



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

**ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS INDUCIDOS POR
ASIENTOS EN LAS CIMENTACIONES DE UNAS VIVIEN
DAS, RELACIONADOS CON PROBLEMAS DE ESTABILIDAD
DE UN TALUD CERCANO, AL PIE DE LAS MISMAS, EN
LA LOCALIDAD DE LUCENA DEL CID (CASTELLÓN).**



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

01237

Este estudio ha sido realizado por el siguiente equipo técnico:

- Por el I.T.G.E.:

D. Francisco Ayala Carcedo.

* Ing. de Minas.

* Jefe del Area de Ingeniería
Ambiental del I.T.G.E.

* Director del Estudio.

- Por GEONOC, S.A.:

D. Guillermo O. Conconi.

* Ing. Civil.

D. Alberto Gracia Bernal.

* Lcdo. en CC. Geológicas.

I N D I C E

- 1.- ANTECEDENTES.
- 2.- LOCALIZACION Y ACCESOS.
- 3.- ENCUADRE GEOLOGICO.
 - 3.1. Introducción.
 - 3.2. Estratigrafía.
 - 3.3. Tectónica.
- 4.- ANALISIS GEOLOGICO ESTRUCTURAL.
 - 4.1. Estudio General.
 - 4.2. Análisis de detalle.
- 5.- IDENTIFICACION Y DIMENSIONAMIENTO DEL PROBLEMA.
- 6.- FACTORES QUE INTERVIENEN.
 - 6.1. Antecedentes sobre modificaciones en la ladera.
 - 6.2. Régimen de precipitaciones.
 - 6.3. Naturaleza de los materiales.
 - 6.4. Problemas de filtraciones antrópicas.
- 7.- CONCLUSIONES.
- 8.- RECOMENDACIONES.

A N E X O S

I. Figura 5.1. MAPA DE SITUACION DEL AREA AFECTADA.
(Escala 1:500).

II. Corte topográfico.

III. Figura 4.1. Análisis Geológico-Estructural; lineaciones más frecuentes observadas. (Escala 1:500).

Figura 4.2. Análisis Geológico-Estructural del área de estudio. (Escala 1:1.000).

Figura 4.3. Representación estereográfica de las principales familias de fracturas identificadas.

Figura 4.4. Situación del bloque inestable. Descripción de detalle.

IV. FOTOGRAFIAS (1 -11).

El INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (I.T.G.E.) lleva a cabo, con la colaboración de GEONOC, S.A. (Empresa Consultora), estudios sobre Riesgos Geológicos en diversos puntos de la geografía española. En estos trabajos se realiza una labor de asesoramiento y control de problemas relacionados con la estabilidad del terreno, su peligrosidad y posibles métodos de corrección.

Este informe ha sido elaborado en virtud de la solicitud de asistencia técnica por parte del Gobierno Civil de Castellón, a través de su Servicio Provincial de Protección Civil, al I.T.G.E.

En él se pretende dar información sobre el origen y características de los problemas de asientos que sufre una barriada de casas, de la margen derecha de la Calle Médico Nebot, en la localidad de Lucena del Cid (Castellón).

Diciembre, 1.990.

1.- ANTECEDENTES.

Los asientos en esta zona de Lucena del Cid son conocidos desde hace ya muchos años. Existen aquí viviendas que han sufrido deformaciones continuas que afectan a sus estructuras y cerramientos prácticamente desde siempre. Es de destacar la parte posterior, de cuatro plantas, del inmueble n.º 6 de la Calle Adzaneta, que da a la Calle Médico Nebot. En él (fotografías 2 y 3) se puede apreciar un descenso relativo que afecta a los muros y que según declaraciones de los propios del lugar, las grietas producidas han sido cementadas varias veces. Concretamente, ventanas y puertas se han ido deformando hasta quedar en varias ocasiones trabadas. La deformación "fuera de escuadra" es cada día más acusada.

Dentro de la misma línea de sucesos, se recuerda como en el n.º 20 de la citada Calle Médico Nebot existió un inmueble que tuvo que ser derruido por ruina, presentando daños graves en su estructura y cerramientos. La causa de estos daños ya fué identificada por la empresa INTEMAC como debida: "problemas de movimientos generalizados del terreno de cimentación". Esta misma empresa realizó allí un estudio geotécnico para la construcción de un Centro Escolar en el que se identificaron los materiales que constituyen el sustrato inmediato. Los resultados de aquel estudio se tienen en cuenta para la realización del presente trabajo.

Coincidiendo en el mismo caso, también se ha tenido que derruir recientemente un edificio de tres plantas situado en el n.º 16 de la misma calle. Este edificio, cuyo Informe de Ruina obra en nuestro poder, presentaba un estado general de deterioro muy acusado, con grietas abiertas: "de forma transversal, oca

sionando daños irreparables". El citado informe firmado por el Técnico Municipal D. José L. Navarro Porcar presenta una exhaustiva colección de fotografías, confirmándose sin ninguna duda el hecho que describe.

A finales del año 1.989 se registraron en la zona precipitaciones muy intensas asociadas al proceso conocido como "gota fría". Coincidiendo con ello se produjeron los daños más graves de los relacionados en el párrafo anterior. El edificio que correspondía al n.º 16 de la Calle Médico Nebot sufrió daños ya irreparables. El informe de ruina fué realizado a finales de Enero de 1.990. Los daños, en aquel caso, se produjeron también en el edificio de cinco (5) plantas situado en el n.º 14 de la misma calle. Estando hoy separados, se supo que afectaron de forma seria a la estructura del edificio que se cita. El propietario del inmueble afirma que, asesorado por un técnico cualificado, tomó las medidas oportunas. En la fotografía n.º 5 se muestra una placa de refuerzo en el muro del trasdós del sótano. Se aprecia también una grieta en el hormigón re-juntada con yeso.

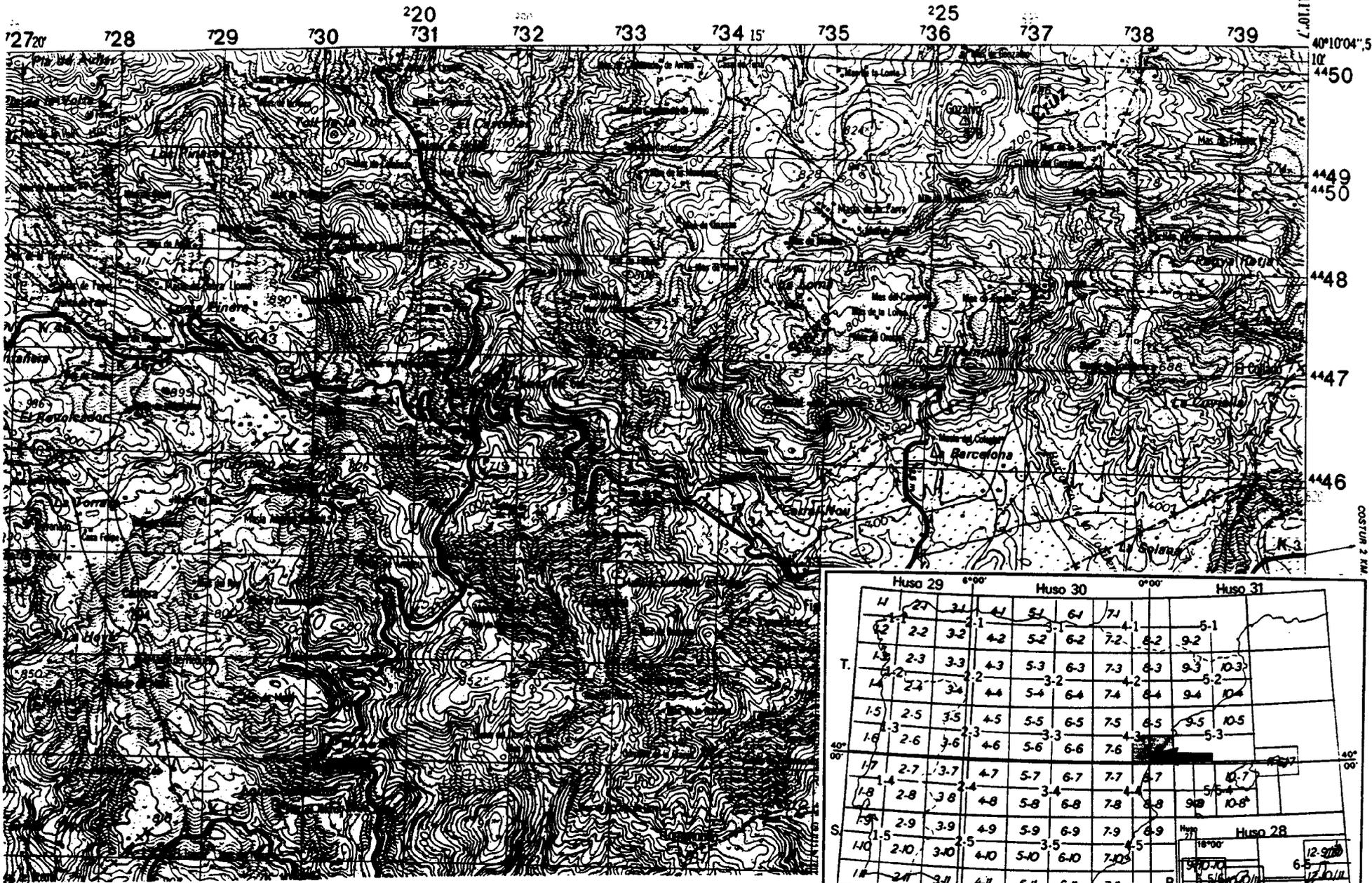
La zona del pueblo afectada se sitúa junto al borde de una ladera abancalada y en la que se observa la presencia de un gran bloque rocoso fracturado, con signos evidentes de haber sufrido algún desplazamiento.

En esta situación y a petición de Protección Civil se trasladó allí un técnico especializado enviado por el Instituto Tecnológico y Geominero de España (I.T.G.E.). Sobre el lugar se obtuvo asesoramiento de las características y orden de sucesión del fenómeno a cargo del Ingeniero D. José Fabra, Técnico de la Diputación Provincial de Castellón. Desde aquí los autores de este estudio quieren agradecer sus consejos y buena disposición.

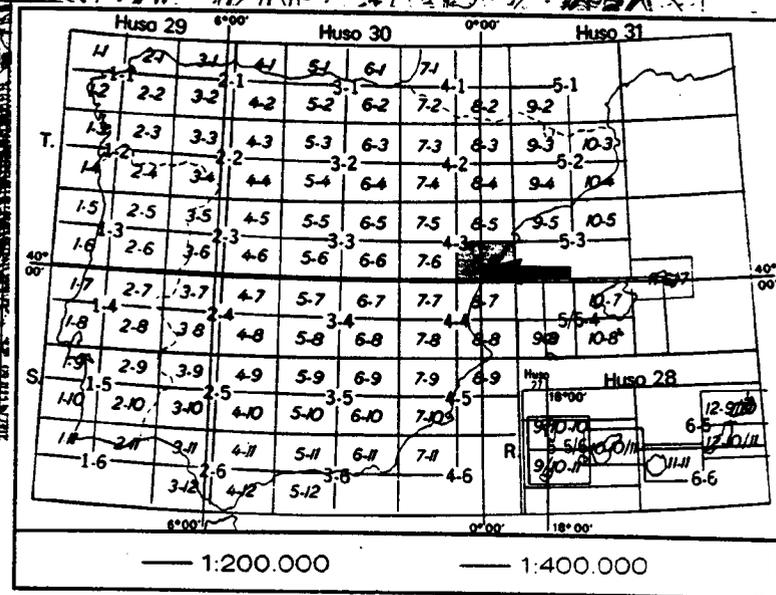
2.- LOCALIZACION Y ACCESOS.

Desde el punto de vista geográfico, Lucena del Cid se encuentra situada en la Provincia de Castellón, hacia su parte medio occidental. Es de destacar el contraste con el litoral mediterráneo, de características fisiográficas y climáticas distintas a las que aparecen en esta zona suroriental de El Maestrazgo, donde el clima es mucho más extremado.

El acceso desde la capital de la provincia (Castellón de la Plana) se puede hacer a través de la Carretera 232, que enlaza Castellón y Teruel, a la altura de La Puebla de Valverde. A 33 km. de la capital, pasado Alcora, se llega a la población.



LOCALIZACION Y ACCESOS
E=1/50,000



3.- ENCUADRE GEOLOGICO.

3.1. INTRODUCCION.

La zona que se estudia se encuentra ubicada en la intersección de dos unidades morfoestructurales de entidad geológica reconocida, la Cordillera Ibérica en su parte más suroriental y la Cordillera Costero Catalana en su parte más meridional. La conjunción de elementos fisiográficos y orográficos particulares dan nombre a esta región que geográficamente se conoce como Maestrazgo. Lucena queda enclavada en la parte más suroriental de la misma.

En esta zona, el Mesozoico aparece muy bien representado. Sobre un Cretácico fundamentalmente calcáreo se sitúan, generalmente en forma de relleno de fosas, cubetas y/o depresiones, potentes series detríticas de origen continental.

Estructuralmente destacan dos direcciones principales: una general NE-SW y otra NW-SE que corresponden a las alineaciones a que ya se ha hecho referencia. La interferencia de ambas motivan una importante e intensa fracturación, llegando a aflorar el Triásico con carácter no exhaustivo según una alineación NW-SE.

3.2. ESTRATIGRAFIA.

Según VIRGILI et. al. (1.977) el Triás de esta región de Castellón, constituye el denominado "TRIAS MEDITERRANEO", que incluiría las facies con mayor influencia marina del "Triás Germánico" peninsular.

En la localidad de Lucena del Cid afloran materiales triásicos pertenecientes al Muschelkalk (3).

- Dolomías, calizas margosas y margas. Facies Muschelkalk (3).

La potencia del Muschelkalk se sitúa alrededor de los 250 m. Básicamente está constituido por un paquete calcáreo, en gran parte dolimítico, en el que MARTIN et al (1.974) citan una intercalación de margas y arcillas rojas y yesos. El límite inferior está representado por el paso gradual-rápido (no siempre observable) de la "facies Röt" a los niveles masivamente carbonatados del Muschelkalk. El límite superior viene representado por un cambio brusco litológico y sedimentológico entre estos últimos niveles y la facies Keuper. Los materiales del Muschelkalk, pueden atribuirse al Anisiense-Ladiniense, ya que en áreas próximas se ha citado la presencia de fauna de esta edad (ASSENS et al. 1.973).

Las principales facies carbonatadas del Muschelkalk son: lutitas ocre, mudstones grises en general bioturbados, mudstones-wackestones finamente laminados, dolomias margosas y wackestones-packestones con restos de fauna.

En la Hoja de "Alcora" (Mapa Geológico de España a escala 1:50.000), MARTIN et al. (1.974) citan la presencia de un nivel detrítico y evaporítico asimilable del Muschelkalk medio. Según estos autores, esta intercalación roja (que no ha sido identificada por OBIS, et al. 1.973) en la Hoja de "Villafamés" permitiría diferenciar un Muschelkalk superior caracterizado por 100 a 150m. de una alternancia de paquetes calcáreos y paquetes más margosos. En concreto, MARTIN et al. (1.974) citan la alternancia de tres paquetes calcáreos entre dos margosos. El límite inferior estaría representado por un cambio brusco respecto

a las facies del Muschelkalk medio, extrapolando los datos suministrados por ASSENS et al. (1.973), los materiales de este supuesto Muschelkalk superior podrían atribuirse al Ladiniense.

Globalmente, los materiales del Muschelkalk se interpretan como sedimentos de una plataforma-rampa carbonatada muy somera, en la que se reconocen facies de sebkha, mareales y de lagoon. La posible intercalación roja existente en el seno de los depósitos carbonatados implicaría una emersión de esta plataforma-rampa y la instalación de ambientes continentales evaporíticos.

- Arcillas versicolores y yesos. Facies Keuper (4).

La pobreza de afloramientos y la complejidad estructural asociada dificultan el estudio del Keuper. Los mejores reconocimientos han podido realizarse en las grandes zonas triásicas del S del Maestrazgo: Sierra de Espadán y afloramiento de Lucena-Villahermosa.

A grandes rasgos, las unidades litoestratigráficas reconocidas no varían sustancialmente de las aceptadas en otras Hojas colindantes (ORTI, 1.974, 1.981) del sector valenciano, y pueden agruparse en tres series litológicas:

- a) serie evaporítica inferior (unidad K1).
- b) serie detrítica intermedia (unidades K2 y K3).
- c) serie evaporítica superior (unidades K4 y K5).

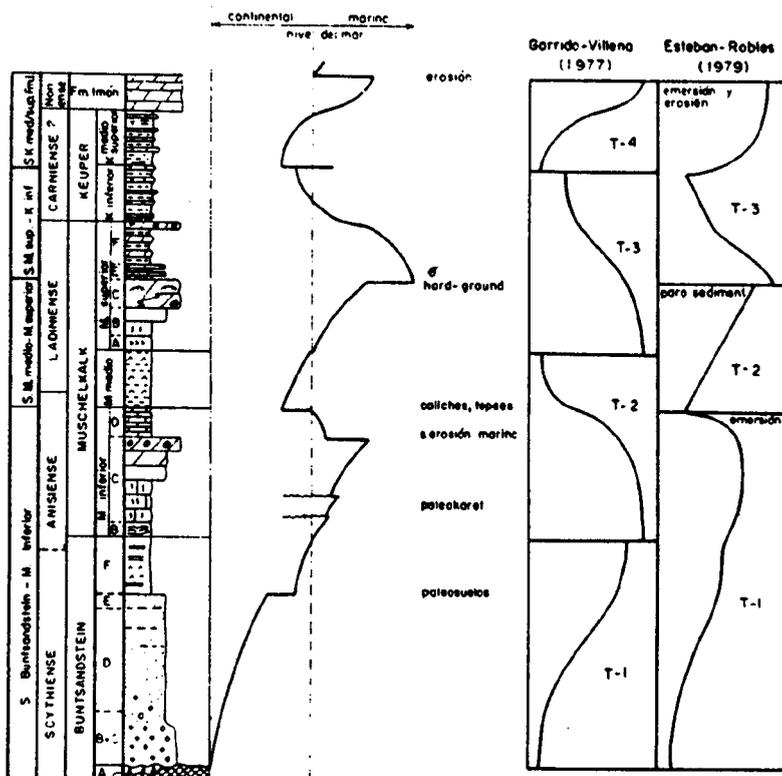


Fig.3.1. Secuencias deposicionales del Triásico de los Catalánides.

3.3. TECTONICA.

3.3.1. Introducción.

El conjunto de la Cordillera Ibérica y la Cordillera Costero Catalana constituye, de hecho, una sola unidad, por su similitud tanto durante la sedimentación mesozoica como durante las deformaciones alpinas. Su estructura actual es el resultado de la superposición de procesos compresivos fundamentalmente de edad paleógena y, posteriormente, distensivos -de edad neógena- (RICHTER y TEICHMULLER, 1.933; ASHAUER y TEICHMULLER, 1935; LLOPIS LLADO, 1.947; FONTBOTE, 1954; JULIVERT, 1.954; CANEROT, 1.974 y ANADON et al. 1.979-81).

En él se distinguen tres direcciones estructurales claramente delimitadas en el espacio. En la Cordillera Costero Catalana domina la dirección NE-SW, mientras que en la Cordillera Ibérica es la dirección NW-SE la más notoria: ambas están ligadas a grandes fallas de zócalo de igual orientación, claramente visibles cuando éste aflora, las cuales han actuado, durante la deformación compresiva, con movimientos siniestro a siniestro-inverso e inversodextro respectivamente. En la Zona de Enlace entre ambas domina la dirección E-W en la cobertera plegada, a partir de la cual se puede deducir su existencia en el zócalo, que no aflora.

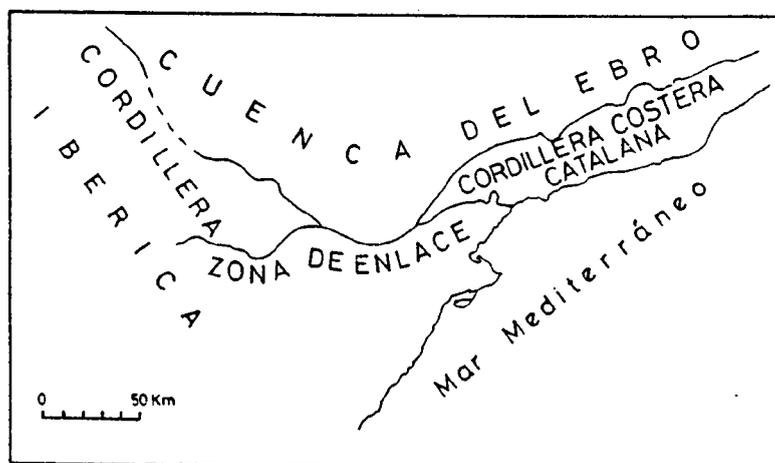


Fig.3.2.

6.4. DESCRIPCION ESTRUCTURAL.

Lucena está situada en la Zona de Enlace entre la Cordillera Costera Catalana y la Cordillera Ibérica.

Esta zona presenta una estructura de características claramente diferentes de las vecinas, entre las que destacan una importante extensión de afloramientos triásicos, y un gran desarrollo de fallas normales que han producido una extensión muy importante en la cobertera, sin la formación de grandes fosas.

CANEROT (1.974) y, posteriormente, SIMON GOMEZ y PEREZ CUEVA (1.980) suponen la existencia de "extrusiones" -los segundos autores hablan de "diapirismo"- de los materiales triásicos. Dicho proceso habría tenido lugar durante la distensión miocena, a partir de las acumulaciones de materiales plásticos en el núcleo de anticlinales formados durante la compresión paleógena.

MARTIN et al. (1.974), CANEROT y CADILLAC (1.977), CANEROT y MARTIN (1.977) y TREL ESCUDERO et al. (1.981) abandonan la idea de extrusiones y diferencian tres pisos tectónicos separados por contactos anormales:

a) Un zócalo formado por los materiales de Paleozoico y su tegumento del Buntsandstein y el Muschelkalk inferior, con una estructura subtabular.

b) Un nivel incópetente intermedio formado por el Muschelkalk medio y superior y el Keuper, con una estructura "caótica".

c) La cobertera Jurásico-Cretácica, afectada por gran cantidad de "fallas cicloidales de distensión" (TREL ESCUDERO et al., 1.981) que no atravesarían el nivel incompetente. Esta estructura se originaría por una importante extensión, sincrónicamente a la traslación gravitacional de la cobertera jurásico-cretácica hacia el Norte durante la compresión oligocena, lo que ocasionaría la formación del haz de pliegues y cabalgamientos de Portalrubio-Vandellós.

Descripción de su estructura:

En ella se pueden diferenciar dos niveles estructurales superpuestos: el inferior, formado por los materiales triásicos que descansan discordantemente sobre el zócalo paleozoico, y el superior, formado por la cobertura Jurásico-Cretácica. El contacto entre ambos es, fundamentalmente, de origen tectónico.

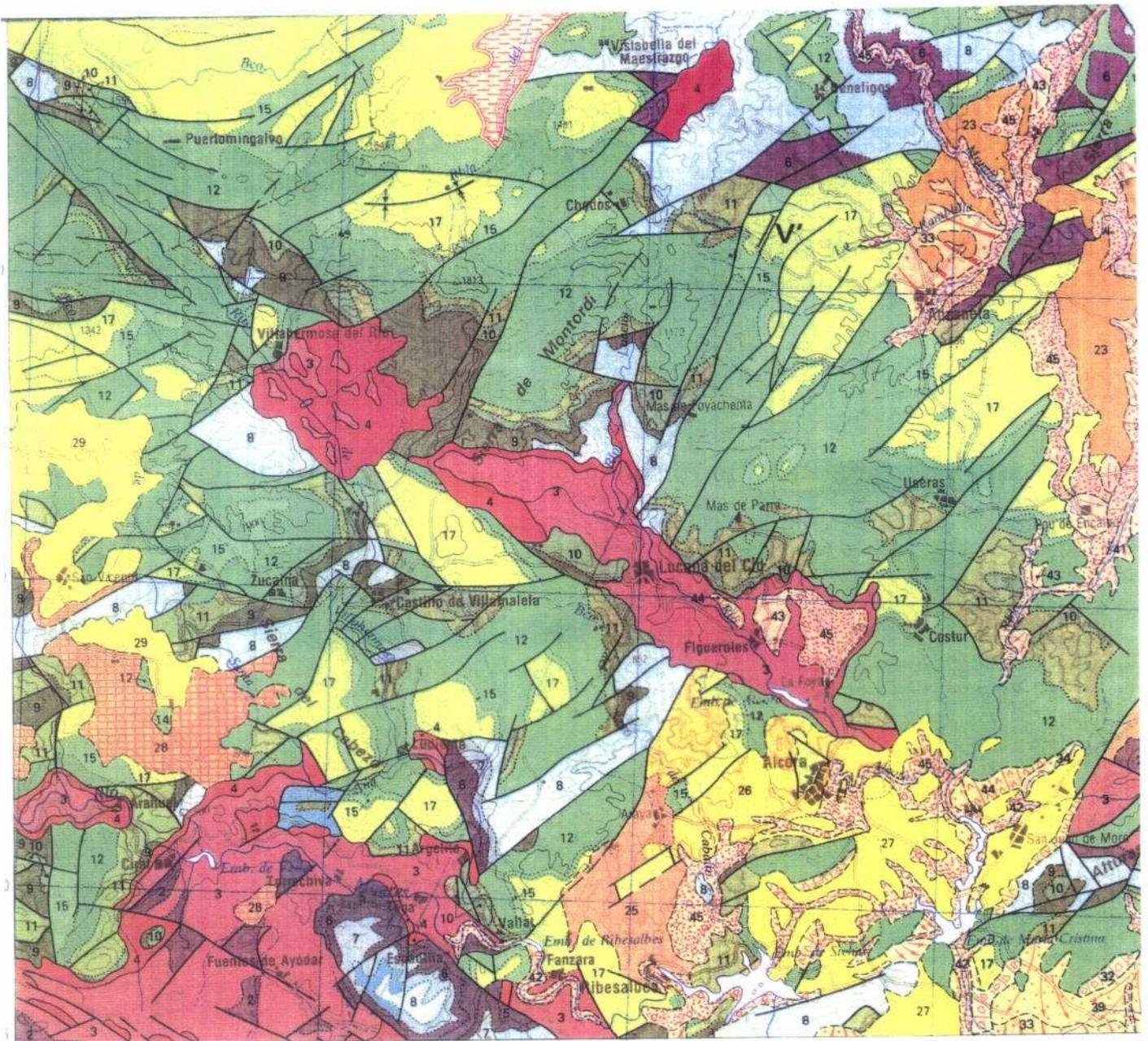
La estructura del nivel inferior es subtabular en el área entre Cirat y Fanzara, donde los materiales que lo forman están afectados por grandes fallas de orientación predominantemente NW-SE aunque también las hay NE-SW cuyos saltos pueden superar los 500 m. (al Oeste de Toga una falla NW-SE pone en contacto la parte alta del Buntsandstein y el Keuper). Los materiales triásicos, entre las diversas fallas, pueden mantenerse subhorizontales o estar ligeramente basculados. En el área comprendida entre Villahermosa del Río y la Foia la estructura es similar, aunque se observa el desarrollo de algunos pliegues NW-SE de orden kilométrico que afectan a los materiales del Muschelkalk (ej. en la población de Lucena) en los que se observan pequeñas disarmonías producidas a favor de las intercalaciones margosas más incompetentes.

En ningún lugar se detectan estructuras importantes que hagan pensar en fenómenos de diapirismo ni en extrusiones. La mayoría de la superficie que ocupan los afloramientos triásicos corresponde a la alternancia de materiales calcáreodolomíticos y margosos del Muschelkalk, dentro de los cuales no se observa ningún nivel de despegue importante. En diversos lugares - p. ej. entre Toga y Argelita- puede observarse la continuidad estratigráfica desde el Buntsandstein al Keuper. El contacto de los materiales triásicos con los jurásico-cretácicos del nivel superior es muy tendido y siempre los segundos reposan sobre los primeros.

La estructura del nivel formado por los materiales jurásico-cretácicos se caracteriza por la presencia de dos familias principales de fallas (NW-SE a E-W y NW-SW) de escala hectométrica a kilométrica, cuyo juego ha sido fundamentalmente normal; como consecuencia se produce una disposición en horts y grabens, bien alargados o bien en forma de "dados", debido a la intersección entre las dos familias de fallas. Algunas de estas fallas tienen una clara geometría listrica, es decir, toman en profundidad una disposición progresivamente menos inclinada.

El contacto entre los dos niveles es, como se ha dicho, subhorizontal, y se observa en varios casos como las fallas normales de geometría listrica del nivel superior se unen a él asintóticamente. Dicho contacto es claramente subtractivo, ya que pone en contacto con los materiales triásicos -a veces directamente sobre el Muschelkalk- diferentes términos de la serie jurásico-cretácica. A menudo existen desapariciones muy bruscas de grosores importantes de la serie jurásico-cretácica; así, en los alrededores de Argelita se observa como en distancias muy pequeñas los materiales triásicos pasan de soportar a un grosor importante de materiales jurásicos a estar en contacto con depósitos del Aptiense. Si disposiciones de este tipo tuvieran un origen exclusivamente tectónico habría que suponer para muchas de las fallas del nivel jurásico, cretácico, saltos de orden muy elevado -kilométrico en algunos casos-, lo que supondría una extensión horizontal en el nivel superior mucho mayor que lo que la geometría de la mayoría de sus fallas permite suponer; sin embargo, ésta se reduce grandemente de existir una discordancia de los materiales del Cretácico inferior en facies Weald, que puede reposar sobre diferentes términos del Jurásico o, incluso, sobre el Triásico, tal como ha sido observado por MICHEL (1.974).

Así pues, a modo de resumen, puede decirse que la estructura de este área es producto fundamentalmente de un proceso distensivo, sin la intervención del diapirismo.



© PUBLICACIONES. MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
 I.G.N. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

ESCALA 1:200.000



Proyección U.T.M. Elipsoide internacional Cuadrícula Lambert
 Las altitudes se refieren al nivel medio del Mediterráneo en Alicante
 Equidistancia de las curvas de nivel 100 metros

MAPA GEOLOGICO

4.- ANALISIS GEOLOGICO ESTRUCTURAL.

4.1. ESTUDIO GENERAL.

El estudio global de las direcciones generales de fracturación en la zona se ha realizado en el apartado de Tectónica (3.3.) del capítulo referente al Encuadre Geológico. En él se han establecido para una área amplia las directrices generales: NE-SW para la zona con influencia de la Cordillera Costero Catalana, NW para la de la Cordillera Ibérica y E-W en la zona de unión de ambas.

Tras un análisis de las alineaciones principales en la zona de Lucena del Cid (figura 4.1.) se pueden apreciar tres direcciones principales:

060 - 070 - L₁
020 - 030 - L₂
140 - 150 - L₃

Estas direcciones son las que se registran también en la figura 4.2. donde se localiza el área de estudio.

Como se puede ver, el bloque identificado en la ladera, en el que se registran movimientos, presenta un sentido de movimiento coincidente con la dirección de las fracturas de la Familia 1 (F.1.). La fractura que individualiza a este bloque parece coincidir con las que la familia n.º 2 (F.2.).

4.2. Análisis de detalle.

En la visita realizada al lugar se tomaron medidas de dirección y buzamiento tanto de la estratificación como de las principales familias de discontinuidades observadas en la zona. Las medidas se tomaron en la ladera en cuya cabecera se encuentra la zona del pueblo afectada, en afloramientos rocosos a media ladera. También se tomaron medidas en el saliente rocoso en el que se observaron signos de inestabilidad.

La ESTRATIFICACION presenta dirección variable entre 102° y 98° con buzamientos bastante constantes en torno a 54° hacia el Norte.

$$E_1 : 098-102/50-54^\circ \text{ N}$$

La estratificación del saliente rocoso presenta una dirección variable entre 135 y 140 con un buzamiento menor, en torno a 25° hacia el Noreste.

$$E_2 : 135-140/25^\circ \text{ NE}$$

Se han identificado las siguientes FAMILIAS DE FRACTURAS:

- 1.ª) $060/80-90^\circ \text{ S.}$
- 2.ª) $030/70-80^\circ \text{ S.}$
- 3.ª) $083/28^\circ \text{ S.}$

Obteniéndose en base a la media de más de 80 medidas realizadas.

En la figura 4.3. se representan los datos citados.

Del análisis realizado se desprende:

que el desplazamiento de la estratificación de E_1 a E_2 se ha producido por un basculamiento con giro relativo del bloque. Este giro relativo concuerda con el resto de las observaciones realizadas en campo. También coincide con otros hechos relacionados como son el agrietamiento del citado bloque con grietas sigmoidales que denotan un sistema de esfuerzos más a favor del giro que del deslizamiento. La base de apoyo fué observada con meticulosidad apreciándose pocas o nulas deformaciones. En concreto y en ese punto inferior de apoyo existe una pequeña acequia o conducción de agua que no presentaba apenas deformaciones ni fracturas. Por tanto este hecho también habla en favor del giro y no de un posible desplazamiento-deslizamiento.

Finalmente, declaraciones de algunos vecinos, apuntan que en esta zona, "que ha presentado siempre problemas," el bloque señalado "ha movido".

5.- IDENTIFICACION Y DIMENSIONAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el Mapa de Situación del área afectada (Anexo I) se han señalado todos los puntos en los que se han reconocido daños sobre muros, pavimentos y casas:

- 1, 2, 3. Muros de contención de los bancales de la ladera rotos. Se observan averías importantes con tramos de los citados muros de mampostería no cementada, caídos.
4. Roturas, separación de un tramo de acera en el punto señalado.
5. Grietas en los muros de la casa en el punto que se señala. Se pueden observar actualmente gracias al derribo de la casa que corresponde al n.º 10-12 de la C/. Médico Nebot.
6. Grietas en el pavimento de la calle según un diseño aproximado al que se señala.
7. Problemas en la estructura del inmueble n.º 14 de la C/. Médico Nebot. Estos se concentran de manera especial en los pilares más al Noroeste de la casa (Fotografía n.º 5).
8. Grietas selladas recientemente (Fotografías 2 y 3) frente al inmueble n.º 16 de la C/. Médico Nebot. Estas grietas de desarrollo sigmoidal, buscando los puntos débiles de la estructura como son: puertas y ventanas, se pueden ver incluso rejuntadas y encaladas dando fé inequívoca de movimientos en otras épocas anteriores. Las ventanas y puertas se encuentran muy deformadas y fuera completamente de escuadra. La jácena vista (en las fotografías 3 y 4) presenta una "comba" muy pronunciada.

9. Nuevo conjunto de grietas en el pavimento (fotografía n.º 4). En las fotografías 2 y 3 se puede observar como ha sido preciso el rejuntado de la grieta surgida entre muros y pavimentos. Hoy vuelve a verse abierta.

10. Sotano-escuela que fué preciso pilotar y anclar su muro posterior por estar la casa que aquí hubo muy fracturada. Se procedió a su derribo y fueron necesarias importantes obras de anclaje para su actual función.

11. Grietas en las escaleras de acceso a la parte baja del sótano-escuela citado. Estando actualmente consolidado ese punto, se produce un movimiento diferencial que discurre por los puntos más débiles ahora establecidos. En concreto la escalera y cerramientos exteriores que vuelven a presentar grietas.

12. Grietas en cerramientos exteriores recientemente construidos en las obras de la escuela citada (Pto. 10).

13. Grietas, Fotografías 6 y 7, en las que remontando en la ladera también se acusan movimientos diferenciales.

OTROS DETALLES SON:

Que la calle se encuentra hoy inclinada hacia la pendiente, cosa que no ocurre en el resto de las calles adyacentes.

Que la misma calle se presenta deprimida hacia los inmuebles que presentan o acusan más los movimientos.

Que la casa n.º 18 en la que existe una puerta metálica para el acceso a la misma no se puede cerrar. Los vecinos han observado que de forma paulatina (primero rozando) hasta hoy, no es posible encajarla en su marco.

A la vista de todos estos desperfectos y tras su representación en el Mapa del Anexo I se puede deducir una línea curva que une las distintas zonas dañadas. Considerando estos datos y la presencia de movimientos inestables en la ladera se ha dibujado una posible zona afectada por una inestabilidad general que involucraría a la zona del pueblo con desperfectos en cabecera y a gran parte de la ladera.

La línea curva que dibujan los daños registrados podría corresponder a la superficie de rotura por tracción de un deslizamiento incipiente de la ladera.

El basculamiento del bloque o resalte rocoso constituye un elemento más que induce a pensar sobre el tipo de movimiento y su posible límite inferior en virtud de lo ya comentado sobre su movimiento específico.

En relación a todas las observaciones realizadas se ha establecido una superficie teórica- deducida de la extensión del movimiento (Figura n.º 5.1).

Superficie: 3.500 m^2 .

Eje mayor (transversal) 80 m.

Eje menor (longitudinal) 55 m.

Volumen estimado $14.000 - 15.000 \text{ m}^3$.

6.- FACTORES QUE INTERVIENEN.

6.1. ANTECEDENTES SOBRE MODIFICACIONES EN LA LADERA.

Las laderas naturales que circundan toda la zona y en el mismo tipo de materiales presentan pendientes entre 20° y 35°. Aquí tenemos un tramo alto con 45° de pendiente media, existiendo tramos parciales de mayor pendiente.

A estos se suman las modificaciones realizadas en la construcción de bancales para cultivos y el aterrazamiento en la parte superior de la ladera.

El aterrazamiento en cabecera se realiza explanando de forma que parte de los materiales se excavan en la ladera y parte se vierten sobre la misma modificando su equilibrio natural. Aquí en concreto se han construido edificios (de gran envergadura incluso) en la parte alta del escarpe, de forma que se han sumado cargas en cabecera.

Los bancales de cultivo perjudican notablemente la situación. Las infiltraciones de agua de riego producen recargas y disminuyen la capacidad de resistencia del terreno.

6.2. REGIMEN DE PRECIPITACIONES.

La asociación entre la aparición de movimientos y daños, y épocas de precipitaciones intensas ha sido comentada anteriormente.

El análisis de las precipitaciones registradas se ha realizado en base a datos de Instituto Nacional de Meteorología

perteneciente al Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones, a través de su Dirección Provincial de Castellón.

De las precipitaciones mensuales de las últimas cinco décadas (desde el año 1.941 hasta 1.989) se aprecia que:

- Los meses de mayores precipitaciones registrados son: septiembre, octubre, noviembre y diciembre. En estos meses se superan en muchos casos los 200 l/m². Lo que viene a constituir entre 1/2 y 1/3 del total anual.

- El año más lluvioso fue 1.962 con 933 l/m².

- La media anual para un periodo de 43 años es 468,8 l/m².

- Las precipitaciones registradas en el año 1.989 son de 1.108,5 l/m². en el observatorio de Almazora y 1.377 l/m². en Oropesa (estando el valor de diciembre extrapolado del observatorio de Almazora).

- El año 1.989 ha sido, con ventaja, el más lluvioso desde el año 1.941 con casi un 20 % más sobre el más lluvioso, registrado en 1.962 con 933,2 l/m². Destaca el mes de septiembre con un registro entre 304,9 y 588 l/m². en los observatorios de Almazora y Oropesa, respectivamente.

- En concreto: para los últimos cuatro meses del año ha habido un aumento relativo al último periodo de 43 años entre el 350 y 450 % lo que supone un incremento realmente importante.

- El régimen de precipitaciones se establece poco distribuido en el mes, apreciándose máximos diarios muy altos, en torno al 50 % en relación a los restantes días de lluvia.

Estos hechos son típicos del Litoral Levantino donde se vienen apreciando fuertes precipitaciones en otoño relacionadas con el fenómeno conocido como "Gota Fría".

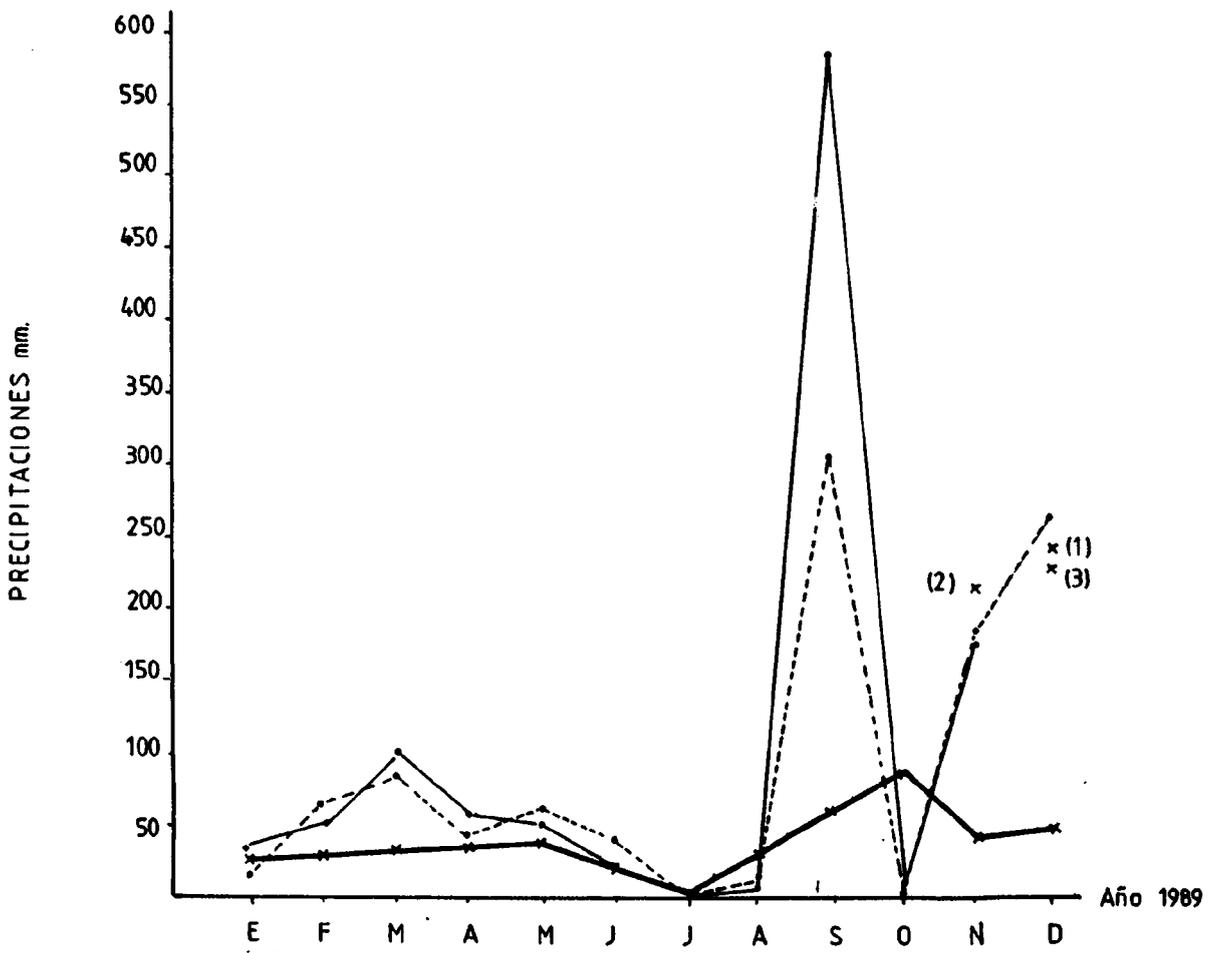
ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Almazora	17,9	69,2	84,1	47,9	62,9	40,9	3,9	18,3	304,9	9,5	185	264
Oropesa	34	54	100	61	57	23,5	3,0	8	588	9	176	
Alcora												247
Villafran del Cid											233	
Castellón (ciudad)												245,4
Media últimos 43 años	24,2	26,2	31,2	37,6	36,6	23,7	9,8	31,2	567	81,6	37,2	44,2

MEDIA ANUAL EN LA ZONA (43 años) 468,8 l/m².

AÑO MAS LLUVIOSO (Hasta 1.989)..... 933,2 l/m².

ALMAZORA ANUAL 1.989 1.108,5 l/m².

OROPESA ANUAL 1.989 (datos mes diciembre 264, Almazora)
 1.377,5 l/m².

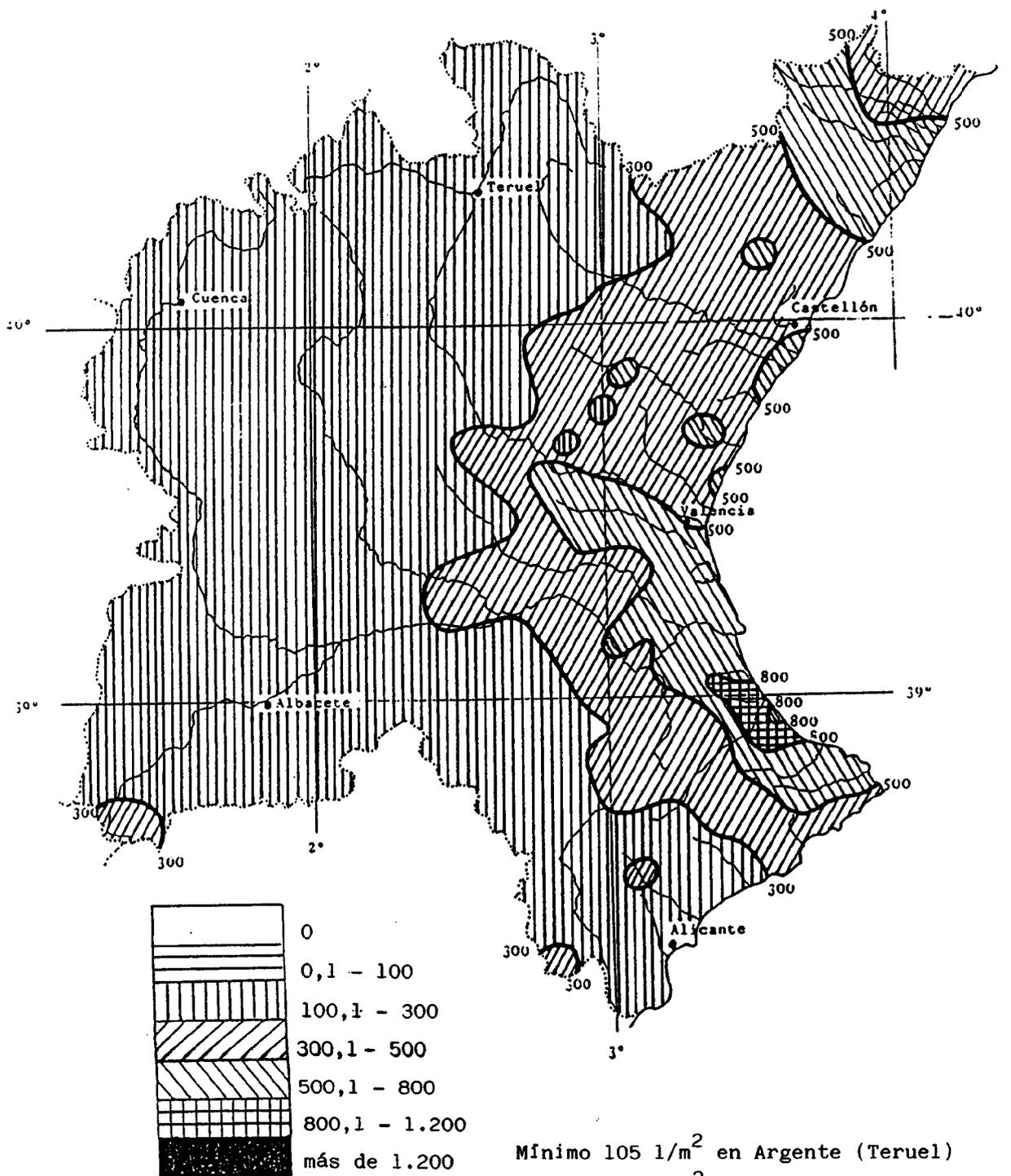


- ALMAZORA
- OROPESA
- (1) ALCORA
- (2) VILLAFRANCA DEL CID
- (3) CASTELLON
- Media últimos 43 años

CENTRO METEOROLOGICO ZONAL DE VALENCIA

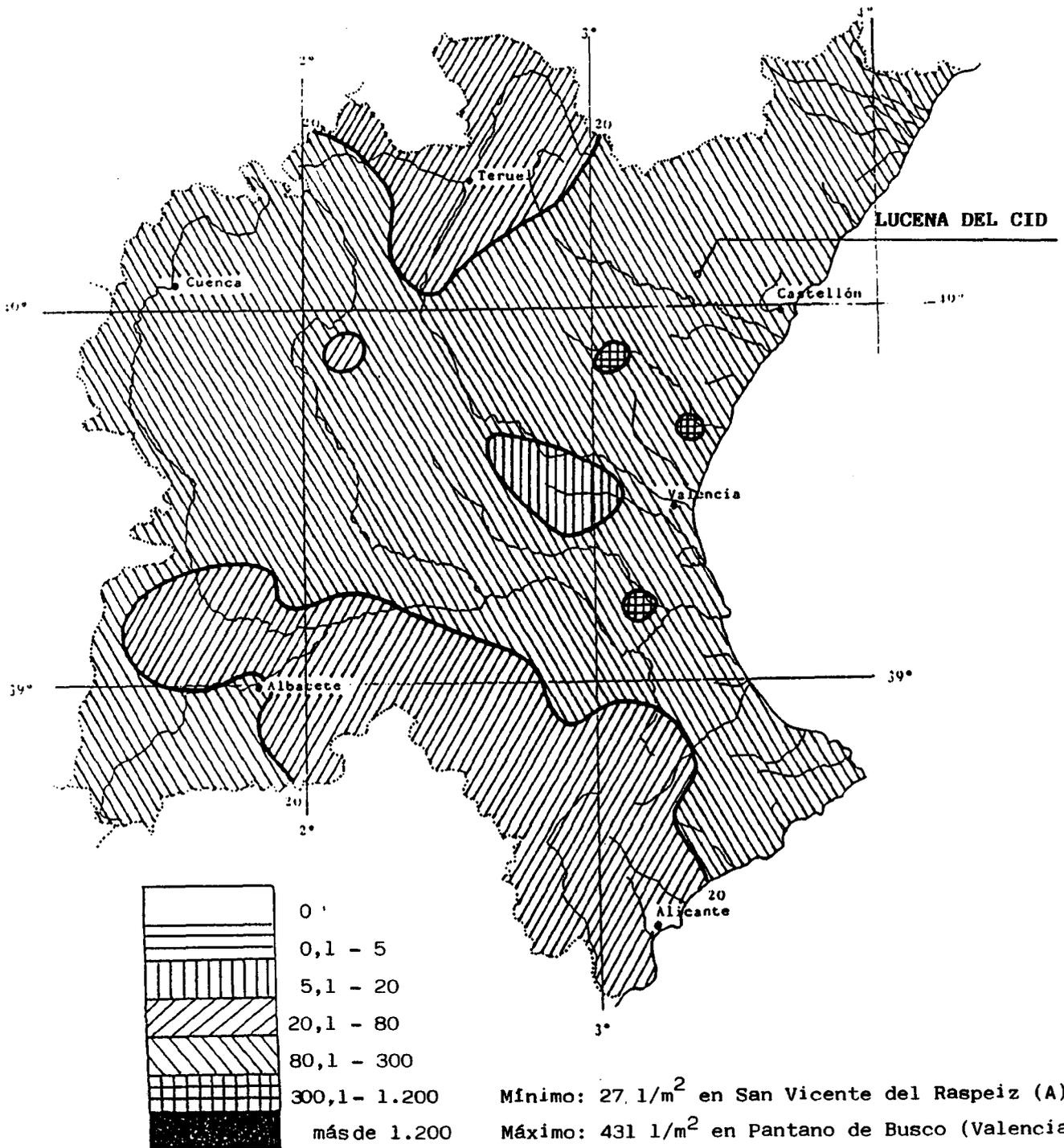
Precipitación acumulada

1.º Septiembre/89 a 30 Noviembre/89



CENTRO METEOROLOGICO ZONAL DE VALENCIA

Precipitación: Noviembre 1.989.



6.3. NATURALEZA DE LOS MATERIALES.

En un estudio realizado por Intecmac, en el que se realizaron dos sondeos con extracción de testigo continuo, en lo que hoy constituye el margen izquierdo de la zona con problemas, se realiza un análisis del tipo de materiales. En ese estudio se incluyen únicamente como ensayos de laboratorio dos ensayos sobre el contenido en sulfatos solubles.

Se incluyen aquí los resultados obtenidos en los sondeos:

De acuerdo con los resultados de los sondeos, el terreno está constituido por 3 unidades fundamentales:

Nivel 1.- Rellenos artificiales entre 3 y 4 m. de espesor.

Nivel 2.- Coluviones hasta una cota entre 9,4-11,5 m.

Nivel 3.- Roca. Dolomías muy fracturadas. Desde 9,4-11,5m. metros.

El nivel de rellenos lo constituyen materiales granulares (gravas y bolos) envueltos en una matriz de carácter margo-arenosa de coloraciones marrones. El conjunto presenta una compacidad baja en general y no pueden considerarse aptos para el apoyo de cimentaciones. Se encuentran en las zonas donde ha sido necesario nivelar el terreno, dada la pendiente de la ladera, y su espesor aumenta lógicamente con el descenso de la misma.

Bajo los rellenos aparece un conjunto de materiales procedentes de la erosión superficial y arrastres de la ladera (coluviones). Se trata de materiales granulares (gravas y bolos) algo rodados, de carácter dolomítico, que aparecen embebidos en una matriz detrítica areno-margosa de coloración variable, a veces de tonos marrones y a veces grisáceos.

Estos materiales presentan una compacidad baja a media que parece ir aumentando con la profundidad como consecuencia de su consolidación a lo largo del tiempo.

Todo parece indicar que es sobre estos materiales sobre los que descansa la actual construcción cuyo solar fue investigado por INTEMAC (entre el n.º 18 y el n.º 22 de la C/. Médico Nebot, ahora colegio-guardería), y sobre los que posiblemente están cimentados, a mayor o menor profundidad, el resto de los edificios situados hacia el sur de la citada calle y al borde de la ladera. Estos edificios, como ya se ha indicado anteriormente, también sufren algunos daños según la información obtenida, aunque de mucha menor cuantía. Esta diferencia en el nivel de daños puede deberse, entre otros factores a la diferencia en la pendiente de la ladera, que es bastante más acentuada en el solar investigado por INTEMAC.

Por debajo de estos materiales coluviales se detecta el macizo rocoso dolomítico, fuertemente fracturado. Presenta una gran compacidad, llegando a formar auténticas brechas dolomíticas. Su alto grado de compacidad le confiere un carácter prácticamente rocoso desde el punto de vista geotécnico.

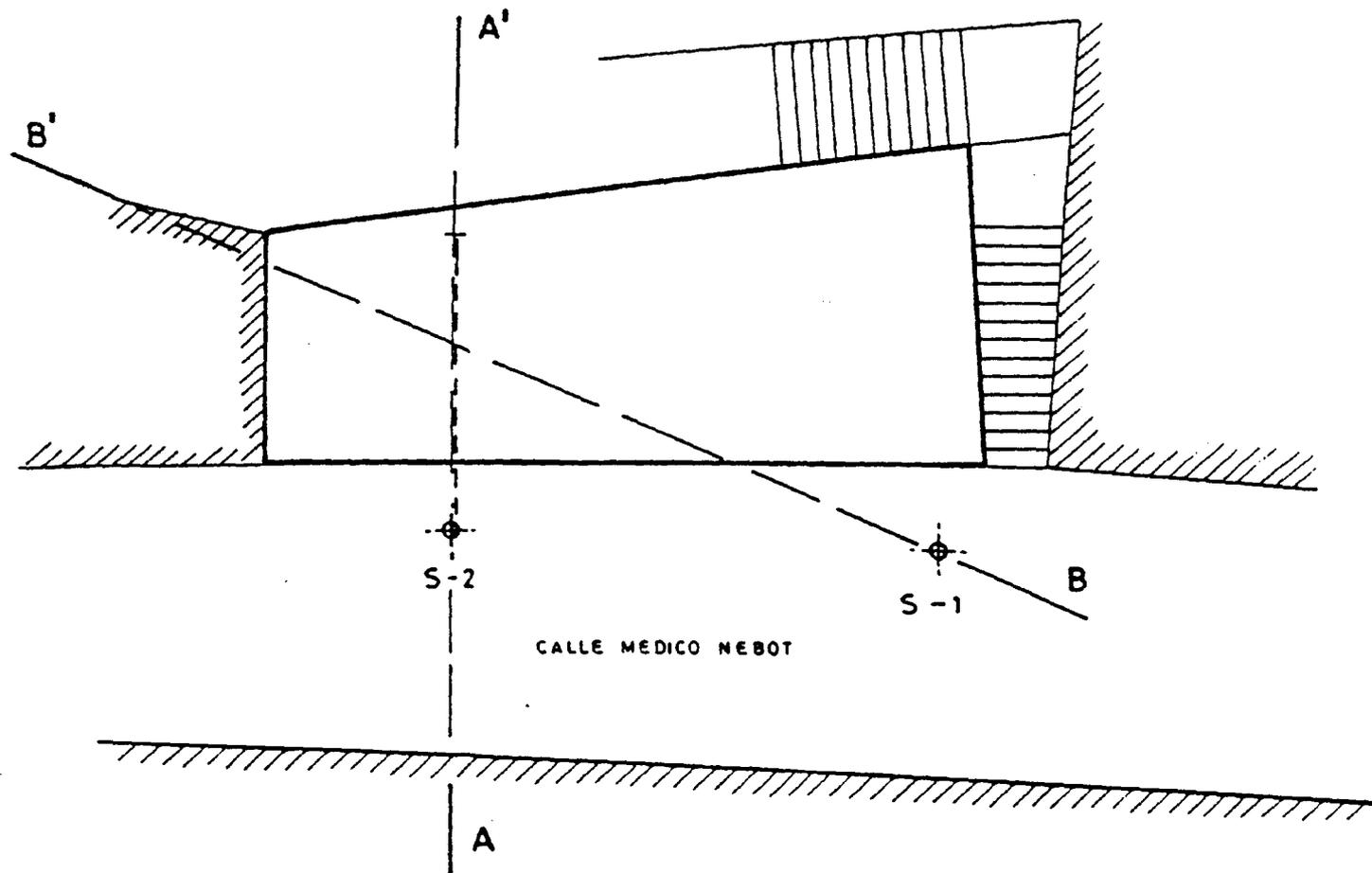
El macizo rocoso dolomítico, a pesar de su intenso grado de fracturación, no presenta problemas en cuanto a capacidad portante ni estabilidad, ya que las orientaciones y buzamiento de la estratificación y el diaclasado son en ambos casos favorables.

En ninguno de los dos sondeos se ha detectado la presencia de agua.

Dadas las características del terreno no se ha considerado representativo el resultado de posibles ensayos de laboratorio sobre el testigo obtenido en los sondeos. Unicamente se han realizado dos ensayos del contenido en sulfatos solubles de los suelos coluviales y del material de relleno de la falla. En ambos casos el porcentaje de SO_3 obtenido es muy bajo, por lo que no son de temer problemas de agresividad del terreno al hormigón.

RECONOCIMIENTO GEOTECNICO EN LUCENA DEL CID
CROQUIS DE SITUACION DE LOS SONDEOS

(Escala aproximada = 1:100)



SONDEO Nº S-2

PETICIONARIO: EXCMO. AYUNTAMIENTO DE LUCENA DEL CID

COTA DE LA BOCA DEL SONDEO

TRABAJO: RECONOCIMIENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

SITUACION: LUCENA DEL CID (CASTELLON)

FECHA DE EJECUCION	SISTEMA DE PERFORAC.	DIAMETRO PERFORAC.	DIAMETRO REVESTIM.	COTAS	PROFUNDIDAD m.	CORTE ESTRATIGRAFICO	DESCRIPCION DEL TERRENO	MUESTRAS		NUMERO DE GOLPES MINCA TOMAMUESTRAS					PORCENTAJE DE TESTIGO			HUMEDAD %	PORCENTAJE INFERIOR A 30.00 mm.	DENSIDAD SECA	COMPRESION SIMPLE	OBSERVACIONES		
								PROF	TIPO	15cm	15cm	15cm	15cm	N ₃₀	20	40	100							
10.8.86		115 mm			3.00		Rellenos areno-margosos con gravas y bolos. Muy blandos. Color marrón.																<p>Sondeo inclinado 18° con respecto a la vertical y contenido en un plano perpendicular a la ladera.</p> <p>No es posible la toma de muestras.</p> <p>En todo el sondeo se pierde el agua de perforación salvo a partir de 13,50 m.</p>	
11.8.86		101 mm	115 mm		4.00		Muro de mampostería del sótano (se atraviesa al ser el sondeo inclinado).																	
					6.50		Gravas y bolos dolomíticos con algo de matriz drenomargosa (contuvieron). Conjunto poco compacto (En general se recupera muy poco testigo).																	
					7.20		Grandes trozos de roca dolomítica.																	
					9.40		Fragmentos dolomíticos algo rotados con indicios de brechas dolomíticas. Posibles coluviones. Color oscuro (grisáceo).																	
12.6.86	ROTACION. BATERIA. CORONA DE VIDIA.	86 mm	101 mm		15.20		Brechas dolomíticas grises con algunos trozos de dolomía. Conjunto compacto, con aspecto de hormigón en ocasiones. El tramo final muy compacto.																	

S.P.T. Ensayo normal de penetración (UNE 7038-74) N.F. Nivel freático
 I.N.A.L.T. Muestra inalterada a percusión φ

Limite ——— Limite 0 HUMEDAD

6.4. PROBLEMAS DE FILTRACIONES ANTROPICAS.

Uno de los factores que comúnmente viene siendo de gran importancia en la desertización de laderas en zonas urbanas es la presencia de filtraciones constantes por fugas en las redes de abastecimiento y saneamiento.

Las fugas en la red de abastecimiento son fácilmente detectables por equipos especializados y son generalmente más evidentes por apreciarse, en su caso, aumentos en el consumo, regulados por contadores.

Sin embargo las fugas en las redes de saneamiento resultan mucho más difíciles de controlar.

Si como resulta evidente ha habido movimientos diferenciales en el terreno, la red de saneamiento puede encontrarse afectada, bien por roturas de los tubos o bien en las juntas entre los mismos.

Los riegos en los bancales de la parte superior del talud añaden un factor de desestabilización que puede también considerarse importante por el incremento de agua que proporcionan al terreno.

El hecho de que se haya observado presencia de agua a pie de ladera induce a pensar que existe circulación de agua en el interior de la ladera, propiciada por alguna de estas causas anteriormente comentadas.

7.- CONCLUSIONES.

Tras un análisis geológico-estructural de la zona afectada se ha detectado un control relativo del movimiento por parte del sistema de fracturas. Existen razones para pensar que el resalte rocoso en el que se han identificado movimientos, presenta una fracturación coincidente con el citado sistema de fracturas. En un posterior análisis de la estratificación y del desplazamiento deducido de la variación de ésta, se confirma la hipótesis del movimiento por giro del citado bloque.

Del reconocimiento de cada uno de los puntos donde se han detectado grietas, desperfectos en muros ..., se puede establecer una línea continua arqueada que constituiría el potencial escarpe en cabecera de una masa en deslizamiento incipiente.

Asociando los fenómenos de grietas en cabecera con el giro del bloque rocoso identificado, se llega a la conclusión de que ambos hechos pueden estar íntimamente relacionados. El giro del gran bloque rocoso puede inducir en su trasdós asientos diferenciales ó viceversa, los asientos por deslizamiento habrían podido provocar el giro.

Entre los factores que intervienen como desencadenantes del proceso se ha identificado el agua de precipitaciones habidas en el pasado otoño-invierno, como factor acelerador de un proceso que se viene produciendo desde hace muchos años, vistas las deformaciones en casas antiguas y conocidos los antecedentes. Las citadas precipitaciones fueron superiores a las habidas en los últimos años y muy por encima de la media.

La naturaleza de los materiales se ha identificado cualitativamente como "rellenos" de una potencia entre 3 y 4 metros más un coluvión identificado como "blando" que llega a alcanzar en los sondeos una cota entre 9,40 y 11,50 m. Son materiales poco compactos, de densidad baja-media que aumentan su resistencia en profundidad. En este material se localizará probablemente la posible superficie de deslizamiento.

Las filtraciones por fugas en la red de saneamientos constituyen un factor muy importante. Al existir movimientos relativos ya de antiguo, los ramales de conducción del sistema de alcantarillado podrían haber sido afectados.

8.- RECOMENDACIONES.

ESTUDIO TOPOGRAFICO.

1.º) INSTRUMENTALIZACION DE GRIETAS.

Es una medida de control muy importante tanto para poder dar la alarma en caso de una progresión-aceleración de los movimientos como para poder establecer la dirección y sentido de los asentamientos. Existen métodos de control topográfico muy útiles en este caso.

Se recomienda un levantamiento topográfico de detalle de toda la zona afectada por los problemas señalados. Y posteriormente se recomienda un control mediante distanciómetros de precisión. La situación de las laderas opuestas a la estudiada aquí, relativamente cerca, permiten establecer estaciones o puntos de base para, aplicando métodos de triangulación y trilateración, obtener buenos resultados.

Atravesando la zona inestable se pueden realizar poligonales de precisión, itinerarios de punto inestable a punto inestable (ver figura adjunta) con los que se obtendrán las coordenadas X,Y,Z de los puntos a controlar, y sus variaciones en el tiempo. Cuando las distancias en el terreno lo permitan, las longitudes de los sucesivos ejes se pueden medir con cinta o hilo de invar para aumentar la precisión.

La abertura de grietas de tracción o cicatrices de corte en cabecera puede ser uno de los primeros síntomas externos de la rotura de un talud o ladera. El control de su separación o del movimiento de cizalla constituye un primer indicador del comportamiento global.

Se recomienda instalar testigos de vidrio en grietas que vuelven a aparecer con continuidad. Se recomienda hacerlo en buen número (10 ó más) en los muros de las viviendas afectadas en la Calle Médico Nebot. El instrumento de medida puede ser una regla sencilla aunque se recomienda usar un micrómetro u otros instrumentos ideados específicamente para la tarea: "fisurómetros", "fracturómetros" ... Con un clinómetro (nivel de burbuja de aire, adosable) puede medirse, por diferencia a la horizontal, el desplazamiento vertical entre los labios de la discontinuidad.

En los muros se pondrán los testigos de vidrio empotrados en el enlucido de los mismos quedando solidarios al material. Se recomienda pintar en el interior una cuadrícula de referencia.

2.º) REBAJAR EL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUBSUELO.

Como se ha reseñado en el estudio, el fenómeno de las precipitaciones afecta intensamente al proceso. Se ha establecido una correspondencia directa entre las épocas de lluvias intensas y la aceleración de los asentamientos.

Se recomienda aquí impermeabilizar - pavimentar las calles de la zona alta para evitar en lo posible filtraciones superficiales. Se procurará evitar así mismo los riegos de banquetes si los hubiera en la citada parte alta de la ladera.

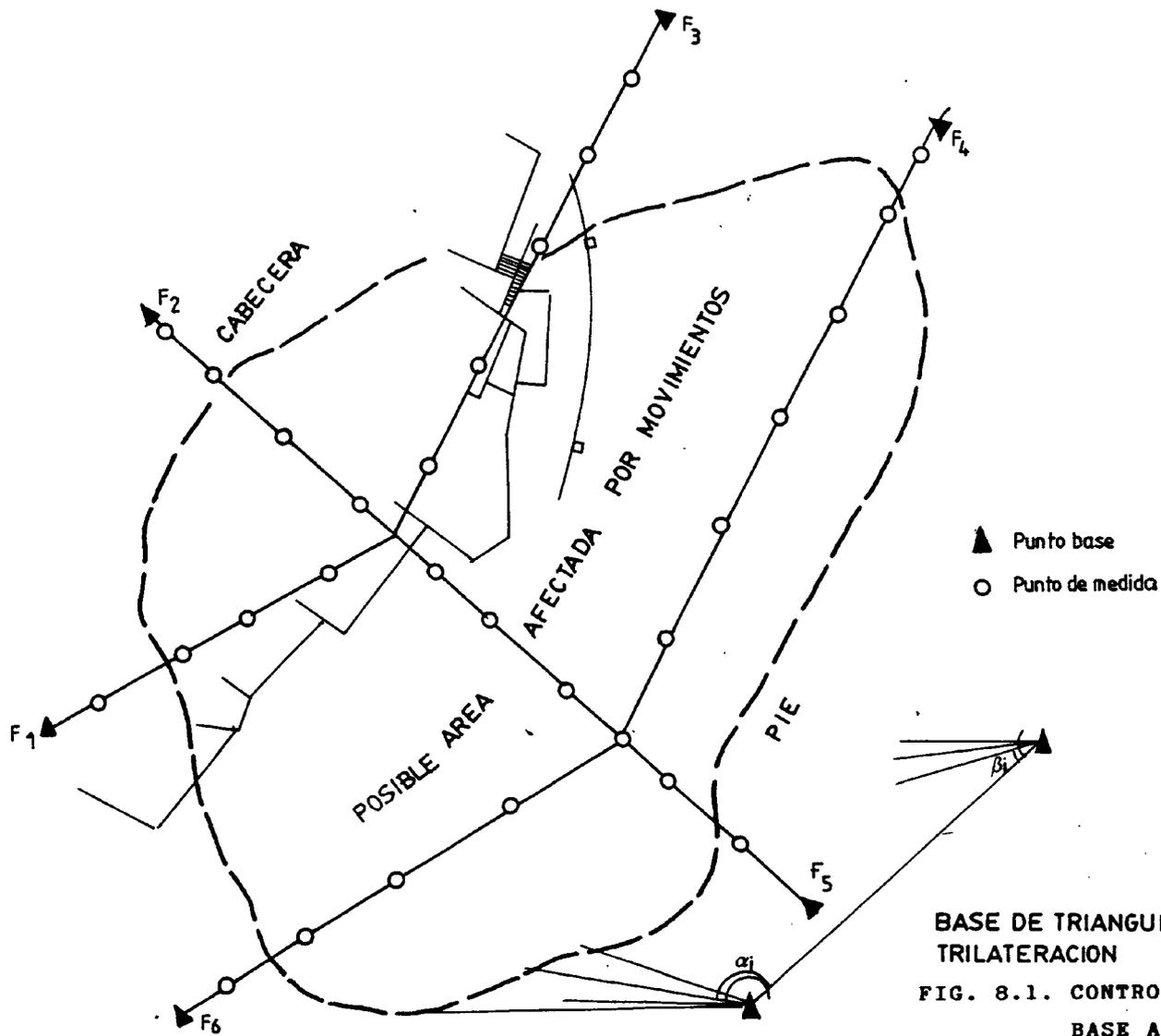


FIG. 8.1. CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS EN
 BASE A METODOS TOPOGRAFICOS.

Iguualmente y en relación al mismo objetivo se recomienda la revisión del sistema de alcantarillado y abatecimiento de aguas tanto de la zona que corresponde a las casas de la cabecera del área con movimientos como de toda una franja prolongada hacia la cima del cerro. Todas las fugas deben ser reparadas y deberán adoptarse sistemas más flexibles que impidan nuevamente las roturas.

Dentro del mismo objetivo se debe considerar como imprescindible evitar los riegos de los bancales que existen en la ladera. Debe evitarse que los riegos o pequeñas acequias transiten la zona afectada.

En el mismo sentido se deben realizar zanjas de drenaje superficial que eviten encharcamientos del terreno de los bancales y las correspondientes filtraciones hacia el interior, desviando el agua recogida fuera de la zona afectada.

3.2) ESTUDIO GEOTECNICO COMPLEMENTARIO.

El estudio que se ha realizado abarca un punto concreto en la margen izquierda del actual área afectada. Por tanto se propone una campaña de sondeos que consiga identificar espesores de derrubio y relleno, asi como las posibles superficies de deslizamiento.

Para ello se deberán hacer entre 4 y 6 sondeos tanto en la misma C/. Médico Nebot como en las terrazas que quedan a media ladera.

Fdo.: D. Francisco J. Ayala Carcedo.

* Ing. de Minas.

* Jefe del Area de Ingeniería
GeoAmbiental del I.T.G.E.



Fdo.: D. Alberto Gracia Bernal.

* Geólogo.

GEONOC, S.A.

A N E X O S

I. MAPA DE SITUACION DEL AREA AFECTADA.
(Escala 1:500).

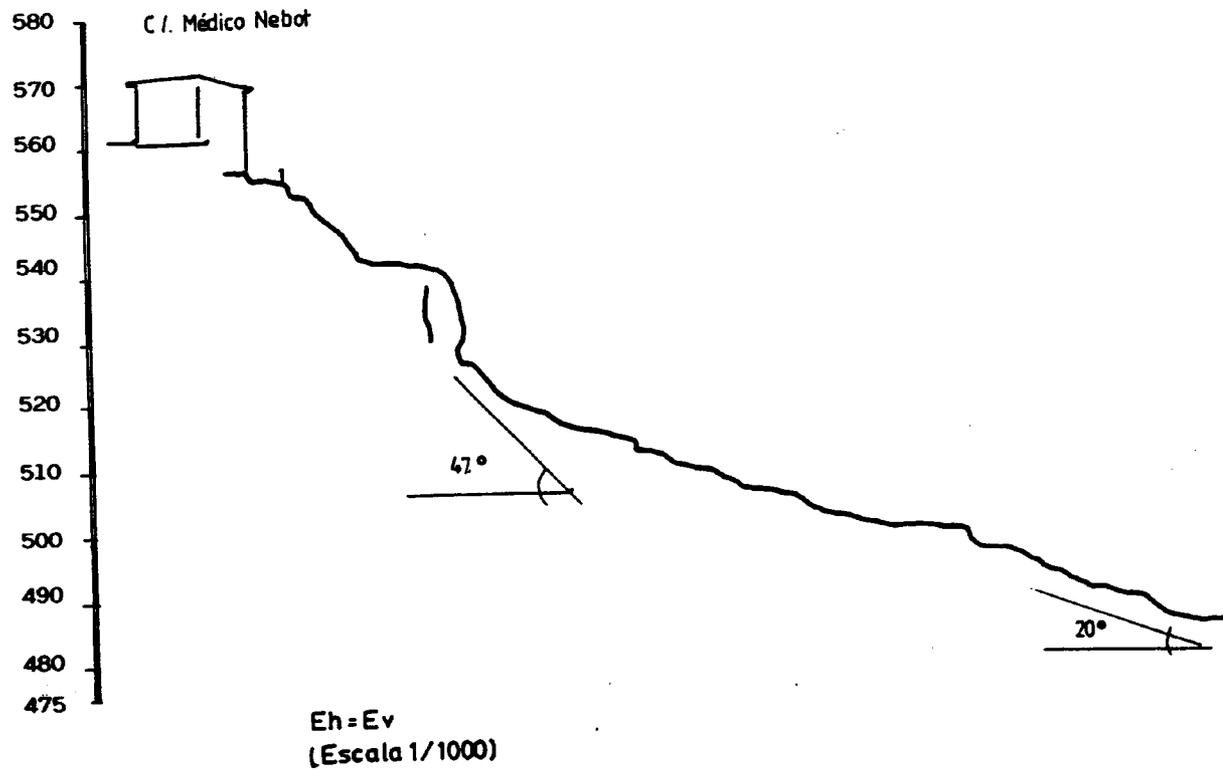


FIG. 5.1. MAPA DE SITUACION DEL AREA AFECTADA (Escala 1/500).

- Pendientes altas > 45°.
- Pendientes bajas < 45°.
- Grietas reconocidas.
- Enlace deducido entre grietas.
- Movimiento relativo.
- Extensión teórica-deducida del área afectada.
- Sondeos realizados.
- Corte topográfico.

II. CORTE TOPOGRÁFICO.

CORTE TOPOGRAFICO A-A'



ANEXO III:

- ANALISIS GEOLOGICO ESTRUCTURAL.
- ANALISIS GEOLOGICO ESTRUCTURAL. (Escala 1:500).
- REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA DE LAS PRINCIPALES FAMILIAS DE FRACTURAS IDENTIFICADAS.
- SITUACIÓN DEL BLOQUE INESTABLE. DESCRIPCIÓN DE DETALLE.

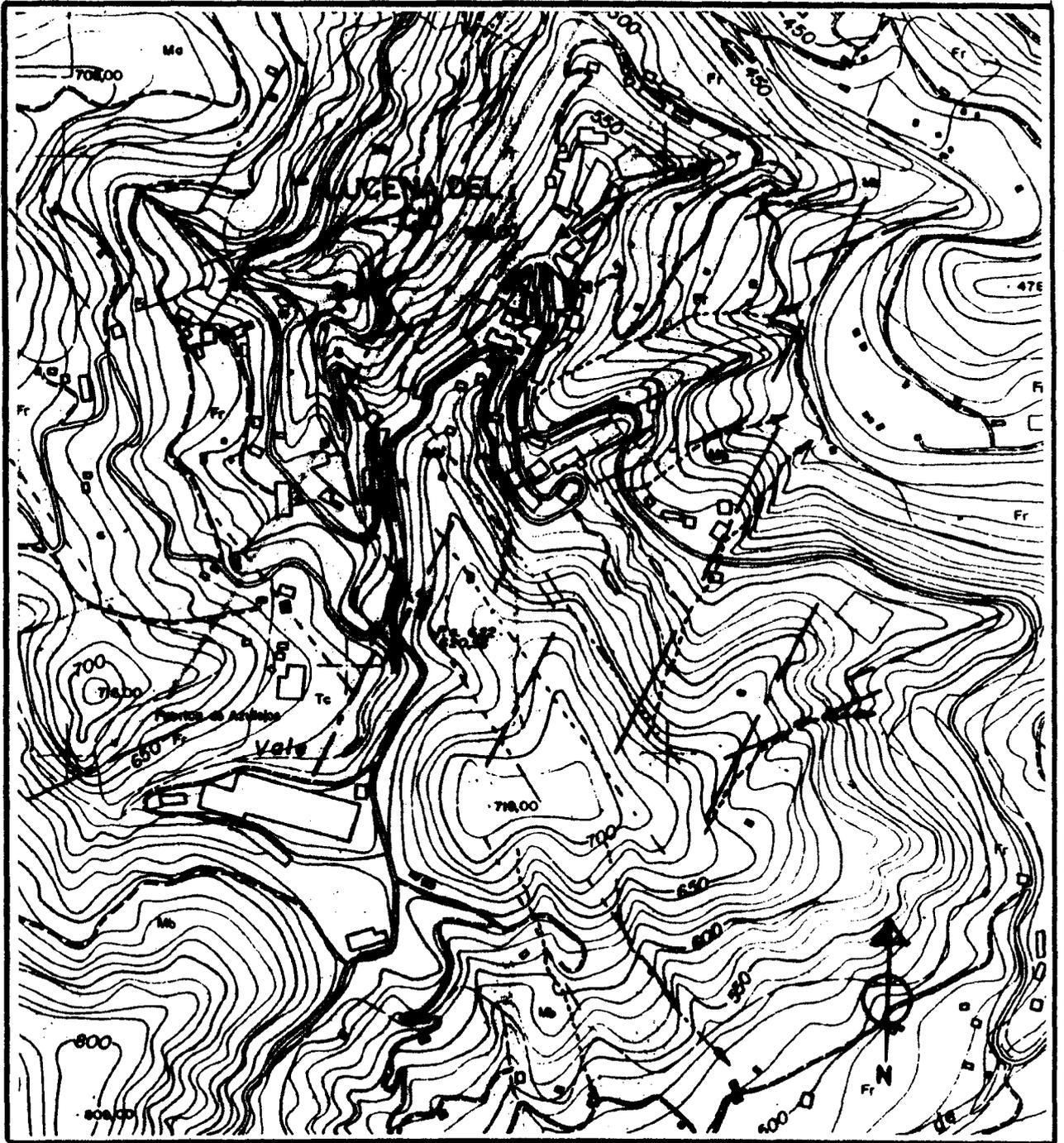
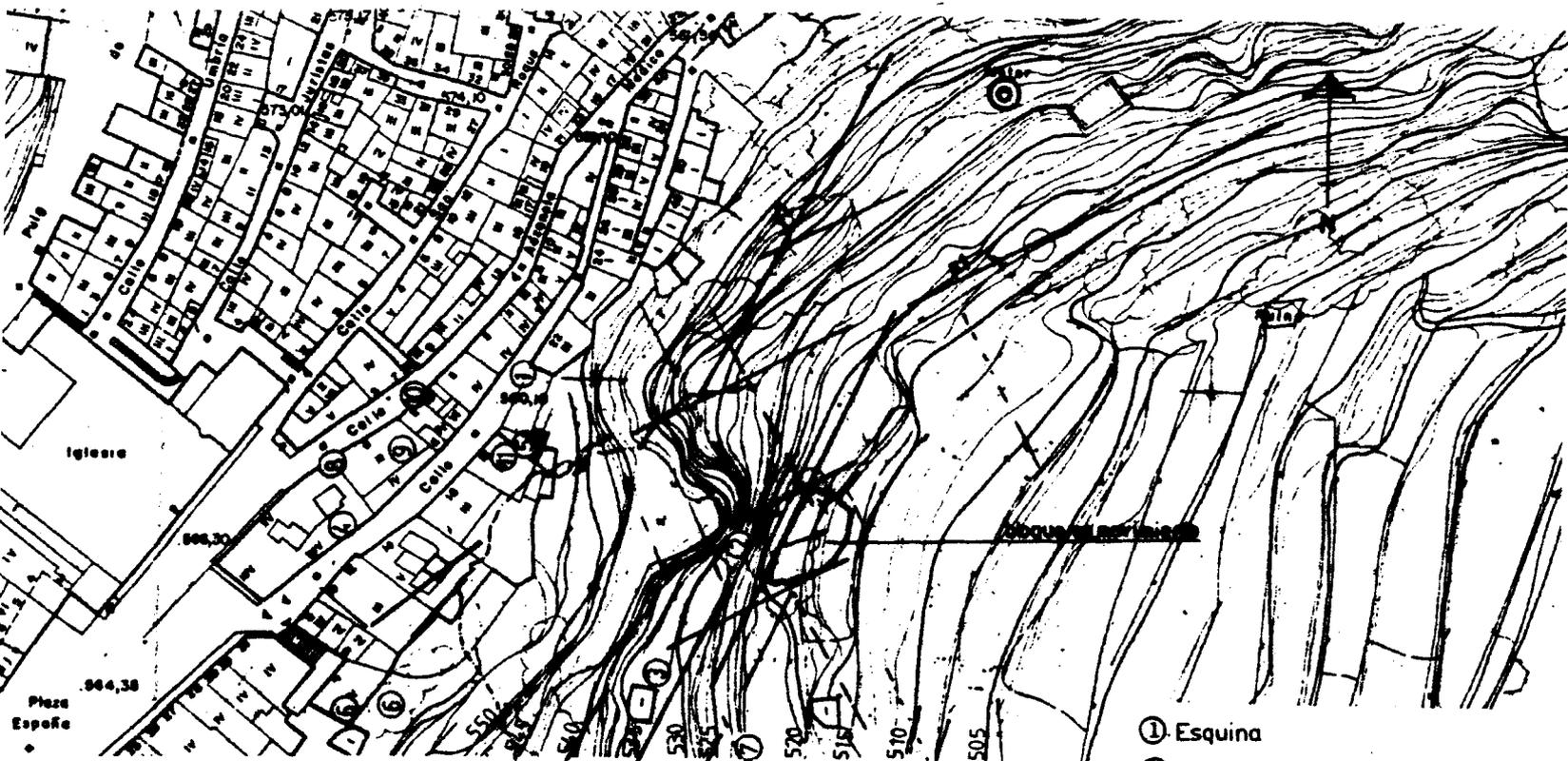


FIG. 4.1. ANALISIS GEOLOGICO ESTRUCTURAL.

F2 / F1 Lineaciones más frecuentes observadas.
 - - - Dirección de los barrancos.

200 0 200 300 400 500 m.

Escala 1:10.000



F.4.2. ANALISIS GEOLOGICO ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

--- Escarpa en cabecera del área en movimiento

— Dirección y sentido del movimiento del bloque identificado
 F1 / F2 Familias de fracturas

- ① Esquina
- ② Muro de mampostería roto
- ③ Abultamiento del muro
- ④ Pilas de la casa de al lado afectadas
- ⑤ Grietas en el muro
- ⑥ Casa afectada (no la escalera)
- ⑦ Plegue-charnela 060/180NW
- ⑧ Pilar con grieta poco abierta
- ⑨ Casa con grietas del pilar
- ⑩ Casas con grietas no abiertas
- ⑪ Puerta que no cierra

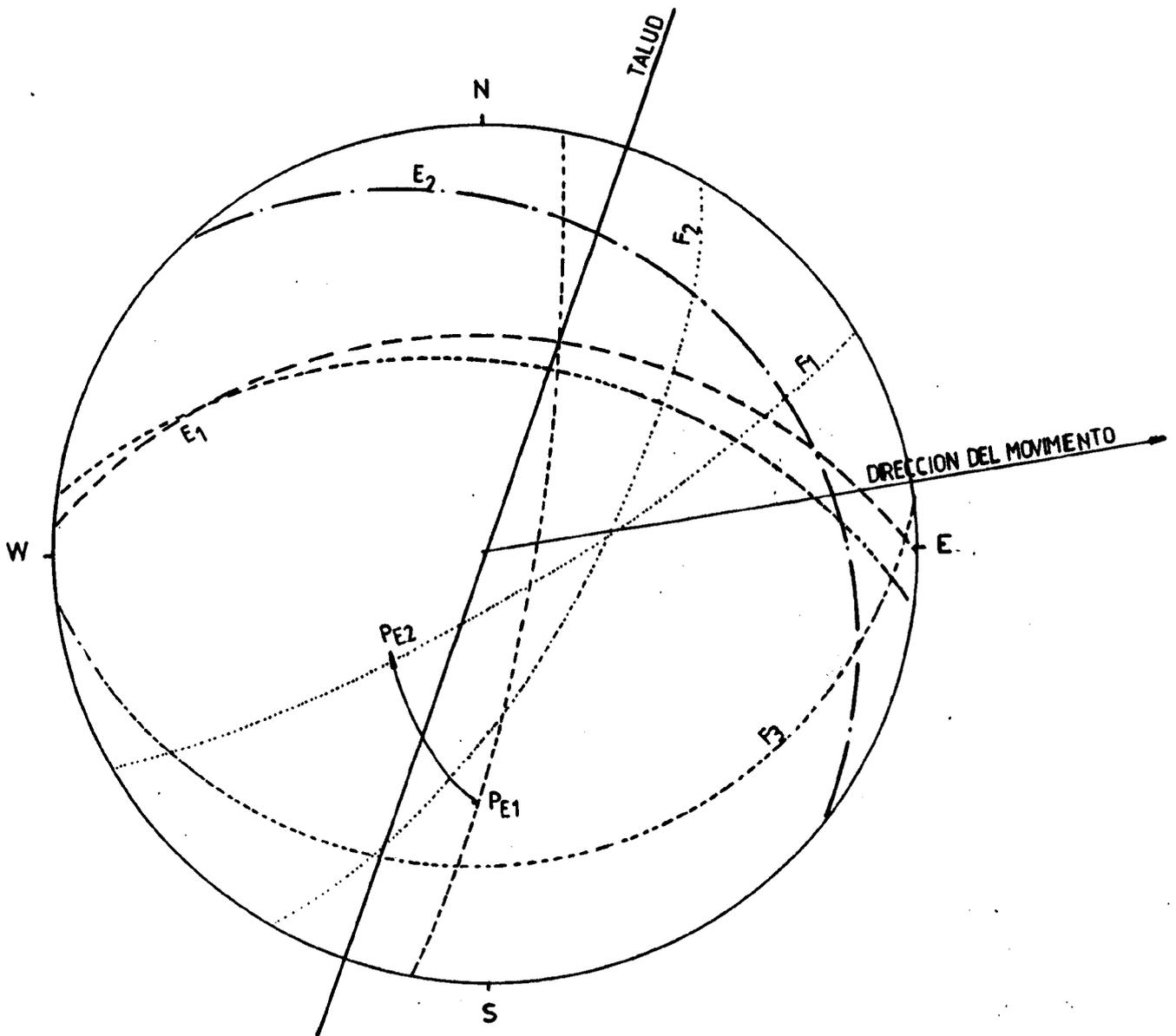


FIG. 4.3. REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA DE LAS PRINCIPALES FAMILIAS DE FRACTURAS IDENTIFICADAS.

- — — Estratificación general.
- - - - Estratificación del bloque movido.
- Familias de fracturas identificadas.
- PE1, PE2 Polos de las familias identificadas.

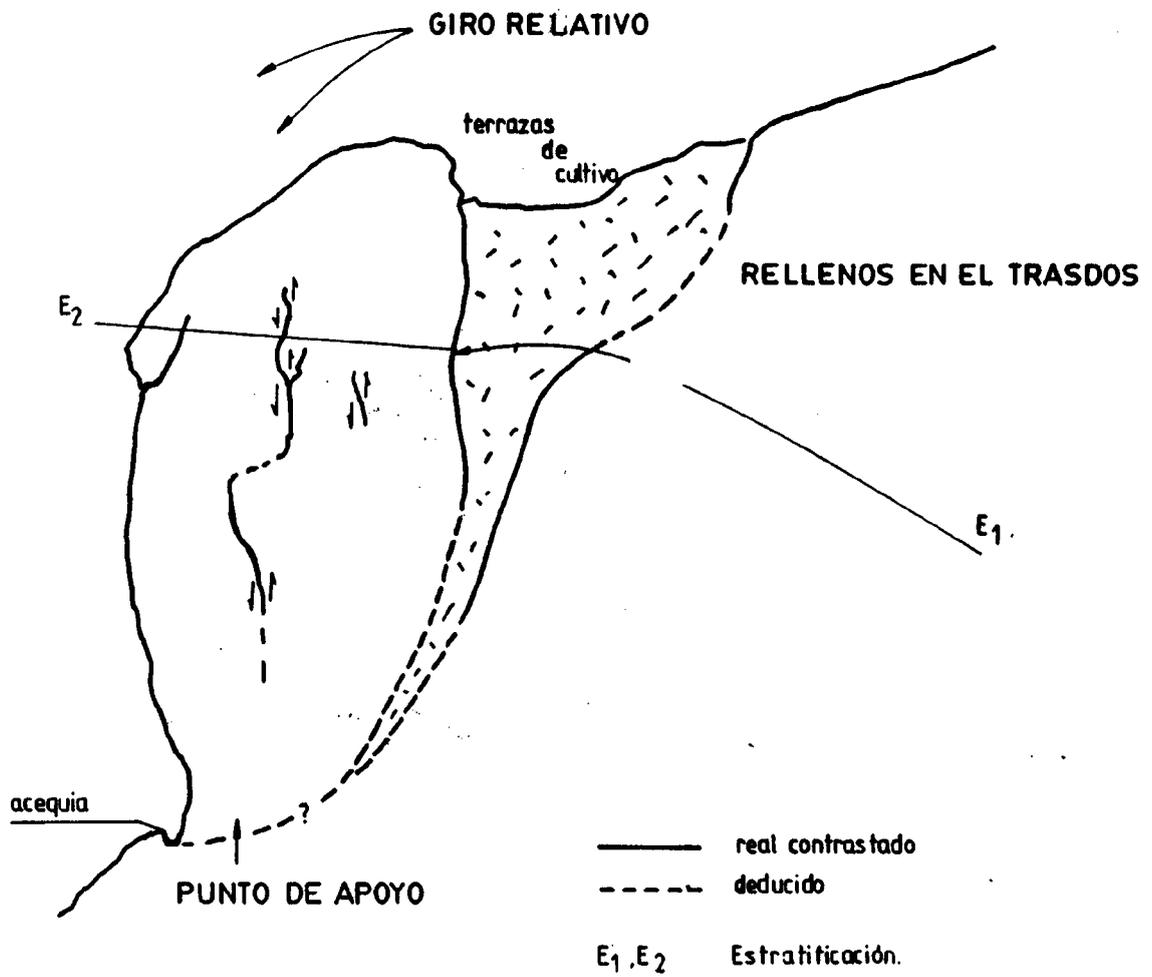


FIG. 4.4. Situación del bloque inestable.
 Descripción de detalle.

IV. FOTOGRAFIAS.

FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA 1. Vista panorámica general de la ladera con problemas de inestabilidad.

FOTOGRAFIAS 2 y 3. Vista de la parte posterior del edificio que corresponde al n.º 6 (4 plantas) de la C/. Adzaneta y que de aquí a la C/. Médico Nebot, en su margen izquierda. Se pueden apreciar importantes grietas ya rejuntadas y otras incluso encaladas que determinan el sentido de los movimientos y su progresión en el tiempo. Apréciense, asimismo, como puertas y ventanas se han ido deformando, saliéndose de escuadra.

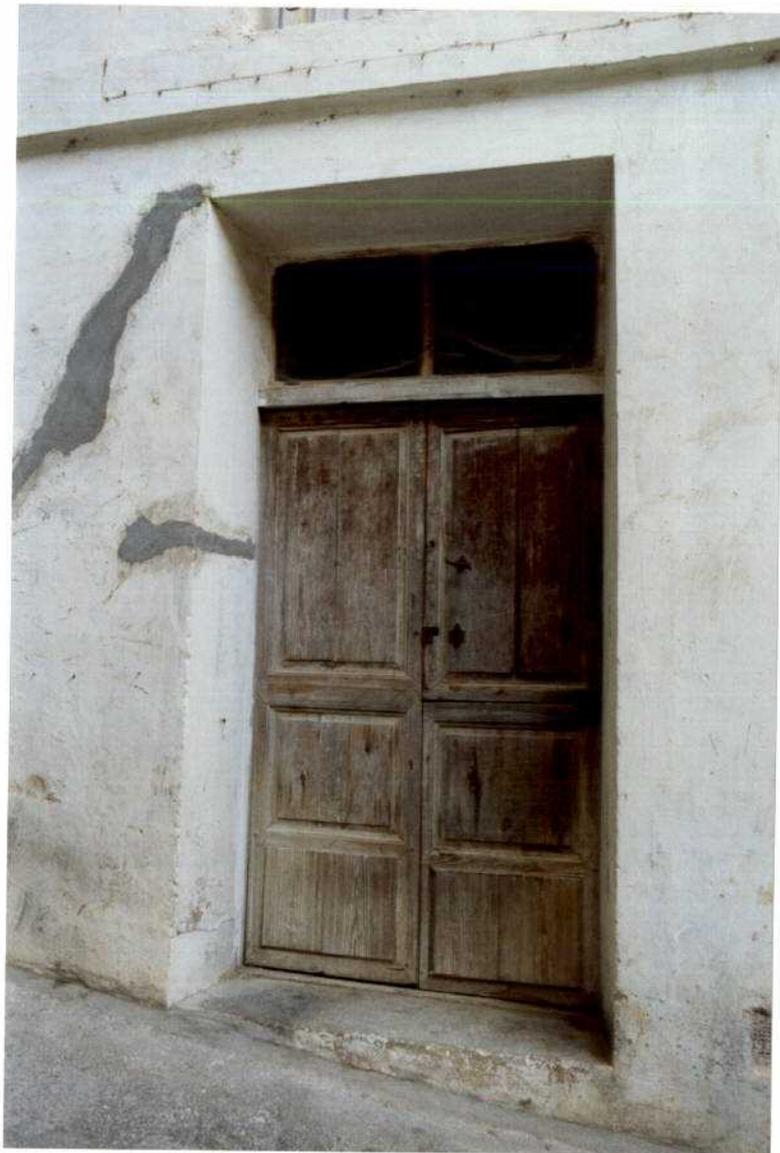
FOTOGRAFIA 4. Vista de la C/. Médico Nebot. Se observan en el pavimento de hormigón grietas y un descenso relativo hacia la ladera. La puerta que corresponde al n.º 18 tiene varias dificultades para cerrarse.

FOTOGRAFIA 5. Refuerzo de la estructura en sótanos de la casa n.º 14, (5 plantas).

FOTOGRAFIAS 6 y 7. Vista lateral de la ladera inestable. En el centro se encuentra la roca que presenta signos apreciables de desplazamiento.

FOTOGRAFIAS 8 y 9. Dos vistas desde distintos ángulos del bloque rocoso desplazado, en él se observan signos de agrietamiento.





2



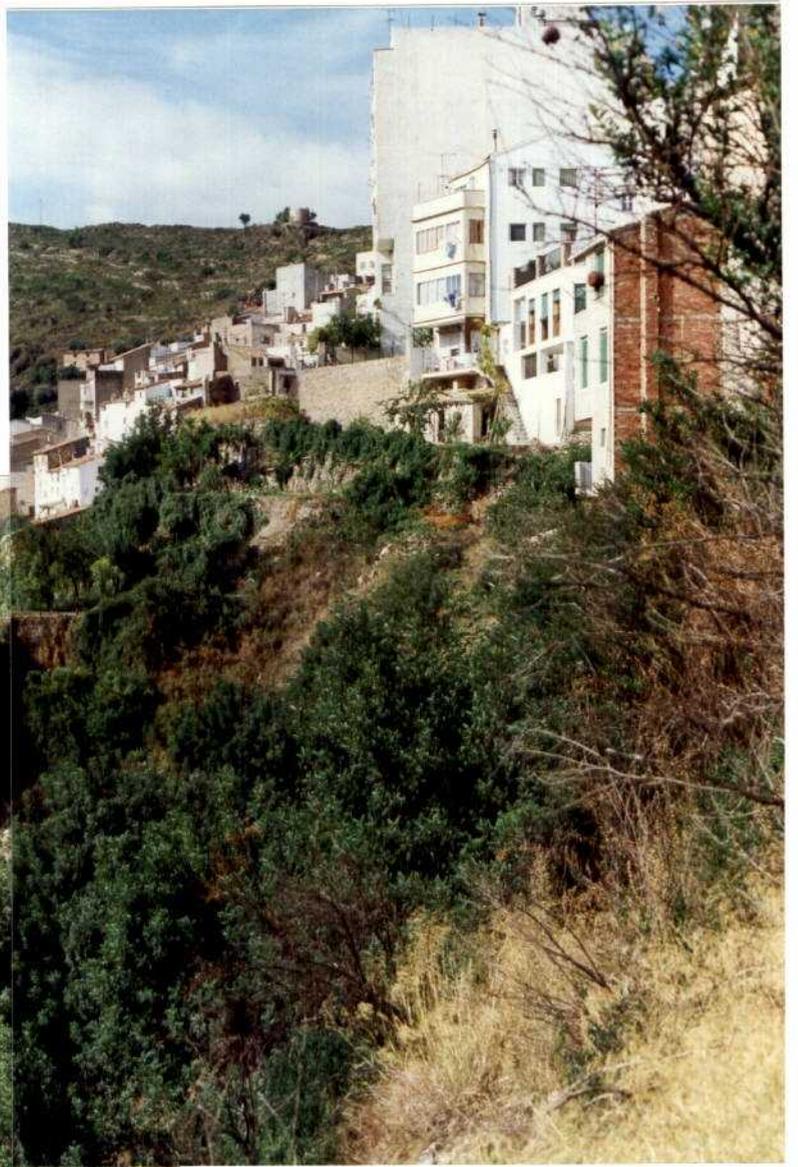
3



4



5



6



7



6



8