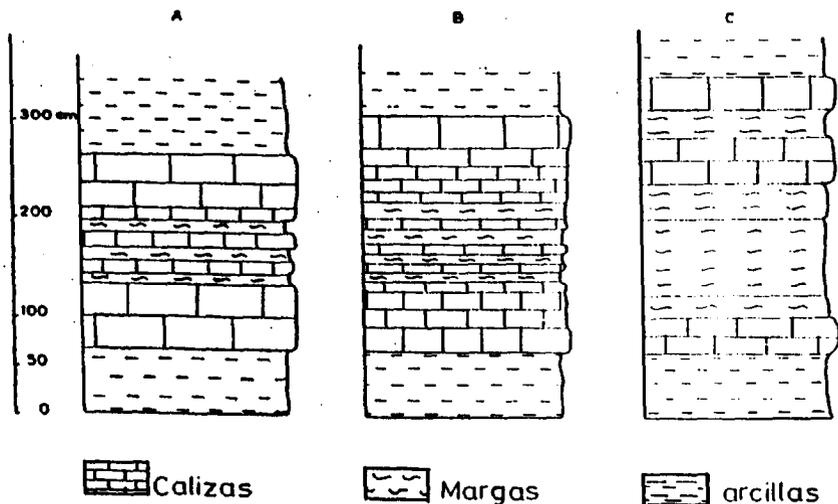


Figura n.º 3.: Tres columnas-sección de la zona de Spifiter coltrijugatus. A: Norte de Socotor. B: Oeste de Peña Foradada. C: Sur de Peña Foradada.

- Devónico Medio.

Introducción.

En el Pirineo el Devónico Medio casi siempre muestra un desarrollo calcáreo. Bien situadas las calizas a menudo alternan con "calizas-arrecife". Una subdivisión del sistema más bien monótono puede hacerse solamente donde se encuentre un número suficiente de fósiles por la fuerte tectonización sufrida.

En los Pirineos Centrales el Devónico Medio tiene su más importante desarrollo de la zona axial. Allí la potencia hacia techo ha sido medida en 600 m. (ZANDVLIET, 1.969). Hacia las zonas marginales, hacia el N. y hacia el S., la potencia de la formación disminuye.

El Devónico Medio en la zona axial normalmente se compone de calizas y margas. El límite entre el Devónico Inferior y el Medio no puede fijarse con exactitud por la escasez de fósiles.

El Devónico Medio de las zonas marginales se ha desarrollado principalmente de nuevo como calizas. Allí la fracturación es a menudo fosilífera. La mayoría de los fósiles se encuentran en sedimentos de la edad COUVINIENSE. Más arriba en las series generalmente compactas, tiene lugar las calizas masivas.

Las facies del Devónico Medio en los Pirineos Occidentales son acordes, más o menos, con las de las zonas marginales de los Pirineos Centrales. La formación calcárea es casi siempre margosa en la base, pero ya la mayor parte del COUVINIENSE se compone de series monótonas de calizas masivas "de arrecife". Aparecen intercalaciones de dolomitas.

- Región del Gállego -

En el Valle del Gállego el límite del Devónico Inferior y Medio está bien marcado, lo cual es el resultado de las diferencias litológicas y la frecuente aparición de fósiles. En la base del Devónico Medio se observa un desarrollo local de calizas alternando con margas, al Oeste y Suroeste de Sallent. Esta serie de 30 a 50 m. de potencia es muy fosilífera.

En esta zona las calizas, bien asentadas, están generalmente desprovistas de fósiles. La serie puede tener una potencia de unos 400 m. Las calizas se encuentran formando un gran isoclinal algunas veces reclinado, plegadas o como cuñas sueltas intercaladas en los esquistos y margas del Devónico Inferior. Existen transiciones hacia calizas de arrecife. La construcción en arrecifes pueden tener continuidad dentro del GIVETIENSE, pero no se encontraron suficientes fósiles para poder afirmarlo con exactitud.

Hacia arriba en el Devónico Medio vemos una disminución general del contenido arcilloso de los sedimentos, mientras que los lechos arenosos desaparecen. Los arrecifes empiezan a surgir después de que el aporte de material terrigénico hubiera casi cesado.

Este cambio gradual desde una sedimentación margosa hasta otra puramente calcárea está reflejada en la fauna del Devónico Medio. En las margas y calizas en la base de la formación, la mayoría de los fósiles son de dimensiones muy pequeñas. Especialmente el pequeño "Tabulatae"; estos nunca aparecen en grandes colonias.

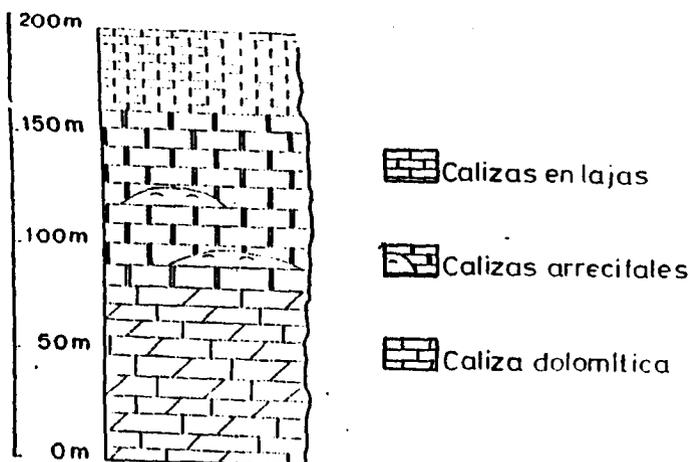


Fig. 3.: Columna del Devónico Medio en el Pasino.

Las calizas casi siempre están algo recristalizadas. Además una recristalización tosca por metamorfismo de contacto tiene lugar en la vecindad de la intrusión granodiorítica de Panticosa. Las calizas de arrecife han sido transformadas en mármol, se componen de una alternancia de lechos calcáreos con y sin impurezas.

Los ejemplos de estas calizas tableadas desde el Valle de Aguas Limpias al Norte de Sallent fueron cuidadosamente investigadas por el contenido en "caliza" (lime) por A. H. BOUMA, del Instituto Geológico de Utrecht. La serie se compone de una alternancia de lechos de, en promedio, 3 cm. de caliza y 1 cm. de marga. Los lechos de caliza contienen sólo 25 % CaCO_3 . Como resultado del metamorfismo de contacto las calizas "competentes" normalmente podrían reaccionar plásticamente; en consecuencia la serie está mucho más contraída y la caliza ha cristalizado entre las pasadas-margosas formando las sierras duras en superficie.

Pasino.-

Dalloni describe al detalle una sección del Pasino, una montaña al Sur de Sallent, como el brazo derribado de un anticlinal cuyo "flanco" normal está formado por las calizas de arrecife de Peña Foradada. En nuestra opinión la estructura es más complicada.

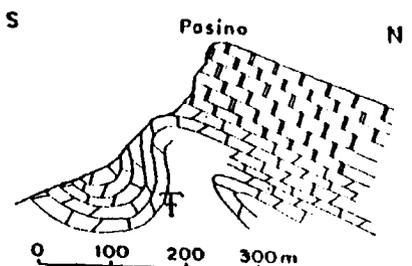


Fig. 4.: Sección a través del Pasino.

Las calizas del Pasino del Norte, de forma inclinada, son el flanco normal de un pliegue tumbado. Debajo de estos pliegues, al Suroeste del Pasino pueden observarse algunos pliegues isoclinales, también inclinados hacia el Sur. El axis anticlinal buza hacia el Oeste. Las calizas del Pasino no continúan hacia el Este. Varias cuñas de gris-anaranjado, calizas margosas, aparecen al Norte de esta montaña.



LEGEND

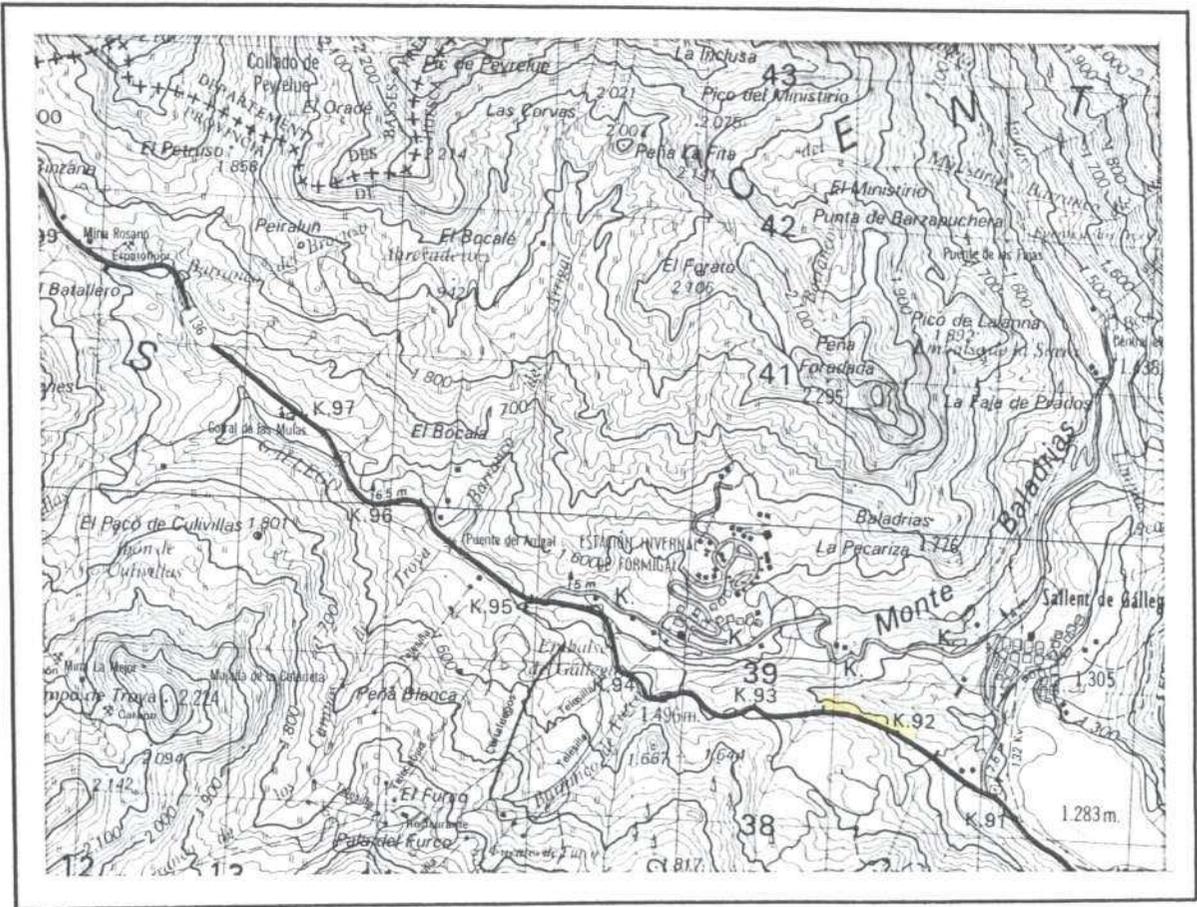
- Alluvium
- Danian-Montian
- Maestrichtian
- Campanian
- Permo-Triassic
- Upper Carboniferous (Namurian and Westphalian)
- Lower Carboniferous (including Famenn limestone)
- Upper Devonian (detrital rocks)

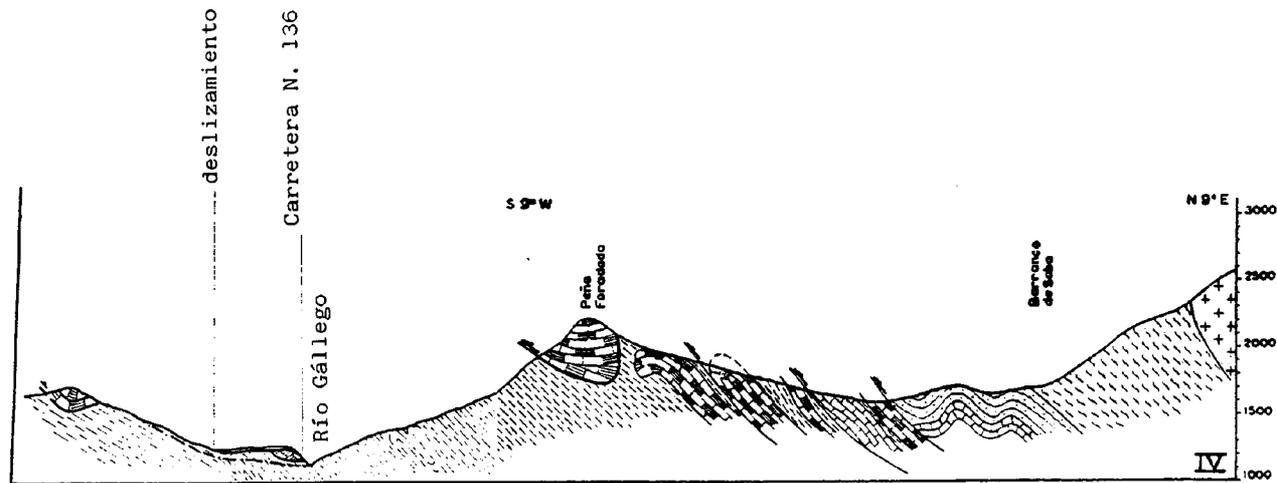
- Upper Devonian limest. (Frasnian)
- Middle Devonian
- Zone with *Spirifer cultr* (Upper Emsian)
- Emsian limestones
- Lower Devonian
- Gotlandian
- Granodiorite
- Andesite (sill)

- Andesite (Volcanic neck)
- Andesite schist
- Marble
- Hornfels
- A Andalusite
- B Biotite
- Q Quartz
- Downthrow fault (barbs on downthrown side)
- Overthrust (saw tooth point towards overthrust mass)
- Fault
- Abnormal contact

- Anticline
- Overturned anticline
- Syncline
- Overturned syncline
- strike and dip (dip 40°)
- Fossils
- Mine in exploitation
- Abandoned Mine
- Cross section

0 1km 2km





CORTE GEOLOGICO IV.

Las margas y pizarras margosas del Devónico Inferior presentan un buzamiento hacia el Norte que favorece enormemente el deslizamiento, ya de por sí favorecido por la litología (margas jabonosas que han funcionado como nivel de despegue de las calizas superiores) y por las fuertes pendientes establecidas en periodos glaciares.

3.3. Geomorfología.

1. Introducción.

Realizada en base a : CARTA GEOLOGICA
PICO DEL MIDI D'OSSAU
Y CURSO ALTO DEL RIO GALLEGO.
Escala 1:25.000

Por: F. BIXEL, J. MULLER y P. ROGER.

La cartografía adjunta está esencialmente orientada a la representación e inventario de las formaciones acumulativas (su per fer en cia les).

Es preciso tener en cuenta que los depósitos y formaciones responden a las características siguientes:

- 1.º Depósitos y formaciones poligénicas y polifásicas.
- 2.º Formas convergentes, con estructuras iguales y con la misma textura, que han podido ser elaborados por mecanismos diferentes.
- 3.º Control litológico y estructural específico de la re gi ón. Los contrastes litológicos son especialmente importantes.

2. Formaciones Glaciares.

No existen en la actualidad glaciares en desarrollo. Sin embargo se observan trazas de glaciaciones pasadas de forma particularmente importante en esta zona del Alto Gállego y en la re gi ón de Izas.

- Glaciariosmo reciente -

Con el término "glaciarismo reciente" se encuentran cartografiados sin otra distinción todas las acumulaciones morrénicas que presentan una matriz de materiales finos. Se presentan en las cuencas colgadas de los valles constituyendo un depósito más o menos continuo sobre las formaciones subyacentes. La impermeabilidad de estos materiales puede ser causa adicional del establecimiento de redes de drenaje densas.

Es de resaltar, por otra parte, el frecuente remodelo por soliflucción de los depósitos morrénicos alimentados por materiales esquistosos, como ocurre en el deslizamiento de Lanuza.

* Cordones y depósitos morrénicos: no hay evidencia que conduzca a delimitar los depósitos recientes de aquellos que constituyen en el cauce del potente depósito morrénico testigo de un equilibrio prolongado entre la ablación (deshielo) y acumulación, edificado más o menos antiguamente antes de la retracción actual.

* Glaciares de rocas, acumulación de bloques erráticos: por oposición a los materiales anteriores (arenas, arcillas y cantos erráticos que constituyen los cordones morrénicos) se observan sectores donde las rocas masivas forman relieves. Las acumulaciones de bloques formados por mecanismos glaciares.

Los bloques son enormes, no hay finos en superficie y no existe vegetación. Se trata de un conjunto de bloques angulosos sin matriz fina de varios metros de profundidad.

La distancia a la que se encuentran estos bloques de la pendiente o zona fuente excluye toda posibilidad de migración por caída libre y simple gravedad. Las pendientes son demasiado bajas.

El mecanismo geomorfológico de formación de esta disposición se explica por el trabajo ejercido por el hielo cargado de materiales groseros formando un flujo plástico capaz de asumir el transporte sobre pendientes muy bajas.

En el caso que nos ocupa y como se aprecia en el mapa adjunto realizado por F. BIXEL, J. MULLER y P. ROGER la mayor parte de la masa deslizada corresponde a potentes depósitos morrénicos, parte de los cuales aún permanecen "colgados" entorno a los 1.700 m. de altitud. Otra gran parte la constituye la gran lengua deslizada sobre el valle.

- Terrazas fluvioglaciares.

Dentro del territorio cartografiado, las formaciones fluvioglaciares no son muchas. Si ellas existieron están ahora en su mayor parte alteradas y modificadas por posteriores episodios glaciares.

Se han distinguido terrazas fluvioglaciares en las cabeceras de los valles principales en razón del origen próximo de los materiales que las constituyen: Río Gállego al SE. del territorio.

3. Formaciones de origen gravitatorio.

* Masas deslizadas incoherentes:

Se trata de formaciones cuaternarias muy específicas de la región cartografiada, ligadas a la vez a la naturaleza esquistoso-arillosa del sustrato donde se localizan, al carácter húmedo del clima que ha producido la alteración de las rocas de ese sustrato y a las fuertes pendientes que se encuentran en estos sectores. Son como coladas fangosas. Estas están compuestas incorporando materiales de acumulaciones morrénicas así como bloques desprendidos.

Las masas deslizadas son enormes, superando algunas de ellas la centena de hectáreas en superficie. Son fácilmente identificables en el paisaje. Sobre todo por el aspecto húmedo de los suelos, aspecto ondulado de las praderas con formas generalmente acomodadas en relación con las pendientes próximas y en fin, por la escasa red de drenaje constituida por vivos barrancos orientados según la línea de máxima pendiente. Se trata de formas típicamente reveladoras de fenómenos de soliflucción; la inestabilidad, resulta evidente por la existencia de lóbulos de deslizamiento.

Como se puede apreciar en la cartografía adjunta (por F. BI-XEL, J. MULLER y P. ROGER) la gran lengua incoherente tras pasar un suave collado se desparrama en forma de abanico con mayor tendencia a progresar (lógicamente) hacia las zonas topográficamente más bajas que determina el curso del Río Gállego; tiende a desplazarse hacia el Este.

Estas masas incoherentes arrastran en su seno materiales morrénicos y bloques desprendidos (calizos fundamentalmente) de las zonas topográficamente elevadas en su zona de arranque (Pico del Pasino y Puntas de la Tosquera), junto a materiales disgregados y alterados del sustrato (Devónico Inferior (Cobleciense)), fundamentalmente margas y pizarras fuertemente esquistosadas.

Estos materiales adquieren formas linguoides, alomadas con clara vergencia hacia el valle en sucesivos episodios en los que la humedad del suelo supera un punto crítico en el que tienden a comportarse de forma plástica, descendiendo.

Estos descensos se realizan de forma general pero en flujos diferenciales con trayectorias más o menos paralelas, por lo que intentar un estudio estructural de detalle del depósito resulta imposible.

Su descenso es lento y obedeciendo a causas fundamentalmente ambientales, se realiza de forma más o menos rápida en función del aumento o disminución de las precipitaciones.

La zona de partida se encuentra sobre todo marcada por un nicho o anfiteatro de arranque. Las principales masas deslizadas se sitúan:

- La vertiente N. de la plana de Bious (morrena en solifluación).

- La vertiente por debajo de la cabaña de la Glère (Alto Valle de Bious).

- Diversas masas sobre las dos vertientes N. y S. del Río Gállego, notablemente en la urbanización de El Formigal y unas especialmente al N. de la cumbre de Tosquera-Punta de Pasino y sobre la vertiente Este del Río Gállego a la altura de Sallent.

* Masas deslizadas más/menos coherentes:

Se trata de movimientos gravitatorios de rocas masivas, arcillas rojas, volcánicas, y calizas del Devónico Medio. Se encuentran cartografiadas en el Sector SW. de la Peña Foradada (Sector del Forato).

* Grietas de arranque, lóbulos de deslizamiento: los más espectaculares se encuentran relacionados con la naturaleza arcillosa de los productos de alteración de las rocas pelíticas emi-sienses; se sitúan sobre la vertiente Norte del pico de los Tres Hombres-Tosquera-Punta del Pasino.



par F. Bixel, J. Muller, P. Roger

LEYENDA.

CARTA GEOLOGICA DEL MIDI D'OSSAU Y CURSO ALTO DEL RIO GALLEGO.

Edición: Instituto DE Geodinámica
de la Universidad de Bur
deos III, 1.985.

Escala 1:25.000

Base topográfica: Hojas del I.G.N.
LARUNS-SOMPORT
GAVARNIE
n.º 1547-1540

Con algunos complementos del J. Muller
hacia el Sur.

Levantada por J. Muller y Philippe Rog-
er entre 1.967-1.977 y por F. Bixel
entre 1.973 y 1.984.

FAMENIENSE-FRASNIENSE

- d⁶⁷ Calizas.
- d^{6b} Margas y margas jabonosas laminadas
- d^{6a} Calizas y margas

DEVONICO MEDIO

- d^{34b} Calizas arcillosas ocres
- d^{34a} Calizas masivas.

EMSIENSE (SIGENIENSE ?).

- d^{2f} Calizas arcillosas versicolores
- d^{2e} Margas jabonosas
- d^{2d} Margas y calizas
- d^{2c} Calizas masivas alternadas con dolo-
mias negras
- d^{2b} Calizas +/- arcillosas alternand^o
con dolomias naranjas o calizas ocres
- d^{2a} Margas y calizas arcillosas

SIGNOS

-  Cabalgamiento
-  Falla
- *  Estratificación
-  Plano axial de Pliegue
-  Plano axial de Pliegue somero
- F Yacimiento fosilífero
(Micropaleontológico).

CUATERNARIO-RECIENTE

- G - Glaciar reciente
- Gb  - Glaciar de rocas. Masas de
bloques erráticos
- v  - Cordones morrénicos
-  - Glaciares
- Gt  - Morrenas de fondo. Depósitos
glaciares
- IG  - Fluvioglaciares-límite de
terrazas
- GS  - Acarreos glaciares (en soli-
fluxión) en parte
- S  - Masas deslizadas incoheren-
tes
- M  - Masas desplazadas más o me-
nos coherentes
- Sn  - Nichos de arranque de las
lenguas de deslizamiento
- Eb  - Derrumbamientos-despreñi-
mientos.
-  - Derrubios y conos secos.
- E-Ec  - Corredores y conos de ava-
lancha
- J  - Conos de deyección
-  - Cursos de agua temporales
- - Dolina
- ♂ - Surgencias
- F - Aluviones recientes

3.4. Geología estructural.

La tectónica de toda la zona está dominada por la orogenia Terciaria que nosotros denominamos Alpina.

Este acontecimiento es responsable del actual relieve y de todas las deformaciones que han acompañado o precedido a la elevación de la cordillera, afectando a los sedimentos y rocas volcánicas de edad Secundaria y Terciaria.

Este suceso orogénico terciario se ejerce, por otra parte, sobre el sustrato paleozoico. Devónico Inferior a Carbonífero Medio.

Sin embargo hay que tener en cuenta que los materiales paleozoicos han sufrido previamente los efectos de la orogenia Hercínica; que en general se produjo principalmente en el Westfaliense Superior pero que sin embargo las estructuras reconocidas parecen confirmar que aquí se produjo durante el Devónico Superior, y al SW. de la región en el Devónico Medio.

Para H. Wensink (1.962), durante la transición del Silúrico al Devónico no hubo lugar movimientos tangenciales importantes. La orogenia Hercínica, con su fase principal Post-Westfliense A, afectó a los sedimentos del Paleozoico Inferior, así como a los del Superior. Sin embargo los sedimentos del Paleozoico Superior han reaccionado de manera bastante diferente que las rocas del Paleozoico Inferior. Esto se ha debido a la vez a la migmatización, que está limitada al Cambro-Ordovícico y a la presencia de pizarras carbonosas muy competentes del Gotlandiense, que han actuado como lubricante y zona de despegue para las rocas del Paleozoico Superior. Los sedimentos del Devónico y del Carbonífero están fuertemente plegados en pliegues isoclinales (ver corte IV) invertidos hacia el Sur; y están también casi siempre imbricados. No obstante las estructuras individuales están con frecuencia desmembradas. Los sedimentos posthercínicos perno-triásicos se superponen a los devónicos carboníferos con una discordancia angular.

La región investigada en el valle del Gállego está en su mayor parte formada por sedimentos del Paleozoico Superior. La dirección general es WNW-ESE. Aunque existe una disminución de la intensidad de las estructuras hercínicas desde el Devónico al Carbonífero, no se ha hecho ninguna subdivisión posterior. Las pizarras lubricantes del Gotlandiense se encuentran localmente en planos de cabalgamiento. En general, en el Devónico Inferior se presenta pizarras, mientras que en el Devónico Medio es principalmente calcáreo. En la facies uniforme de pizarras del Devónico Inferior se presentan fuertes imbricaciones, por lo cual la sucesión de pliegues agudos isoclinales es con frecuencia difícil reconocer. Estas pizarras del Devónico Inferior han actuado como zona lubricante para las calizas competentes del Devónico Medio. Estas últimas calizas se presentan en pliegues isoclinales apretados con una inclinación hacia el S. Las unidades están con frecuencia rotas y se presentan como cuñas aisladas dentro de las pizarras.

En la ladera deslizada la vergencia general de las capas es hacia el Sur de forma que el relieve queda constituido por escalas de calizas del Devónico Medio imbricadas hacia el Sur. El sustrato sobre el que se cabalgan está constituido por las margas del Devónico Inferior que ya reconocen otros estudios como nivel plástico de despegue de las anteriores formaciones calcáreas. Esta formación presenta un buzamiento hacia el N. que favorece el deslizamiento a través de los propios planos de estratificación.

El Devónico Superior tiene un desarrollo calcáreo y detrítico. Lo mismo que las calizas del Carbonífero Inferior y las grauwacas y pizarras del Carbonífero Superior, el Devónico Superior esta menos fuertemente tectonizado, presentandose a la vez pliegues invertidos y verticales; pero se encuentran muchas menos estructuras imbricadas que en la parte inferior.

La investigación microtectónica ha sido una gran ayuda en la aclaración de problemas estructurales, principalmente por el estudio de la exfoliación, para encontrar la posición de los flancos de los pliegues isoclinales cuando no se encuentran las charnelas anticlinales o sinclinales. El método es únicamente utilizable en series con una rápida alternancia de capas de diferente competencia.

- DEFORMACIONES HERCINICAS.

Dejando aparte los movimientos del Devónico Superior las deformaciones hercínicas (varísticas) propiamente dichas se compondrían según J. Muller et P. Roger (1.977):

1.º Una primera fase precoz marcada por pliegues de flexión (PV 1) de gran amplitud.

2.º Una fase n.º 2 llamada "mayor" pues constituye los principales pliegues formando la base del edificio hercínico de esta región.

Esta acompañada de una esquistosidad de flujo SV 2 y corresponde a una vergencia SW. Los pliegues importantes de esta fase presentan una dirección NW-SE con algunas sinuosidades.

3.º Una fase tercera que forma los pliegues PV 2 y está acompañada de una esquistosidad (clivage) SV 3 que indica una vergencia SE. Son en general pliegues de amplitud métrica o decamétrica.

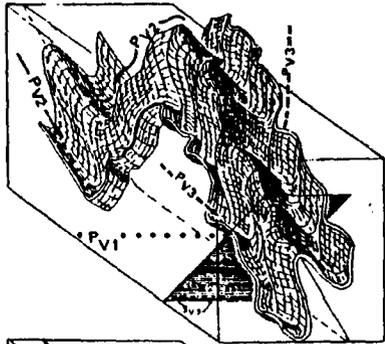
4.º Una fase n.º 4 más localizada, con una esquistosidad, (clivage) SV 4; sobre todo localizada al Sur de Sallent de Gállego en el edificio de las "Escamas de Lanuza".

- DEFORMACIONES ALPINAS.

Las deformaciones precoces, por deslizamiento de sedimentos (en medio subacuático ?) preceden las deformaciones principales. Tal y como se presenta en la figura 3.4.(3) podemos apreciar como el sustrato paleozoico fuertemente plegado (ver apartado anterior) y erosionado admite ahora encima una potente serie mesozoica-terciaria que va a sufrir una nueva fase tectónica.

En la zona en la que enmarcamos este estudio, en el nuevo periodo orogénico se produce una laminación esquistosa que se superpone a los hercínicos SV 3 y SV 4 y repliega el SV 2 que J. Muller y P. Roger han denominado Px o pliegues "correspondientes" que resultan difíciles de atribuir al Hercínico o al Alpino.

Al final grandes cabalgamientos de magnitud regional, posteriores a la aparición de la laminación esquistosa, afectan a las rocas secundarias y terciarias. Ellos se adaptan a la misma tendencia general de deformación con vergencia hacia el Sur.

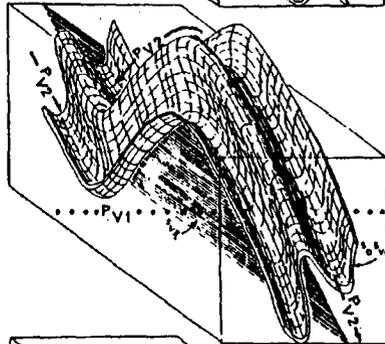


FASE 3.

Esquistosidad SV_3

N 70 E

60-80 NNO



FASE 2. "Mayor"

Esquistosidad SV_2

N 140 E

70-80 NE

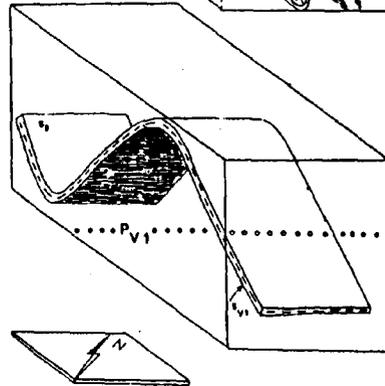


Figura 3.4. (2)

FASE 1. "Precoz"

Pliegues N 50 E. Sin esquistosidad.
Foliación SV_1 paralela a la estratificación S_0 .

Las tres fases mayores de deformación hercínica y las estructuras superpuestas en el Devónico-Carbonífero. (J. Muller y P. Roger, 1.977, p. 157.)

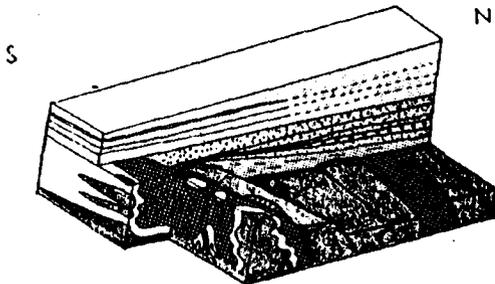
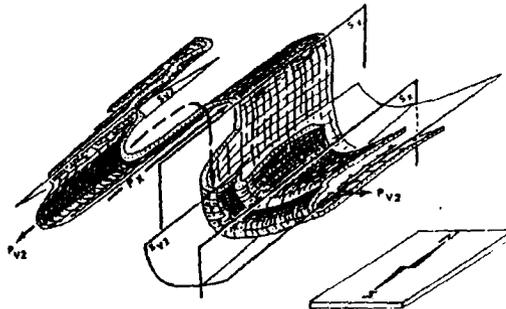
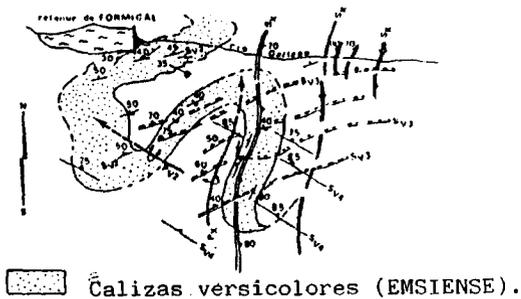


Figura 3.4. (3)

Disposición esquemática de los depósitos post hercínicos en la región antes de las deformaciones Alpinas. (J. Muller, inédito).

-  Sedimentos Posthercínicos
-  Base Hercínica fracturada



Relación entre los Pliegues Pv_2 y Px
(Diagrama esquemático).

Fig. 3.4.(4) : Pliegues SN. con laminación Sx vertical (Hercínica o Alpina) de forman la esquistosidad Sv_2 en las calizas emsienses al fin de Formigal, Valle del Río Gállego: En : J. Muller y P. Roger, 1.977, p. 163.



Fig. 3.4.(5) : Pliegues PAZ y laminación SAZ en los sedimentos de Cretácico Superior deformación Alpina . J. Muller, inédito.

4. DESCRIPCION DEL MOVIMIENTO.

En el valle de Tena, a la altura del Km. 92 de la actual carretera Comarcal 136, existe un tramo de carreteras (entre el Km. 91,600 y Km. 92,500) que se encuentra gravemente afectado por movimientos diferenciales del terreno. Estos llevan a la creación de badenes por hundimiento y a la formación de curvas progresivamente más pronunciadas llegando a la rotura, por esfuerzos cuya componente principal actúa de forma horizontal.

La causa de la alta concentración de problemas sobre un tramo tan corto de carreteras se basa en su ubicación sobre un gran frente de corrimiento.

* Dicho frente pertenece a un gran corrimiento que se situa sobre las laderas Norte del Pasino (1.965 m.), laderas Noreste de la Tosquera (1.950 m.) y Puntas de la Tosquera. Entre ambas elevaciones y con vergencia Norte, se reconoce una gran lengua de deslizamiento de forma más estrecha hacia la cabecera y fuertemente expansiva hacia el Río Gállego, acentuándose esa tendencia hacia su curso bajo.

Esta gran lengua presenta una forma lobular, fuertemente abultada en su frente, creando en su parte media una depresión relativa entorno a los 20 m. donde se pueden reconocer varios sumideros donde pequeñas redes de drenaje van a concentrar sus aportes.

Todo el lomo superior se encuentra formado por un buen número de pequeñas formas alomadas propias de mecanismos de flujo por solifluxión. Estas formas alomadas indican un movimiento lento, gradual, de descenso, dando allí donde se concentran los máximos gradientes de plasticidad flujos semiviscosos, lentos, que producen avances relativos del terreno. Los materiales existentes

se encuentran en sucesivos estados metaestables, de forma que, en función de parámetros fundamentalmente ambientales superan ese estado creándose inestabilidades locales, que los hacen avanzar.

Todos esos avances relativos alimentan a su vez el avance solidario de toda la lengua.

* La cabecera como se ha comentado, forma ahora un pequeño valle entre el pico del Pasino, toda la cresta que se desarrolla hacia el Suroeste, la Tosquera y Puntas de la Tosquera. No se aprecia bien la típica forma de anfiteatro por la relativa antigüedad del movimiento, que ha hecho que se haya ido encajando una suave vaguada por la que se drenan la mayor parte de los aportes de la zona alta.

La red de drenaje es poco densa. Todo el pequeño valle confluye en un arroyo que discurre por la margen izquierda de la lengua. El resto de las aguas de lluvia drenan hacia la margen derecha o quedan en algunos sumideros.

Las dimensiones de la cuenca máxima de aportes no supera los 3,25 Km² de los cuales 1,25 Km² lo constituye la superficie de la lengua deslizada. La lengua presenta además un frente de 850 m. y una longitud hasta el punto de partida considerado en la cabecera de 1.800 m. Esta estrecha relación de dimensiones confirma el origen del pequeño valle a partir del deslizamiento.

El frente de la lengua se encuentra topográficamente elevado sobre el nivel del río más de 120 m. dando pendientes que en muchos casos superan los 50°. Es de forma semicircular y la carretera lo recorre de forma perimetral y a media altura.

Los materiales que componen la masa deslizada están compuestos fundamentalmente de depósitos fluvio-glaciares, junto a depósitos morrénicos removidos procedentes de la hombrera (que aún se observa parte sobre las laderas del Pasino) derecha del antiguo valle glaciar y materiales pizarrosos-margosos, alterados, del sustrato paleozoico (Devónico Inferior) más grandes bloques calizos que en principio estarían situados sobre las anteriores pizarras margosas y que al deslizar han sido desplazados.

La disposición de todo el conjunto obedece a una serie de procesos consecutivos de tipo tectónico-geomorfológico cuyo resultado es un depósito de estructura anárquica de difícil comprensión.

El frente presenta dos grandes bloques calizo-margosos que se sitúan en su base, junto al río. Se analiza la disposición de ambos y se observa que presentan estratificaciones discordantes entre sí y respecto de la estratificación regional prevista en este punto. Se reconocen como calizas pertenecientes al Devónico Medio.

Estos materiales han sufrido dos orogenias, de forma que su disposición podría ser lógica, sin embargo, su situación, su profunda meteorización y fracturación, su edad y su disposición aislada; imbuida entre una matriz de materiales sueltos, en fin, su falta de continuidad hace sospechar que sean dos bloques deslizados, desde la misma cabecera del deslizamiento, donde existen análogo tipo de materiales.

El Río Gállego, dos kilómetros cauce arriba presenta una orientación, en varios kilómetros conservada, de NW-SE. pasando a ser, al discurrir por el pie del deslizamiento, prácticamente W-E.; volviendo a ser posteriormente NW-SE. La causa de esa desviación relativa, tiene a nuestra opinión que ver con la presencia del deslizamiento.

Pasa por su pie socavándolo como se refleja en la cantidad de pequeños deslizamientos en el frente y transportando gran cantidad de material en virtud de la gran energía de sus aguas en este tramo alto de su curso.

La carretera recorre perimetralmente todo el frente siendo afectada en muchos puntos por pequeños deslizamientos, fruto de la socavación de la pendiente en su base por el Río Gállego y fruto de la socavación por escorrentias superficiales incontraladas.

El tramo que analizamos es de 900 m. aprox.; desde el punto kilométrico 91,600 al 92,500. Desde una altitud de 1.410 m. a 1.475 m. salvando por lo tanto un desnivel de 65 m.

- DESCRIPCION MINUCIOSA DEL TRAMO: (ver plano adjunto E=1:500).

PUNTO 1: A la altura del punto kilométrico 91,625 se aprecia un pequeño deslizamiento que afecta a 34 m. de calzada; pero que no llega a deformar gravemente a la carretera. Forma un suave badén que resultaría inapreciable si no fuera por unas marcas muy someras en la superficie de la calzada. Se aprecia un relleño posterior estimado en 30 cm. en su parte central.

La causa inmediata parece ser la socavación de la cuneta externa y la falta de impermeabilización de la cuneta interior, que sin producirse represamientos, favorece las filtraciones por debajo de la calzada.

PUNTO 2: A la altura del punto kilométrico 91,750 y en 60 metros se observan, en primer lugar una grieta de casi 40 m. en disposición prácticamente paralela a la carretera, cruzándola. Presenta un salto relativo casi inapreciable. En segundo lugar otra de 20 m. con igual geometría y disposición. Esta presenta ya un salto vertical suavizado en torno a los 10 cm. A continuación existe, en algo menos de 20 cm. grietas parciales sin salto relativo que indican desplazamientos relativos en la horizontal y no en la vertical.

Se puede apreciar que:

a) El conjunto de grietas obedece fundamentalmente a un proceso de movimientos horizontales, de desgarre.

b) Que existen blandones en el asfalto que denotan movimiento intenso en el terraplén.

c) La carretera se encuentra partida y desplazada en virtud del juego de fracturas de desgarre de formas sigmoidales. El tramo bajo de la carretera presenta tendencia hacia dentro del talud y el alto hacia fuera.

d) El drenaje por la cuneta interior de la carretera no se encuentra impermeabilizado por lo que se permiten, aunque no excesivas, filtraciones.

Se concluye que:

El escarpado talud superior está ejerciendo presiones horizontales sobre el terraplén de la carretera formando una curva que apreciablemente antes no existía. Esos empujes han ejercido presiones que aun siendo muy flexible el terraplén y asfaltado, han producido una expansión formando esas grietas en un proceso difícil de contener.

Se puede afirmar que aquí existe un marcado avance diferencial de la lengua.

PUNTO 3: A la altura del punto kilométrico 91,900 hasta el punto kilométrico 92,000. Se observan: una primera grieta en la calzada de 50 m., que la cruza por dos veces sin presentar un resalte muy acusado. Una segunda grieta que ya crea un escalón y forma un pequeño badén de 20 m. de longitud, junto con otras 3 grietas que lo suben y que cruzan también la carretera perpendicularmente. La cuneta inferior presenta una depresión de 4 metros (aprox.) a la que confluyen todos los aportes de una gran parte de la ladera superior. Se encuentra ese sumidero drenado por un tubo que cruza la carretera y desagua en la otra vertiente, ya hacia el río. Como se aprecia en el esquema adjunto al plano general de la carretera, existen sumideros que no son desagüados convenientemente por ese drenaje. Y este último se encuentra fuertemente deformado (combado) y fracturado, permitiendo fugas importantes al terraplen de la carretera.

Consecutivamente a esta situación, encontramos en la carretera traza de fracturas por desgarré que indican movimientos en la horizontal. Como se aprecia en la panorámica general estamos en el dominio de un gran circo de deslizamiento. Y en este punto se está produciendo descalce de grandes masas con pendientes superiores a 45 ° que están deslizando (de forma puntual) ejerciendo fuertes presiones laterales, sobre el terraplen de la carretera. En este punto y algunos metros más adelante se aprecian varias lenguas anteriores a la carretera que han sido cortadas por ésta transversalmente y que aparentemente cuando las condiciones son favorables, progresan afectándola.

Como se aprecia en la panorámica n.º 1 y n.º 2 y esquemas superponibles existen varias lenguas de deslizamiento en esta zona de la carretera. Hacia arriba, en la zona de la cabecera, se

pueden ver varios lóbulos irregulares pero continuos, con clara tendencia a descender. La carretera los corta transversalmente y da secciones perfectamente semicirculares en los que el material, muy disgregado va cegando en su avance la cuneta interior, produciendo represamientos que después filtran por debajo del terraplen socavándolo.

Resulta más que clarificador el hecho: que inmediatamente antes de cada uno de estos flujos, en la ladera superior de la carretera, en esta, se presenten procesos de socavamiento del firme.

Estos socavamientos producen a su vez aporte a todas las lenguas superpuestas y paralelas que existen en la ladera baja que llega al río. Estas lenguas están siendo a su vez socavadas en su parte baja por la acción de zapa del Río Gállego que en este tramo alto de su cauce desarrolla gran energía pudiendo arrastrar gran cantidad de materiales. Precisamente esa acción de descalce continuo de las lenguas hace que estas vayan a alimentarse en cabecera de materiales que constituyen el propio terraplen de la carretera.

PUNTO 4 : Presenta una situación, en casi todo, análoga a la anterior.

A la altura del punto kilométrico 92,115 se aprecia una grieta que corta casi transversalmente; un fuerte badén con un relleno de asfalto progresivo que se estima en más de 70 cm. en su centro. Pero que no llega a solucionar la subsidencia del terreno. En la cuneta interior de esta curva, también interior, existe un gran sumidero no drenado que capta gran parte de las escorrentias del circo superior de deslizamiento. Como antes la filtración de esas escorrentias ejerce un socavamiento importante del terraplen que a su vez es socavado por una lengua (en es-

te caso bien alimentada por esas escorrentias) que en su proceso de avance aporta ya materiales del terraplen e incluso de la propia carretera.

Inmediatamente después al igual que en el punto 3, existe un frente de deslizamiento de fuertes pendientes en el que se aprecian pequeños movimientos circulares progresivos hacia la parte superior del talud.

PUNTO 5: A la altura del punto kilométrico 92,250 existe un nuevo badén con potente relleno de 1,5 m. aproximadamente de gravas y asfalto.

Sobre ese punto, en la ladera superior encontramos (ver panorámica n.º 1) un fuerte talud, entorno a los 20 m. de altura de un depósito morrénico gris en el que predomina la matriz margo-arcillosa; excavado en la ladera desestabilizando el depósito de cabecera de un potente flujo deslizante. Como se observa en la panorámica n.º 2, ese depósito ladera arriba, presenta una superficie con sucesivos escalones de descenso, lo que denota un proceso de reptación de los materiales con tendencia a caer sobre la carretera.

Ladera abajo se aprecia perfectamente una lengua deslizada que: 1.º esta siendo socavada en su base por el Río Gállego y 2.º esta afectando en cabecera a la carretera arrastrando materiales de la margen externa del terraplén que van constituyendo el aporte al flujo descendente de la lengua.

Resulta evidente tras el anterior análisis que: la excavación del talud para realizar la carretera cortó transversalmente una lengua en flujo descendente de materiales apreciablemente, plásticos, con socavamiento por parte del río de su lóbulo frontal. De forma que: 1.º la parte superior de la lengua ha sido descalzada acelerando su proceso de descenso y 2.º la parte inferior de la lengua, también en su proceso descendente arrastra materiales del propio terraplén de la carretera.

PUNTO 6 : A la altura del punto kilométrico 92,352 se apre
cia un nuevo badén con un relleno importante, sobre todo de la cu
neta exterior de terraplén.

Nos encontramos en una situación análoga a la del caso ante
tior: 1.º existen flujos menores que tienden a cegar la cuneta in
terior. 2.º Existe un potente deslizamiento que tiene su cabecera
en el terraplén de la propia carretera. De esta forma parte del
material de dicho terraplén va siendo parte de la lengua desliza-
da socavándolo.

En este punto se suma como agravante la situación de un pro
fundo sumidero insuficientemente drenado en la margen interior de
la carretera. A él acuden aportes de una buena parte del circo
superior del deslizamiento.

PUNTO 7 : A la altura del punto kilométrico 92,430; existe
un badén relativo de 38 m. de longitud en la carretera. Presenta
un escalón muy apreciable haciéndose más profundo en el centro.
Se estima en más de un metro el relleno precisado para intentar
corregirlo.

En este caso se produce el doble proceso de socavamiento
por: 1.º represamiento producido en la cuneta interior de la ca-
rretera por la presencia de un antiguo camino, acceso hacia la
parte alta del talud; 2.º por el descenso a partir de este punto
y desde el terraplén de la cuneta exterior de una lengua de desli-
zamiento-flujo que arrastra parte de sus materiales hacia el río.

5. CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LOS MATERIALES.

A partir de las muestras tomadas en campo, se han realizado en el laboratorio una serie de ensayos de identificación y de estado.

* Las densidades y las porosidades de estos materiales presentan valores medios, destacando un grado de saturación de las muestras muy bajo (la humedad está muy por debajo del límite plástico). Este fenómeno se puede explicar por la época del año (verano) en que se tomaron las muestras.

* En las granulometrías realizadas (por tamizado y por sedimentación) se observa heterogeneidad de los materiales:

gravas: 33-64 %
arenas: 16-26 %
limos: 10-22 %
Arcillas: 9-18 %

Esta heterogeneidad va a provocar una gran variación de los parámetros geotécnicos resistentes del material (Cohesión y ángulo de rozamiento interno).

* Los límites de Atterberg realizados dan los siguientes resultados:

límite líquido $W_l = 38-45 \%$
límite plástico $W_p = 20-25 \%$
índice de plasticidad $I_p = 18-19 \%$

A la vista de estos valores se desprende que los finos de la muestra son arcillas de baja plasticidad (CL).

6. CONCLUSIONES.

1.º Nos encontramos en una zona de alta montaña, sobre un gran deslizamiento-paleodeslizamiento de ladera de origen gravitatorio postglaciar, que afecta a materiales morrénicos de alta plasticidad relativa sobre un sustrato pizarroso, margo-arcilloso profundamente esquistosado del Devónico Inferior que estructuralmente en todo favorece el fenómeno. Este gran deslizamiento se encuentra aparentemente estabilizado.

2.º La carretera C-136, por lo tanto, se encuentra ubicada en su tramo, entre los kilómetros 91,600 y 92,500 sobre el frente y a media altura del gran lóbulo frontal que es paulatinamente erosionado por el Río Gállego produciéndose por ello deslizamientos locales, superficiales. Estos últimos son los que se encuentran afectando a la carretera en todos los puntos estudiados.

3.º Los materiales presentan una granulometría con un porcentaje relativo, alto, de finos (limos y arcillas), junto a cantos calizos, arenoso-cuarcíticos y en algún caso graníticos. El conjunto presenta una cohesión mínima, nula, cuando el nivel de humedad es alto.

Por lo tanto las características geotécnicas de estos terrenos no permiten taludes con ángulos fuertes (tal y como se presentan en la carretera) por encima de un intervalo entre 18° y 22°. Resulta importante señalar que ningún talud natural supera, sobre este tipo de materiales, los 20°.

4.º El nivel de precipitaciones que en función de características ambientales presenta un porcentaje por encima del 50 por ciento de las mismas en forma de nieve permite un aporte continuo de agua al terreno. Las precipitaciones en forma de nieve se acumulan sobre las laderas, incrementándose esa acumulación

en las depresiones relativas. Posteriormente el deshielo aporta, de forma progresiva, importantes cantidades de agua a los materiales.

Este año ha sido, dentro de la última década, mucho más lluvioso que los precedentes.

5.º El nivel freático se encuentra muy alto presentando oscilaciones lentas por la baja permeabilidad relativa del depósito en función de su alto contenido en materiales arcillosos. No obstante eso constituye un arma de dos filos: Mientras que tormentas o intensas precipitaciones en periodos cortos son drenadas de forma natural por el terreno con escasa penetración de los aportes; épocas de precipitaciones continuadas o el efecto progresivo del deshielo que apuntábamos antes, permite percolaciones continuas, nocivas que rebajan el ángulo de corte o de rozamiento interno de los materiales.

6.º La carretera fué construida tal y como se hace referencia en los antecedentes de este estudio, en un año anormalmente húmedo lo que constituyó una dificultad añadida que impidió la óptima realización de la misma.

7.º La carretera presenta badenes importantes en los puntos donde se encuentra un deslizamiento superficial del frente del gran paleodeslizamiento. En estos puntos la cuneta interior de la carretera presenta sumideros insuficientemente drenados que filtran por debajo del terraplén socavándolo, empapando los materiales y así rebajando su ángulo de fricción hasta que fluyen.

8.º Las medidas recomendables han de tener en cuenta que los factores ambientales, de naturaleza de los materiales y en general la tendencia reconocida en todos los depósitos morrénicos, de ladera... a deslizar, fluir y en definitiva alcanzar cotas topográficas más bajas, son intrínsecos a la zona y por lo tanto necesariamente asumibles para la construcción de cualquier obra.

7. RECOMENDACIONES.

En nuestra opinión dos son las opciones posibles:

- A. Reparación, rehabilitación y establecimiento de medidas previsoras en el actual trazado.
- B. Variante de carretera alternativa.

A. Reparación, rehabilitación y establecimiento de medidas previsoras en el actual trazado:

A.1. Evitar el proceso erosivo en la base de todo el talud del Río Gállego. Reconocido como el factor primario más importante del proceso de deterioro es imprescindible tomar medidas correctoras.

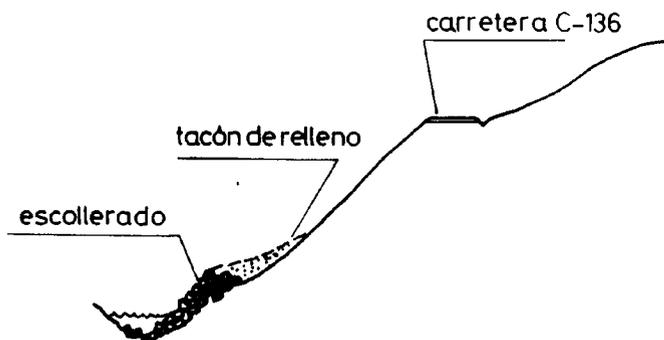


FIGURA A.1.1.

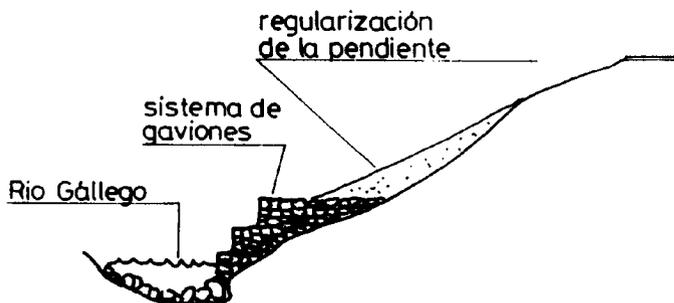


FIGURA A.1.2.

Se recomienda proceder a la defensa de la base del talud por el efecto erosivo lineal del Río Gállego estableciendo un escollero de bloques con tamaños no inferiores a 0,2 m.³

Como solución alternativa se puede establecer un sistema de gaviones en tres alturas con una altura total de 4 m. mínimo.

A.2. Es imprescindible impermeabilizar toda la cuneta interior de la carretera. Si no se consiguen impedir las filtraciones a través del terraplén no conseguiremos evitar los badenes y los blandones.

Se propone una cuneta de hormigón u hormigón armado en los puntos críticos, encima de un geotextil impermeable con gran resistencia a esfuerzos tractores.

Conseguiremos dar mayor solidez y continuidad a la obra, mejor asiento y que si en algún caso se agrieta la placa de hormigón, permanecerá el geotextil.

Entre ambos, placa y geotextil, resulta muy útil introducir un elemento separador como puede ser una gravilla que le de al conjunto mayor flexibilidad. (Figura A.2).



FIGURA A.2.

A.3. Mejora en el terraplén en la carretera en los casos en los que el deterioro progresivo halla socavado el mismo disminuyendo el nivel de compactación.

Se obtienen buenos resultados para estos casos con la hincada de tramos entre 3 y 4 m. de railes de tren desechados a intervalos de 40-50 cm. en la cuneta exterior de la carretera; realizando así una empalizada no continua tipo "tablestacado" que mejora notablemente las condiciones de esa zona externa del talud.

Tras establecerse el sistema anterior, en las situaciones donde se sospeche o compruebe mediante sondeo que el terraplén se encuentra debilitado; sería interesante la mejora del terreno mediante una campaña de compactación puntual por percusión.

A.4. Drenaje del terraplén y rebajamiento del nivel freático local.

Para la realización de estos sistemas es preciso establecer pequeñas bermas que permitan entrar a la máquina.

El sistema más común y efectivo de drenar interiormente un talud es mediante "drenes californianos". Se establecieron tres sistemas consistentes en una, dos o tres filas (según la intensidad del problema).

Se harán de no menos de 15 m. de longitud y no menos de 40 a 50 cm. de intervalo lateral. De tubo ranurado de acero, con una pendiente mínima hacia la caída libre del talud de 5 °.

El drenaje es una de las medidas que precisan de mayor atención. Como se aprecia en la figura A.4.2. sería preciso tres sistemas de drenes californianos: el más alto en la base del talud que da a la carretera; a 1,5 m. de la cota de la misma. La canalización del flujo drenado se puede hacer a través del cunetón interior de la carretera. De esta manera conseguimos rebajar el nivel freático en un punto en el que tiende a aflorar por razones de la propia geometría de la pendiente; en el punto inferior de una berma.

El segundo sistema se situaría en el talud inferior de la carretera, a media altura. Conseguimos con ello drenar el terraplén de la carretera evitando que el nivel freático suba en este punto y tienda a socavar y plastificar los materiales, produciendo badenes o blandones.

El tercer sistema de drenajes californianos se situaría en la base del talud, a una cota media entre 3 y 4 metros del actual nivel del río. Se situaría, aprovechando para su instalación la berma inferior que se establecería sobre la escollera o sistema de gaviones descritos anteriormente.

El tación de materiales en la base del talud nos permite, además de compensar el factor de seguridad del mismo, establecer las bernas de acceso precisas para la realización de los sistemas drenantes. El material para su realización se puede obtener a partir de las labores de regularización de la pendiente en la parte alta de la misma.

Este tercer sistema de drenaje pretende rebajar el nivel freático en la base del talud donde tiende a aflorar o al menos a estar muy próximo a la superficie. Es importante drenar aquí puesto que es el punto donde se acumulan los esfuerzos de los flujos descendentes, de los frentes de los lóbulos de soliflucción. Si se consigue mantener suficientemente drenada la base del talud garantizamos la estabilidad de la pendiente.

RESUMEN ESQUEMATICO DEL PROCESO DE DEGRADACION DE LA PENDIENTE

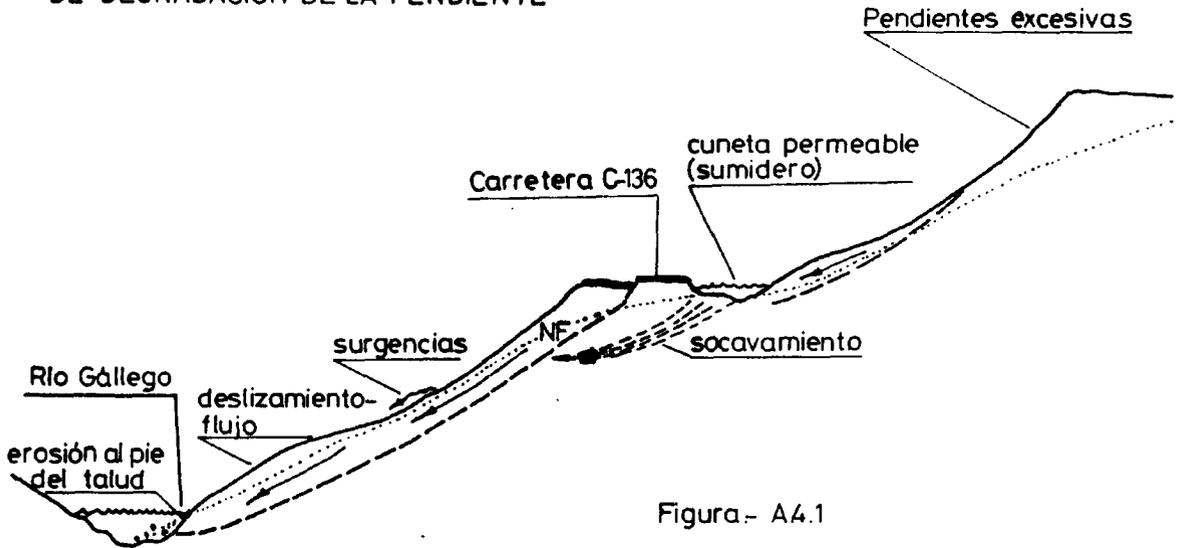


Figura.- A4.1

RESUMEN ESQUEMATICO DEL CONJUNTO DE MEDIDAS CORRECTORA

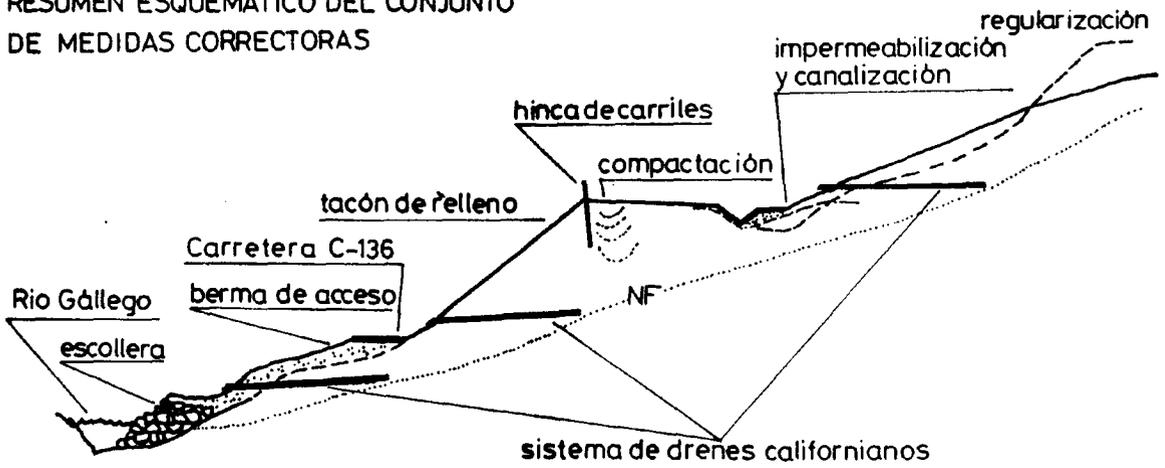


Figura.- A4.2

A.5. Regularización de pendientes: es importante regularizar las pendientes tanto por encima como por debajo de la carretera. Con ángulos que no sobrepasen lo 20° o mediante un sistema de bermas. Se persigue que los taludes inferiores no socaven el terraplén de la carretera al deslizar en su parte superior y que los de la parte superior no invadan la cuneta interior de la carretera impidiendo el drenaje normal y produciendo represamientos con filtraciones que socavan el terraplén.

El orden prioritario de las labores de estabilización está en función de su efectividad en la corrección del proceso erosivo que es a priori la causa primaria de los deterioros.

1.º. Establecimiento de la escollera en la base del talud que impida la erosión por parte del Río Gállego de la misma.

2.º. Regularización de la pendiente, eliminando de la parte alta de la pendiente taludes con ángulos que sobrepasen los 20° a 22°.

3.º. Consecutivamente con el anterior proceso, realización del tacón en la base del talud, sobre la escollera. Se propone aquí establecer ya las bermas de acceso para realizar los sistemas drenantes.

4.º. Impermeabilización de la cuneta interior de la carretera y canalización de las escorrentías procurando que las mismas sean suficientemente drenadas y no puedan llegar a penetrar en el terreno.

5.º. Compactación por el método que se considere más idóneo del terraplén de la carretera en aquellos puntos donde visibles signos de socavamiento (badenes, blandones, ...).

6.º. Realización de los sistemas drenantes, comenzando con el sistema de la base del talud (junto al escollerado) siguiendo en orden de importancia con el sistema en la parte alta (junto a la carretera) y terminando con el sistema en la parte media de la pendiente.

EN DEFINITIVA.

Como ya se ha expresado, la solución A propone medidas efectivas cuya eficacia ha sido probada en muchos casos similares. No obstante el costo de su realización así como del mantenimiento, revisiones periódicas y el progresivo deterioro a largo plazo por razones ya suficientemente argumentadas, nos hace proponer como mejor solución: la construcción de una variante que se aleje del mayor número de los condicionantes negativos que presenta la zona.

B. Variante de la carretera alternativa.

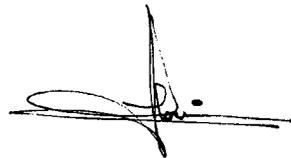
Una segunda alternativa la constituye una variante de carretera de una longitud que en ningún caso excedería los 2,5 Km. de longitud. Su trazado (ver plano adjunto) exigiría ganar la cota de 1.400 m. bastante antes de penetrar en el dominio del paleodeslizamiento. De esta forma nos permitiría pasar por el dorso, en la zona media, donde las pendientes son mucho más suaves y no sería preciso excavar grandes bermas con ángulos de pendiente, en las mismas, susceptibles de dar deslizamientos.

Alejandonos como es nuestro objetivo del frente del paleodeslizamiento que presenta todos los condicionantes negativos ya analizados en la presente memoria.

Es, en nuestra opinión, la solución más económica a medio y largo plazo y la más definitiva.

Tal y como hemos visto el proceso de deterioro de la carretera se enmarca dentro de un proceso más amplio y antiguo de erosión de un gran frente de deslizamiento. La tendencia pues de todo el conjunto viene condicionada de mucho antes. Las medidas correctoras analizadas en la opción A, constituyen un medio eficaz a corto plazo, pero no pueden garantizar su actuación a largo plazo; pues los factores negativos que inciden son muchos y de gran peso. Son condicionantes heredados implícitos en la zona, al tipo de materiales y a las condiciones ambientales.

Fdo.: F. J. Ayala Carcedo
Ing. de Minas.
División de Geología
Ambiental y Geotécnica.
I.G.M.E.

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and a long horizontal stroke at the end.

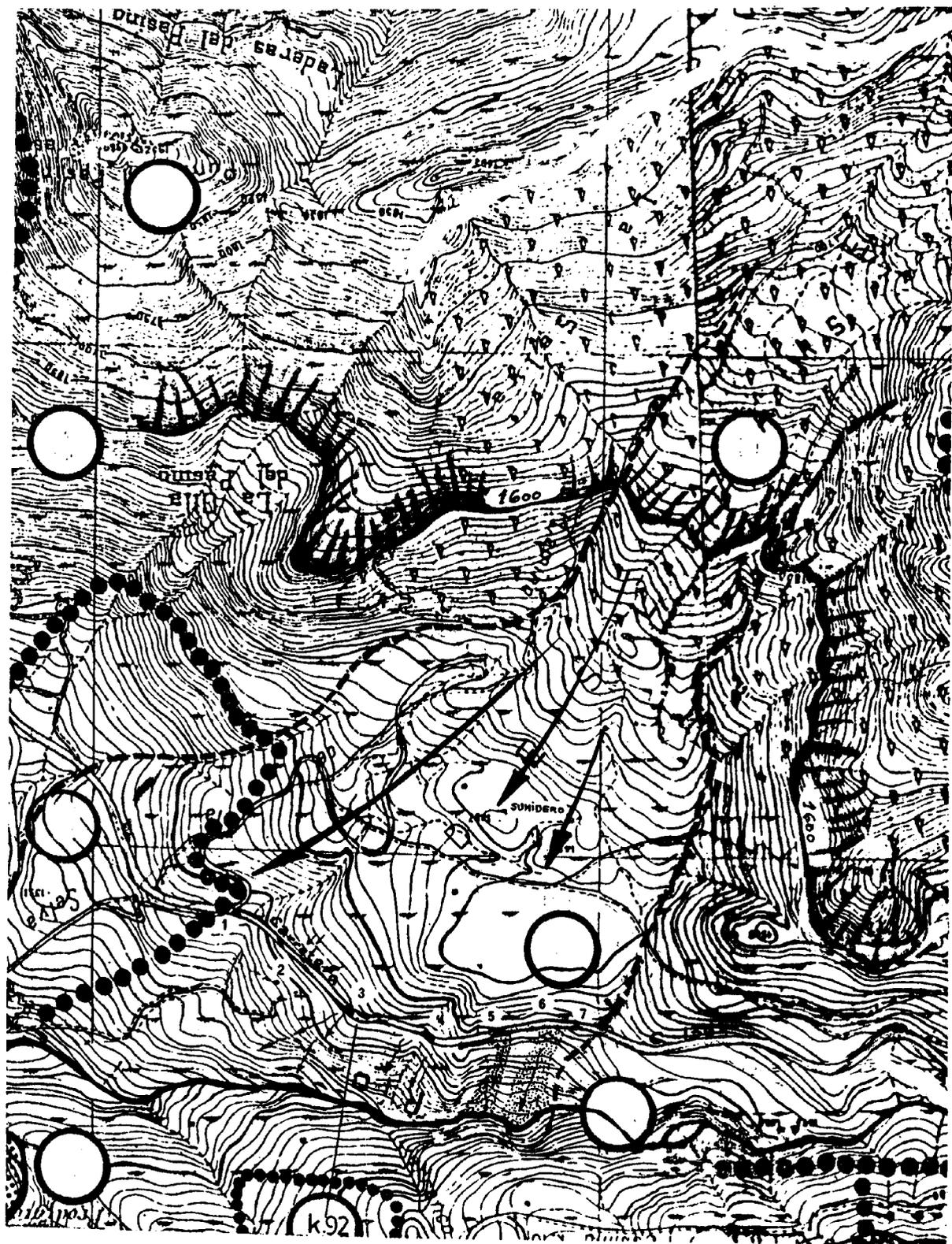
Fdo.: Alberto Gracia Bernal
Geólogo.
GEONOC, S.A.

Septiembre de 1.988

A N E X O S .

I. TOPOGRAFIA:

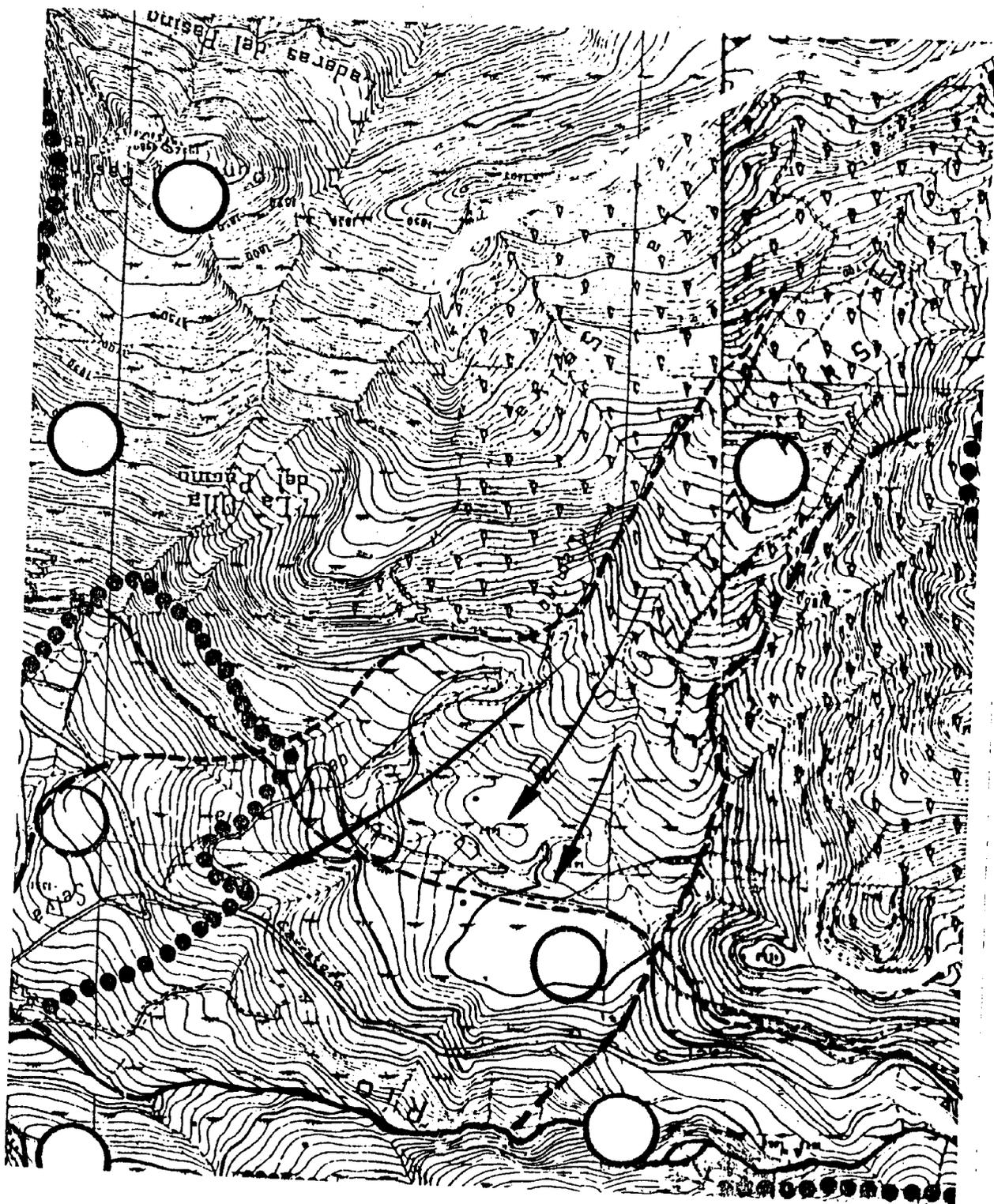
- Topografía 1:10.000 de la zona.
- Topografía 1:500 del tramo de carretera (Kilómetro 91,600-92,500).



TOPOGRAFIA 1:10.000 de la zona.

-  -Límites del deslizamiento
-  -Curva del nivel 1.600 m.
-  -Dirección y sentido de los movimientos





- Línea de trazos: límite del deslizamiento.
- Línea de trazos: (amarillo): variante alternativa al actual trazado.

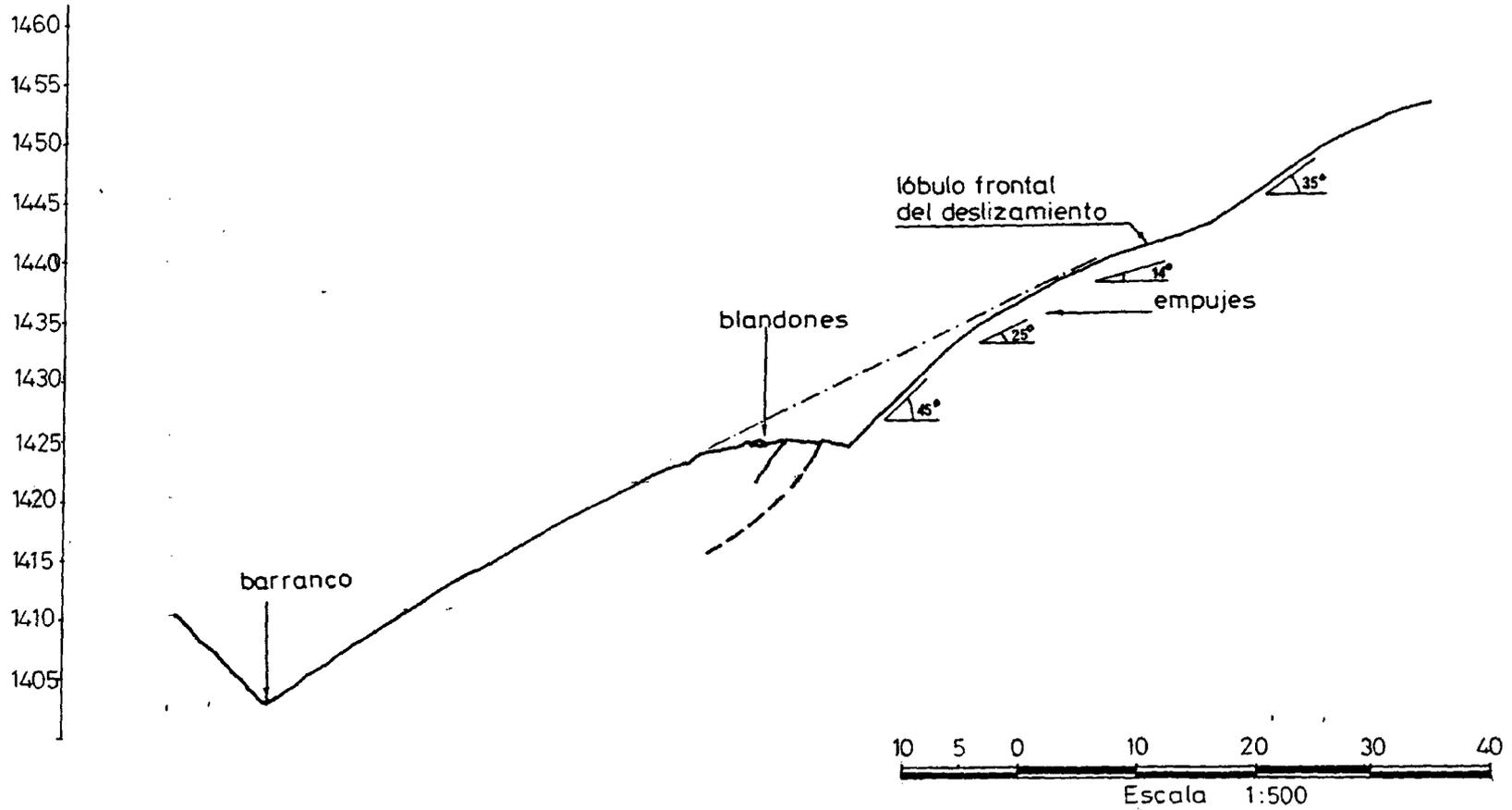


E= 1:10.000



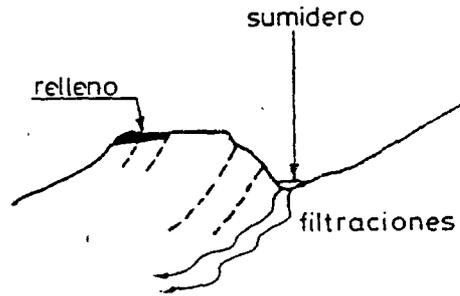
II. CORTES TOPOGRAFICOS DE LOS PUNTOS CRITICOS.

CORTE PUNTO 2



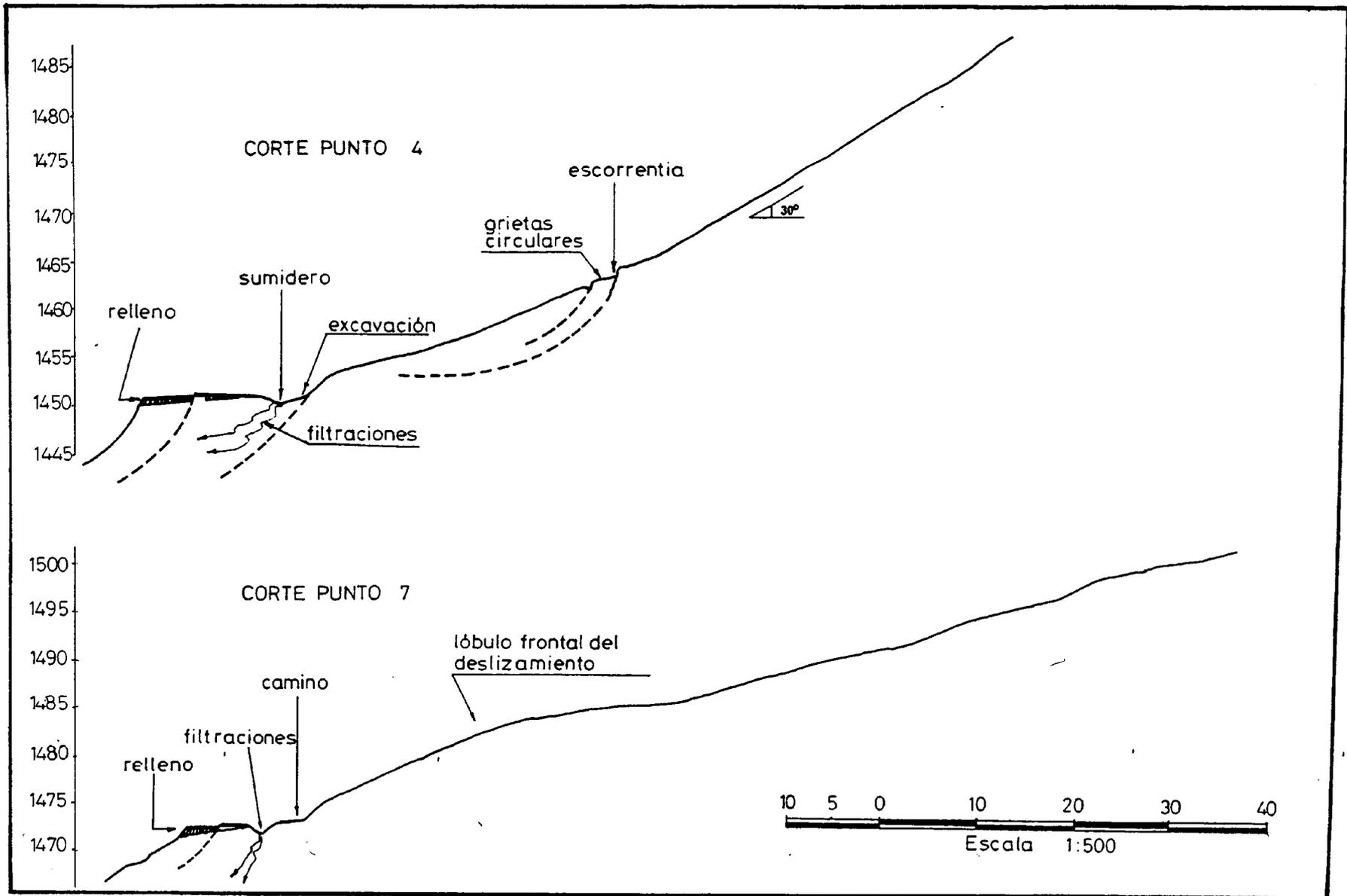
CORTE PUNTO 3

1480
1475
1470
1465
1460
1455
1450
1445
1440
1435
1430
1425
1420

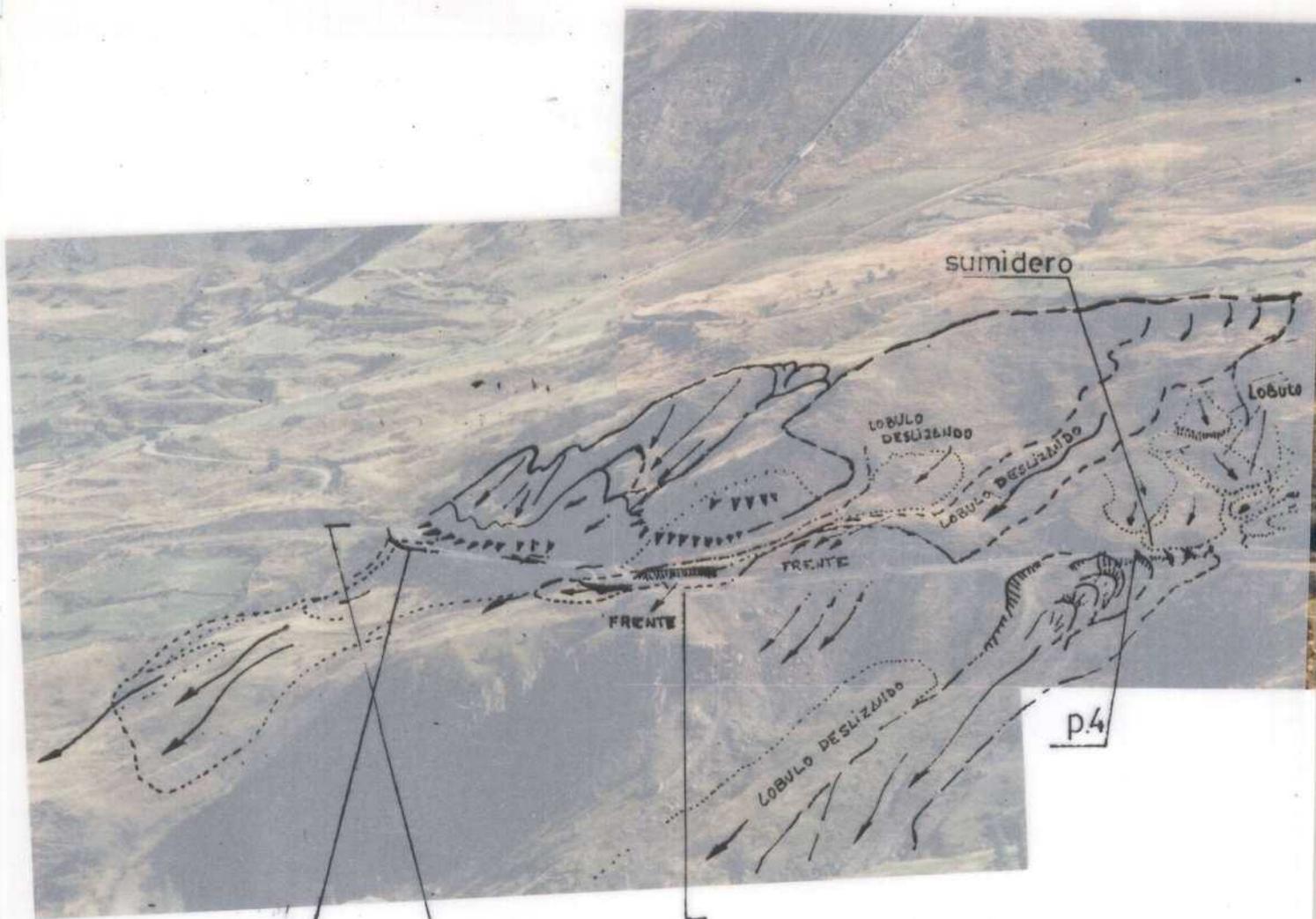


39°





III. FOTOGRAFIAS.



P.2

P.1

P.3

P.4

sumidero

lobuto

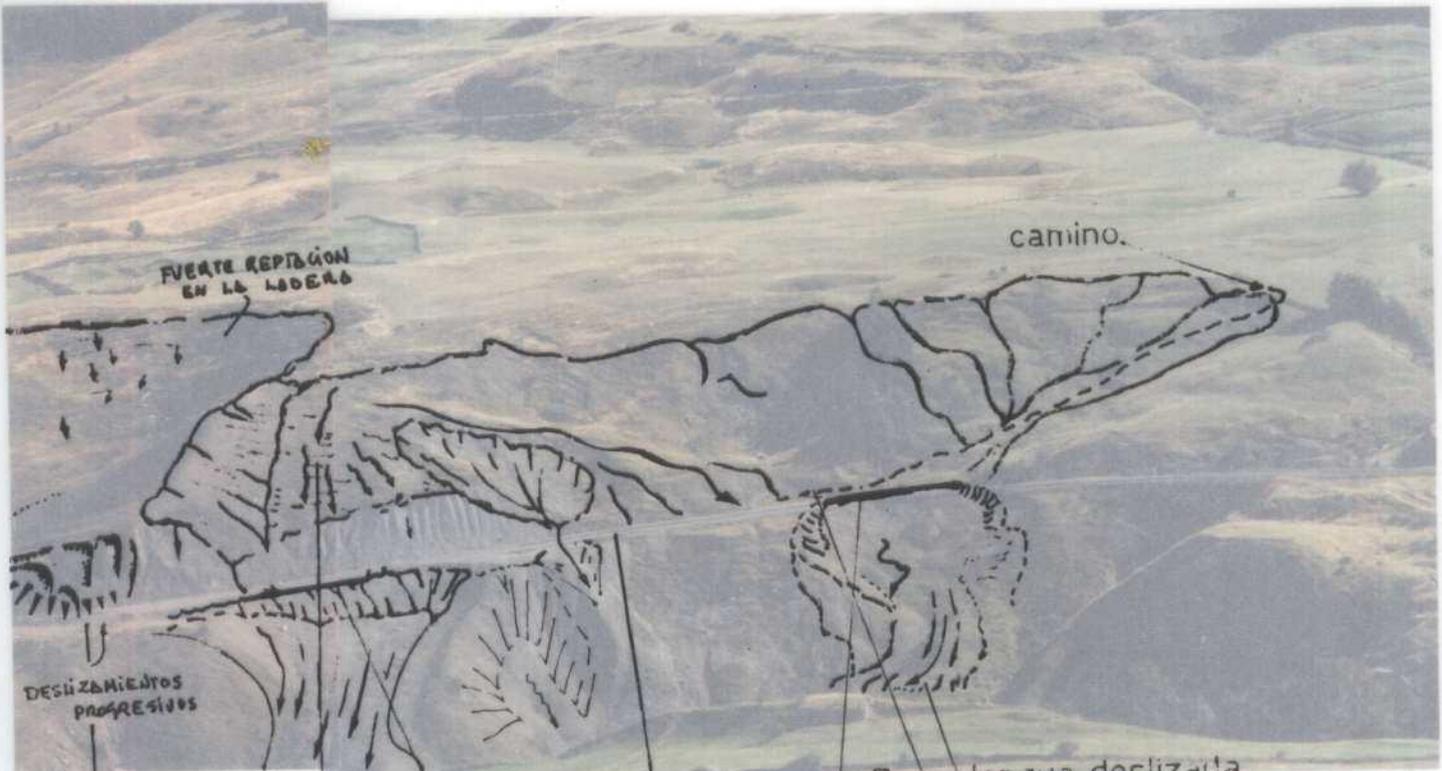
LOBULO DESLIZADO

LOBULO DESLIZADO

LOBULO DESLIZADO

FRENTE

FRENTE

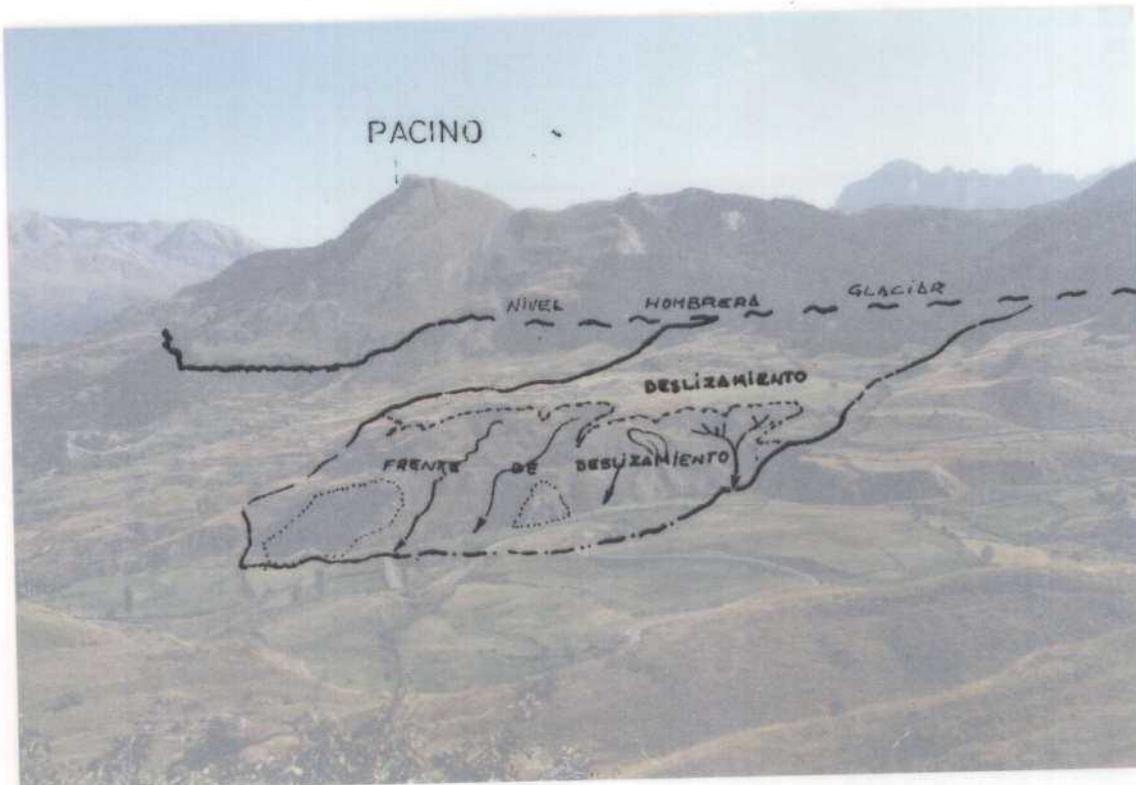


PANORAMA n.º 1: Vista general del frente del deslizamiento y ubicación en el de la Carretera Comarcal 136, a la altura del Km. 92. Obsérvese en los superponibles los puntos donde se encuentran los deslizamientos que afectan a la carretera.

reptacion de la ladera

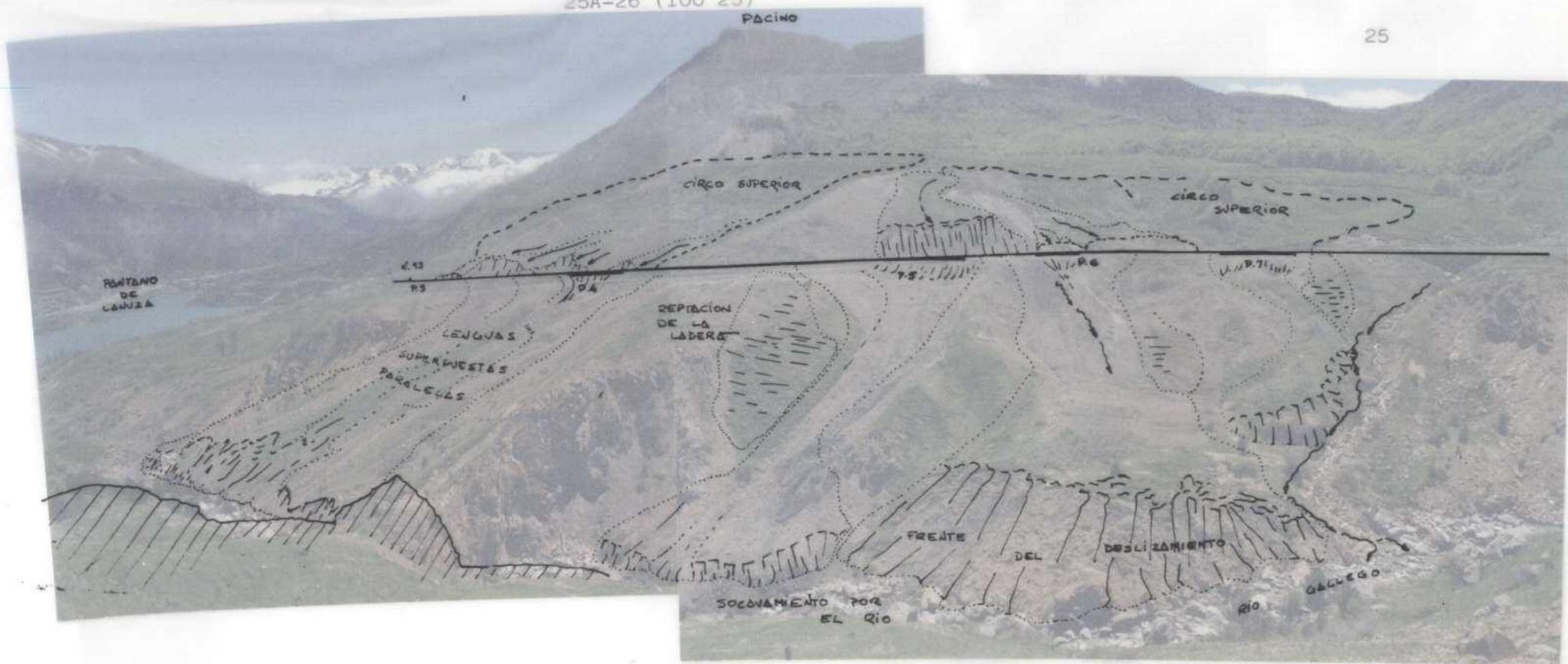
P.Km:92

9-9A



Fotografía n.º 1. Vista panorámica del deslizamiento antiguo.





PANORAMICA N.º 2. Vista general del flanco izquierdo del frente del deslizamiento. Obsérvese la disposición actual de las masas en deslizamiento respecto de la posición de la carretera y las socavaciones que en ella producen. Obsérvese también la erosión de los frentes de los flujos deslizantes por el Río Gállego y el tamaño relativo de los bloques del cauce que nos da una idea de la tremenda energía de arrastre que se desarrolla en esta parte del curso alto del río.





Fotografía n.º 2. Punto n.º 4. Sumidero al pie de la pendiente que produce las socavaciones de la carretera. Obsérvese la perfecta relación de ambos casos: encharcamiento y filtraciones con socavamiento.



18A-19(GA 100 5059)

17A-18 (GA 100 5095)



PANORAMICA N.º 3 .: Punto n.º 3. Lengua de deslizamiento cortada transversalmente por la calzada. Obsérvese su forma alomada, el aspecto masivo de los materiales y el aporte desde zonas altas en forma de grietas escalonadas en las laderas.

La carretera se encuentra fuertemente tensionada con tendencia a abrir más la curva como demuestra la valla ha llegado a arrancar sus propios apoyos.





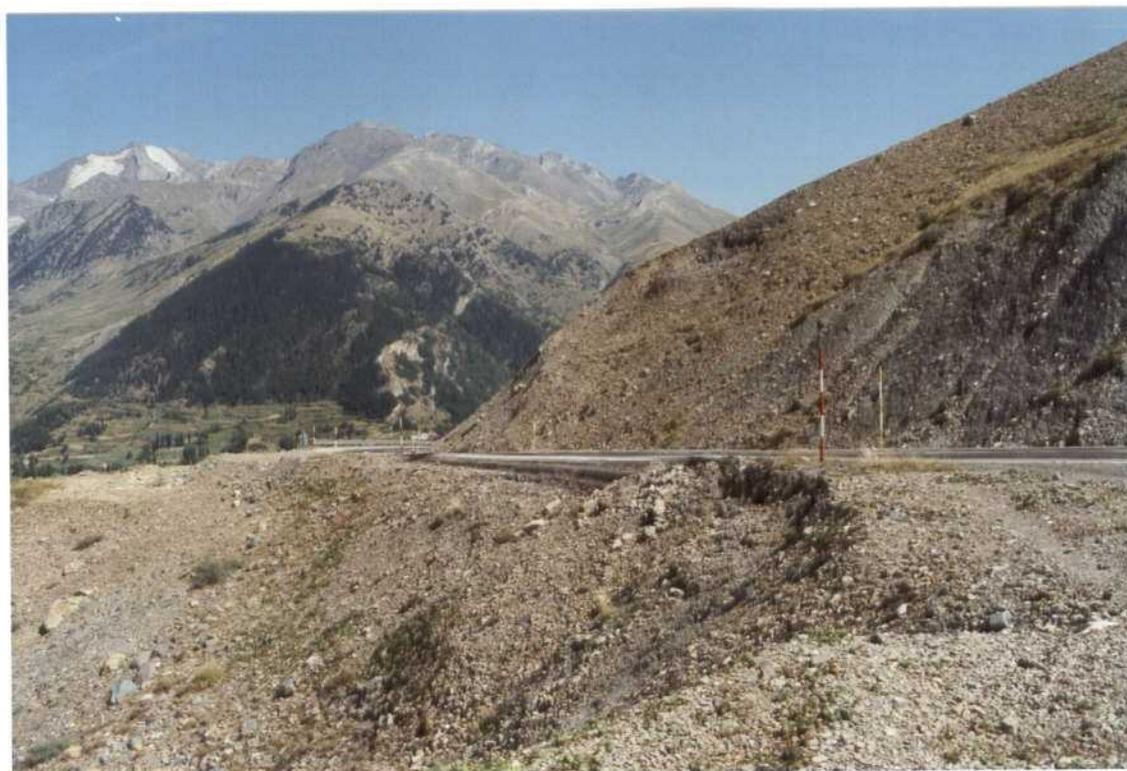
Fotografía n.º 3. Punto n.º 4. Cuneta exterior de la carretera fuertemente rellena. Tomar como referencia la situación de la valla metálica.



Fotografía n.º 4. Aspecto del flujo plástico de la masa deslizada a partir de los aportes y productos de socavación de la carretera en - el punto número 4.



Fotografía n.º 5. Deslizamiento progresivo pendiente arriba de la ladera superior de la carretera en el punto n.º 4. Obsérvese las dos grietas consecutivas.

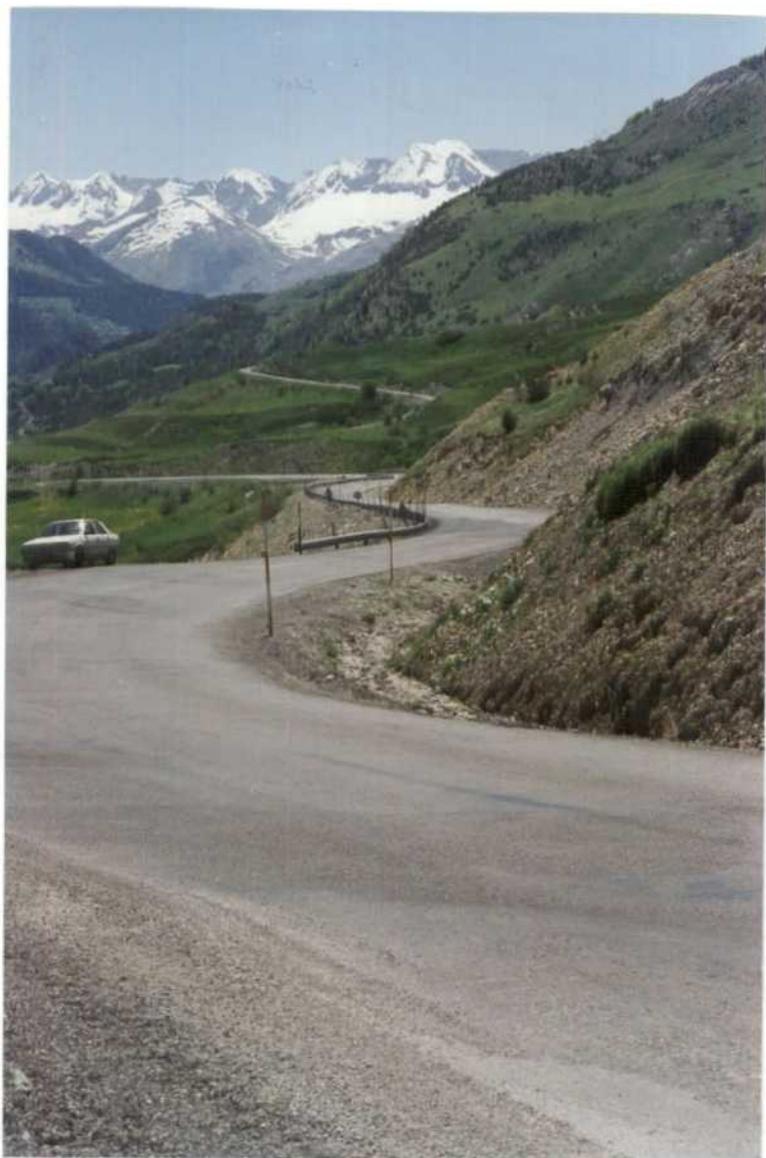


Fotografía n.º 6. Punto n.º 5. Aspecto del recrecimiento sucesivo requerido pro la calzada en su proceso de socavamiento.



Fotografía n.º 7.

Punto n.º 3. Apréciase la cuneta interior no permeabilizada.

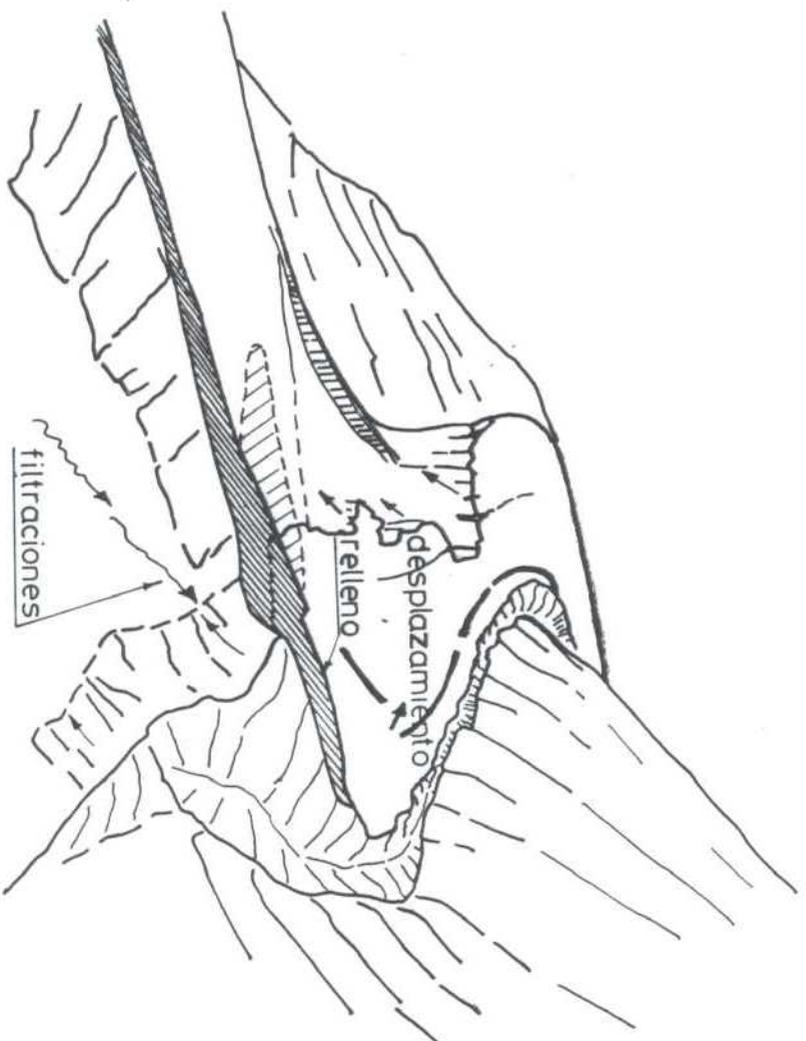


Fotografía n.º 8.

Las esorrentias superficiales que canaliza la cuneta interior penetran en el terreno.



Fotografía N.º 9. -Punto n.º 2-





PANORAMICA N.º 4.
-Vista General -

