

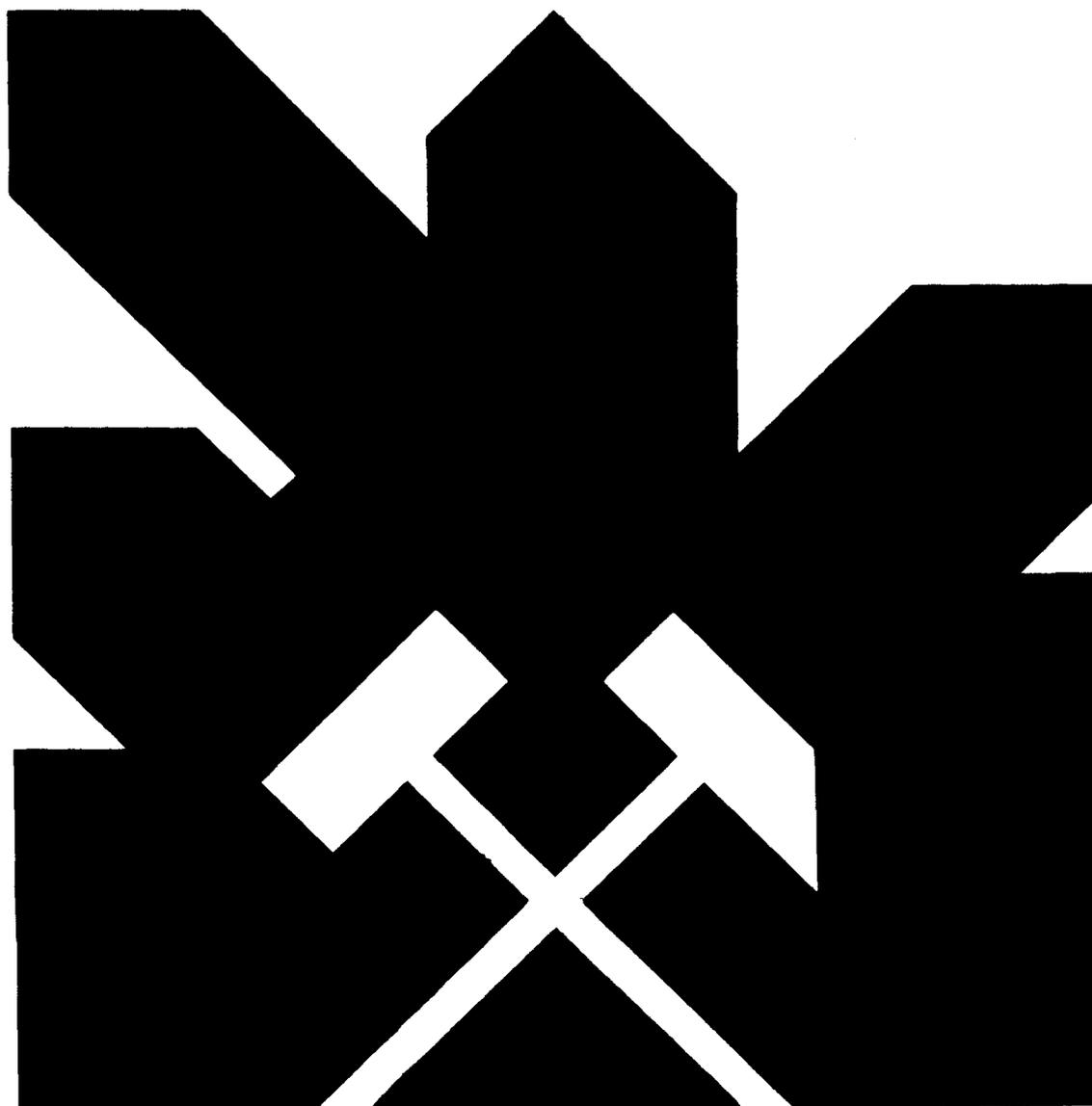
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS INDUCIDOS POR
UN DESLIZAMIENTO QUE AFECTA A LA CARRETERA
C-136 (en su kilómetro 94,4-94,5; a la salida
de la estación de esquí de Formigal hacia
la frontera francesa).

Sicoan
87528

(HUESCA)

PUNTO 4.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

01226

ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS INDUCIDOS POR UN
DESLIZAMIENTO QUE AFECTA A LA CARRETERA C - 136
(en el kilómetro 94,4-94,5; a la salida de la
estación de esquí de Formigal hacia la fronte-
ra francesa).

(HUESCA).

PUNTO Nº 4

Este estudio ha sido realizado por el siguiente equipo:

- D. Francisco Javier Ayala Carcedo.

* Ing. Minas.

* Jefe del Area de Geología Ambiental
y Geotécnica 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.

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. FACTORES QUE INTERVIENEN.
 - Naturaleza de los materiales.
 - Condiciones climático-ambientales.
 - Características geomecánicas de los materiales.
 - Nivel freático, escorrentías superficiales y aportes de agua al terreno.
 - Erosión del pie del talud por el río.
6. CONCLUSIONES.
7. RECOMENDACIONES.

A N E X O S

- I. Planos, Cortes y Esquemas.
- II. Fotografías.
- III. Ensayos de laboratorio.

1. INTRODUCCION.

El INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (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 del kilómetro 94,400-95,000. Justo a la salida del acceso que sube a la estación de esquí de Formigal.

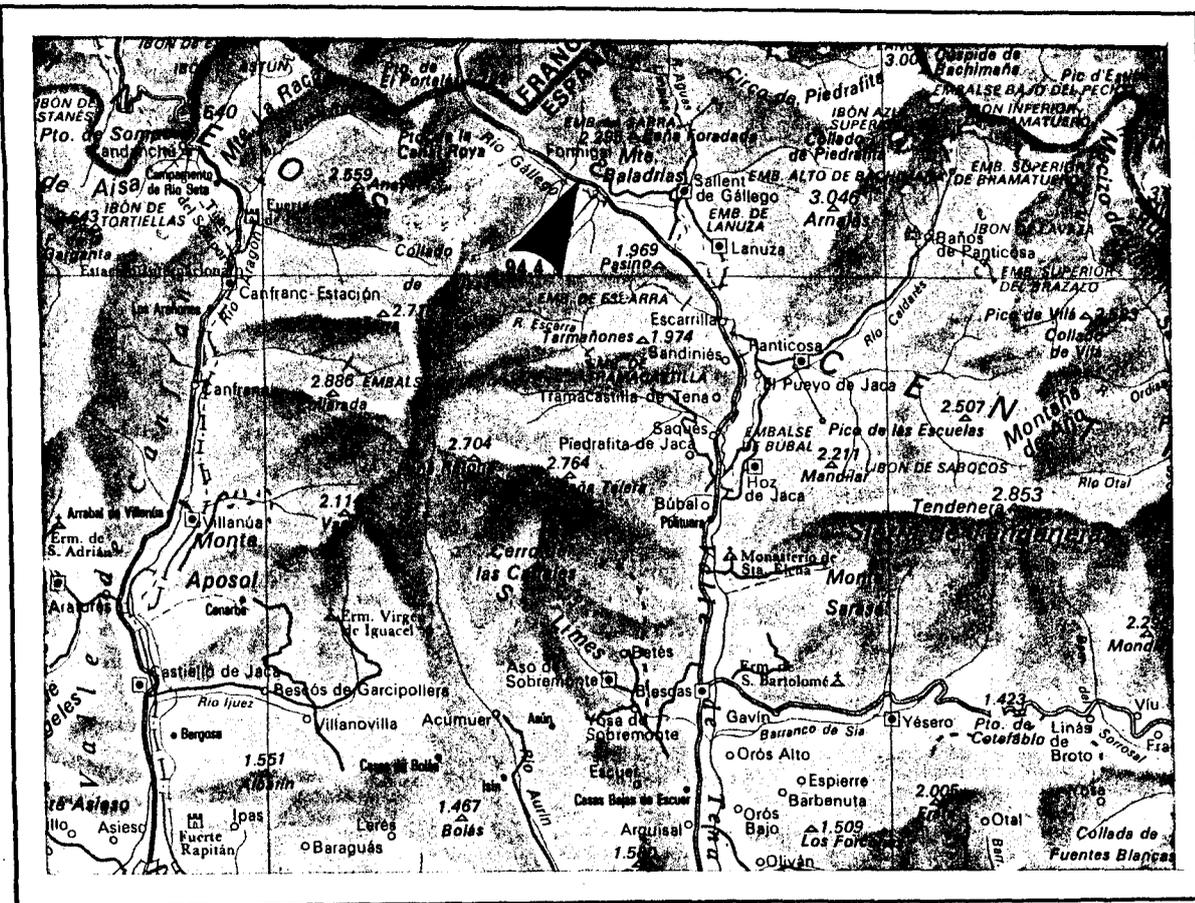
Este estudio se enmarca dentro de un conjunto de trabajos de investigación solicitados por el Departamento de Urbanismo, Obras Públicas y Transportes de la Diputación General de Aragón. El objeto de los mismos es el análisis de las inestabilidades de ladera (deslizamientos, desprendimientos) en varios puntos de la Carretera Nacional 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.

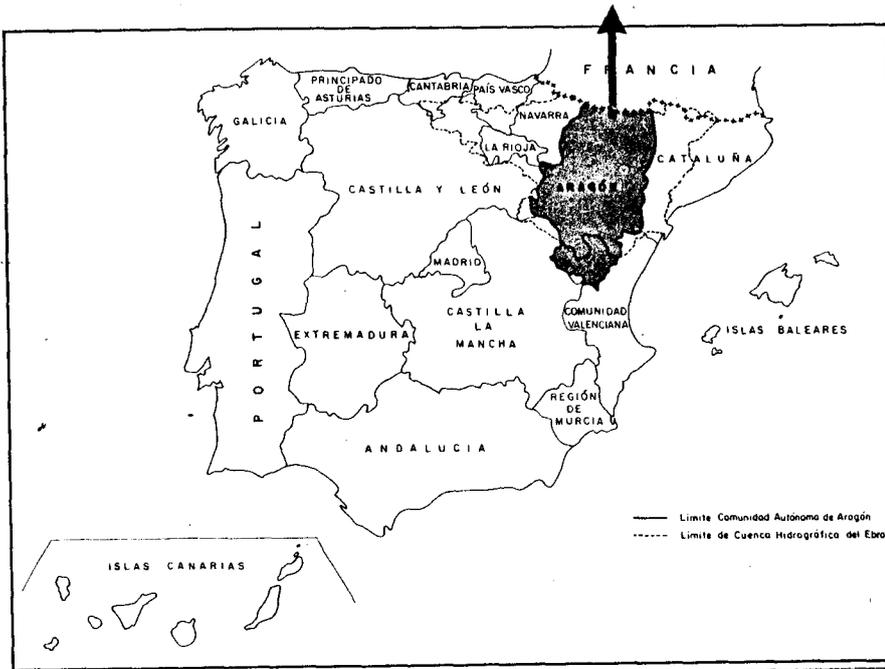
Septiembre de 1.988.-



LOCALIZACION Y ACCESOS

En la Carretera C-136 de Huesca a Francia por El Portalet.

A la altura del kilómetro 94,4, justo a la salida de la estación de esquí de Formigal.



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.

La carretera nueva o variante actual de la C-136 que une Huesca con la frontera por El Portalet fué realizada en 1.973. Se trata de una variante que salió desde Escarilla, se realizó el túnel de Escarra y discurrió por la orilla derecha del valle a diferencia de la antigua que transcurría más baja por la izquierda.

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 de propio río para la situación en él de presas de embalse. Concretamente esta zona fue ya objeto de estudios "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, Almeda 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 Valley, 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 el 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 parrafo 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".

Concretamente en este punto del antecedente más claro del fenómeno se puede deducir de los daños que se pueden observar en la carretera antigua y de los rellenos precisos para su solución. Como se observará en la panorámica número 1, existía ya pues un claro antecedente que afectó a la carretera primitiva sobre movimientos del terreno.

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 llégándose a producir por causas 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.

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 destacan los de H. WENSINK (1.962), sobre la estratigrafía y los de F. BIXEL; M. CLIN y J.P. THAY (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
- GEDIENSE

- Devónico Inferior.

En los Pirineos las claras transiciones del Silúrico al Devónico se suceden sólo excepcionalmente. La presencia del Gedinienense 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, esquistasas.

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. Las transiciones hacia pizarras arenosas tuvieron lugar, y 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 GEDINIENSES es en muchas áreas dudosa.

El COBLECIENSE forma la gran 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 estudiada 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 GE DINIENSE no está presente allí. Schmidt (1.930) hizo una visita a los alrededores de Sallent en el Valle del Gállego.

- 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 lechos de GRAUWACAS que predominan. En la parte central del área del 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.

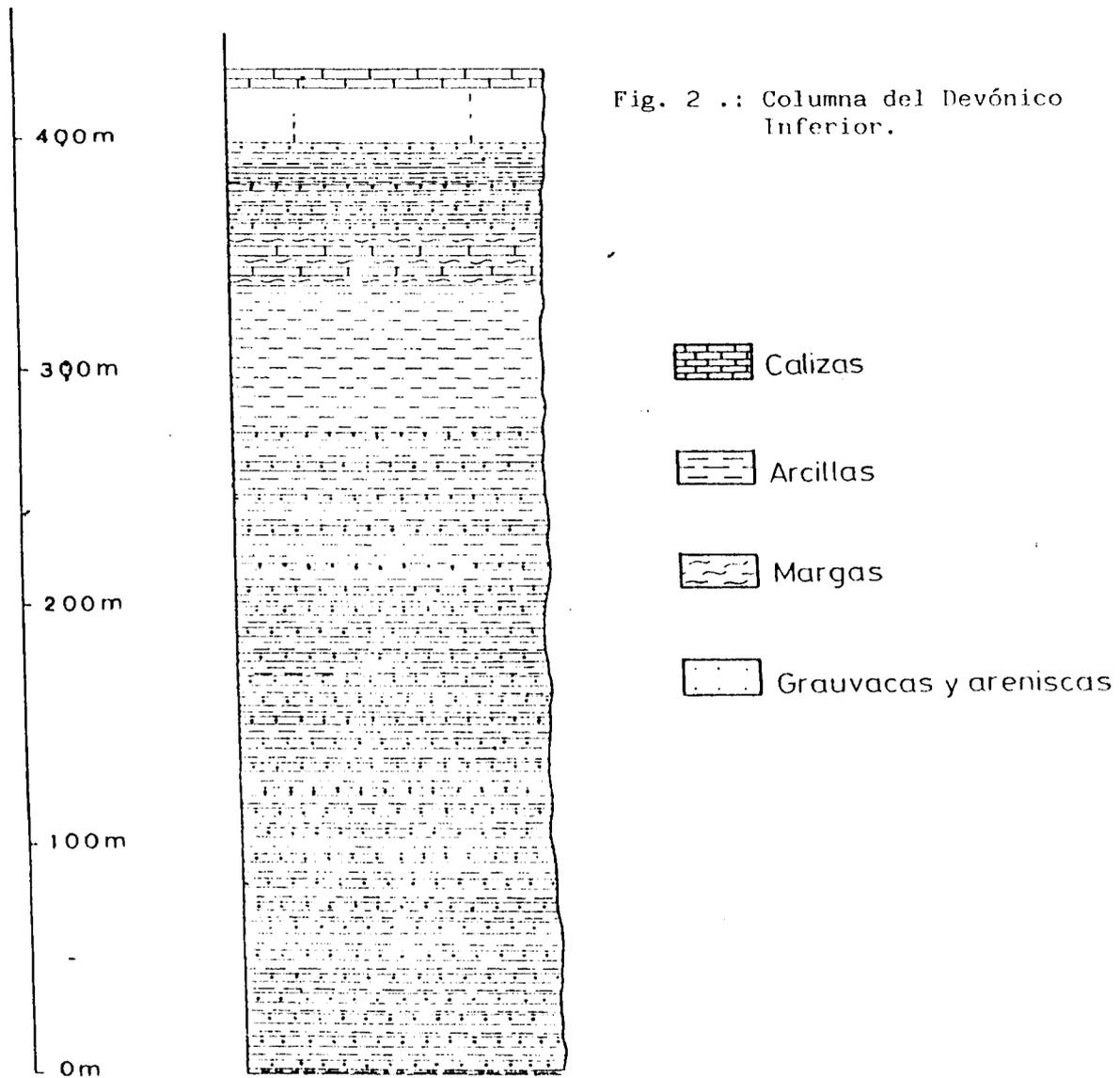


Fig. 2 .: Columna del Devónico Inferior.

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.

Las calizas coblecienses y las margas W de Sallent.

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 "fósilizada". 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 anchura 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)

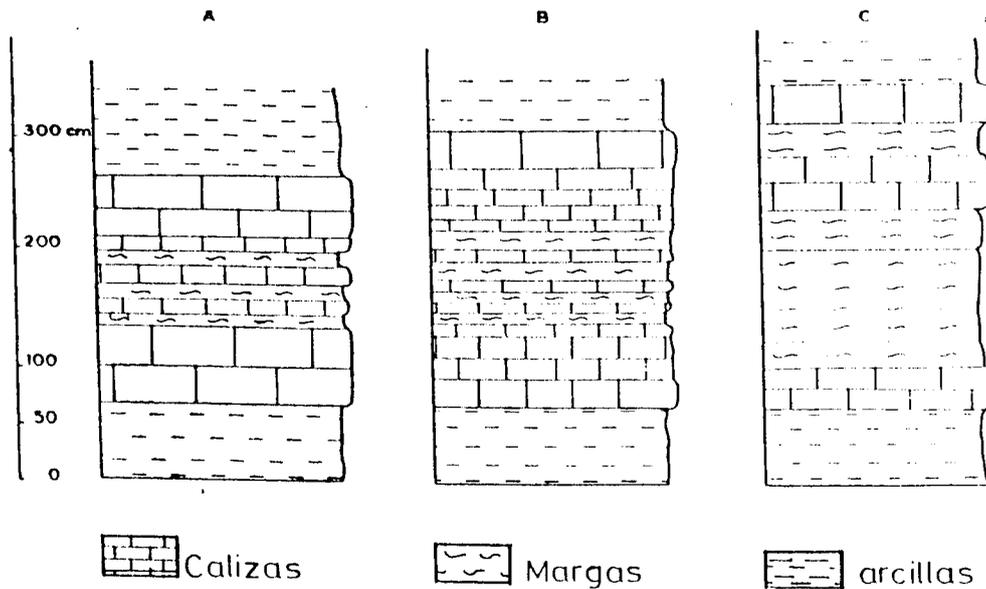


Figura n.º 3.: Tres columnas-sección de la zona de Spifiter coltrijugatus. A: Norte de Socotor. B: Oeste de Peña Foradada. C: Sur de Peña Foradada.

Devónico Medio.

En el Pirineo el Devónico Medio casi siempre muestra un desarrollo calcáreo. Las arcillas a menudo alternan con "calizas-arrecife". Una subdivisión del sistema, más bien monótono, puede hacerse sólo donde se encuentre un número suficiente de fósiles.

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

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

El Devónico Medio de las zonas marginales se ha desarrollado principalmente de nuevo como calizas. Allí la formación es a menudo fosilífera, encontrándose la mayoría de los fósiles en sedimentos de edad COUVINIENSE. Más arriba, en las series generalmente compactadas, aparecen calizas masivas.

Las facies del Devónico Medio en los Pirineos occidentales es acorde, más o menos, con esa 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. En la parte superior de estas series, cambian a calizas masivas "de arrecife", apareciendo intercalaciones de dolomitas.

De nuevo, la mayoría de los fósiles se encuentran en el COU
VIENSE; la presencia del GIVETIENSE es a menudo dudosa.

En los Pirineos Aragoneses el Devónico Medio es de desarro-
llo calcáreo, algunas veces con transiciones a margas. El COUVI
NIENSE no es a menudo muy fosilífero y no se encuentran muchos in
dicios de fósiles del GIVETIENSE en la parte superior del valle
del Aragón (justo al Oeste de la zona de estudio).

La mayor parte de las calizas de la zona de estudio pertene-
cen al Devónico Medio. Ambas, las calizas bien "asentadas" y las
de arrecife del Devónico Medio, están a menudo intensamente plega-
das e imbricadas. De nuevo la mayoría de los fósiles se encuen-
tran en los sedimentos margosos cerca de la base de la formación.

Región del Gállego.

En el valle del Gállego el límite entre el Devónico Infe-
rior y Medio está bien marcado, lo cual es el resultado de las di
ferencias 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 SO. de Sallent. Esta serie de
30 a 50 m. de anchura es muy "fosilífera".

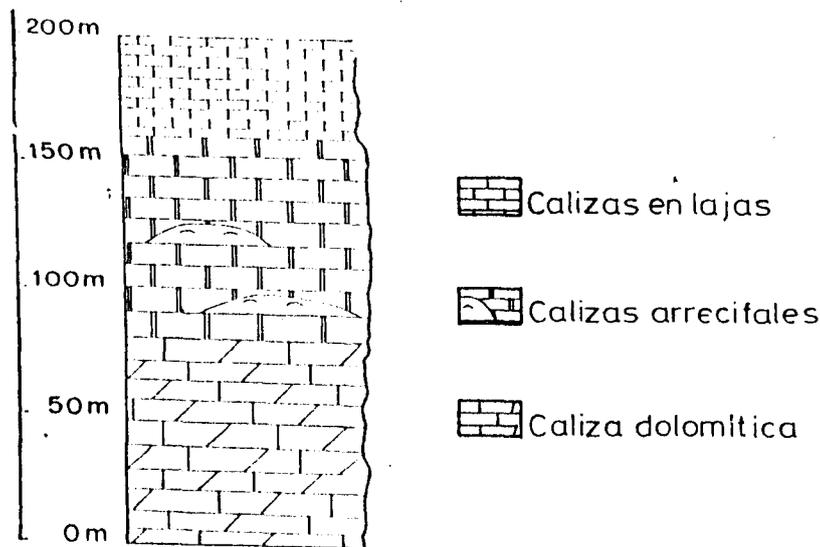


Fig. 3.: Columna del Devónico Medio en el Pasino.

Las calizas casi siempre están algo recristalizadas. Además una recristalización tosca por metamorfismo de contacto tiene lugar en la vecindad de la intrusión granodorí tiva de Panticosa. Las calizas de arrecife han sido trans formadas en mármol.

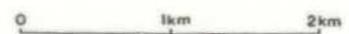
Estas calizas "en franjas" desde el valle de Aguas Limpias al Norte de Sallent de Gállego fueron cuidadosamen te investigadas en su contenido en "caliza" (lime) por A. H. BOUMA, del Instituto Geológico de Utrecht. La serie se compone de una alternancia de lechos de, en promedio, 3 cm. de caliza y 1 cm. de marga. Los lechos de caliza contienen sólo el 25 % de Ca CO_3 . Como resultado del metamorfismo de contacto las calizas "competentes" normalmente podían reac cionar plásticamente; en consecuencia la serie está mucho más contraída y la caliza ha cristalizado entre las alter nancias margosas formando las sierras duras en superficie.



LEGEND

	Alluvium		Upper Devonian limest. (Frasnian)
	Danian-Mantian		Middle Devonian
	Maestrichtian		Zone with Spirifer culte (Upper Emsian)
	Campanian		Emsian limestones
	Permo-Triassic		Lower Devonian
	Upper Carboniferous (Namurian and Westphalian)		Gotlandian
	Lower Carboniferous (including Famennian limest.)		Granodiorite
	Upper Devonian (detrital rocks)		Andesite (silt)

	Andesite (Volcanic neck)		Anticline
	Andesite schist		Overturned anticline
	Marble		Syncline
	Hornfels		Overturned syncline
A	Andalusite		strike and dip (dip 40°)
B	Biotite		Fossils
Q	Quartz		Mine in exploitation
	Downthrow fault (berbs on downthrown side)		Abandoned Mine
	Overthrust (saw theet point towards overthrust mass)		Cross section
	Fault		
	Abnormal contact		



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 (superficiales).

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 región. 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 región de Izas.

- Glaciarismo reciente.

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

Es de resaltar, por otra parte, el frecuente remoldeo por soliflucción de los depósitos morrénicos alimentados por materiales esquistosos. Estos se presentan en formas alomadas, en lóbulos con una clara vergencia hacia la pendiente sobre la que se asientan.

* Cordones y depósitos morrénicos: no hay evidencia que conduzca a delimitar los depósitos recientes de aquellos que constituyen en el cauce; el 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 y 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 puente excluye toda posibilidad de migración por caída libre y simple gravedad. Las pendientes son demasiado bajas.

El mecanismo geomórfológico 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 baja.

- 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 cabezas 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 esquisto-arcillosa del sustrato donde se localizan, al carácter húmedo del clima que han 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. Son fácilmente identificables en el paisaje. Sobretudo por el aspecto húmedo de los suelos, el aspecto ondulado de las praderas con formas generalmente alomadas 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.

Estas masas incoherentes arrastran en su seno materiales morrénicos y bloques desprendidos (calizos fundamentalmente) de las zonas topográficamente elevadas en su zona de arranque.

En el caso que nos ocupa, en la cartografía realizada por F. BIXEL, J. MULLER y P. ROGER se sitúa un cono de deyección (I) a partir del sustrato (d^{2d}) EMSIENSE-SIGENIENSE ? o lo que es lo mismo COBLECIENSE compuesto fundamentalmente de margas y calizas margosas. Ese cono de deyección adquiere potencia y desliza posteriormente de forma paulatina como un flujo incoherente por soliflucción cuando los materiales han absorbido suficiente agua.

Estos materiales adquieren formas linguoides, alomadas con clara vergencia hacia el valle en sucesivos episodios en los que la humedad del suelo supera el punto crítico en el que se comportan plásticamente, descendiendo.

Estos descensos se realizan de forma general pero en flujos diferenciales con trayectorias más o menos paralela, 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 Bioux (morrena en solifluxión).

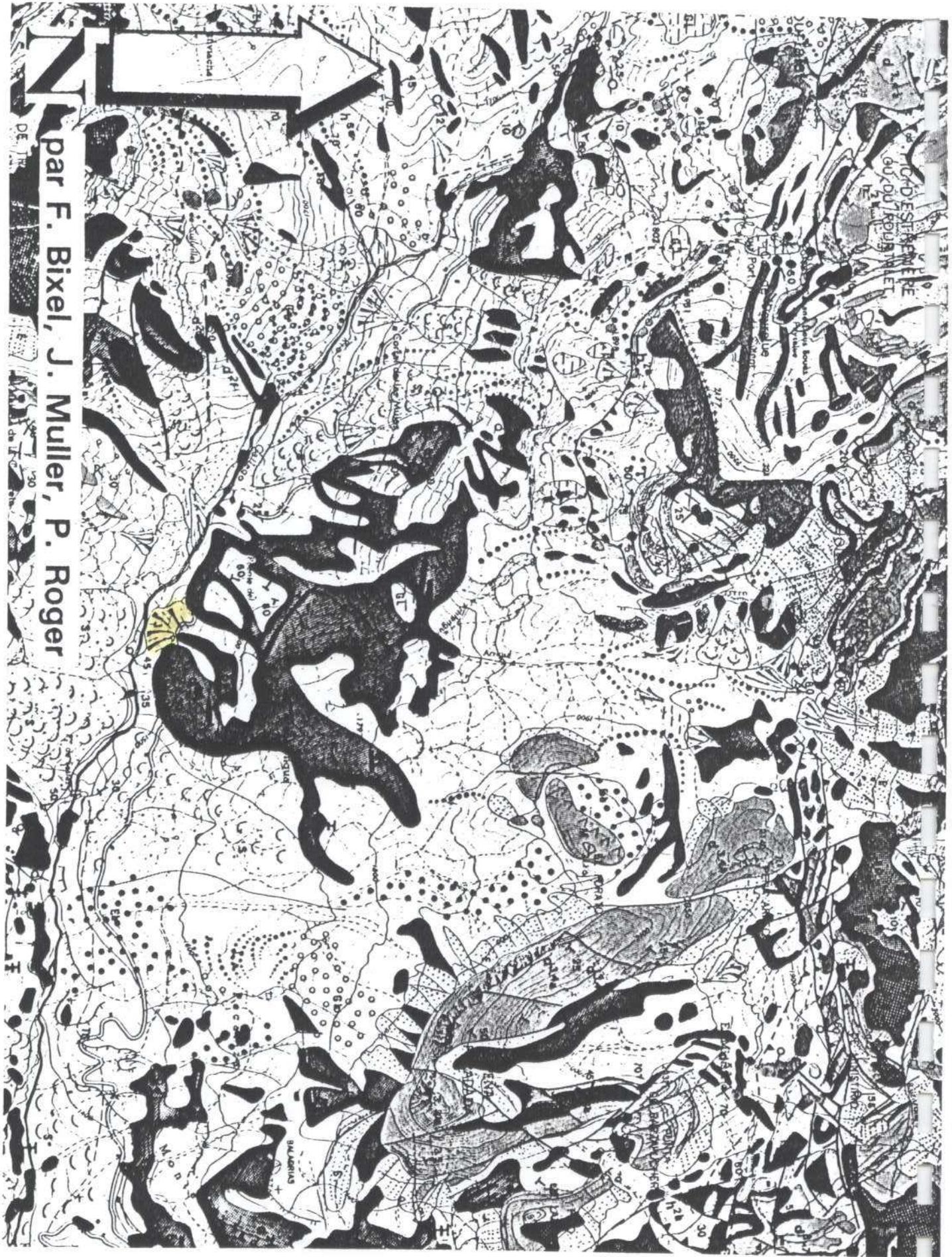
- La vertiente por debajo de la cabaña de La Glère (Alto Valle de Bioux).

- Diversas masas sobre las dos vertientes N. y S. del Río Gállego, notablemente en la urbanización de Formigal y unas especialmente al Norte 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 a la naturaleza arcillosa de los productos de alteración de las rocas pelíticas emsienses; 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 Burdeos 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 Roger 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 dolomias negras
- d^{2b} Calizas +/- arcillosas alternando 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
-  Yacimiento fosilífero (Micropaleontológico).

CUATERNARIO-RECIENTE

- G - Glaciar reciente
-  - Glaciar de rocas. Masas de bloques erráticos
-  - Cordones morrénicos
-  - Glaciares
-  - Morrenas de fondo. Depósitos glaciares
-  - Fluvioglaciares-límite de terrazas
-  - Acarreos glaciares (en solifluxión) en parte
-  - Masas deslizadas incoherentes
-  - Masas desplazadas más o menos coherentes
-  - Nichos de arranque de las lenguas de deslizamiento
-  - Derrumbamientos-desprendimientos.
-  - Derrubios y conos secos.
-  - Corredores y conos de avalancha
-  - Conos de deyección
-  - Cursos de agua temporales
-  - Dolina
-  - Surgencias
-  - Aluviones recientes

3.4. Geología Estructural.

La tectónica de toda la zona está dominada por la orogenia Terciaria que nosotros denominamos Alpina; no es un fenómeno que se pueda circunscribir únicamente al Pirineo, es un acontecimiento de orden planetario.

Es un acontecimiento que 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 tuvieron lugar movimientos tangenciales importantes. La orogenia Hercínica, con su fase principal Post-Westfaliense 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 presencia de pizarras carbonosas poco competentes del Gotlandiense, que ha actuado como lubricante y zona de despegue para las rocas del Paleozoico Superior. Los sedimentos del Devó-

nico y del Carbonífero están fuertemente plegados en pliegues isoclinales (ver corte II) 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 Inferior. 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 presentan 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.

El Devónico Superior tiene un desarrollo calcáreo y detrítico. Lo mismo que las calizas del Carbonífero Inferior y las grauvacas y pizarras del Carbonífero Superior, el Devónico Superior esta menos fuertemente tectonizado se presentan 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 compo-
drían 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 el general pliegues de amplitud métrica o decamétrica.

4.º Una fase n.º 4 más localizada, con una esquistosidad, (clivage) SV 4; sobretodo 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.

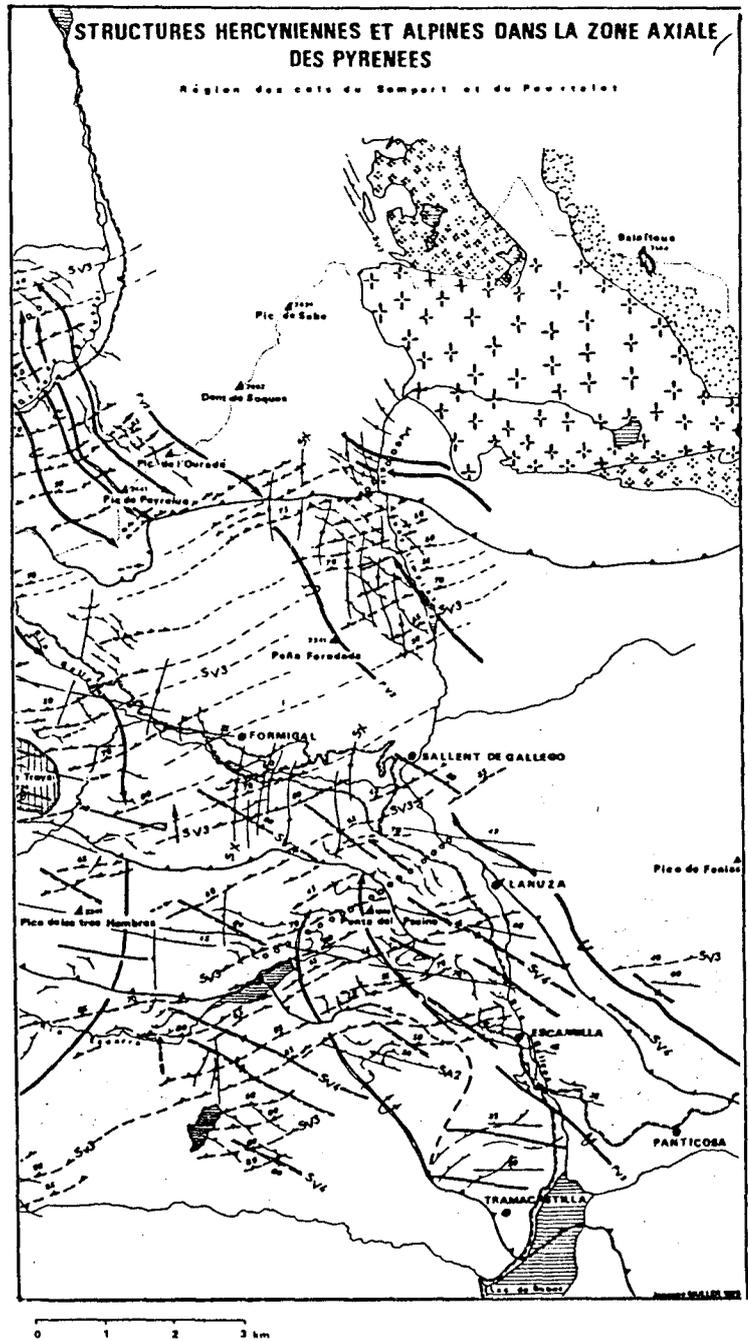


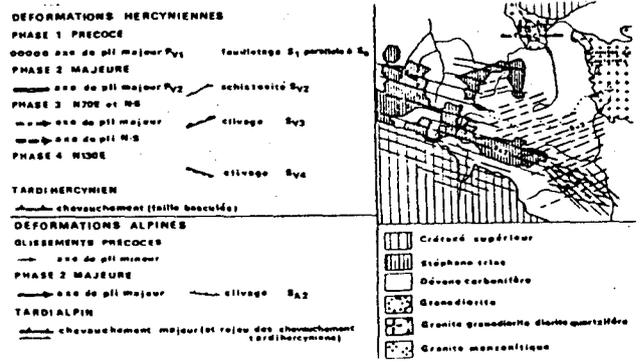
Figura. 3.4. (1).

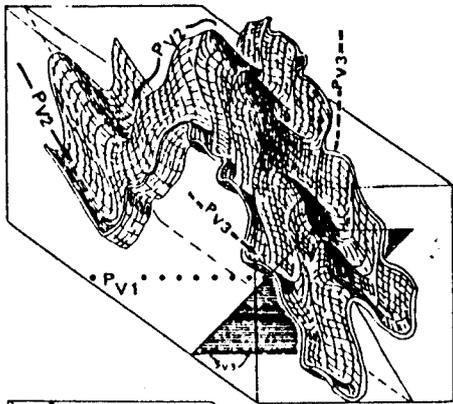
GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Estructuras Hercínicas y Alpinas en la zona Este del Pirineo Axial.

Valle de Tena (Río Gállego).

En: J. Muller y P. Roger 1.977.



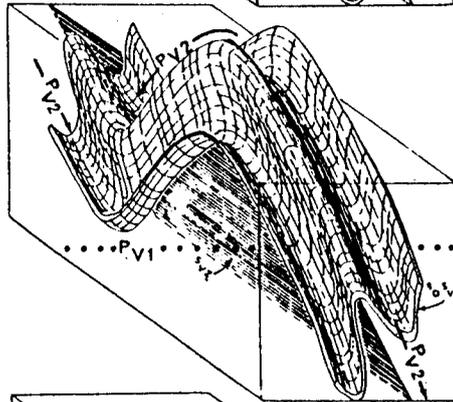


FASE 3.

Esquistosidad SV_3

N 70 E

60-80 NNO



FASE 2. "Mayor"

Esquistosidad SV_2

N 140 E

70-80 NE

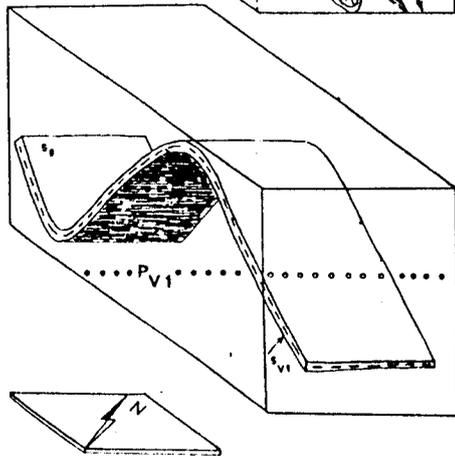


Figura 3.4. (2)

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.)

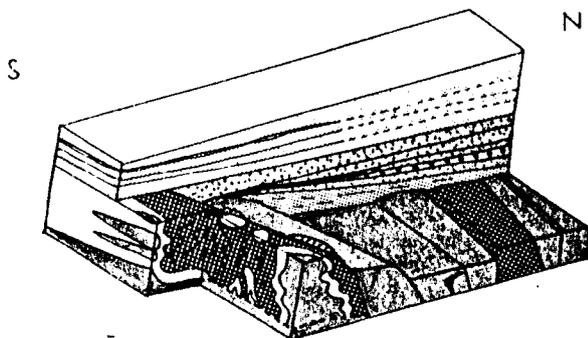
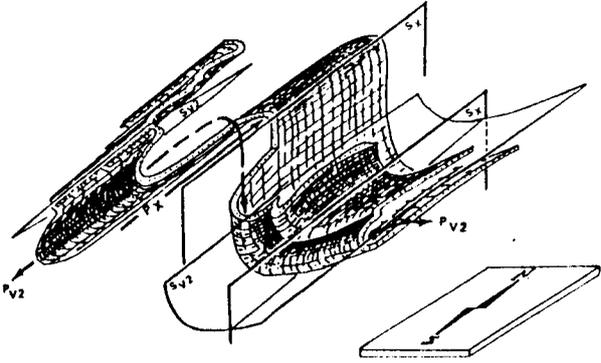
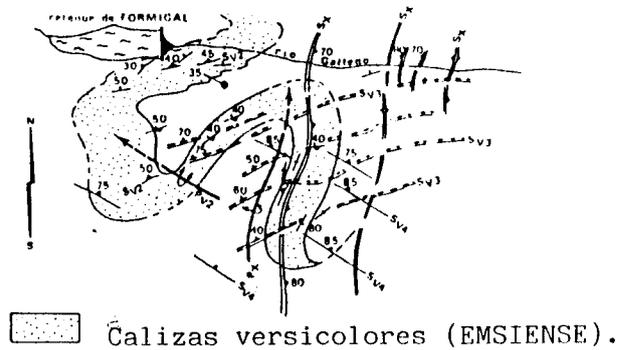


Figura 3.4. (3)

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 Pv₂ y Px
(Diagrama esquemático).

Fig. 3.4.(4) : Pliegues SN. con laminación Sx vertical (Hercínica o Alpina) de forman la esquistosidad Sv₂ en las calizas emsienses al fin de Formigal, Valle del Río Gállego: En : J. Muller y P. Roger, 1.977, p. 163.

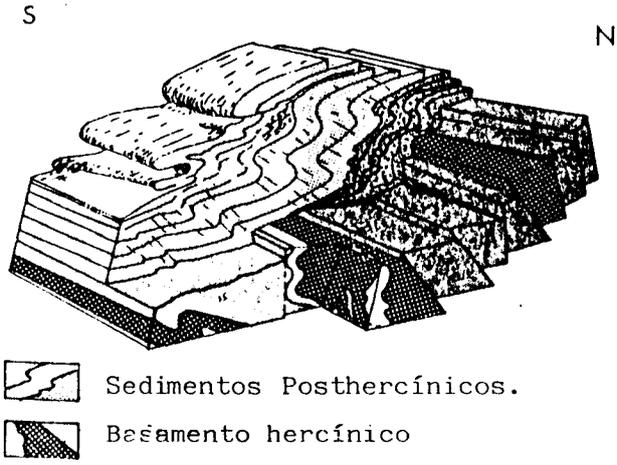


Fig. 3.4.(5) : Pliegues PAZ y laminación SAZ en los sedimentos de Cretácico Superior deformación Alpina . J. Muller, inédito.

4. DESCRIPCION DEL MOVIMIENTO.

A la altura del Km., 95 existe una curva a la derecha en la que se aprecia al entrar un pronunciado badén algo más de un metro de desnivel en su centro. Esa curva corresponde al condicionante topográfico impuesto por un deslizamiento de ladera cuya lengua presenta tendencia descendente y perpendicular hacia el Río Gállego. De forma que en el trazado de la carretera se tuvo que sortear realizando un recorrido perimetral por su frente. La naturaleza y estructura de los materiales presenta pues a priori un condicionante desfavorable a la construcción de cualquier obra civil.

La pequeña cuenca de recepción de aportes tiene una superficie en torno a los 41.700 m² (0,0417 Km²) presentando un desnivel relativo entre la cota más baja, el río y la parte alta de coronación de 150 m.; entre la cota 1.500 del río y 1.650 de la arista superior. Su longitud máxima es de 353 m. y la anchura a nivel medio de 220 m.

La lengua presenta una superficie estimada en 16.000 m² con un frente de 330 m. de perímetro exterior.

La morfología de la cuenca en la parte alta constituye un pequeño circo de aporte profundamente surcado por una densa red de acaravamientos que confluyen hacia los extremos izquierdo y derecho de los flancos de la masa deslizada. Estos surcos se encuentran excavados directamente sobre la roca que constituye el sustrato.

La parte baja de la cuenca se abre permitiendo una mayor expansión del lóbulo frontal de la lengua. Esta tal y como se puede apreciar tanto en las fotografías como en la cartografía adjunta 1:10.000 ha ido progresando hacia las cotas bajas, hacia el río, forzándolo a desarrollar un meandro adaptado al dicho lóbulo frontal.

Sobre el frente de la masa deslizada se encuentran tanto la carretera antigua C-136, así como la moderna variante construida en 1.977. Como se aprecia en las fotografías 1 y 2 ambas han tenido que describir un arco para mantener la cota y han tenido que canalizar los dos barrancos laterales de la lengua.

En la parte frontal de la lengua se encuentra hoy el vertedero, de tierras y escombros de las obras que se realizan en Formigal estación. Este se encuentra separado del terraplén de la carretera.

La carretera C-136 al llegar al comienzo de la curva encuentra un brusco escalón suavizado por el relleno del asfalto que ha ido precisando. El badén formado se recupera 25-30 m. después de forma más gradual.

Las grietas que se aprecian sobre el asfalto rellenas y suavizadas por el propio tráfico son oblicuas a la calzada, abriéndose hacia la cuneta exterior de la misma.

En el interior de la curva, tal como se aprecia en la fotografía n.º 2 se ha formado una pequeña depresión entorno a 0,5 m. en su punto máximo que represa escorrentías superficiales que se aportan por la cuneta interior desde zonas topográficamente más altas.

Existe un segundo sumidero de menor importancia a unos metros por encima, entre la antigua carretera y el acceso realizado para enlazar ésta y la nueva.

La canalización por el barranco izquierdo se realiza a través de un tubo de 80 cm. Ø. Sin embargo va permitiendo la penetración de agua al subsuelo en varios puntos antes de llegar al tubo.

En la parte frontal, ya por debajo de la carretera existe un tercer sumidero que no recibe aportes directos y que en el mes de Agosto presentaba el aspecto de la fotografía n.º 6, aflorando el nivel freático local.

En esta misma zona frontal se aprecia unagrieta o conjunto de ellas paralelas al pequeño talud que socavará el río. Esas grietas y sobretodo las más cercanas a talud presentan ya desplazamientos relativos importantes, por lo que es fácil prever que progresaran dando pequeños deslizamientos remontantes cuyos materiales serán arrastrados posteriormente por el río.

Los movimientos se desarrollan de forma muy lenta, gradual, dando tiempo a ir reparando la calzada. Son movimientos aparentemente superficiales con una clara tendencia hacia el río donde se va produciendo el progresivo socavamiento del frente del flujo.

En la zona donde se producen el fuerte badén confluyen varios factores negativos que luego analizaremos más despacio y que han acelerado el proceso.

Este proceso se desarrolla asimismo acelerándose o desacelerándose en pulsos que son causa directa de las condiciones ambientales del año y del volumen de precipitaciones del mismo.

5. FACTORES QUE INTERVIENEN.

- Morfología del terreno.

Como ya se ha tratado en capítulo de Geología el material que constituye la base de todo el fenómeno, perteneciente al Devónico Inferior, compuesto por unas margas grises con pasadas calizas y arcillas, presenta una impermeabilidad relativa alta.

Sobre este material relativamente más blando se excavó el valle glaciar y se excava el actual valle del Río Gállego. En la retirada de el glaciarse fueron sedimentando depósitos morrénicos y fluvio-glaciares que quedaron tapizando la base.

El río Gállego en esta parte de su curso alto se ha ido encajando sobre el depósito anterior alcanzando el propio sustrato paleozoico. De esta forma ha dejado desestabilizadas grandes masas de depósitos que van migrando hacia el río siendo progresivamente socavadas.

Nuestro caso presenta un pequeño deslizamiento reconocible fácilmente por criterios morfológicos. Actualmente no presenta ya ese tipo de depósito morrénico residual.

Lo abrupto del circo superior y la fácil erosionabilidad de los materiales determinan un aporte continuo, en un proceso de erosión remontante, de materiales a la lengua.

Es el río el que con su gran capacidad de arrastre, fruto de la gran pendiente relativa en su cauce, el que descalza progresivamente el talud. La capacidad de arrastre del río es observable en el volumen, a veces por encima del m³, de los cantos y bloques que se encuentran dentro del propio cauce.

En definitiva el factor morfológico que interviene es el propio de zonas de alta montaña, con abruptas pendientes en los que domina el proceso erosivo.

1.- NATURALEZA DE LOS MATERIALES.

Las características generales y disposición regional de los materiales queda explicada en el capítulo de Geología. Sin embargo es preciso detallar que las margas calcáreas de color gris, pizarrosas y con una esquistosidad muy penetrativa constituyen un sustrato impermeable sobre el que se depositaron y se siguen depositando los productos de alteración de esa formación y otras superiores.

Esos depósitos provienen de la alteración del abrupto relieve que constituye todo el circo superior de la cabecera de la lengua deslizada. La granulometría y detalles sobre su densidad relativa y plasticidad se recoge en el anexo de ensayos de laboratorio.

Como se aprecia se trata de un depósito muy heterométrico con un porcentaje de finos muy alto. Los cantos que engloba la matriz son calcáreos y areniscosos junto a cantos, a veces bloques, de la roca margo-pizarrosa muy alterados, desprendiéndose microlitos de forma acicular o lajosa.

Todo este conjunto se encuentra sobre un sustrato impermeable con un nivel freático paralelo a la superficie y con un índice de humedad muy alto que se incrementa en las épocas de precipitaciones disminuyendo su consistencia (y por tanto su resistencia).

Como ocurre en toda la zona las laderas del valle de origen glaciar, una vez se retiró éste, se han encontrado en situación inestable. En este caso se aprecia como se ha producido un deslizamiento sobre el propio material que constituye el sustrato más depósitos de origen fluvio-glaciar de la retirada del mismo. El circo de deslizamiento se encuentra ahora visiblemente erosionado por acción de precipitaciones, presentando surcos que confluyen en la base del mismo.

El progresivo encajamiento del río es el que rebaja la cota base aumentando las pendientes, desestabilizándolas y provocando deslizamientos.

2.- CONDICIONES CLIMATICO-AMBIENTALES.

En la figura n.º 1 adjunta se recogen los datos sobre las precipitaciones habidas en el periodo 1.955-1.986 (anuales), así como las precipitaciones mensuales del último año (1.987) y primera mitad de 1.988.

Del total de precipitaciones caídas en un año el 58% es en forma de nieve. Esto quiere decir que el agua se distribuye uniformemente en forma de nieve procediendo a penetrar en el material de forma gradual, durante los periodos de buen tiempo; fundamentalmente en primavera.

Concretamente, y en relación con el incremento de los movimientos del terreno respecto a años anteriores, el año 1.987 presenta a su vez un notable incremento de las precipitaciones. Supone un incremento relativo alto desde el año 1.982 en el que se registraron precipitaciones aún mayores.

Ambos incrementos tienen una relación directa, siendo el primero causa del segundo.

. PARAMETROS AMBIENTALES.

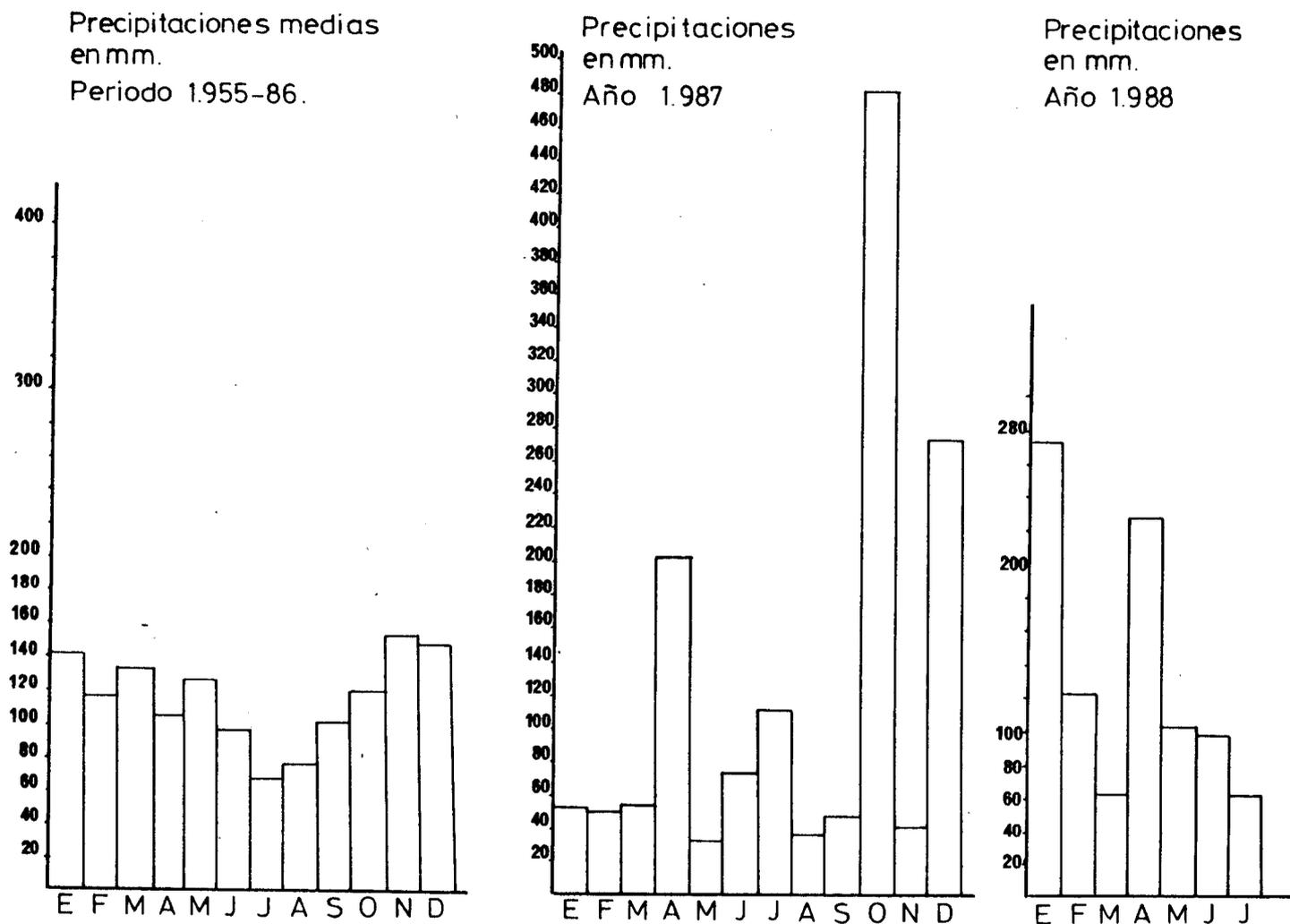


Fig. 1 : Precipitaciones medias mensuales del periodo 1.955 a 1.986 y Precipitaciones mensuales de los años 1.987 y primera mitad de 1.988.

- A partir de datos recogidos por el INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Estación de Sallent de Gállego (Huesca).



3.- CARACTERÍSTICAS GEOMECANICAS 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, así como de resistencia.

* Las densidades y las porosidades de estos materiales presentan valores medios-bajos, 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 tamizados y sedimentación) se observa la enorme heterogeneidad de los materiales:

Gravas	4	- 32 %
Arenas	14	- 35 %
Limos	30	- 37 %
Arcillas	22	- 23 %

* Los límites de Atterberg realizados dan los siguientes resultados:

Límite líquido	$W_l = 45,2 \%$
Límite plástico	$W_p = 25,4 \%$
Índice de plasticidad	$I_p = 19,8 \%$

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

* Finalmente, se han realizado ensayos de resistencia (Corte Directo Lento). Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Cohesión $C = 0,1 \text{ Kg/cm}^2$
Angulo de rozamiento interno $\phi = 27^\circ$

Estos valores van a poder presentar una gran variación, debido a la heterogeneidad de los materiales, que ya se hizo palpable en los ensayos granulométricos realizados.

4.- NIVEL FREÁTICO, ESCORRENTIAS SUPERFICIALES Y APORTES DE AGUA AL TERRENO.

Como se puede apreciar en el corte esquemático-explicativo (fig. 1) y en el corte topográfico (fig.3) y en los esquemas en planta (figuras 4 y 5) existen dos puntos donde se puede registrar el nivel freático de la zona: en el sondeo de profundidad 1,30 m. a 1,20 m. y en la surgencia que existe, superficial, entre la carretera y el río.

Unido a lo anterior tenemos dos sumideros en los que se concentran las escorrentias permitiendo la lenta infiltración en el terreno. El más alto en la cuneta interior de la Carretera C-136 antigua. Tiene su salida hacia el barranco que se encuentra canalizado en el límite izquierdo de la zona. Sin embargo, esta salida no tiene la suficiente pendiente y permite su embalsamiento, en tanto que el aporte se hace bastante frecuente y de forma gradual, permitiendo así una infiltración también gradual.

El segundo sumidero se encuentra en la parte interior de la curva que hace la Carretera C-136 actual; este se puede observar especialmente en la panorámica n.º 2 de la presente memoria. La profundidad y extensión, de este sumidero en el que se acumulan las escorrentias superficiales es notablemente superior al anterior. Tiene su salida como en el caso anterior, como se puede apreciar difícilmente en la fotografía n.º 2 hacia el mismo barranco lateral. La diferencia de altura entre el centro de dicho sumidero y el drenaje se estima en algo más de 20 cm. en una relativa gran extensión, entorno a los 50 m².

El efecto negativo que produce ese punto de infiltración de las escorrentias al igual que el anterior consiste en la elevación puntual del nivel freático ya de por sí alto en esta zona.

Como se aprecia en las panorámicas las redes de drenaje son perfectamente visibles en la cabecera en profundos surcos excavados sobre el erosionado sustrato. Esto nos indica la alta impermeabilidad del mismo. Por contra, el depósito en forma de abanico, en cuya margen izquierda se localiza el deslizamiento no presenta un sistema de drenaje tan profundo y claro. Esta diferencia de comportamiento la determina la alta permeabilidad relativa del depósito frente a la del sustrato.

Las escorrentias superficiales de todo el circo de cabecera penetran en el depósito en parte, y parte son drenadas superficialmente por los barrancos laterales. La parte que penetra en el terreno constituye el alto nivel freático registrado.

Con todo ello el aporte de agua al terreno, vistas las condiciones climático-ambientales de la zona y la peculiar morfología junto a las características de los materiales, no se produce de forma brusca. Se produce durante las épocas de lluvias muy continuas y en primavera, cuando la fusión de la nieve se va haciendo de forma continua. El alto contenido relativo de finos impiden por una parte la adsorción rápida del agua; pero por otra se mantiene a posteriori una alta "inercia" impidiendo un rápido drenaje.

5.- EROSION DEL PIE DEL TALUD POR EL RIO.

Tal y como se puede apreciar con detalle en las fotografías n.º 5 y n.º 6, el río en este punto se encuentra formando un suave meandro que tiende a incidir erosivamente hacia la margen izquierda, sobre el pie del talud que presenta movimientos. Se puede apreciar como en la orilla opuesta se produce deposición y no erosión de gravas con un tamaño apreciable, máximo entorno a los 30 cm. de diámetro que nos dan una idea de la energía de las aguas en este tramo del río.

La progresiva erosión del talud en su base, unido a mencionado alto nivel freático producen pequeños deslizamientos (fotografías n.º 5 y n.º 6).

6. CONCLUSIONES.

1. El movimiento del terreno que afecta a la Carretera Comarcal 136, que une Huesca con Francia a través del paso de El Portalet, obedece a un mecanismo de flujo por soliflujión más que a un deslizamiento; al entender que: no existen unos límites netos de la masa deslizada, no presentando a su vez un desplazamiento solidario de la misma respecto de otras que permanecen fijas.

2. Confirma lo anteriormente mencionado la gran cantidad de fenómenos análogos que existen en toda esta parte de la cabecera alta del Río Gállego.

3. Nos encontramos con un material que constituye un depósito de origen fluvioglacial sobre un sustrato paleozoico (Devónico Inferior) compuesto de margas grises muy compactadas e intensamente esquistosadas con pasadas a materiales unas veces más calcáreos y otras de composición más limoarcillosa. Este sustrato constituye el nivel impermeable sobre el que se encaja el río y se encuentran depositados los mencionados depósitos glaciares y fluvio-glaciares muchas veces "colgados" en las laderas del valle en posición metaestable, susceptibles de inestabilizarse conforme progresa el proceso linear erosivo del río y actúan sobre ellos condicionantes de tipo climaticoambiental.

4. Precisamente los condicionantes climático-ambientales constituyen el factor desestabilizador de mayor importancia. Las precipitaciones con 1.500 - 1.300 mm. de media anual son en un 50 % en forma de nieve. Esta permanece en el terreno en forma de hielo o nieve fundiéndose lentamente por el día y helándose por la noche. El aporte continuo mantiene el terreno completamente empapado durante los meses que van de diciembre a mayo.

5. Los sumideros creados tanto en la cuneta interior de la Carretera C-136 antigua como en la cuneta interior de la actual C-136, así como en el propio barranco que drena la margen izquierda del abanico (ver esquema en planta 1 y 2) permiten la acumulación e infiltración gradual de parte de las escorrentias que se embalsan en ellos. Resulta más que clarificador que en todo el abanico aluvial los movimientos sean en una zona concreta hacia la margen izquierda del mismo, donde se concentran precisamente los sumideros (ver figura 4).

6. La acción de zapa en la base del talud por parte del río es un factor del proceso desestabilizador de la ladera. La dinámica fluvial del Río Gállego determina en este punto un meandro que incide directamente sobre la base de la ladera. Los caudales en tormentas y época de deshielo son suficientemente importantes para apreciar la importante magnitud del proceso erosivo.

7. Hecho un análisis de las características y factores que inciden en el problema las medidas a tomar deberían concentrarse en un drenaje del talud y la defensa de la margen del río que evite su erosión.

7. RECOMENDACIONES.

1.º. Drenaje profundo de la ladera.

(Ver esquema en plànta 2 (fig.7) y corte topogràfico (fig 6)).

El sistema de drenaje profundo propuesto para evitar en lo posible la alta concentraci3n de agua en el terreno se denomina co múnmente como -en espina de pez-. Adaptando el modelo general a nuestro caso para conseguir la máxima eficacia.

El eje central del sistema de drenaje tendrá una longitud de no menos de 120 m. y una secci3n de 0,80 x 5,50 m.; su situaci3n viene reflejada en la figura n.º 7. En su extremo inferior, que da al río, se colocará un rejilla en acero corrugado con tratamien to anti3xido que evite el socavamiento del relleno del dren.

Los drenes laterales se situarán según la figura con un án- gulo respecto del dren central entre 60º y 70º. Sus dimensiones serán las mismas que en el dren central excepto en profundidad que no excederán de 5 m.

Para la realizaci3n de dichos drenes es preciso una excava- dora con capacidad para 5,50 m. de profundidad.

Hemos elegido entre todas las opciones existentes para este tipo de drenaje dos:

OPCION A: drenaje con tubo poroso de hormig3n y geotextil; tomando dos tubos de 30 cm. de diámetro de tubo drenante poroso de hormig3n rodeados de un geotextil poroso. El geotextil se prolonga hacia la parte alta de la zanja muriendo en una cuneta paralela donde se puede anclar.

En el relleno propone este sistema que el interior del geotextil, hacia la parte alta del talud se haga con un árido de tamaño grano arena para evitar que los finos llegen a obstruir el geotextil. El relleno a la parte contraria se haría de grava de tamaño grueso no seleccionado.

OPCION B: zanja drenante con empaque de gravas.

La excavación sería la ya indicada. Conforme se fuese excavando se vertería en la zanja un árido de machaqueo seleccionado de 3-5 cm. de diámetro. De esta forma no sería preciso la entibación y el trabajo dentro de la zanja. El relleno de grava se haría hasta 30 cm. de superficie donde se rellenaría con el propio material de excavación compactado.

2.º Mejora de la canalización de las escorrentías superficiales.

2.1. Una primera opción dentro de esta medida consistiría en evitar mediante surcos y regachas, que existan los sumideros ya descritos. Estas regachas irían a confluir en el barranco lateral ya canalizado que existe a la izquierda del cono aluvial.

Dentro de esta misma opción entraría la revisión del barranco evitando situaciones como la que existe entre las dos carreteras (C-136 antigua y C-136 actual) con un sumidero ante la boca del drenaje que cruza la carretera por quedar este alto.

2.2. La segunda opción iría enmarcada al revestimiento de un tramo entre 100 y 130 m. del barranco que evitaría filtraciones al terreno.

2.3. Realización de un drenaje de hormigón en la cuneta interior de la carretera (ver opción B, figura 6). Este se realizará según esquema sobre el dren profundo que pasa también en ese mismo trazado.

3.º Escollera en la margen del río erosionada.

Con longitud de 150 m. con bloque de la roca que se encuentre más cerca (calizas) de tamaño no inferior a $0,30 \text{ m}^3$ pues la gran energía del río podría arrastrar tamaños inferiores.

Su situación queda reflejada en la figura 7. Su montaje se propone se haga por vertido directo adaptándose en lo posible a la geometría del talud.

De las opciones dadas nos decantamos vista la relación precio/efectividad por: 1.º drenaje profundo en "espina de pez" (según esquema); opción B. 2.º Revisión del barranco lateral izquierdo con vertido de hormigón en masa en los puntos donde el proceso de socavación de las escorrentías haya dejado los actuales drenajes entubados, bajo las carreteras, altos. 3.º Canalización de las escorrentías superficiales en la cuneta interior de la actual Carretera C-136 mediante una cuneta de hormigón. 4.º Dar salida mediante surcos en el terreno a los sumideros insuficientemente drenados. 5.º Instalación de un sistema de escollera como el propuesto.

Fdo.: Francisco J. Ayala Carcedo

Ing. Minas

División de Geología Ambien
tal y Geotécnia.

I.G.M.E.



Fdo.: Alberto Gracia Bernal

Geólogo.

GEONOC, S.A.

A N E X O S

I. PLANOS , CORTES Y ESQUEMAS.

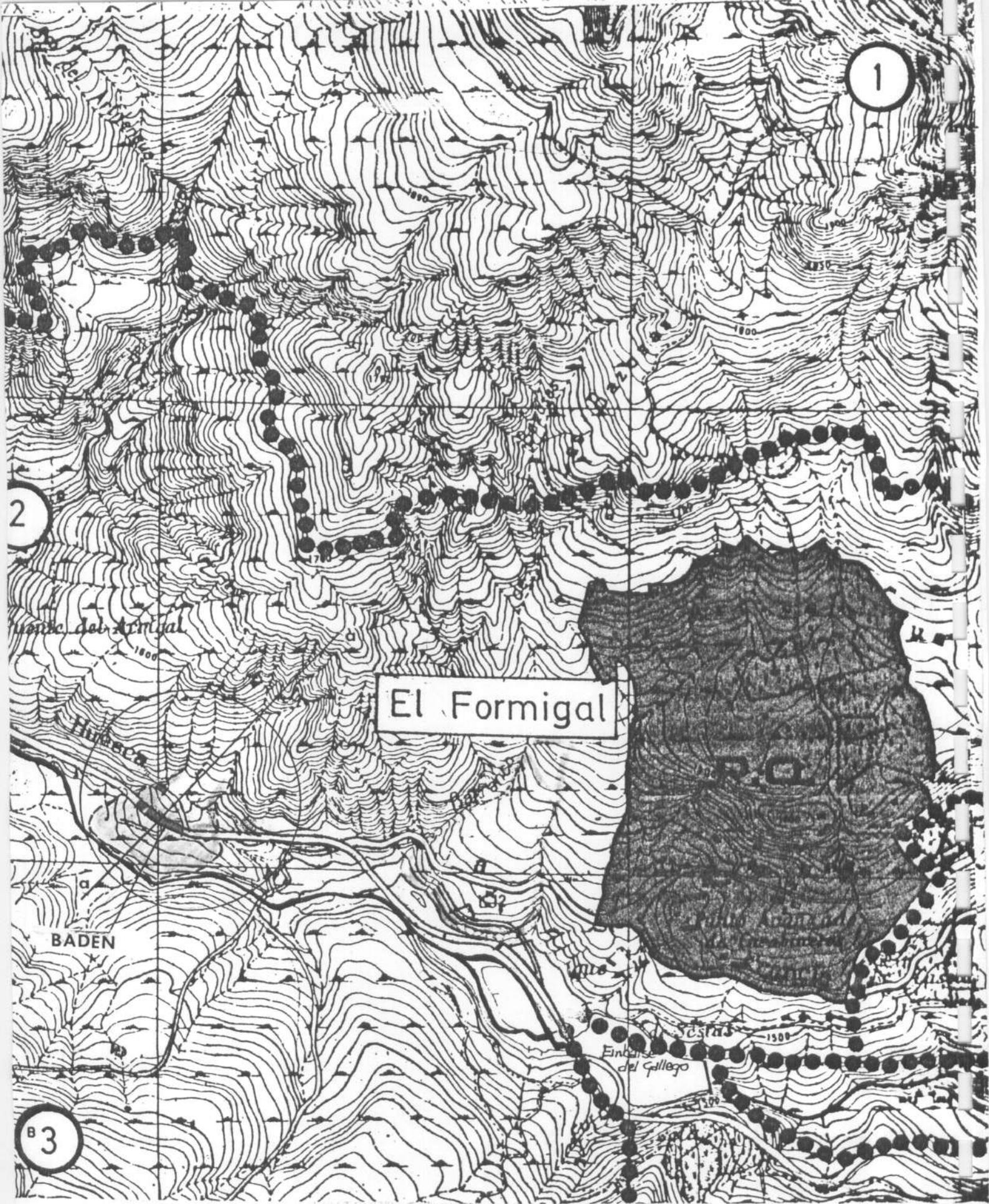


Figura 1.-

CARTOGRAFIA DE LA ZONA

Escala 1 : 10.000

100 0 100 200 300 400 500m.

CORTE ESQUEMATICO-EXPLICATIVO
(No existe relación de escalas)

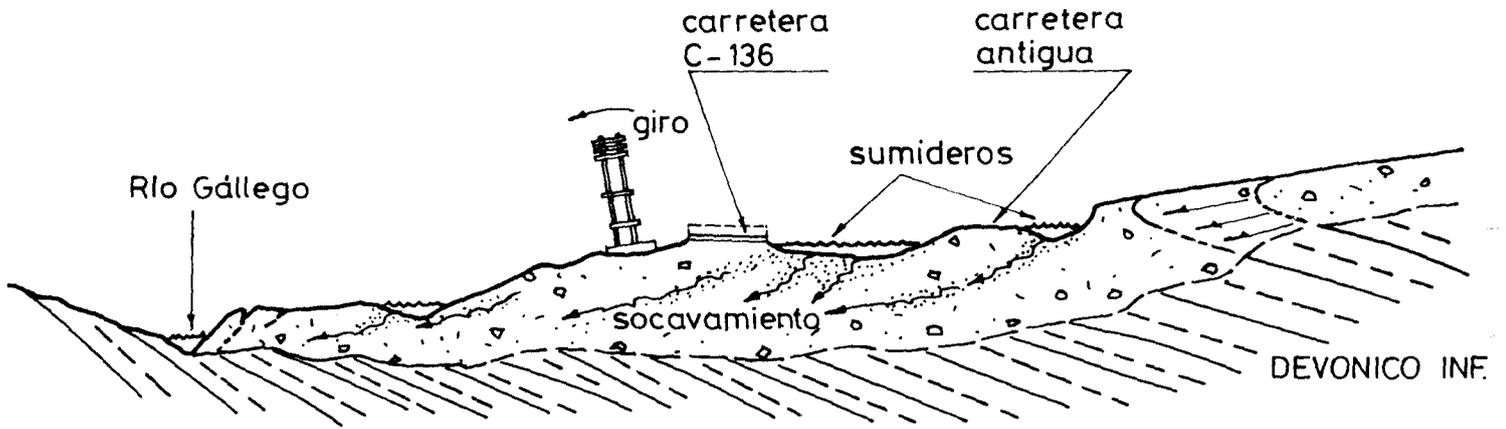
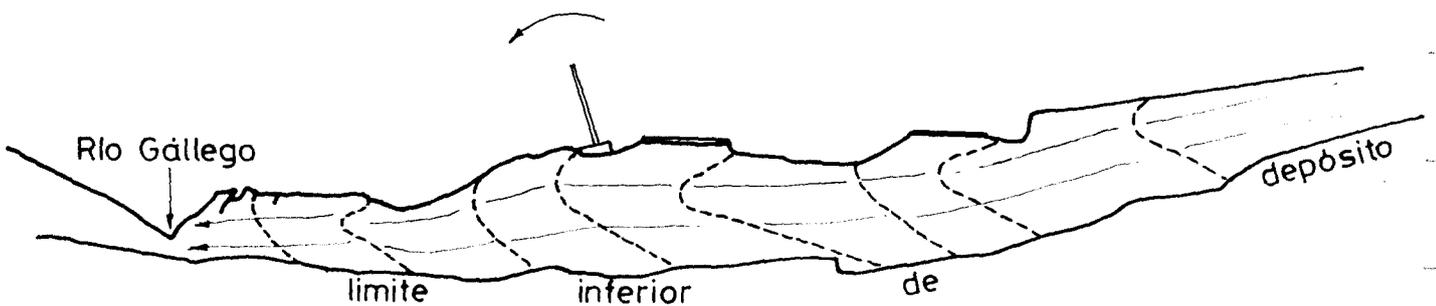


Figura 1.

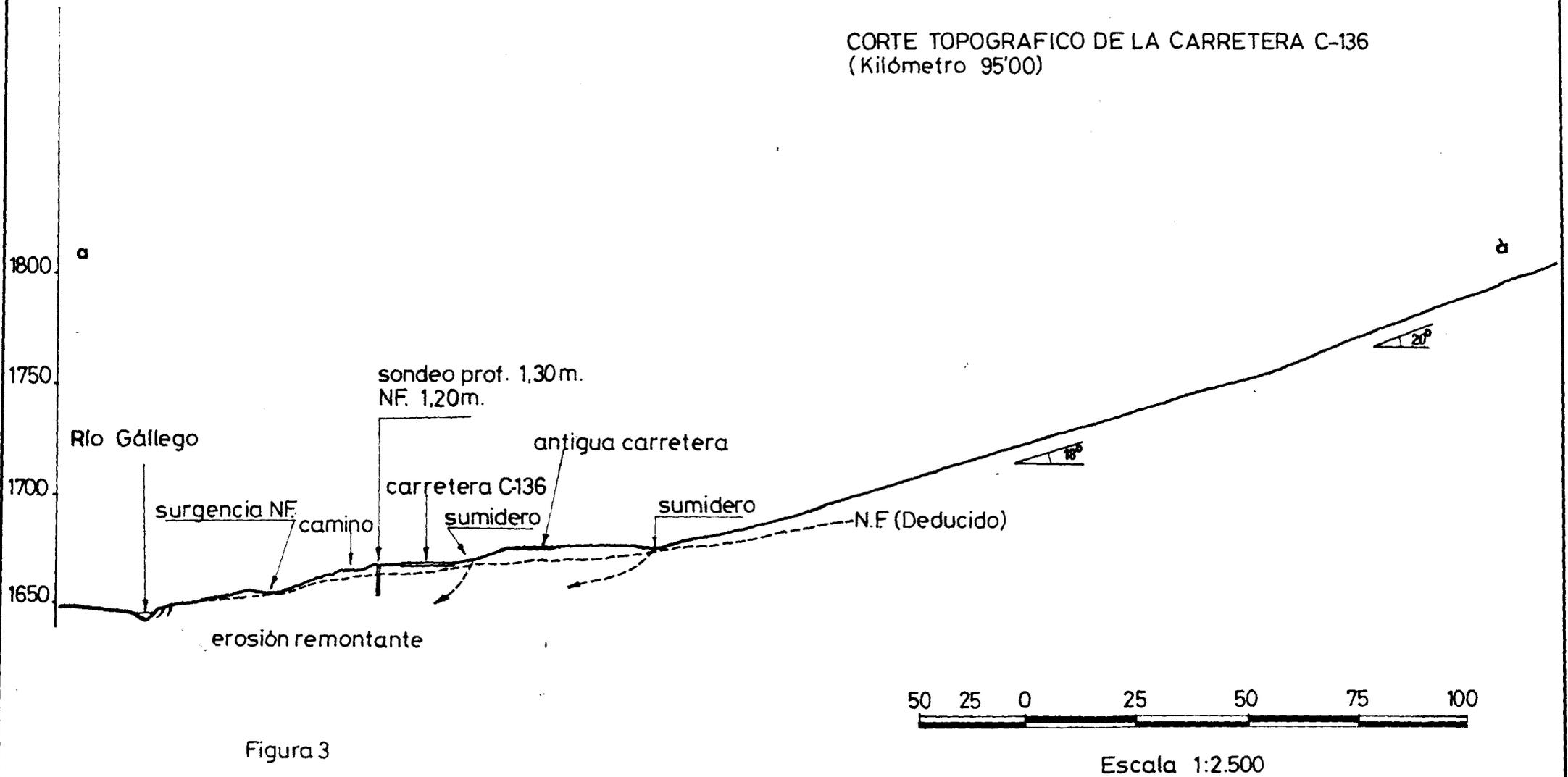
ESQUEMA DE LAS EQUIPOTENCIALES
DE FLUJO.



Las equipotenciales de flujo se incrementan en los puntos donde se produce el aporte directo de las filtraciones.

Figura 2

CORTE TOPOGRAFICO DE LA CARRETERA C-136
(Kilómetro 95'00)



ESQUEMA EN PLANTA 1

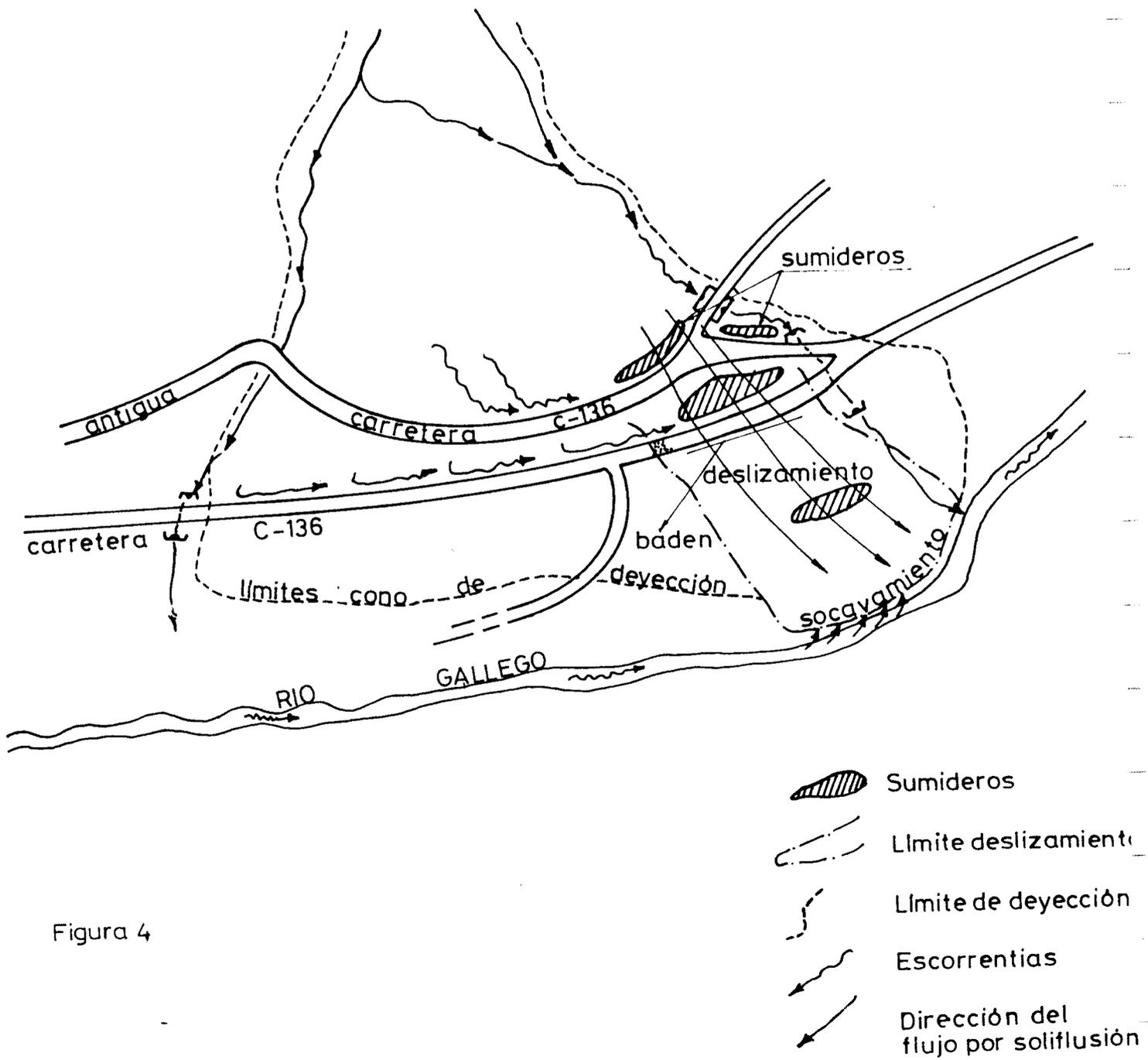
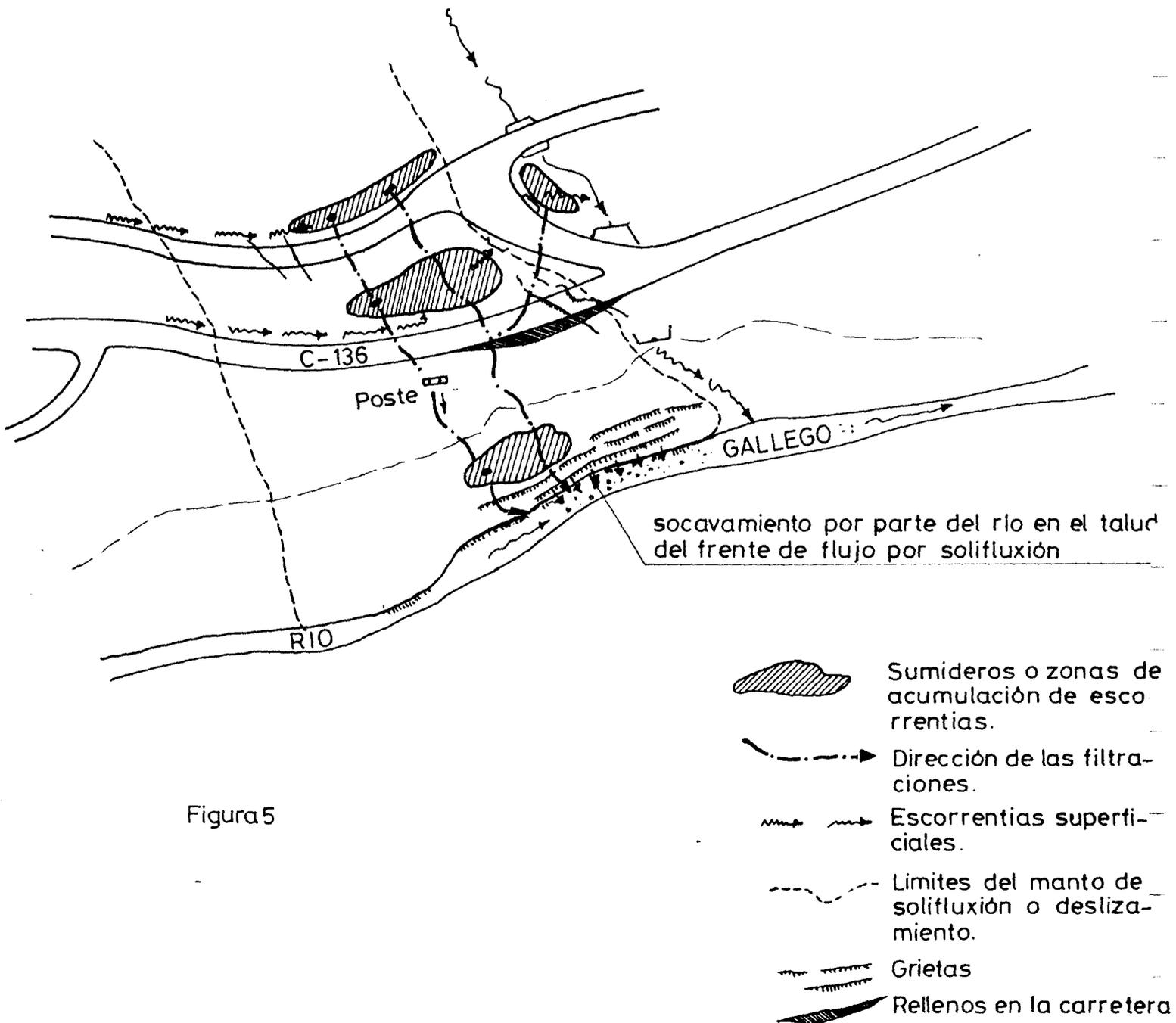
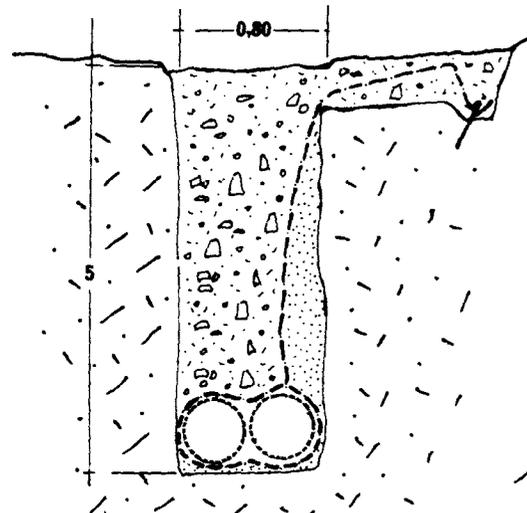


Figura 4



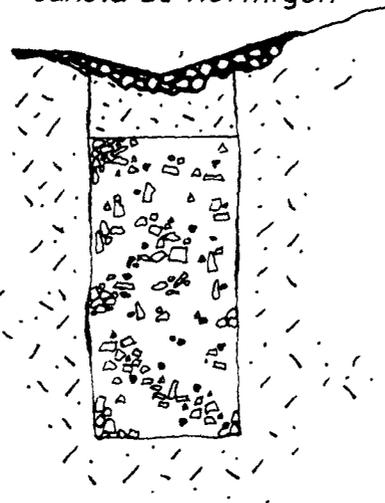
OPCION -A-



Zanja drenante con tubo y geotextil

OPCION -B-

cuneta de hormigón



Zanja drenante con empaque de gravas

CORTE TOPOGRAFICO DE LA CARRETERA C-136
(Kilómetro 95'00)

-Medidas correctoras-

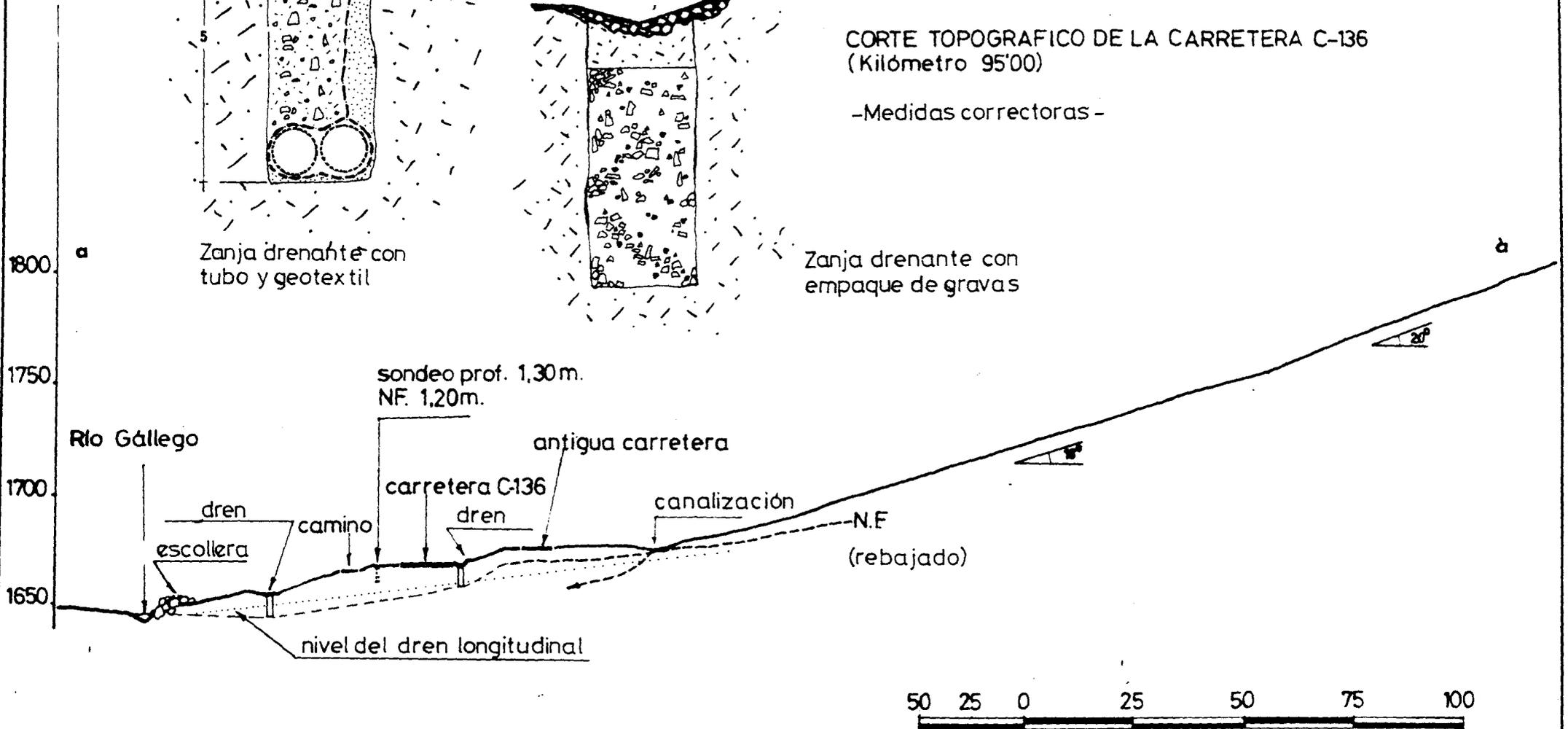


Figura 6

Escala 1:2.500

ESQUEMA EN PLANTA 2'

-Medidas correctoras-

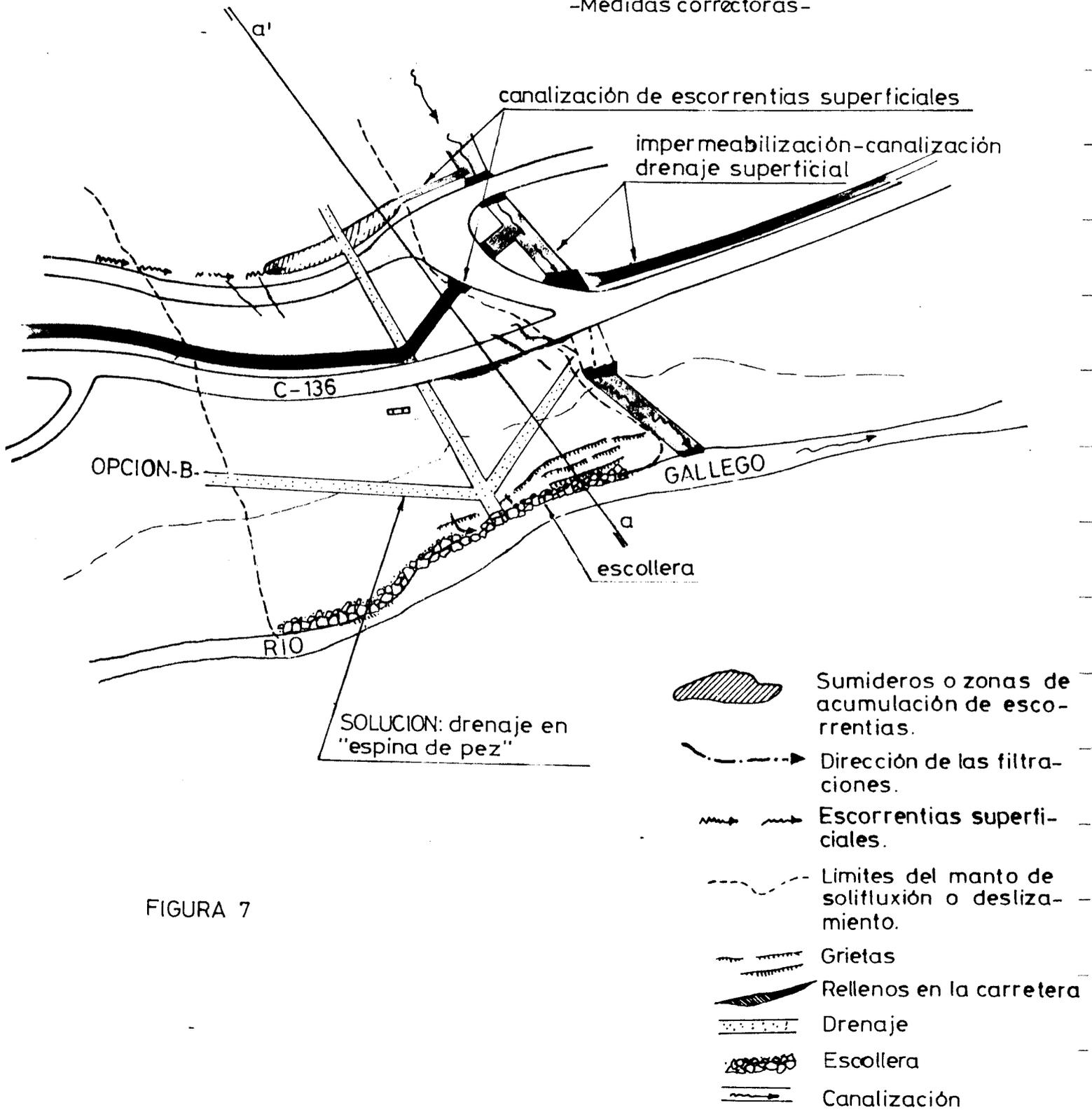
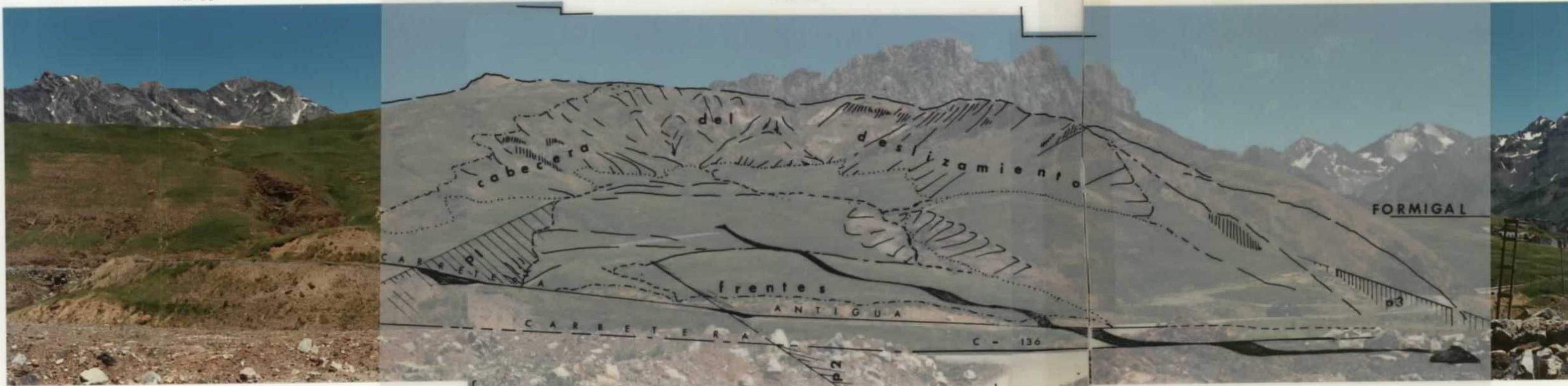


FIGURA 7

II. FOTOGRAFIAS.

9A-10

10A-11



PANORAMICA N.º1 .: Vista frontal a nivel de la carretera del badén por la subsidencia por socavamiento del terraplén. Obsérvese en los superponibles los planos estimados que limitan el movimiento. Véase como el proceso es ya antiguo, reflejado en los rellenos precisados por la carretera antigua, hoy en desuso.



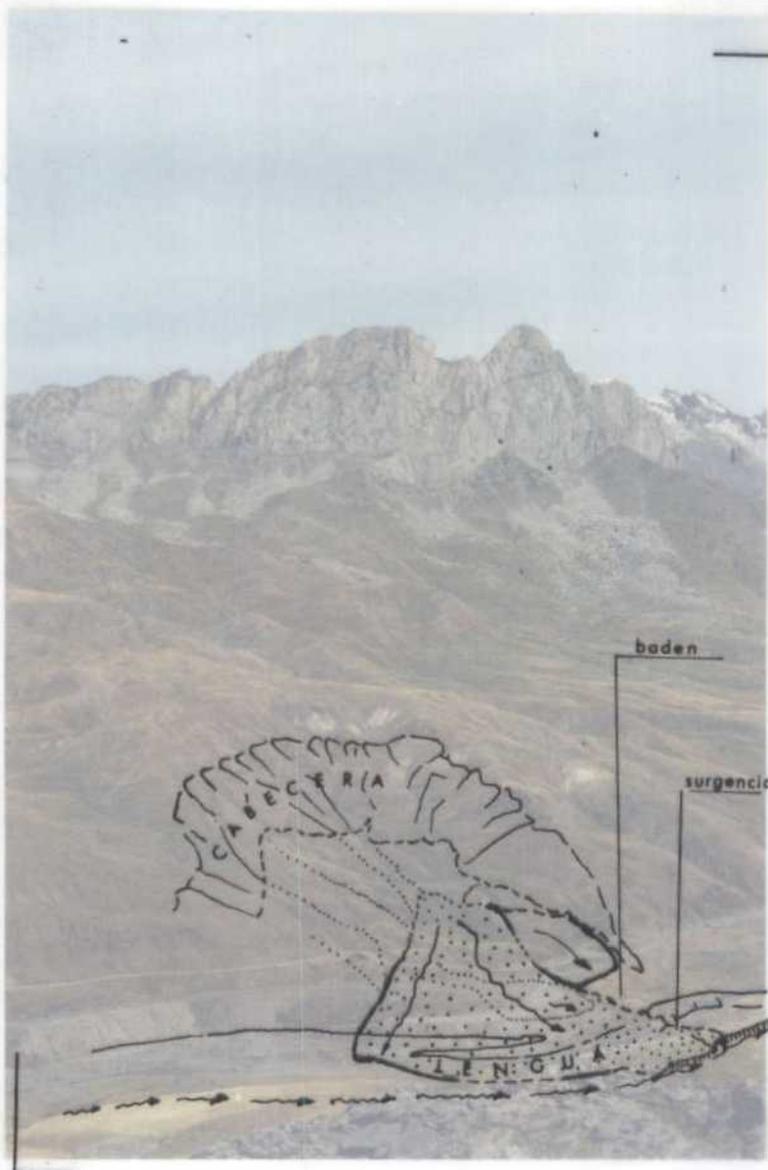


20-20A

19-19A



PANORAMICA n.º 2 .: Detalle desde el límite derecho del antiguo deslizamiento del sumidero creado en el interior de la curva. Obsérvese que las escorrentías superficiales de gran parte de la zona superior drenadas por la cuneta interior de la carretera va a acumularse en este punto creando un sumidero que filtra a través del material que constituye el terraplén de la carretera, socavándolo. Véase como los movimientos afectan a un poste doble de hormigón, inclinado hacia el río.

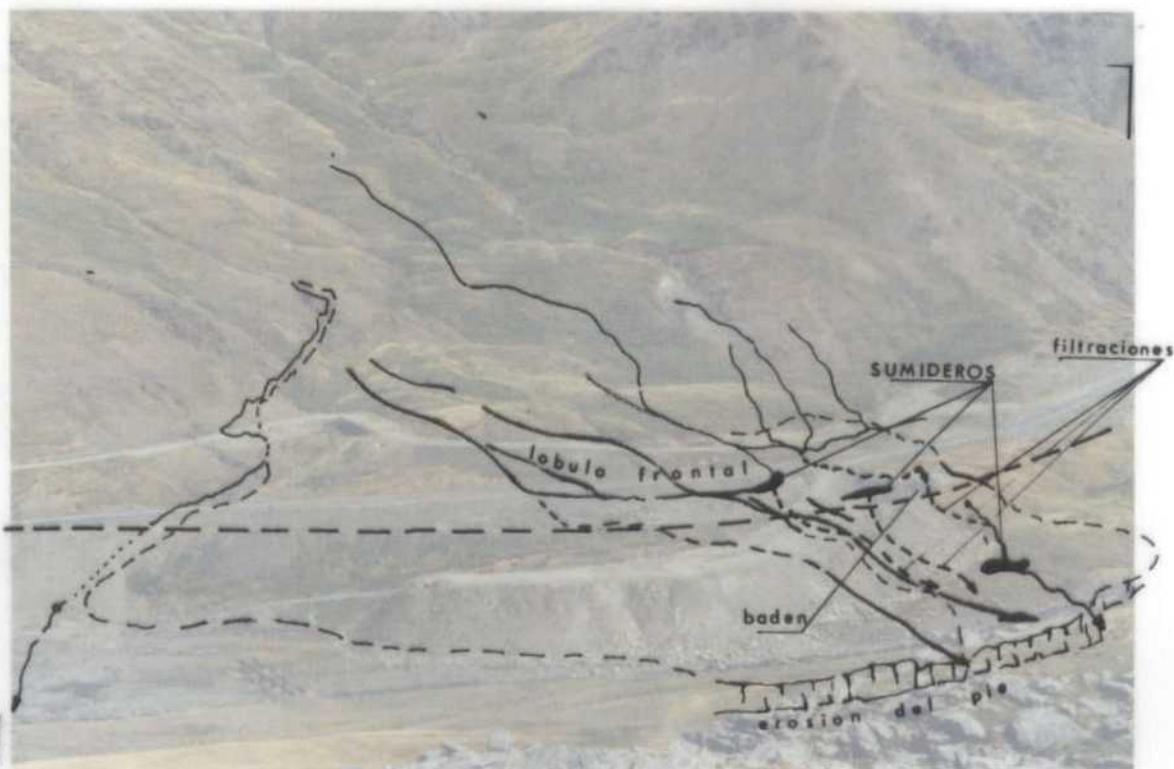


Fotografía n.º 1.

Vista general panorámica del deslizamiento, en cuyo frente se encuentra la carretera que presenta los badenes.

Fotografía n.º 2 .

Aproximación al punto de la fotografía anterior. Obsérvese la masa deslizada y los sumideros y drenajes defectuosos que permiten filtraciones por debajo de la calzada.

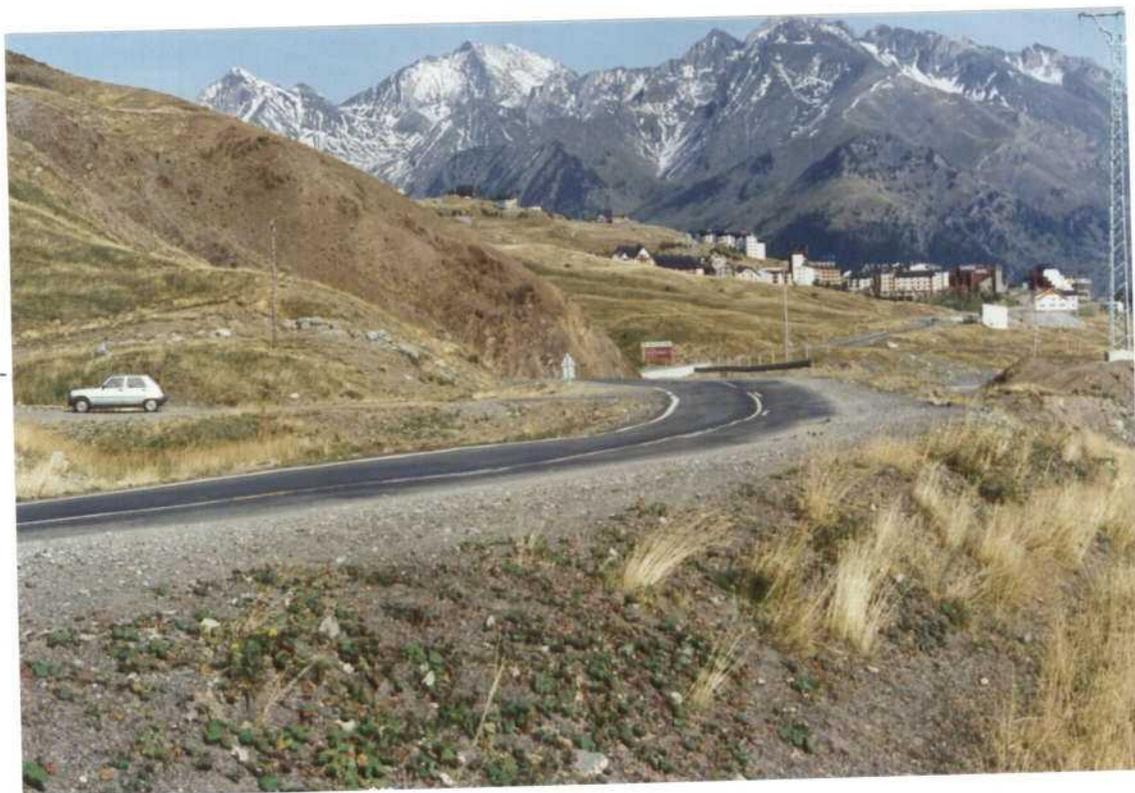


12-12A





Fotografía n.º 3 .: Detalle de la fuerte curva incrementada por los movimientos superficiales del terreno.



Fotografía n.º 4 .: Detalle de margen izquierda de la masa deslizada. Obsérvese como se ha producido un escalón importante respecto de la zona no movida.





Fotografía n.º 5 .: Socavamiento del pie del talud por el Río Gállego. Véase la grieta paralela al río, que afecta al talud desplazando los materiales hacia el río que a su vez los va arrastrando.



Fotografía n.º 6 .: Afloramiento del nivel freático local. Apréciase como su situación es determinante en relación con la grieta y descalce de la base del talud.

III. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Carretera C-136 (Kilómetro 94,400-94,500).

Punto N.º 4 (LANUZA).

Verificado

Dibujado

CUADRO GENERAL DE ENSAYOS DE LABORATORIO

SONDEO Nº														
MUESTRA Nº	1	2												
PROFUNDIDAD m	Superf.	20 cm.												
U.S.C.S.														
w (%)	12,4	13,4												
γ (t/m ³)	1,71	1,66												
γ_d (t/m ³)	1,52	1,46												
γ_s (t/m ³)	-													
w _L (%)	45,2													
w _p (%)	25,4													
I _p (%)	19,8													
pasa T-200 (%)	53,6	60												
retenido T-4 (%)	32,8	4,3												
C _c														
q _u (kg/cm ²)														
E (%)														
c (kg/cm ²)	0,1													
γ (°)	27°													
Ph (kg/cm ²)														
E _h (%)														
PROCTOR	H. opt (%)													
	$\gamma_{\text{máx}}$ (t/m ³)													
LAMBE	Cambio potencial de volumen													
	Clasificación													
Mat org (%)														
SO ₃ (%)														
CO ₃ Ca (%)														
K (cm/seg)														

GEONOC
S.A.

Carretera C-136 (Kilómetro 94,400-94,500)
Punto n.º 4 (LANUZA).

GRANULOMETRIAS

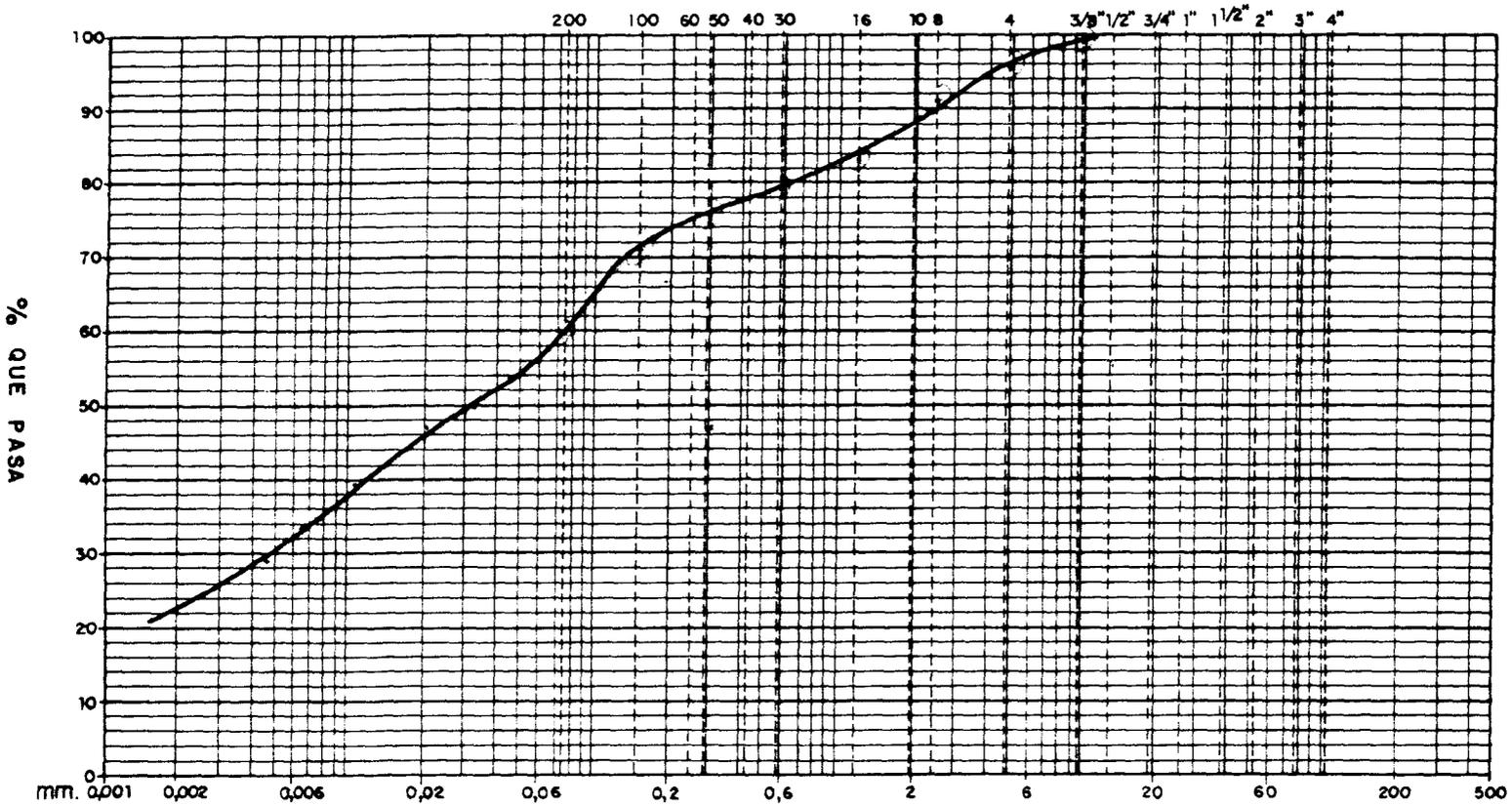
Plano
n.º

Escala:

SEMILOGARITMICA

Verificado
Dibujado

TAMICES SERIE A.S.T.M.



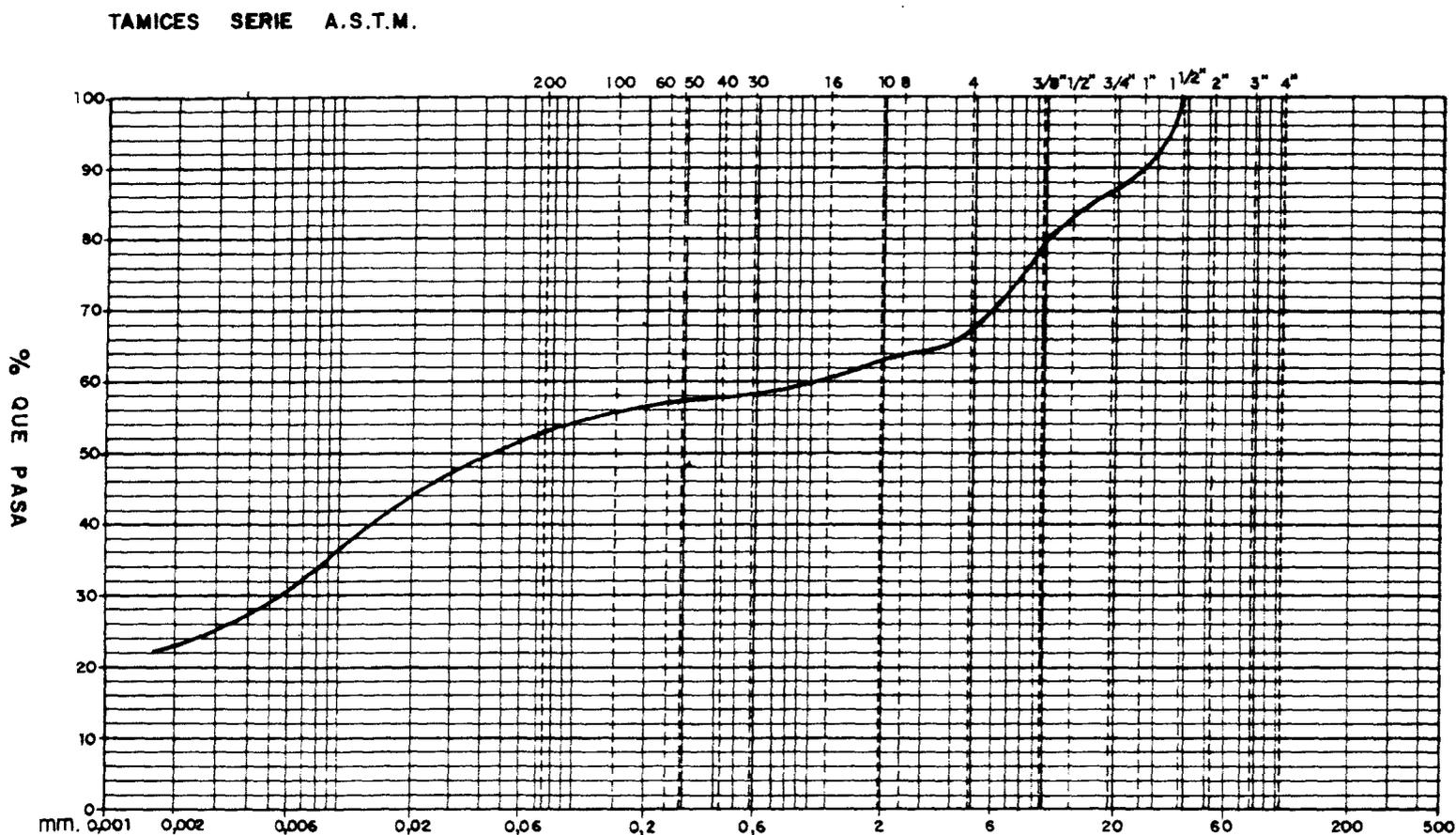
ARCILLA Y LIMO	ARENA	GRAVA	BOLOS
----------------	-------	-------	-------

MUESTRA NUMERO	SONDEO N.º O CATA N.º	PROFUNDIDAD O COTA	U.S.C.S.
2	Pirineo 4	0,20 m.	

GEONOC
S.A.

Carretera C-136 (Kilómetro 94, 400-94, 500).
Punto n.º 4. (LANUZA)

GRANULOMETRIAS



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

MUESTRA NUMERO	SONDEO N.º O CATA N.º	PROFUNDIDAD O COTA	U.S.C.S.
1	Pirineo 4	Sup.	

Plano n.º	
Escala:	
SEMILOGARITMICA	
Verificado	
Dibujado	

Carretera C-136 (Kilómetro 94,400-94,500)
Punto n.º 4. (LANUZA).

Plano
nº

Verificado

Dibujado

Sondeo nº

Profundidad

Pirineo 4

Sallent 1 m.
Sup.

DESIGNACION

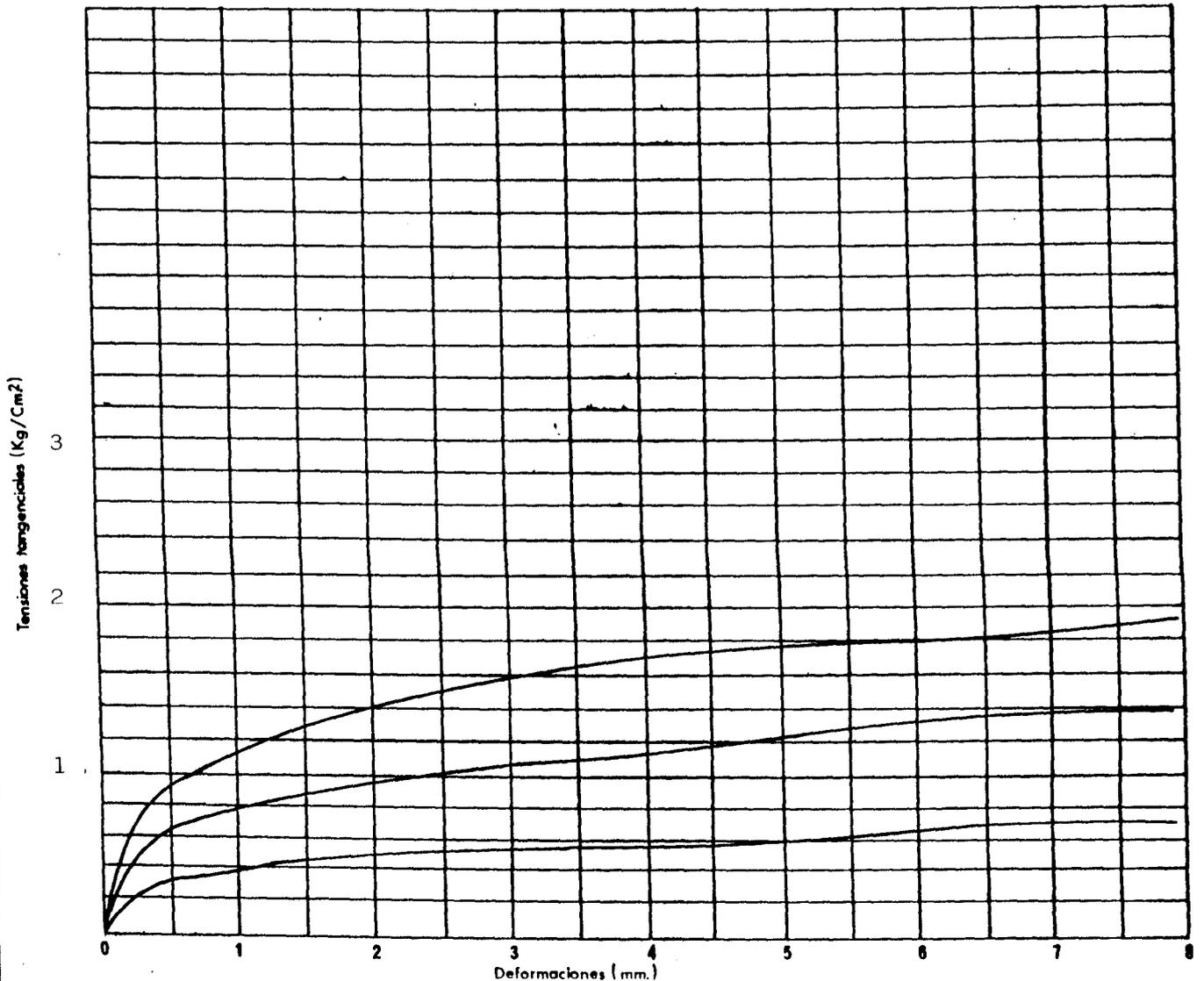
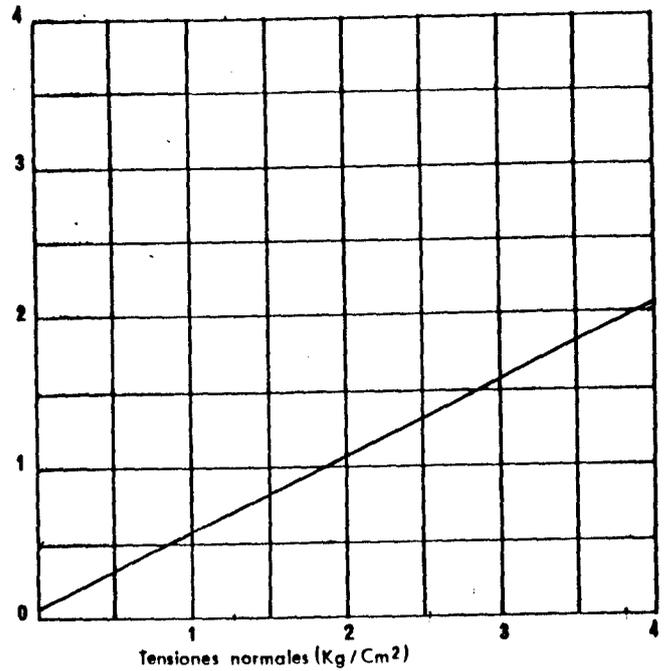
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Curvas de rotura y línea de resistencia intrínseca

Probeta nº	I	II	III
τ_v (Kg/Cm ²)	1,28	2,56	3,83
%Humedad inicial	26,-	26,-	26,-
%Humedad final	25,8	23,4	25,2
Tiempos de rotura	32'	32'	32'

$$\varphi = 27^\circ$$

$$C = 0,1 \text{ Kg/Cm}^2$$



Carretera C-136 (Kilómetro 94,400-94,500).

Punto N.º 4 (LANUZA).

Verificado

Dibujado

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Curvas de consolidación

Sondeo n.º

Profundidad

Pirineo 4

Sallent 1.
Sup.

m

Lectura inicial del cuadrante con carga nula = 1.000

- Altura de las pastillas . 2,5 mm.

