

**PREVENCION DE RIESGOS GEOLOGICOS  
EN GRANADA**

**ALHAMA  
COGOLLOS - VEGA  
MONACHIL  
TOMO I**

Nº Sicoan: 87519

01207

**PREVENCION DE RIESGOS GEOLOGICOS  
EN GRANADA**

---

**PRESENTACION**

El presente trabajo se suscitó a raíz de la colaboración establecida entre el I.G.M.E. y la Excma. Diputación de Granada con motivo del deslizamiento ocurrido en Los Olivares - Moclín en Abril de 1986.

El impacto social y económico de este deslizamiento fue tan importante que se vió la necesidad de establecer unas bases geológico-geotécnicas para la previsión de riesgos de movimientos del terreno en diversas localidades granadinas, de forma que se tuvieran en cuenta en el desarrollo urbano y en las construcciones a realizar en las mismas.

A estos efectos se seleccionaron una serie de localidades en las que había habido precedente de problemas diversos y que por su situación, geología, etc. podrían servir para estudios piloto para establecer una metodología aplicable a otros pueblos de la provincia.

Concretamente se seleccionaron las localidades siguientes:

Alhama de Granada	Montefrío
Cogollos-Vega	Nivar
Monachil	Los Olivares

En el caso concreto de Los Olivares se esperaba además recomendar soluciones y tratamientos para la estabilización definitiva de la zona deslizada en 1986. Esto se enmarcaba dentro de los acuerdos de la Comisión de seguimiento de los estudios y trabajos de Olivares, en la reunión mantenida el día 6.6.86, en Granada, bajo la presidencia del Excmo. Sr. Gobernador Civil. El presente proyecto se encuadra, por tanto, dentro del Plan de Trabajo a realizar coordinadamente por el I.G.M.E., el Servicio Geológico de Obras Públicas (S.G.O.P.) y el Laboratorio de Carreras del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), cuyas conclusiones y recomendaciones derivadas de las actuaciones respectivas, serán elevadas conjunta y solidariamente.

El trabajo se presenta en dos tomos con la ordenación siguiente (entre paréntesis se indica la empresa encargada de cada estudio):

- |           |                  |              |
|-----------|------------------|--------------|
| Tomo I :  | 1. Alhama        | E.A.T., S.A. |
|           | 2. Cogollos-Vega | EPTISA       |
|           | 3. Monachil      | EPTISA       |
| Tomo II : | 4. Montefrío     | EAT, S.A.    |
|           | 5. Nivar         | EPTISA       |
|           | 6. Los Olivares  | EAT, S.A.    |

Se ha editado además, como publicación aparte, un folleto técnico-divulgativo recogiendo las causas y el desarrollo del deslizamiento de Abril de 1986 y las soluciones puestas en práctica o recomendadas. En la redacción de los trabajos ha intervenido el personal técnico siguiente:

Por parte de E.A.T., S.A.:

- José M<sup>a</sup> Rodríguez Ortiz  
Dr. Ingeniero de Caminos. Director del Estudio.
- Carlos Prieto Alcolea.  
Lic. Ciencias Geológicas. Jefe del Departamento de Geología Aplicada.
- Jesús Rubio Amo  
Lic. Ciencias Geológicas.

Por parte de EPTISA:

- Antonio de Simón Gil.  
Ingeniero de Minas.  
Jefe del Departamento de Minería.
- José Luis Ruiz López.  
Lic. Ciencias Geológicas.

La Dirección y Supervisión de los trabajos por parte de la Dirección de Aguas Subterráneas y Geotecnia del I.G.M.E. ha corrido a cargo de:

- Francisco J. Ayala Carcedo.  
Ingeniero de Minas.
- Juan J. Durán Valsero.  
Lic. Ciencias Geológicas.

Madrid, Octubre de 1987

ALHAMA DE GRANADA

- INDICE -

1.- INTRODUCCION

2.- CLIMATOLOGIA

3.- GEOLOGIA

3.1. CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL

3.2. ESTRATIGRAFIA

3.2.1. Calcarenitas bioclásticas, arenas y conglomerados.

3.2.2. Facies molásica

3.2.3. Limos y arenas

3.2.4. Conglomerados calcáreos

3.2.5. Margas lacustres, margocalizas y limos arenosos.

3.2.6. Coluviones

3.2.7. Terrazas y aluviones fluviales

3.2.8. Conos de deyección

3.3. TECTONICA Y SISMICIDAD

3.3.1. Tectónica regional

3.3.2. Neotectónica - Tectónica local

3.3.3. Sismicidad

3.4. GEOMORFOLOGIA

3.4.1. Introducción

3.4.2. Características geomorfológicas

3.4.3. Dinámica cortical

3.4.3.1. Erosión fluvial

3.4.3.2. Movimientos en masa

3.4.3.3. Zonas de aterramiento

3.5. HIDROGEOLOGIA

4.- CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

5.- ESTUDIO DE RIESGOS

5.1. RIESGOS DE MOVIMIENTOS DE LADERA

5.1.1. Areas inestables.

5.1.2. Areas estables.

5.1.3. Análisis geotécnico de los problemas de inestabilidad.

5.2. RIESGO DE INUNDACIONES

5.3. RIESGO SISMICO

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 1. INTRODUCCION

De acuerdo con el proyecto de previsión de riesgos en varias localidades de la provincia de Granada, el presente estudio se ha enfocado en orden a determinar las diversas características del ámbito territorial que presenta la ciudad de Alhama de Granada. En este sentido se ha dedicado especial atención a los aspectos geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos, características geotécnicas de los materiales, estudio de riesgos y sismicidad, tanto del entorno como de la propia ciudad.

La ciudad de Alhama de Granada cuenta con una población próxima a los 8.000 habitantes de los cuales algo más de 6.000, habitan en el casco urbano. Este se compone de dos partes relativamente diferenciadas; por una parte el núcleo histórico dispuesto sobre la peña que bordea por el este el río Alhama (meandro encajado con vertientes acantiladas), por otra parte el ensanche que ocupa el ángulo que forman las carreteras de Loja y Granada. Entre ambos se dispone un barranco bastante profundo sólo parcialmente urbanizado.

La economía básica es agrícola con cultivos de cereal en secano.

El presente estudio pretende abarcar todos los aspectos posibles para la caracterización del riesgo geológico del área y aunque actualmente no es posible definir con exactitud en el tiempo, cuando va a producirse un

suceso catastrófico, si puede orientarnos este tipo de estudios en el sentido de definir áreas o sectores susceptibles de sufrir estos procesos y, en consecuencia, tomar las medidas correctoras necesarias para minimizar aquellos.

Por otra parte como veremos, son los procesos gravitacionales (deslizamientos, desprendimientos) y los derivados de los seismos, los de mayor incidencia sobre la ciudad y su entorno seguidos de los riesgos de inundación. Estos últimos pueden, de alguna forma ser relacionados con el tiempo por cuanto la probabilidad de ocupación de distintas áreas varía de acuerdo a su distancia y desnivel respecto del cauce. La frecuencia sísmica es un concepto definible en este momento exclusivamente a macroescala, es decir no puede determinarse una susceptibilidad sísmica de mayor o menor grado a escala local; únicamente a escala comarcal pueden determinarse zonas de mayor riesgo asociadas a ciertos accidentes tectónicos.

Finalmente la inestabilidad de laderas es una consecuencia de la interacción de la litología (fundamentalmente la alterabilidad de la formación y su capacidad para generar suelos flojos) y la topografía; por tanto aunque no pueda definirse un período concreto, si hay una relatividad temporal en los procesos desde las unidades litomorfológicas muy inestables (removilizables tras un período de lluvias intensas) hasta aquellas que sólo de una forma secular, tras un largo proceso de alteración, llegan a movilizarse.

Así pues, se ha confeccionado un Mapa de Riesgos en el que se han diferenciado las zonas de riesgo potencial (baja probabilidad), de riesgo moderado (probabilidad

media) y de riesgo alto (probabilidad alta) independientemente de cual sea su origen. Este mapa es una síntesis de otros dos, el Mapa Geológico en el que figuran los diferentes materiales presentes en el área y su estructura, y el Mapa Geomorfológico en el que se han dibujado las distintas formas del terreno y, en lo posible, su origen y evolución.

## 2. CLIMATOLOGIA

En general el clima de Granada puede clasificarse como árido en los llanos y vegas, estepario en las sierras medias y al pie de las sierras mayores, y claramente húmedo únicamente en las cumbres.

La temperatura media anual oscila entre 14°C y 20,4° aumentando hacia el sur, y desde las sierras hasta los llanos. Existen grandes variaciones anuales de temperatura en torno a los 35°C, e incluso variaciones de unos 20°C en una sólo jornada.

En razón de estas grandes diferencias más acusadas aún en el ámbito de las precipitaciones, se debe situar la climatología local dentro de un ámbito climático más reducido, sin embargo únicamente existen datos puntuales (locales) de pluviometría y aún estos corresponden a una serie relativamente corta (1943-1969). Por ello se han debido utilizar los valores numéricos de la estación completa más próxima que corresponde al Embalse de Los Bermejales; estos valores se consideran suficientemente representativos en cuanto a su aspecto medio aunque la diferencia de cotas (960 m Alhama - 800 m Los Bermejales) hace pensar en una termometría algo más extremada para la ciudad.

En el cuadro nº 1 se han consignado los valores medios de precipitación y temperatura a lo largo del año en la estación Bermejales, en el cuadro nº 2 se comparan

CUADRO N° 1

DATOS CLIMATICOS DE LA ESTACION LOS BERMEJALES - 3° 53'W  
37° 00'N  
800 m

PERIODO VALOR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	
TERMOMETRIA °C	T. MAXIMA	17,3	20,4	21,7	26,5	31,4	33,4	36,7	36,4	32,7	28,1	22,2	26,6	37,2
	T. MED. MAX	21,1	13,9	16,1	18,6	24,2	27,9	33,2	32,2	26,8	21,9	16,1	10,9	21,2
	T. MEDIA	7,1	8,0	9,9	12,2	16,8	20,0	23,6	23,4	19,6	15,0	10,2	6,0	14,4
	T. MIN. MED	2,1	2,1	3,7	5,8	9,4	12,1	14,1	14,7	12,5	8,2	4,4	1,2	7,5
	T. MINIMA	-1,4	-2,4	-0,6	3,8	4,9	8,1	11,1	11,3	9,6	3,8	0,2	-3,3	-5,0
PLUVIOMETRIA	PRECIPIT.	65	46	50	36	31	18	1	5	24	37	50	59	422
	EVAPOTRANSPIRACION POT.	15	20	34	49	81	111	142	133	87	55	28	12	767
	BAL. HIDRICO	50	26	16	-13	-50	-93	-141	-128	-63	-18	22	47	-345
	DIAS DE LLUVIA	8	8	9	8	6	3	1	1	4	6	8	8	70
	DIAS DE NIEVE	0,6	0,7	0,2	0,1								0,5	2,1
	PRECIP. MEDIA EN 24 H	8,12	5,75	5,55	4,50	5,17	6,00	1,00	5,00	6,00	6,17	6,25	7,37	6,03

CUADRO N° 2

PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS. COMPARACION ENTRE LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS DE BERMEJALES Y ALHAMA DE GRANADA

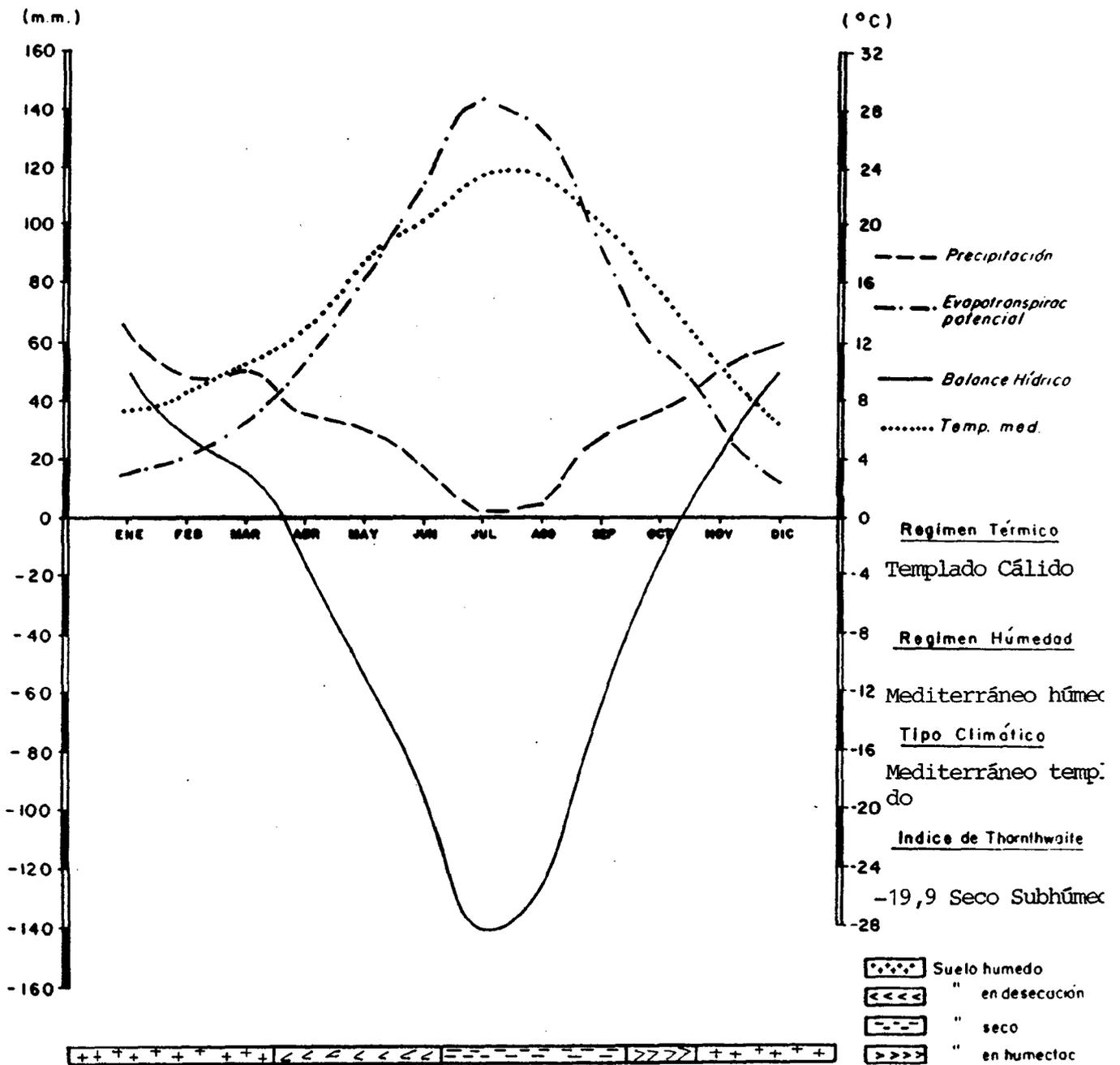
AÑO 1.9 ESTACIONES	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
Alhama	47,7 D	50,4 Jn	41,0 D	44,0 Ab	43,0 E	54,0 E	42,0 S	39,0 S	56,0 N	44,0 O	42,2 D	29,0 N	85,0 F	45,2 M	43,5 O	70,0 D	45,4 D	40,5 O	50,6 My	40,0 My	50,0 S	35,4 F	45,0 S	52,0 F	50,0 N	60,0 Jn	60,0 S
Bermejales	40,4 M	30,2 F	26,9 D	25,6 Mz	33,1 F	34,5 E	35,4 S	52,5 S	41,3 N	34,5 Ag	26,2 O	27,7 Ab	53,8 F	29,0 M	49,3 D	29,3 D	34,0 My	27,0 J	27,0 N	45,5 O	60,0 S	18,5 F	16,0 F	22,0 F	23,5 Jn	37,0 Jn	42,5 S

los valores de precipitaciones máximas en 24 horas para la propia estación Bermejales y los obtenidos en el pluviómetro de Alhama.

De estos datos puede deducirse por una parte que la pluviometría de Alhama de Granada es mayor que la de la estación base al menos en un 20%; que las lluvias torrenciales caídas en 24 horas suponen casi 6 veces las lluvias del día medio; que los meses de más torrencialidad son septiembre y diciembre (cinco veces cada uno en el período considerado de 27 años) pero que salvo en julio y agosto las lluvias torrenciales pueden producirse en cualquier mes. Sin embargo considerada la situación de humedad del suelo, no hay duda que las lluvias torrenciales otoñales (septiembre y en menor grado octubre) son las de mayor incidencia en cuanto a la estabilidad del suelo; lo cual unido a sus valores absolutos frecuentemente superiores a 50 mm hacen que sean estos valores, sobre todo si se producen en un temporal de varios días, los más peligrosos. También son ellos fuente de inundaciones, aunque estas son más frecuentes en invierno o principios de primavera.

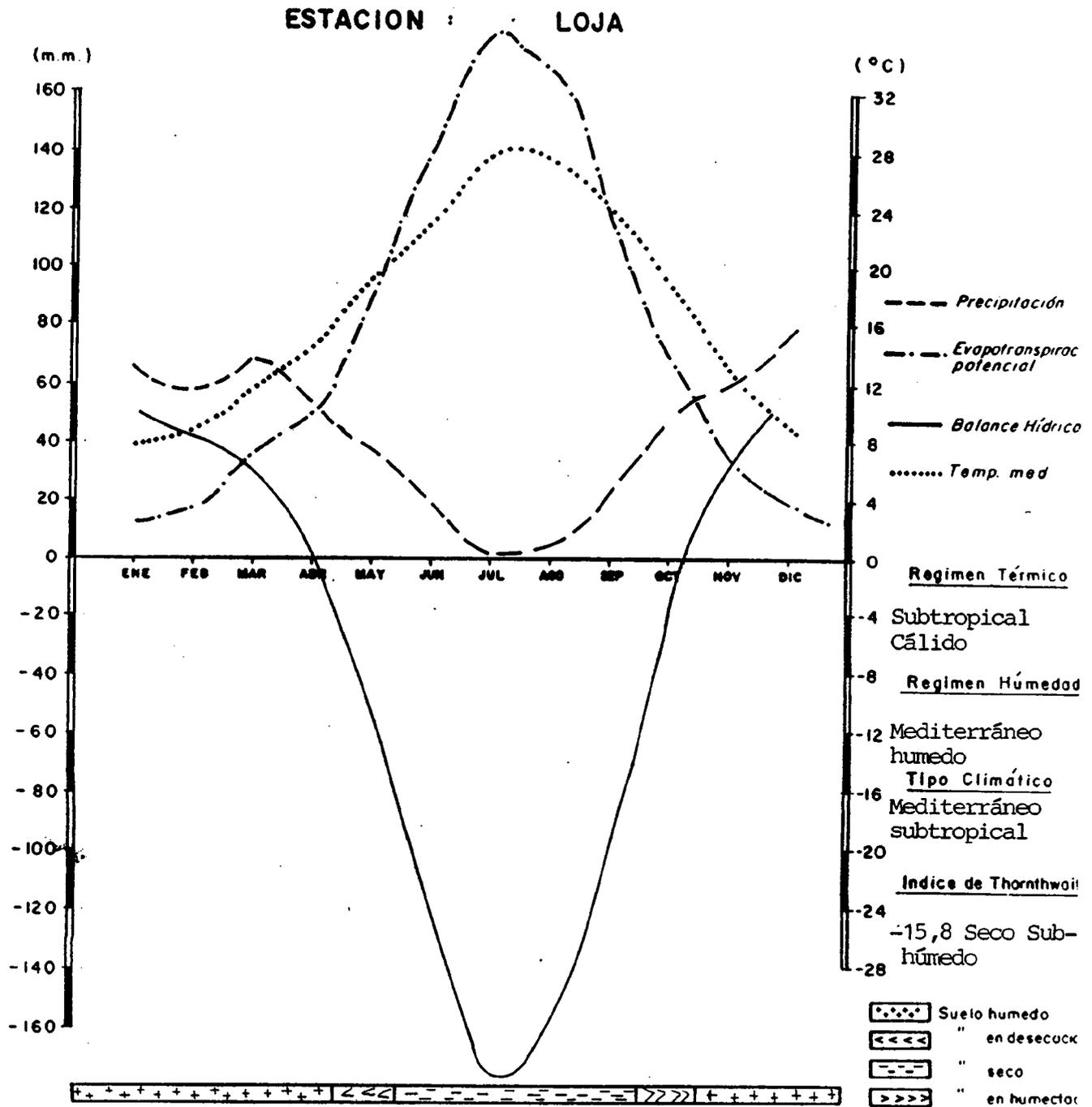
En los gráficos adjuntos se han consignado en forma gráfica los valores de balance hídrico en la estación Los Bermejales; con las salvedades citadas pueden considerarse representativos del estado de humectación del suelo de Alhama. Así mismo, se ha representado el balance hídrico de la estación de Loja, considerada una aproximación al estado climático de la localidad estudiada.

# ESTACION : BERMEJALES (Pantano)



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Precipitación media.	65	46	50	36	31	18	1	5	24	37	50	59	mm
Evapotranspiración media.	15	20	34	49	81	111	142	133	87	55	28	12	mm
Balance hídrico	50	26	16	-13	-50	-93	-141	-128	-63	-18	22	47	mm
Temperatura media	7,1	8,0	9,9	12,2	16,8	20,0	23,6	23,4	19,6	15,0	10,2	6,0	°C

**FIG. 1 - Balance hídrico y datos climáticos**



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Precipitación media.	66	59	69	54	38	19	2	4	24	51	60	78	mm
Evapotranspiración media.	13	18	37	53	91	137	180	163	114	64	28	15	mm
Balance hídrico	53	41	32	1	-53	-118	-178	-159	-90	-13	32	63	mm
Temperatura media	7,9	9,0	12,3	14,7	18,9	23,5	27,4	27,2	23,4	17,8	12,1	8,6	°C

**FIG. 2 - Balance hídrico y datos climáticos**

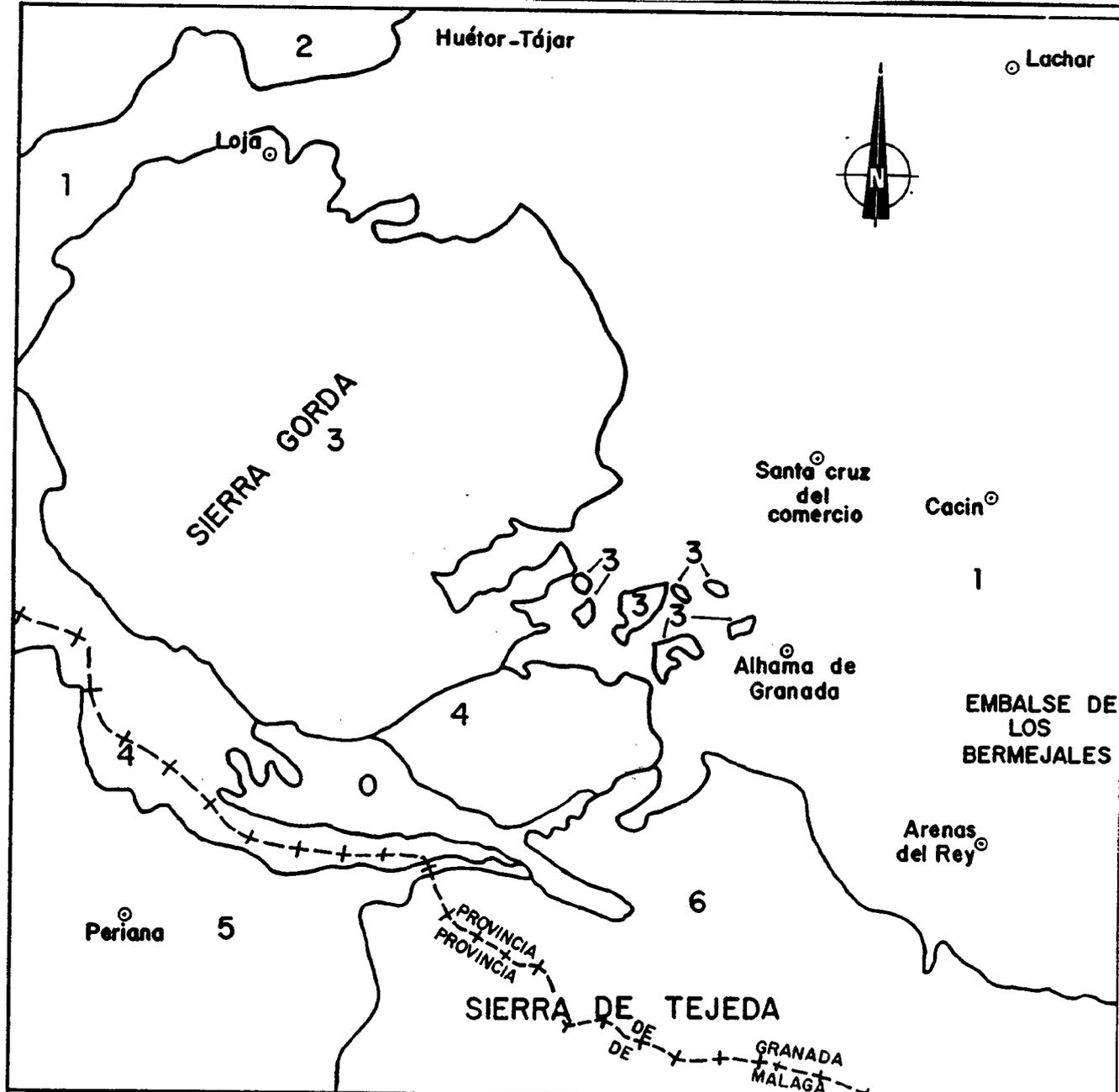
### 3. GEOLOGIA

#### 3.1. CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL (ver fig. nº 3)

La tierra de Alhama, dispuesta en el borde suroccidental de la provincia de Granada, constituye una zona estructuralmente muy compleja en la que aflora por el oeste la Unidad de Sierra Gorda perteneciente al Dominio Subbético; al sur de la Sierra de Tejeda forma parte del Dominio Alpujarride (Intrabético) en tanto que el entorno mismo de la ciudad, a un kilómetro por el norte y por el oeste se reconocen afloramientos de edad triásica y jurásica afines a la Unidad Sierra Gorda, pero que también podrían pertenecer a la Unidad Zafarraya también subbética.

La ciudad misma se asienta sobre depósitos del Mioceno medio (Serravaliense) y superior (Tortonense-Messiniense) afectados por múltiples fallas de tipo distensivo pese a formar parte de los depósitos de relleno de la cuenca neógena de Granada. Se trata de depósitos de borde con frecuentes cambios litológicos laterales, que corresponden a ámbitos litorales, costeros, con fuerte influencia fluvial en la base. Más adelante la influencia fluvial se difumina; hacia el Tortonense superior los depósitos pasan a ser continentales, siendo los depósitos messinienses de facies lacustres.

Las formaciones cuaternarias tienen un carácter fluvial (aluviones-terrazas) o torrencial (conos de deyección).



### LEYENDA

- 0- Dominio postorogénico- Formación Mesa de Zalia.
- 1- Dominio postorogénico- Formación Vega de Granada.
- 2- Dominio Subbético- Formación Hacho de Loja.
- 3- Dominio Subbético- Unidad de Sierra Gorda.
- 4- Dominio Subbético- Unidad de Zafarraya.
- 5- Dominio Subbético- Complejo Colmenar- Periana
- 6- Dominio Bético - Complejo Alpujárride.

FIG. 3.- ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL ENTORNO DE ALHAMA DE GRANADA.

Desde un punto de vista tectónico, la Zona Bética se caracteriza por presentar un conjunto de mantos de corrimiento superpuestos, con características paleogeográficas y tectónicas diferentes y desplazados varios kilómetros desde su "patria". Por otra parte, existen numerosos "klippes" y escamas aisladas "flotando" sobre unidades más modernas, así como un intenso proceso de "flattering" o aplastamiento tectónico, y cepillamientos y cobijaduras basales que reducen considerablemente el espesor de la serie original. En general incluye depósitos más o menos metamorfizados paleozóicos y triásicos, sólo accidentalmente se reconocen algunos materiales jurásicos.

Por otro lado, cada uno de los Complejos primitivos (Nevado-Filábride, Alpujárride y Maláguide), se subdividen hoy día en otras unidades menores atendiendo a su litoestratigrafía, posición tectónica, caracteres paleogeográficos, etc; la nomenclatura de estas unidades se encuentra enormemente diversificada a lo largo de toda la geografía Bética. Son unidades independientes dadas las peculiares características de cada una de ellas.

La Zona Subbética se encuentra representada por materiales sedimentarios de edades comprendidas entre el Triásico y el Mioceno inferior inclusive. La Unidad Sierra Gorda está caracterizada por un conjunto carbonatado, fundamentalmente calizo que abarca todo el Jurásico y culmina con un Cretácico de naturaleza margosa. La unidad Zafarraya comienza con una base dolomítica en parte triásica y sigue por una sucesión de calizas con secuencias margosas que ocupa el Liásico y el Dogger. El Malm es fundamentalmente margoso y también lo son el Cretácico y el Paleó-

geno.

La diferenciación de los materiales terciarios, por cuanto tienen mayor incidencia en la estabilidad de las laderas será objeto del apartado siguiente.

### 3.2. ESTRATIGRAFIA

De acuerdo con la columna litológica general de la figura nº 4 los materiales terciarios y cuaternarios que afloran en el casco urbano de Alhama de Granada y su entorno son de muro a techo los siguientes:

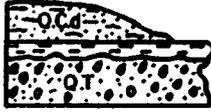
- Calcarenitas bioclásticas, arenas y conglomerados.
- Calcarenitas bioclásticas y areniscas en facies molásica.
- Limos y arenas con algunas intercalaciones conglomeráticas.
- Conglomerado Alhama (cambio lateral de la serie anterior)
- Margas lacustres, margocalizas y limos arenosos.
- Coluviones.
- Conos de deyección.
- Terrazas fluviales.
- Aluviones actuales.
- Rellenos artificiales.

#### 3.2.1. Calcarenitas bioclásticas, arenas y conglomerados

Aparecen exclusivamente en el fondo del valle a partir de la inflexión hacia el este del río en el meandro de la ciudad. Más hacia el sur debido al efecto de conjunto de varias fallas ocupan un amplio territorio por debajo de la cota 905 m. Hacia el norte desaparecen



Aluviones: gravas areno-limosas



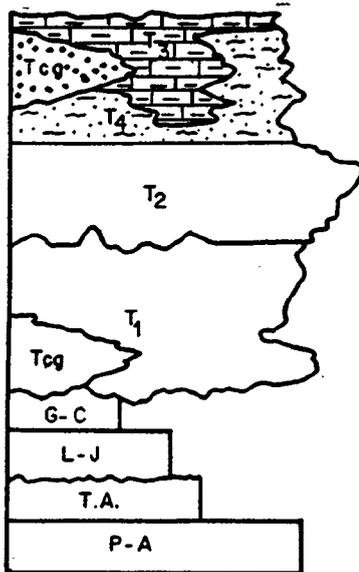
Conos de deyección: limos y arenas

Terrazas fluviales: gravas limo-arenosas cubiertas por arcillas limosas



Coluviones: Margas arenosas

↑  
CUATERNARIO  
↓



T<sub>3</sub> - Margas, margocalizas y limos arenosos

T<sub>gc</sub> - Conglomerados

T<sub>4</sub> - Arenitas y limos

T<sub>2</sub> - Molasas

T<sub>1</sub> - Areniscas calcáreas y Calizas bioclásticas

T<sub>cg</sub> - Conglomerados

G-C- Margas - Cretácico

L-J- Calizas - Jurásico

T.A.-Mármoles y esquistos

P-A.-Esquistos y gneises

↑  
Mesioceno  
Tortoniano  
Sarrovetense  
↓

MIOCENO

} M.ª Gorda  
} C. Alpujerride

Base de sedimentac  
no  
afiorante

FIG.4.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA ESQUEMATICA DEL ENTORNO DE ALHAMA DE GRANADA.

bajo los aluviones a la altura de la Casa del Molinillo.

Son materiales arenosos bastante sueltos en general con algunos lentejones conglomeráticos por el sur. Hacia el norte crece la cementación carbonatada llegando a poder definirse calizas conglomeráticas y calizas bioclásticas arenosas (maciños) sobre todo en la base de la formación. La potencia vista no supera los 40 m, sin embargo el juego citado de las distintas fallas hace parecer que sea mayor. Esta unidad se dispone discordante por el sur sobre el Paleozóico Alpujarride, en tanto que los contactos con el Mesozóico Subbético son de tipo mecánico. En ambos casos se sitúan alejados del casco urbano.

### 3.2.2. Facies molásica

Aunque aparentemente semejante a la zona anterior en su denominación, las molasas aparecen con un aspecto rocoso mucho más definido. Se trata de rocas bien cementadas y aunque en ellos pueda producirse una cierta alteración superficial de tipo químico (disgregación), fundamentalmente sufren una erosión de tipo físico (fracturación).

La potencia de esta serie es de unos 30 m aunque hacia el norte de la ciudad al crecer la proporción de cemento y descender el componente detrítico de la serie inferior, el espesor conjunto de ambas (con el mismo comportamiento geotécnico) alcanza los 50 m.

En detalle es una serie bastante monótona de calizas bioclásticas más o menos detríticas en capas decimétricas o bancos métricos que intercalan juntas de arenitas (no cementadas) o areniscas (con algo de cemento) en forma de juntas minoritarias.

### 3.2.3. Limos y arenas

Se disponen sobre las molasas anteriores en forma concordante y con una transición rápida a través de capas de arenitas bastante sueltas; se trata, sin embargo, de una facies expansiva por lo que en otras áreas más alejadas de la ciudad puede cubrir depósitos mesozóicos.

En general constituyen una masa de limos y arenas grises (depósitos masivos litorales) tanto más fina cuanto más alta (en paso a facies continentales). No existen diferenciaciones litológicas netas si bien se reconocen pseudoplanos subhorizontales más o menos ondulados marcados por cambios en la granulometría.

Con estas características limo-arenosas la formación aflora sobre todo hacia el sureste de la ciudad, en tanto que por el nordeste y oeste aparece sustituida por el gran paquete margoso que se describe más adelante; en el área de afloramiento la serie tiene una potencia de unos 40 m.

### 3.2.4. Conglomerado calcáreo

Corresponde a un cambio lateral de facies de los niveles anteriores; son conglomerados muy heterométricos de cantos fundamentalmente calizos, relativamente redondeados, con matriz limo-arenosa y cemento carbonatado en proporción variable (generalmente escasa).

### **3.2.5. Margas lacustres, margocalizas y limos arenosos**

Al oeste y norte de Alhama la serie Tortoniense superior es fundamentalmente margosa; el porcentaje de material fino es predominante aunque hay algunas intercalaciones de arenitas; el contenido en carbonatos es de un 35-40% de media. Se trata de una formación masiva en la que las arenitas actúan como intercalaciones en capas de 5 a 20 cm de grosor. El contenido en carbonatos crece hacia la parte superior dando lugar a hiladas de margocalizas más o menos tableadas.

### **3.2.6. Coluviones**

Se han cartografiado al sur de la ciudad tapizando la vaguada comprendida entre la carretera de Zafarraya y el río Alhama. En este caso son fundamentalmente arenosos y con algunos clastos de areniscas y calcarenitas incluidos.

Por otra parte, aunque no se han cartografiado dado que presentan unos límites difusos y una potencia muy variable, existe sobre la formación margosa un suelo eluvio-coluvial arcillo-limoso bastante flojo.

Otros suelos gravitacionales están formados por derrubios ocasionales de piés de talud en la formación areno-limosa.

### **3.2.7. Terrazas y aluviones fluviales**

Los aluviones y terrazas del río Alhama están constituidos por gravas redondeadas con predominio de

los clastos calcáreos y matriz limosa. Son materiales sueltos, sin cementación y, en el caso de las terrazas, recubiertos de suelo vegetal potente (0,8-1 m) arcillo-limoso.

### 3.2.8. Conos de deyección

Fundamentalmente están constituidos por limos arenosos, algo arcillosos, superpuestos a las terrazas; tienen actividad actual y en ellos los torrentes se abren en abanico según varios canales distributarios.

Por otra parte debe señalarse la presencia de suelos vegetales poco desarrollados sobre las formaciones terciarias e indicar la existencia de depósitos antrópicos como consecuencia de la actividad humana en forma de rellenos de vaguada o echadizos en laderas.

## 3.3. TECTONICA Y SISMICIDAD

### 3.3.1. Tectónica regional

Como se ha comentado anteriormente, la tectónica característica de la Zona Bética es de mantos de corrimientos sobre cuya edad, lo único que se puede comentar es que son posteriores al Triásico superior y anteriores al Oligoceno superior. Debió de producirse probablemente en dos etapas compresivas diferentes.

En épocas más modernas, después del Tortoniense (Mioceno), tiene lugar una etapa de plegamiento que origina grandes pliegues de dirección N 80°E, seguido de una etapa

de fracturación, en general de fallas normales.

Este plegamiento de gran radio, se acompañó de grandes deslizamientos gravitatorios de parte de la "cobertera tectónica".

Por otra parte puede decirse que las unidades alóctonas pueden ser clasificadas como "mantos de zócalo" en sentido estratigráfico ya que los materiales paleozoicos subyacentes de las series han sido rejuvenecidas por la Orogenia Alpina.

Esta tectónica de mantos, ha inducido la superposición de los tres complejos: El Complejo Nevado-Filábride ocupa la posición inferior, por encima se dispone el Complejo Alpujárride sobre el que descansa el Complejo Maláguide.

En la Zona Subbética el rasgo tectónico más característico, es la diferencia existente entre el zócalo y la cobertera. El zócalo pretriásico no aflora en ningún sector comportándose de una manera más o menos rígida sin dar lugar a plegamientos. La cobertera, por el contrario, se muestra fuertemente afectada por la Orogenia Alpina dando lugar a estructuras de corrimiento y desplazamientos importantes desde su situación original.

El nivel de despegue de estos desplazamientos se sitúa en el Keuper arcilloso y plástico formando una "película lubricante" a favor de la cual se desplazó la cobertera mesozóica y terciaria. El Triás inferior se comporta en muchas zonas, solidario con el Paleozoico "rígido".

La estructura general de la Zona se puede resumir a grandes rasgos considerando que las diversas estructuras y unidades, cabalgan (o se encuentran desplazadas), sobre las unidades situadas más al norte; estando afectado todo el conjunto por un plegamiento de dirección general OSO-ENE. A esta estructura principal se puede superponer localmente otra con vergencia opuesta SSE (retrocabalgamientos). De todo ello resultan estructuras complejas con frecuentes interferencias y vergencias anómalas de difícil interpretación.

### 3.3.2. Neotectónica - Tectónica local

La tectónica intensa de mantos de corrimiento de las Cordilleras Béticas, se puede considerar finalizada en el Mioceno medio.

La neotectónica, estudia las deformaciones y estructuras producidas actualmente o en épocas recientes siendo, en realidad, continuación de la historia alpina sufrida por las Cordilleras Béticas. Algunas de las características de las deformaciones sufridas anteriormente se remarcan, como en el caso de la fracturación que, en principio, continúa con las mismas direcciones predominantes en las últimas etapas alpinas.

No obstante la característica principal de la neotectónica corresponde al resultado de una etapa distensiva muy marcada que se reconoce a partir del Tortoniense, dando lugar a la formación de la depresión de Granada.

El juego de los diversos sistemas de fallas normales se ha prolongado hasta la actualidad. Algunas

de las fallas de borde de la Depresión están fosilizadas por depósitos cuaternarios, pero otras atraviesan coluviones o depósitos lacustres pleistocénicos.

Algunas de estas fallas presentan componentes de salto según su propia dirección, lo cual no es totalmente explicable en una fase exclusivamente distensiva. Existen además algunas fallas cuaternarias en la región de tipo inverso y, por tanto, de claro componente compresivo, por tanto no es posible considerar una neotectónica exclusivamente distensiva aunque esta sea predominante.

Esta etapa de compresión parece ser propiamente cuaternaria y en función de las huellas dejadas debe considerarse que los movimientos se produjeron de manera muy rápida (Estevez y Sanz de Galdeano-1983).

Esta posible coexistencia de etapas compresivas-distensivas puede ser explicada en relación con un levantamiento general de la región, ligado a un mecanismo de compensación isostática. Se trataría por lo tanto, de un sistema de equilibrio entre dos procesos simultáneos. Por un lado el levantamiento por compresión en dirección N-S ó E-W y por otro la compensación isostática de los materiales que se van depositando en áreas subsidentes.

En el entorno de Alhama de Granada se han detectado fracturas y fallas, en general normales que afectan al Tortoniense continental. Por otro lado, los materiales cuaternarios no parecen presentar fracturas, aunque dada la escasa cementación de estos materiales es muy posible que, caso de existir aquellas, no dejaran huellas ostensibles.

En el Mapa Geológico adjunto puede verse la situación de las fracturas principales que afectan al casco urbano.

### 3.3.3. Sismicidad

La actividad sísmica de la península Ibérica está condicionada por su situación con respecto a las grandes placas litosféricas de Eurasia y Africa.

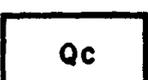
El contacto entre dichas placas se extiende desde los Azores por el Oeste hasta el estrecho de Gibraltar. Desde aquí y hacia el Este la zona de contacto queda enmascarada, complicándose su interpretación por otras posibles fracturas que separan a su vez otras placas marginales.

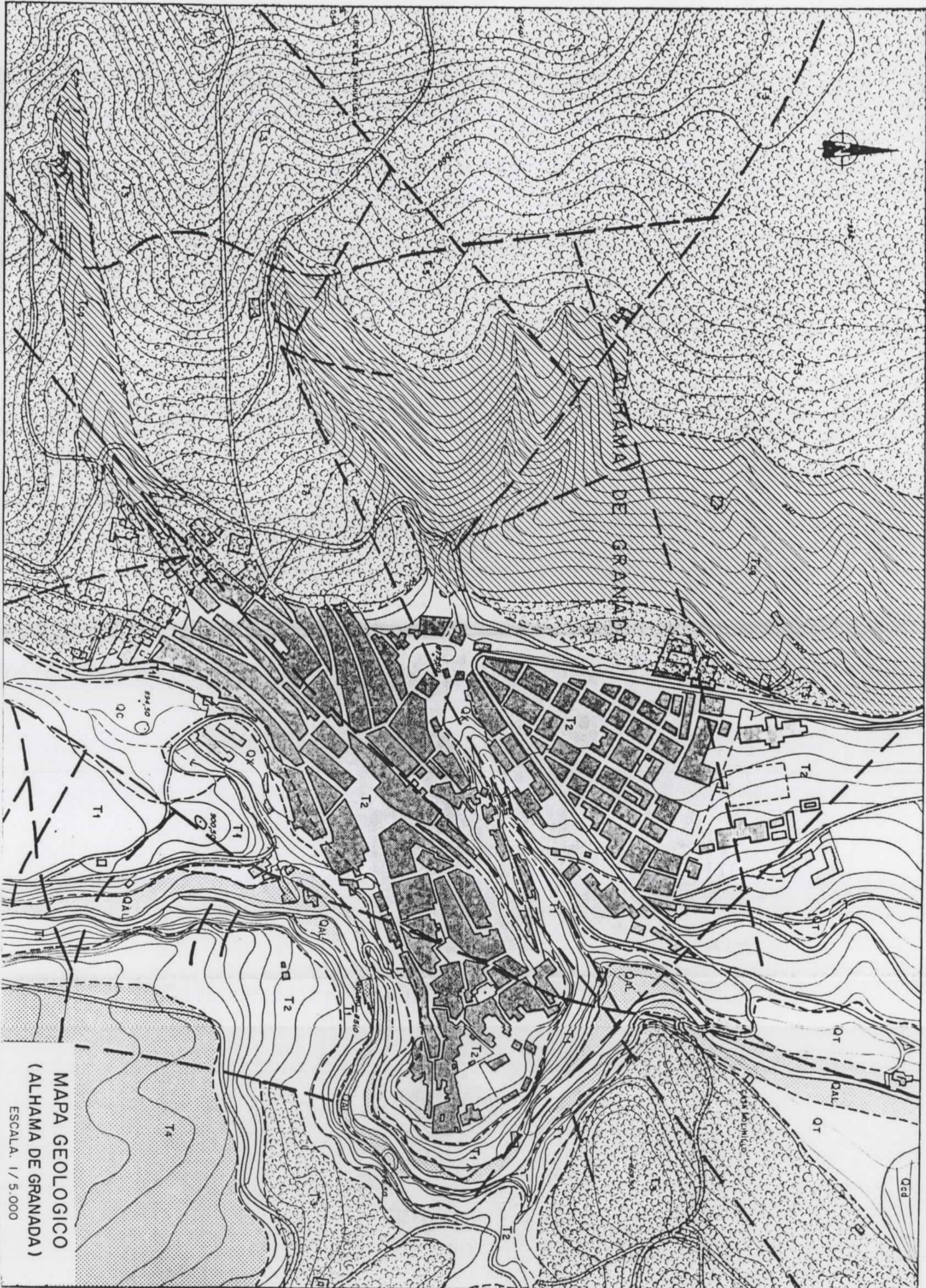
En la mitad meridional de la Península Ibérica, la actividad sísmica está concentrada al sur de la flexura del Guadalquivir, que separa la zona de la Meseta, sísmicamente más o menos estable, de la zona de las Béticas, de notable actividad sísmica sobre todo en el área de Granada, Almería, Murcia y Alicante.

De los terremotos de intensidad mayor de VIII como los de los años 1431, 1526, 1581, 1806, 1884, 1911 y 1956, cinco de ellos se localizan cerca de la ciudad de Granada. El terremoto de Andalucía de intensidad máxima IX del año 1884, que afectó severamente a Ventas de Zafarraya, Alhama de Granada y Arenas del Rey, es el más catastrófico de los registrados históricamente en España por las víctimas y los daños que produjo. En el cuadro nº 3 adjunto de terremotos históricos se puede distinguir

# LEYENDA MAPA GEOLOGICO

## -ALHAMA DE GRANADA -

CUATERNARIO (Holoceno)		Qs	Rellenos y echadizos antrópicos.
		QAL	Aluvial (gravas y arenas arcillosas)
		QT	Terrazas ( gravas calcáreas arenosas )
		Qcd	Conos de deyección.
		Qc	Coluvial ( margas arenosas )
MIOCENO (Tortonense)		T4	Arenas y limos.
		T3	Margas algo arenosas.
		T2	Calizas arenosas.
		T1	Calcarenitas bioclásticas.
		T0	Conglomerados calcáreos.
			Falla.
			Falla supuesta.
			Contacto de formaciones



ALHAMA DE GRANADA

MAPA GEOLOGICO  
(ALHAMA DE GRANADA)  
ESCALA. 1/5.000

la gran cantidad de sismos referidos a la ciudad de Granada, aunque los epicentros de éstos pueden estar localizados en otros lugares próximos a la ciudad, ya que no es hasta el año 1925 aproximadamente, cuando se empiezan a obtener registros del área estudiada. Anteriormente se atribuía el epicentro al lugar con mayores daños sufridos.

Los sismos representados, corresponden a aquellos cuyos frentes de onda alcanzaron Alhama de Granada con intensidades iguales o superiores a V. Así mismo se han reflejado los terremotos con intensidades inferiores, pero cuyo epicentro se sitúa en la propia ciudad.

A partir del año 1950 los sismos pueden considerarse ya como instrumentales, en los cuales es posible determinar con un cierto margen de error, los distintos epicentros. Estas localizaciones varían ligeramente de un año para otro, debido a la relocalización producida al revisarse los datos originales.

Aunque sea aventurado establecer lineamientos o lineaciones sísmicamente activas, se puede observar que a unos 2 Kms al sur de Alhama de Granada, parece existir una alineación con dirección E-W que llega hasta Durcal. (ver fig. 5).

Más al sur a unos 6 Kms de Alhama de Granada, parece existir otra lineación con dirección E-W que discurre al norte de Ventas de Zafarraya e inmediatamente al sur de Arenas del Rey y Lanjarón. Es en ésta donde parece ser que tuvo lugar el hipocentro del sismo de Arenas del Rey de intensidad IX el 25-XII-1884.

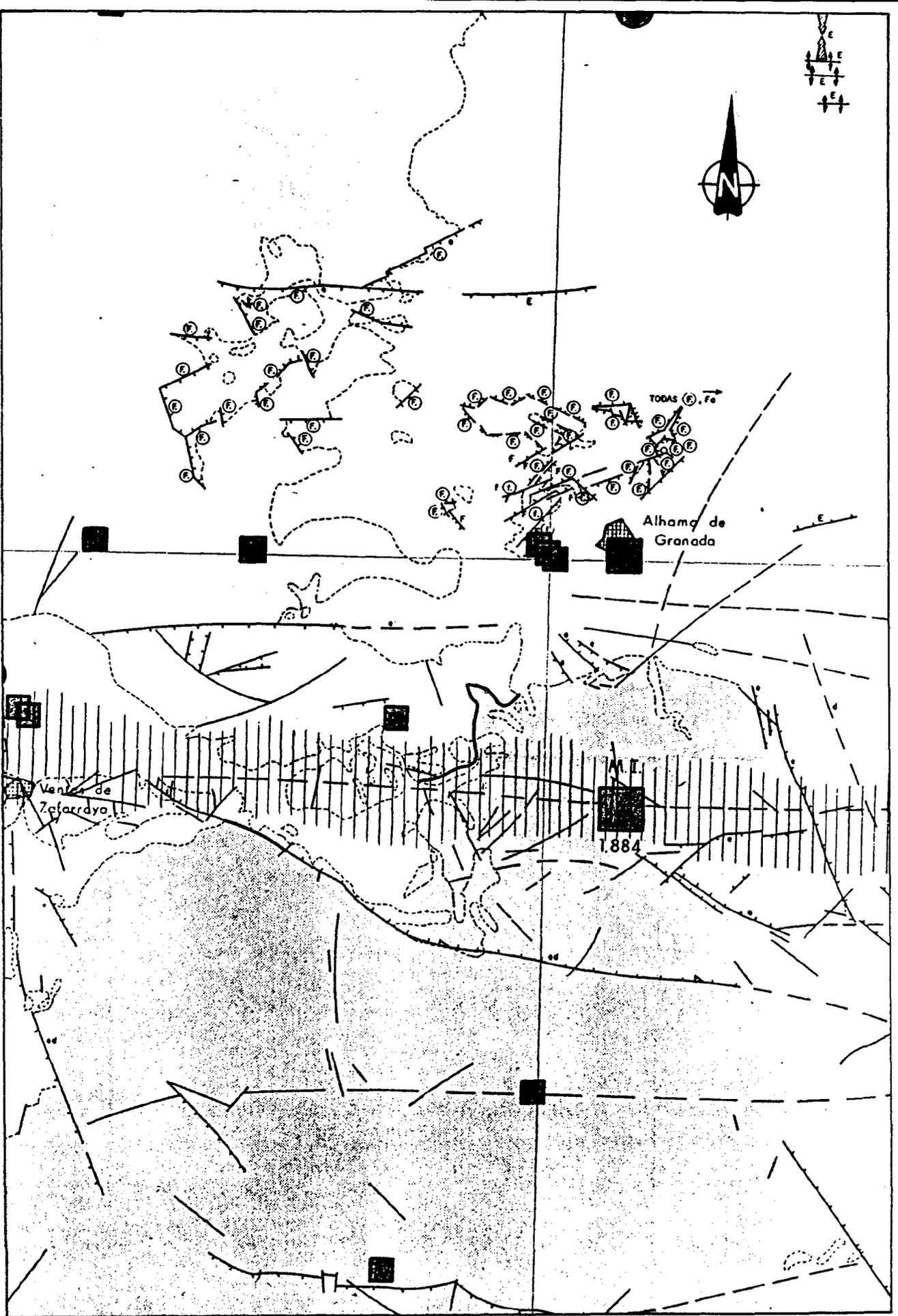


FIG.5 - ESQUEMA SISMOTECTONICO

ESCALA = 1 / 100.000

CUADRO Nº 3 - TERREMOTOS HISTORICOS QUE HAN  
AFECTADO A ALHAMA DE GRANADA

FECHA			LONGITUD	LATITUD	INTENSIDAD EPICENTRAL	EPICENTRO- LOCALIDAD
DIA	MES	AÑO				
24	IV	1431	3º 40'	37º 14'	VIII	ATARFE (GR)
5	IV	1504	5º 36'	37º 24'	X	CARMONA (SE)
9	XI	1518	1º 52'	37º 13'	IX	VERA (AL)
22	IX	1522	2º 30'	36º 55'	IX	ALMERIA
4	VII	1526	3º 34'	37º 11'	VIII	GRANADA
26	I	1531	9º 00'	38º 57'	X	VILLAFRANCA XIRI (PORTUGAL)
18	VI	1581	4º 0'	36º 50'	VIII	SIERRA DE ALHAMA (GR)
9	VI	1635	3º 34'	37º 11'	VI	GRANADA
6	X	1640	3º 34'	37º 11'	V	GRANADA
1	XI	1755	10º 00'	37º 00'	X+réplicas	W CABO SAN VICENTE
13	XI	1778	3º 36'	37º 12'	VII	GRANADA
20	VI	1801	3º 36'	37º 12'	VI	ATARFE (GR)
16	IX	1804	3º 36'	37º 12'	V	ATARFE (GR)
27	x	1806	3º 40'	37º 12'	VIII	SANTA FE (GR)
29	VII	1822	3º 36'	37º 12'	VI	GRANADA
15	V	1826	3º 36'	37º 12'	VII	GRANADA
14	XII	1826	3º 36'	37º 12'	VI	GRANADA
20	V	1849	3º 36'	37º 12'	V	GRANADA
17	IV	1863	3º 26'	37º 12'	VII	GUEJAR (GR)
28	I	1872	3º 22'	36º 45'	VII	MOTRIL (GR)
28	I	1873	3º 36'	37º 12'	VI	GRANADA
24	III	1875	3º 36'	37º 12'	VI	GRANADA
7	VIII	1877	3º 36'	37º 12'	VI	ATARFE (GR);
12	IV	1879	3º 36'	37º 12'	VI	GRANADA
25	XII	1884	3º 59'	36º 57'	IX+réplicas	ARENAS DEL REY (GR)
27	II	1885	3º 59'	36º 57'	VII+réplicas	ARENAS DEL REY (GR)
6	X	1887	4º 00'	37º 00'	-	ALHAMA DE GRANADA
25	III	1889	4º 00'	37º 00'	V	ALHAMA DE GRANADA
16	XII	1889	3º 36'	37º 12'	V	GRANADA
20	X	1895	3º 36'	37º 12'	VI	GRANADA
13	X	1897	3º 36'	37º 12'	VII	GRANADA

CUADRO Nº 3 - (Continuación)

DIA	FECHA		LONGITUD	LATITUD	INTENSIDAD EPICENTRAL	EPICENTRO- LOCALIDAD
	MES	AÑO				
25	V	1901	3º 30'	36º 42'	VII	MOTRIL (GR)
16	VI	1910	3º 22'	36º 40'	VII+réplica	ADRA (AL)
31	V	1911	3º 42'	37º 12'	VII+réplica	SANTA FE (GR)
4	VI	1911	3º 42'	37º 12'	VII+réplica	SANTA FE (GR)
16	V	1912	3º 42'	37º 12'	V	SANTA FE (GR)
14	X	1912	3º 36'	37º 12'	VI	GRANADA
10	VII	1917	4º 06'	37º 12'	VI	LOJA (GR)
28	IV	1918	3º 4'	37º 13'	VII+réplica	ATARFE (GR)
6	IX	1918	4º 7'	36º 58'	V	ZAFARRAYA
25	VIII	1919	3º 59'	37º 00'	VI	ALHAMA DE GRANADA
22	X	1920	3º 34'	37º 10'	V+ réplica	GRANADA
27	VII	1922	3º 34'	36º 59'	VII	DURCAL (GR)
12	XI	1930	3º 37'	37º 09'	V	GRANADA
29	XII	1950	3º 24'	37º 09'	V	MONACHIL (GR)
21	IX	1950	3º 59'	37º 06'	IV	ALHAMA DE GRANADA
19	V	1951	3º 56'	37º 35'	VIII	ALCAUDETE (J)
9	VI	1952	3º 51'	36º 56'	IV	ALHAMA DE GRANADA
21	VI	1952	4º 00'	37º 00'	III	ALHAMA DE GRANADA
10	X	1953	3º 36'	37º 06'	V	GRANADA
8	I	1954	3º 53'	36º 56'	VIII	ARENAS DEL REY (GR)
19	IV	1956	3º 41'	37º 11'	VIII+réplicas	ALBOLOTE (GR)
7	V	1958	3º 36'	37º 11'	V	GRANADA
18	VI	1960	4º 07'	36º 58'	III	ALHAMA DE GRANADA (GI)
29	I	1963	3º 37'	37º 03'	VI	DILAR (GR)
9	IX	1964	3º 37'	37º 05'	VII	OTURA (GR)
29	XII	1964	4º 09'	37º 05'	V	LOJA (GR)
18	VI	1971	3º 52'	37º 00'	III	ALHAMA DE GRANADA
20	III	1979	3º 48'	37º 09'	VI	CHIMENEAS (GR)
20	VI	1979	3º 29'	37º 14'	VI	BEAS DE GRANADA
30	VII	1979	3º 40'	37º 06'	VI	ALHEDIN (GR)
31	VII	1979	3º 36'	37º 07'	VI	ZUBIA (GR)
19	IX	1979	3º 58'	37º 01'	V	STA CRUZ DEL COMERCIO
26	XI	1979	3º 46'	36º 51'	VI	SIERRA DEL CHAPARRAL

Parece existir por otra parte, un conjunto de alineaciones en la ciudad de Granada y su entorno, con direcciones NW-SE responsables al parecer, de los terremotos ocurridos tanto en Granada, como en Santa Fe, Albolote, Durcal, Atarfe y distintos pueblos de los alrededores de la capital. En la figura nº 5, tomada de la hoja piloto (Granada) del Mapa Sismotectónico de España (IGME-1983), se esquematizan estas alineaciones así como otros datos sísmicos.

Debe observarse que el entorno de Alhama, fundamentalmente hacia el noroeste, es una zona de "creep tectónico" es decir un lugar donde la energía sísmica se libera fundamentalmente en forma de microsismos continuos. Asociando esto a la existencia de materiales margosos que, como veremos, son bastante inestables en ciertas condiciones de saturación y pendiente, no es raro que se produzcan deslizamientos de ladera en este área.

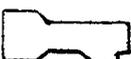
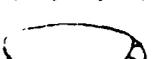
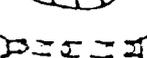
### 3.4. GEOMORFOLOGIA

#### 3.4.1. Introducción

Desde un punto de vista geomorfológico se han distinguido una serie de formas de modelado del relieve que vienen reflejadas en el mapa geomorfológico adjunto.

En él pueden distinguirse una serie de formas de modelado antrópico como es el caso del propio casco urbano de Alhama de Granada, el colector entubado que atraviesa la ciudad, los puentes y carreteras, los relleños y echadizos, etc.

# LEYENDA MAPA GEOMORFOLOGICO

	Falla.
	Falla supuesta.
	Divisoria de arroyos o rios principales.
	Divisoria de arroyos secundarios.
	Divisoria aguda.
	Escarpe pronunciado o cantil.
	Linea de cambio de pendiente.
	Cuesta franca.
	Cimas redondeadas.
	Río o arroyo encauzado.
	Pedraplenes de defensa.
	Puentes.
	Pontones y pequeñas obras de paso.
	Núcleo urbano, con explanaciones y terraplenados importantes (> 2 m.)
	Núcleo urbano, sin grandes excavaciones. (<2 m)
	Río o arroyo de curso perenne.
	Río o arroyo de curso estacional.
	Arroyo o vaguada de curso esporádico.
	Barranco encajado.
	Rellenos y escombros.
	Colector entubado.
	Sumidero.
	Drenaje artificial.



ALHAMA DE GRANADA

CASA MOLINILLO

CRUZ DE LOS HACHUELOS

MAPA GEOMORFOLOGICO  
(ALHAMA DE GRANADA)  
ESCALA. 1/ 5.000

Como formas estructurales se han distinguido las fracturas y fallas, tanto comprobadas como supuestas, que tienen un reflejo morfológico en el relieve en unos casos, quedando ocultas por sedimentos muy recientes en otros. También se han diferenciado los escarpes o cantiles pronunciados así como los cambios bruscos de pendiente, las divisorias de aguas, cimas redondeadas, etc.

En el apartado de morfología fluvial se diferencia en primer lugar los cursos de agua, diferenciando aquellos que poseen un carácter perenne y continuo de los de carácter temporal o esporádico. En segundo lugar, se hace referencia a las formas de las laderas de los regueros, con especial atención a aquellos cursos de agua de marcada incisión lineal y con encajamiento notable.

Por último comentar la presencia de algún sumidero en el área estudiada, que parecen corresponder a zonas falladas en profundidad por donde se infiltran las aguas de arroyada superficial.

#### 3.4.2. Características geomorfológicas

El núcleo primitivo de la ciudad de Alhama de Granada, se asienta en la margen izquierda del arco interno de un meandro encajado del río Alhama.

Posteriormente la ciudad fue creciendo y extendiéndose hacia el suroeste y noroeste, ocupando áreas más o menos llanas en estas direcciones. Más hacia el oeste se disponen laderas con elevada pendiente longitudinal que condicionan el crecimiento de la ciudad y dan lugar a que ésta crezca hacia el norte y en menor medida, hacia el sur. Al este se dispone el río Alhama muy encajado,

siendo un obstáculo al desarrollo de la ciudad por este lado si no se ejecutan obras de comunicación, que enlacen las dos márgenes del río.

La morfología fluvial se caracteriza, en primer lugar, por el encajamiento del río Alhama, formando un cañón de paredes verticales y acúmulos de material desprendido al pié de éstas. A la salida del cañón, se suaviza el relieve, dando lugar a una vega relativamente llana y amplia aprovechada intensamente para cultivos. El curso del río Alhama, aunque está regulado por una represa aguas arriba de la ciudad, presenta un curso continuo, ya que aquella vierte sus aguas prácticamente todo el año.

Por otro lado, todas las torrenteras y vaguadas que desembocan en el río Alhama (curso principal), presentan un carácter estacional o esporádico. Al oeste de la ciudad, se localizan un conjunto de regueros o barrancos encajados, con una incisión lineal muy marcada, consecuencia de la erosión sufrida, mientras que por el este del río Alhama, no se detectan prácticamente ningún torrente de este tipo.

Con respecto a las formas estructurales, aparte de las fallas y fracturas en la mayor parte de los casos deducidas por fotointerpretación, se han reflejado en el mapa geomorfológico, tanto los cantiles del cañón del río Alhama, como diversos escarpes repartidos por el entorno de la ciudad. También se han representado los cambios bruscos de pendiente, situados fundamentalmente al oeste de Alhama, así como las distintas divisorias principales y secundarias, de los arroyos y vaguadas considerados más importantes.

Dentro del modelado antrópico, aparte del propio núcleo de población, en el cual se diferencian áreas con excavaciones importantes, se puede distinguir, por un lado las distintas carreteras y caminos que atraviesan Alhama y su entorno inmediato, los vértices geodésicos, como es el de Cruz de los Hachuelos, situado en la zona más occidental del mapa, los puentes y pontones que cruzan los distintos arroyos y ríos, etc., por otro lado los rellenos y echadizos antrópicos, y los colectores entubados que cruzan prácticamente por en medio de la ciudad, separando la ciudad vieja, situada al sur del colector, de la parte nueva, como es el Barrio de la Joya al norte de aquél, construido a raíz del terremoto de Andalucía (25-XII-1884) con epicentro en Arenas del Rey, población situada a unos 10 Km al SE de Alhama de Granada.

### 3.4.3. Dinámica cortical

A partir de las características morfológicas definidas en el punto anterior y de acuerdo con la naturaleza de los materiales definida en el Mapa Geológico se ha realizado el Mapa de inestabilidades superficiales en el que se diferencian los procesos erosivos fluviales, las áreas de movimientos en masa y las zonas de posible aterramiento.

De acuerdo con el último párrafo del capítulo de sismicidad se han consignado así mismo las líneas de falla en cuanto a que, al ser éstas, superficies preferenciales de disipación de la energía producida por los microsismos, pueden contribuir tanto al desprendimiento de bloques como a desencadenar o acelerar deslizamientos y procesos de reptación.

# LEYENDA MAPA DE INESTABILIDADES SUPERFICIALES



Falla.



Falla supuesta.



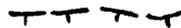
Conos de deyección.



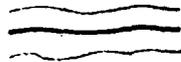
Area de desprendimientos y/o desplomes.  
(activos, latentes, potenciales).



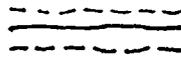
Cicatriz de deslizamientos activos.



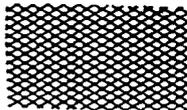
Cicatriz de deslizamientos latentes.



Area potencialmente inundable.



Limite probable del area inundable.



Area con modelado de solifluxión



Area de deslizamientos fosiles.



Lengua de flujo deslizada.



Area con deslizamientos activos.



MAPA DE INESTABILIDADES  
SUPERFICIALES  
(ALHAMA DE GRANADA)  
ESCALA: 1/ 5000

ALHAMA DE GRANADA



936

1040

CRUZ DE LOS  
1054

900

1000

850

894,50

900,50

850

846,50

869,50

En la figura nº 6 aparece un esquema en forma de corte transversal del modelado existente.

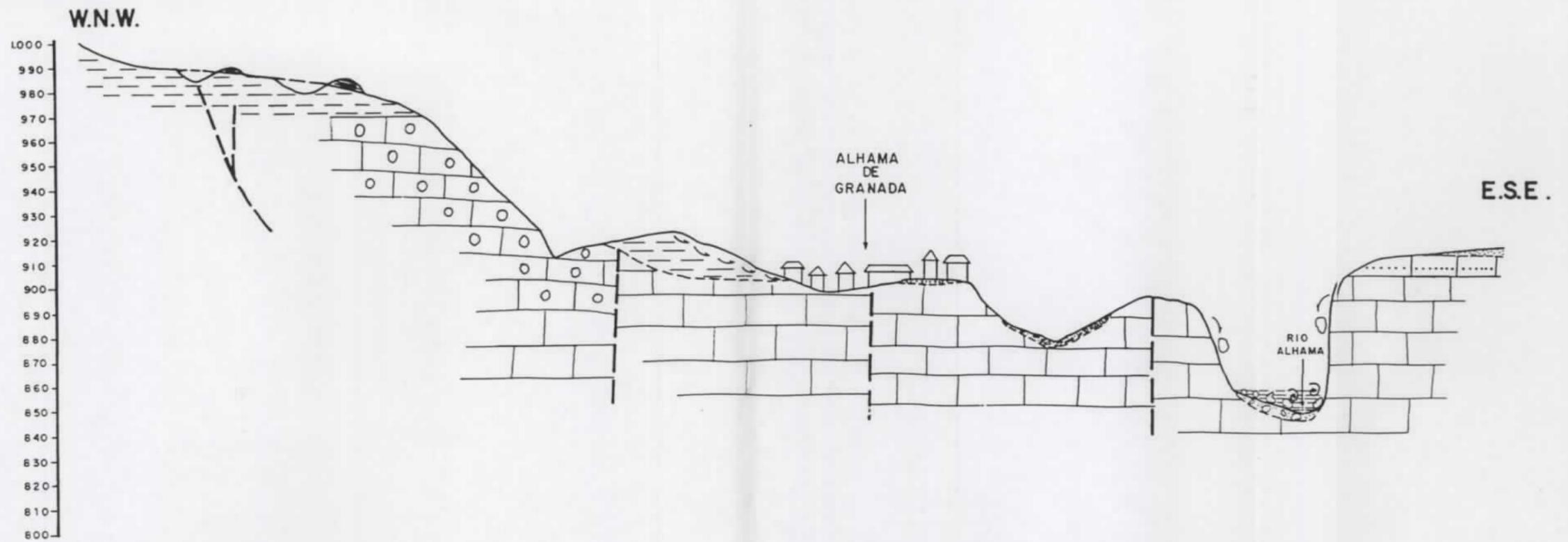
#### 3.4.3.1. Erosión fluvial

Es un área circunscrita al entorno del cauce mayor del río Alhama. La erosión de pié en el cañón que existe al sur de la ciudad y en los cantiles del meandro encajado que la rodea es la causa principal de los desprendimientos.

Debe considerarse así mismo que los barrancos colgados, cortados por el cantil, actúan casi exclusivamente a través de una erosión lineal que separa secciones en la parte superior del frente acantilado.

Otra parte del proceso del retroceso del cantil se debe a la infiltración de agua a través de las fisuras de las planicies superiores. Este agua posteriormente aflora en los frentes acantilados y arrastra parte de los niveles arenosos sueltos formando balmas. Esto se completa a través de la erosión eólica que profundiza y ensancha las balmas dejando viseras de roca que finalmente se desprenden.

En la figura nº 7 y fotografía nº 1 se reconoce el proceso. Al pie del cantil se produce una acumulación de derrubios con grandes bloques desprendidos. En las crecidas y desbordamientos son movilizados dando lugar a nuevos riesgos y preparando el terreno para una nueva erosión de pié que verticalice el talud.



H = 1/5.000  
 E = 1/2.000

LEYENDA

- |  |  |  |                                       |
|--|--|--|---------------------------------------|
|  | Rellenos y echadizos.                    |  | Conglomerados calcáreos.              |
|  | ALUVIAL<br>( gravas y arenas arcillosas) |  | Calizas: arenosas.                    |
|  | COLUVIAL                                 |  | Calcarenitas bioclásticas.            |
|  | Arenas y limos.                          |  | Reptaciones superficiales.            |
|  | Margas algo arenosas                     |  | Desprendimientos y desplomes.         |
|  | Fallas deducidas                         |  | Erosión de pié de cantil              |
|  | Area inundable                           |  | Huellas de deslizamientos fosilizados |

FIG.6.- ESQUEMA DE INESTABILIDADES SUPERFICIALES

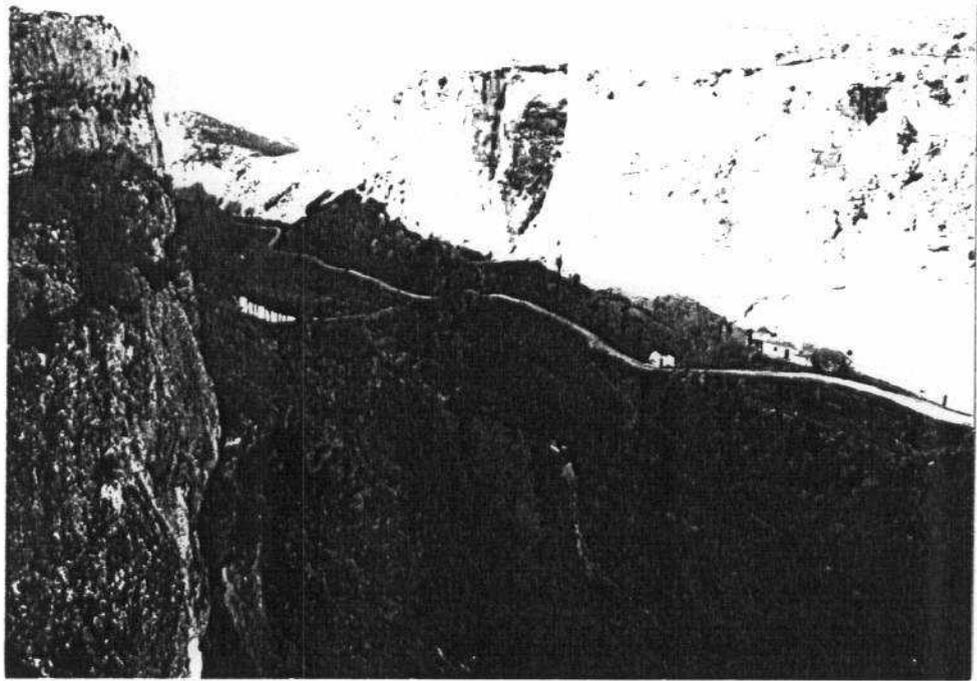
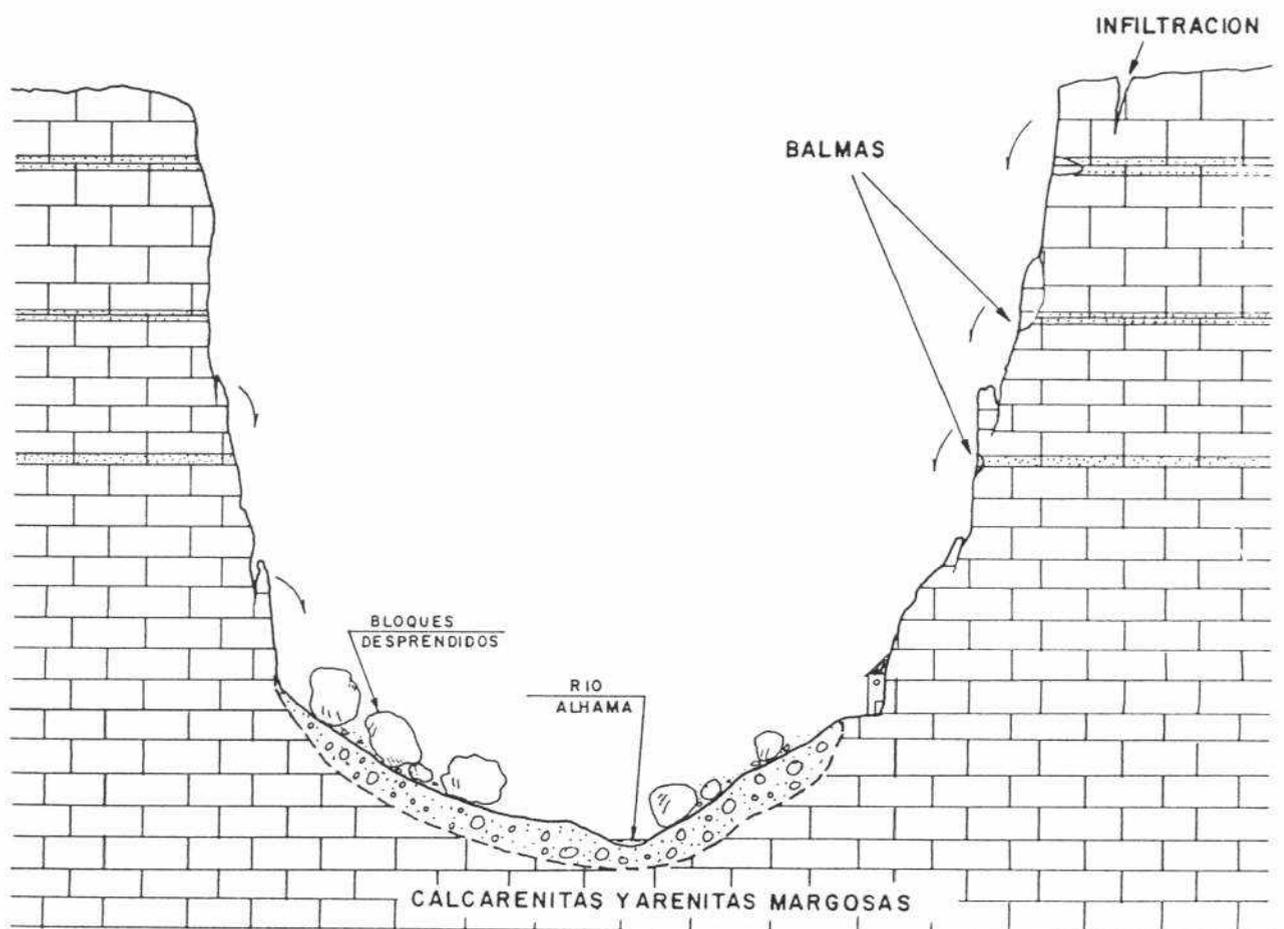


FOTO n° 1



ESC  $\approx$  1/200

FIG. 7

#### 3.4.3.2. Movimientos en masa

Se han reconocido dos tipos, deslizamientos rotacionales puntuales y áreas de soliflucción.

Los primeros corresponden a áreas de contacto entre la formación margosa y los conglomerados calcáreos afectando indistintamente a ambos materiales. Son de pequeña extensión (80x50x10 m como máximo). Se disponen preferentemente en zonas falladas y siempre con pendientes superiores al 25%. Ver figura nº 8 y foto nº 2.

Los procesos de reptación afectan a las laderas margosas o limosas casi exclusivamente y responden a un movimiento del suelo superficial (máximo hasta 2 m de profundidad). Se originan por inestabilidad gravitacional a partir de pendientes del 18% aproximadamente. Los procesos de humectación desecación preparan el material en cuanto a que contribuyen a aflojarlo. Una saturación posterior determina el deslizamiento progresivo de la ladera en forma de proceso lento y sin roturas superficiales que da lugar a una típica pendiente irregular. Ver figura nº 9 y foto nº 3.

#### 3.4.3.3. Zonas de aterramiento

Se ha cartografiado un cono de deyección en el extremo nordeste del mapa como zona de aterramiento activo aunque intermitente. Hay sin embargo riesgo de aterramientos aunque mucho menor en cada uno de los torrentes que descienden de Sierra Gorda (dirección W-E). Estos al perder pendiente longitudinal bien sea en su desembocadura o bien al acceder a la zona explanada del ensanche



FOTO nº 2

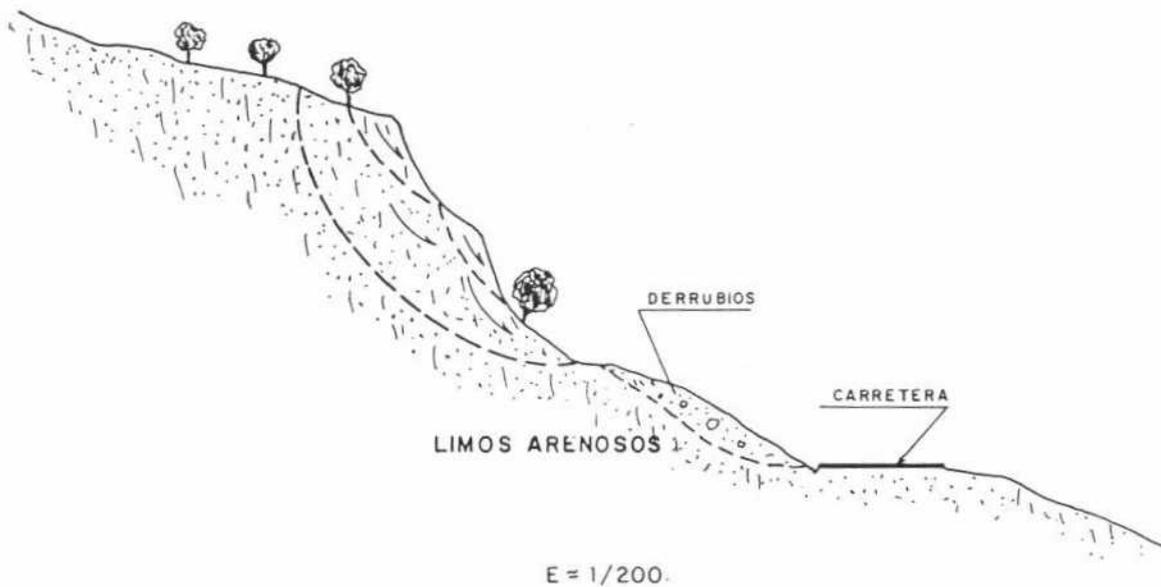


FIG. 8



FOTO nº 3

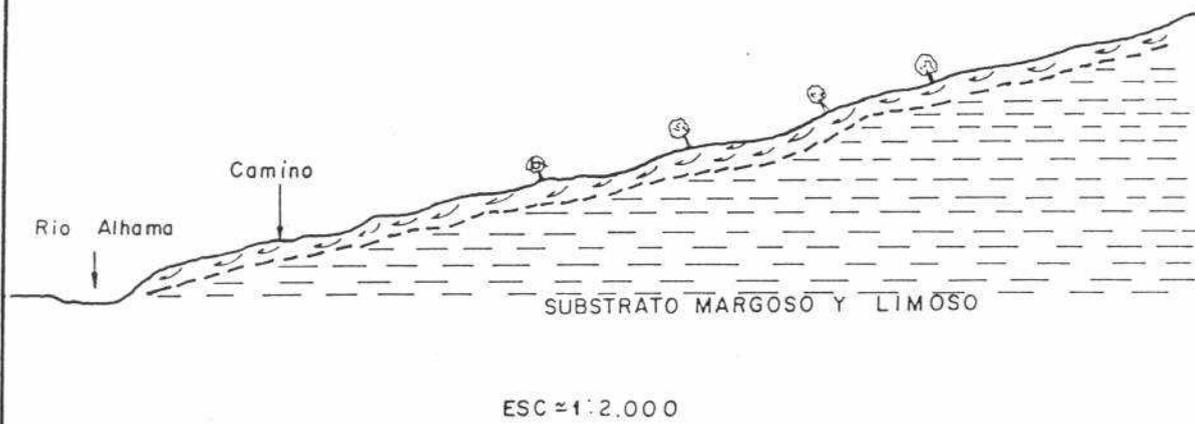


FIG. 9

norte de la ciudad depositan su carga sólida pudiendo aterrar vías urbanas u obras de desagüe.

A este respecto conviene considerar el efecto del posible aterramiento del colector subterráneo que conduce las aguas del barranco situado entre el casco histórico y el ensanche urbano.

### 3.5. HIDROGEOLOGIA

Con respecto a las características del entorno de Alhama de Granada, los niveles limosos y arcillosos terciarios, deben considerarse como impermeables, así como las áreas con recubrimientos arcillosos importantes.

No obstante, en tramos arenosos y conglomeráticos pueden presentar una cierta transmisividad por percolación lateral. Los acuíferos a que pueden dar lugar estos niveles serán de reducido caudal y volúmen, dada la poca potencia relativa, así como el acuñamiento progresivo que presentan estos tramos detríticos intercalados entre paquetes arcillosos y limosos.

Los niveles calcareníticos situados por debajo de los tramos limosos y arcillosos anteriores, pueden dar lugar a acuíferos importantes, tanto por fisuración como por karstificación. Presentarán una elevada transmisividad tanto lateral como vertical, pudiendo originar surgencias de caudal importante.

Los manantiales y fuentes detectados en el área corresponden, sin embargo, a los niveles carbonatados

mesozóicos correspondientes a las unidades subbéticas meridionales, situadas al norte de la población (balneario de Alhama) y que parece corresponder a surgencias del gran acuífero correspondiente a la Unidad de Sierra Gorda, una de cuyas descargas se efectúa en dicho balneario.

#### 4. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

Los distintos materiales sobre los que se asienta la ciudad de Alhama de Granada, así como su entorno próximo, presentan una serie de características geotécnicas que a continuación se indican.

Los depósitos calizos más bajos de la serie estratigráfica, como son los conglomerados calcáreos, calcarenitas bioclásticas y calizas arenosas, poseen una elevada capacidad portante, de elevada resistencia a compresión y estables en general, excepto en el sector del cañón del río Alhama, donde pueden originar desprendimientos de elevado volumen. (ver foto-nº1). Prácticamente toda la ciudad se asienta en estos materiales.

Las margas arenosas y los depósitos arenosos y limosos poseen una baja resistencia, al menos en los niveles más superficiales, así como una baja capacidad portante. Son inestables, pudiendo dar lugar a deslizamientos y corrimientos de la capa superficial, sobre todo en áreas con pendientes longitudinales medias, superiores al ángulo de rozamiento interno de estos materiales.

Con respecto a los materiales cuaternarios, éstos son, por lo general, de naturaleza cohesiva, excepto las terrazas y los echadizos antrópicos, flojos en superficie y de baja capacidad portante.

En principio, estos depósitos no presentan problemas de inestabilidad, salvo en los pequeños escarpes de terrazas,

los cuales pueden originar desprendimientos de escaso volumen y el cono de deyección del área noreste del mapa que puede sufrir inundaciones por cambios de los distributarios.

## 5. ESTUDIO DE RIESGOS

Tradicionalmente, los riesgos geológicos asociados a fenómenos naturales, se han dividido en cuatro apartados, que son los siguientes: Riesgo sísmico, riesgo volcánico, riesgo de avenidas o inundaciones y riesgo de deslizamientos de ladera o gravitacionales.

Ultimamente se han diferenciado nuevos tipos de riesgo, tales como: Riesgos de subsidencia, tanto por efecto de disolución interna (fundamentalmente en yesos), como por colapsos sufridos por materiales finos, (generalmente limosos); riesgo eólico en cuanto a erosión y depósito de material removilizable por el viento (dunas vivas, erosión eólica), etc. Por último se puede decir que la combinación de los distintos tipos de riesgos básicos, da lugar a nuevos efectos de carácter catastrófico.

En el estudio del riesgo en Alhama de Granada, solamente van a considerarse los riesgos derivados de movimientos o deslizamientos de ladera, los de inundaciones y, por último, el riesgo sísmico, ya que los demás riesgos definidos no es probable se produzcan en la ciudad o su entorno.

## 5.1. RIESGOS DE MOVIMIENTOS DE LADERA

### 5.1.1. Areas inestables

En el entorno de la ciudad de Alhama de Granada, existen áreas que presentan deslizamientos superficiales y reptaciones en materiales arcillosos, arenosos y limosos (ver Mapa de inestabilidades superficiales). Estas áreas se sitúan, por una parte en el extremo suroccidental de la ciudad, produciendo empujes sobre los taludes y muros de la carretera a Zafarraya, originando algunas cicatrices de despegue en las áreas donde la pendiente longitudinal es más elevada.

En la margen derecha del río Alhama, y sobre los mismos materiales anteriores, también se producen reptaciones y fluencias superficiales, quedando de manifiesto en los numerosos baches y blandones de la carretera que se dirige hacia Arenas del Rey, así como el abombamiento de algunos muros de mampostería que protegen los taludes de aquélla.

Así mismo, entre el pueblo de Santa Cruz del Comercio y Alhama de Granada, en la margen izquierda del río, y cubriendo una extensión de varios cientos de hectáreas, se detecta un movimiento de fluencia lenta o reptación, que afecta prácticamente a toda la ladera, observada desde la carretera que une los dos pueblos mencionados.

Por otra parte, en el cañón del río Alhama se han originado numerosos desprendimientos y desplomes de elevado volumen (ver foto 1) que incluso llegaron a producir una represa parcial en el río. Actualmente existe

riesgo de producirse estas inestabilidades en las áreas señaladas en el mapa de riesgos.

Como consecuencia de los anterior y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los estudios sectoriales: climático, geológico, geomorfológico y geotécnico, se ha confeccionado un Mapa de Riesgos Geológicos a escala 1/5.000 en el entorno de la ciudad de Alhama de Granada.

Las líneas que delimitan los diferentes recintos no deben ser tomadas como "fronteras" reales sino con límites aproximados en los que los distintos procesos dinámicos se atenúan.

Se han definido tres zonas de riesgo que responden a los siguientes criterios:

#### **"RIESGO DE INESTABILIDAD POTENCIAL"**

Corresponden a zonas dispuestas sobre formaciones que son inestables en otros lugares pero cuyas condiciones geomorfológicas locales determinan una estabilidad potencialmente alta. Sólo una notable transformación geomorfológica puede llegar a inestabilizarlas.

#### **"RIESGO DE INESTABILIDAD MODERADA"**

Corresponden a zonas dispuestas sobre deslizamientos antiguos fosilizados o de deslizamientos y desprendimientos latentes. También incluye áreas potencialmente inundables a largo plazo (inundación secular). Cualquier modificación natural o artificial en su equilibrio puede inestabilizarlas.

## **"RIESGO DE ALTA INESTABILIDAD"**

Corresponden a zonas situadas sobre movimientos en masa activos o latentes con estabilidad potencialmente baja o cantiles con desprendimientos activos.

También incluyen las zonas inundables a corto plazo. Se trata de áreas cuya morfología actual las hace inestables aunque los movimientos no sean activos de forma continuada sino intermitentes (generalmente tras períodos de lluvia intensa o de lluvia ligera continuada.

### **5.1.2. Areas estables**

Las formaciones correspondientes a los niveles superiores calcáreos se consideran estables, siempre que no se encuentren en un área próxima a un cantil, en la cual pueden originarse desprendimientos y desplomes de elevado volúmen. La mayor parte donde se asienta la ciudad es estable desde el punto de vista de movimientos de laderas. Al norte y sur de aquélla las formaciones que aparecen son calcarenitas bioclásticas y calizas arenosas, mientras que por el oeste, donde se encuentran los barrancos encajados, se disponen un conjunto de conglomerados calcáreos parcialmente estables (ver Mapa de Riesgos) en cuanto a originar problemas de movimientos gravitatorios.

Por otro lado, las áreas correspondientes a la vega del río Alhama, situadas a la salida del cañón, son estables en cuanto a riesgos de movimientos, pero sujetas a riesgos de inundaciones.



396

ALHAMA DE GRANADA

1040

CRUZ DE LOS MACHUELOS

1054

1047

CASA MOLINILLO

869,50

MOLINO 8501

894,50

900,50

MAPA DE RIESGOS  
( ALHAMA DE GRANADA )

ESCALA 1 / 5.000

### 5.1.3. Análisis geotécnico de los problemas de inestabilidad

#### a) Desprendimiento del cañón del río Alhama (ver fig. 5)

En la génesis de estos desprendimientos se aprecian varios fenómenos de distinta naturaleza:

- Erosión por infiltración a favor de las fracturas naturales del macizo, eventualmente abiertas por fenómenos sísmicos o movimientos de tectónica reciente, e incluso por la progresiva descompresión de las laderas.

Esta erosión arrastra las zonas menos consolidadas de las calcarenitas y produce la degradación progresiva del macizo. El fenómeno se ve agravado en las zonas de concentración de la escorrentía de la parte superior de los taludes, relativamente llana. También son más intensos los efectos en el afloramiento de las filtraciones en el frente del talud, al encontrar niveles más impermeables.

- Acornisamiento de los niveles más cementados al desprenderse las capas margosas o menos resistentes.

Frecuentemente se combinan ambos fenómenos, desprendiéndose los bloques en cornisa al quedar en su trasdós una fractura debilitada por la erosión.

En el caso de estratos potentes los desprendimientos de grandes cuñas o balmas se originan al quedar éstas separadas por fracturas abiertas y apoyadas únicamente en una estrecha base con importante concentración de tensiones. Estas se ven incrementadas por la excentricidad de las cargas y las presiones de agua en las discontinuidades verticales.

b) Reptaciones de ladera (ver fig. 7)

Se producen fundamentalmente en las formaciones miocenas margosas del norte y del este de la localidad y suelen afectar a una delgada capa superficial de unos 2 m de potencia.

Su movilización se debe en algunos casos a la saturación por aguas de escorrentía concentradas en vaguadas o zonas de mal drenaje y, en otros, al afloramiento de niveles freáticos confinados en las capas más permeables de la formación.

Los problemas también se asocian a veces a la fisuración por desecación de capas arcillosas de plasticidad media a alta, con apreciable contenido de montmorillonita. Al sufrir ciclos sucesivos de saturación - desecación el manto superficial del terreno queda degradado y solo se moviliza una resistencia residual que, según las zonas oscila entre  $\phi'_{res} = 10^\circ$  y  $20^\circ$ , con cohesión prácticamente nula.

En general las laderas afectadas por las reptaciones se encuentran en la gama  $7^\circ$ - $15^\circ$ .

Con flujo paralelo al talud  $\gamma\alpha = 10^\circ$  el deslizamiento se producirá para

$$\operatorname{tg} \phi' = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{1 - \gamma_w/\gamma} = \frac{\operatorname{tg} 10^\circ}{1 - 1/1,9} = 0,372$$

$$\phi' = 20^\circ$$

valor límite de las posibles resistencias residuales de estas arcillas.

En los casos en que el único aporte de agua es el

de la lluvia infiltrada sobre el talud la situación es menos crítica ya que, de no estar el terreno muy fisurado, la penetración de la onda de humedad suele ser inferior a 0,50 m. La tensión tangencial a esa profundidad vale

$$\tau = 0,5 \gamma \cos \alpha \sin \alpha = 0,17 \text{ t/m}^2$$

para  $\gamma = \gamma_{\text{sat}} = 2 \text{ t/m}^3$  y  $\alpha = 10^\circ$

Valores tan bajos de resistencia solo se alcanzan al remoldear la arcilla con humedades del orden de las del límite líquido, situación que no es verosímil en las condiciones de una ladera natural.

Se sabe, sin embargo, que si las condiciones de saturación se mantienen bastante tiempo, el terreno puede fluir lentamente (creep) aunque su resistencia movilizable sea superior al valor anterior.

### c) Deslizamientos de tipo circular (ver fig. 6)

Afectan a los limos arenosos miocenos del sur de la localidad, junto a la carretera de Zafarraya y se manifiestan en movimientos de tipo circular con escarpes de cabecera y escalonamientos, aunque en zonas saturadas dan lugar a flujos superficiales y conos de deyección. Se han observado estos deslizamientos en taludes de unos 8-12 m de altura e inclinaciones entre  $45^\circ$  y  $30^\circ$  (este último valor correspondiente a los derrumbios deslizados).

En general estos materiales poseen un ángulo de rozamiento interno en la gama

$$\phi' = 30^\circ - 34^\circ$$

pero carecen de cohesión, aunque por capilaridad y encaje pueden desarrollar valores de  $0,5 \text{ t/m}^2$  o incluso superiores.

Con un peso específico medio de  $1,85 \text{ t/m}^3$  y la cohesión citada podrían mantenerse en seco taludes del orden siguiente:

$\alpha = 60^\circ$	H = 4 m
$\alpha = 50^\circ$	H = 7,50 m
$\alpha = 40^\circ$	H = 18 m

Evidentemente si por saturación superficial se pierde la cohesión, el talud va buscando su perfil de equilibrio, en torno a  $\alpha = \phi'$ .

Incluso considerando que se mantiene una cohesión estructural del orden de  $0,5 \text{ t/m}^2$ , si existe flujo de agua hacia el talud (por ejemplo afloramiento al pie y nivel máximo a media altura del talud) los valores anteriores se reducen a

$\alpha = 60^\circ$	H = 3 m
$\alpha = 50^\circ$	H = 5 m
$\alpha = 40^\circ$	H = 7 m

Estos valores deben considerarse teóricos ya que en cuanto se producen afloramientos, el material limoso es arrastrado y se produce la inestabilidad del talud por erosión de pie y rotura progresiva.

## 5.2. RIESGO DE INUNDACIONES

Las áreas susceptibles de sufrir inundaciones en la ciudad son por un lado la correspondiente al aluvial del cañón del río Alhama y a la vega situada a la salida de aquél. Las zonas inundables se han delimitado con una línea de trazos negra en el Mapa de inestabilidades superficiales.

Esto es debido a que, a pesar de encontrarse parcialmente regulado el río Alhama por la represa situada aguas arriba de la ciudad, esta regulación no es suficiente como para controlar una avenida de período de retorno superior a 100 años, por lo cual, caso de producirse aquélla, es indudable que se inundaría la vega situada a la salida del cañón.

Otra de las zonas susceptibles de sufrir inundaciones, y que afectará de manera directa a la ciudad, son los distintos torrentes que cruzan por en medio de la misma. Dichos cursos, secos la mayor parte del año, en períodos de lluvias concentradas, darían lugar a fuertes corrientes de agua circulando por medio de las calles e inundando los edificios y sótanos situados a cota bajo la lámina de agua.

Cada uno de estos riesgos se han incluido en las zonas de riesgo medio o alto de acuerdo con las consideraciones incluidas en la leyenda del mapa de riesgos.

## 5.3. RIESGO SISMICO

Como se comentó en el apartado correspondiente a sismicidad, la ciudad de Alhama de Granada presenta

## LEYENDA

### AREAS CON ALTO RIESGO DE INESTABILIDAD:



FORMACIONES POTENCIALMENTE INESTABLES CON MORFOLOGIA MUY ACUSADA. Las pendientes sobrepasan el ángulo de equilibrio para la formación saturada en el caso de deslizamientos, las cornisas son frecuentes y profundas en el caso de desprendimientos. También incluye las zonas de inundación torrencial y los conos de deyección con riesgo de aterramiento.

### AREAS CON RIESGO MEDIO DE INESTABILIDAD:



FORMACIONES POTENCIALMENTE INESTABLES CON MORFOLOGIA ACUSADA. Las pendientes están próximas o localmente sobrepasan el ángulo de equilibrio propio por lo que una ligera modificación es suficiente para desencadenar la inestabilidad. Incluye también áreas de riesgo de inundación secular.

### AREAS DE INESTABILIDAD POTENCIAL:



FORMACIONES POTENCIALMENTE INESTABLES CON MORFOLOGIA MUY SUAVE. Pueden inestabilizarse si se produce en ellas una notable transformación morfológica con claro aumento de la pendiente.

### AREAS ESTABLES:



FORMACIONES ROCOSAS SIN PENDIENTES PRONUNCIADAS.

la mayor intensidad sísmica de toda la Península, con terremotos frecuentes de intensidad variable que ha afectado a la población en diferentes épocas. El más importante sismo sufrido por la ciudad fue el terremoto de Andalucía de 1884 con epicentro en Arenas del Rey, a raíz del cual, dada la ruina que presentaba la ciudad, se construyó el barrio de la Joya, situado junto al casco urbano árabe y al norte del mismo.

Por lo comentado anteriormente, el riesgo de sufrir un terremoto de intensidad alta ( $\geq$  VII) en la ciudad, es muy elevado.

Por otra parte, merece destacarse el hecho de que las casas del casco urbano han ido recreciéndose sobre los pisos inferiores más antiguos, los cuales presentan una cimentación deficiente construída en tiempo de los árabes, por lo que, caso de producirse un sismo de intensidad media o alta, es seguro se originaría la ruina de la mayor parte de las construcciones.

Por tanto, aunque no pueda evitarse el fenómeno sísmico, sí debería tenerse en cuenta la norma sismorresistente en cuanto a evitar en lo posible daños a las estructuras a construir.

En este sentido, los parámetros característicos con que pueda contarse para un sismo de grado X son los siguientes:

Velocidad 48,0 cm/seg  
Aceleración 602,9 cm/seg<sup>2</sup>  
Desplazamiento 3,82 cm

Para un período  $T = 0,5$  seg el coeficiente sísmico básico  $c$  correspondiente será:

$$c = 0,60$$

En otro orden de cosas, debe destacarse el hecho de que la ciudad sufre, periódicamente, pequeños sismos de baja intensidad, que en principio deberían ser beneficiosos por cuanto rebajan las tensiones internas acumuladas, que de otra forma se desencadenarían bruscamente, dando lugar a un sismo de intensidad media o alta, aunque como hemos visto aceleran procesos de inestabilidad de laderas. No obstante debe tenerse en cuenta que por el hecho de producirse pequeños terremotos, éstos no anulan la posibilidad de originar un sismo catastrófico en un período relativamente corto de tiempo. Con todas las salvedades necesarias teniendo en cuenta que es un fenómeno de muy difícil predicción, los conocimientos actuales dicen que la probabilidad de un seismo de grado VIII (mínimo catastrófico) es para el entorno de Alhama de Granada de 0,005 ó lo que es lo mismo la probabilidad se hace igual a 1 cada 200 años.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Se ha efectuado un estudio en la ciudad de Alhama de Granada, en orden a determinar diferentes características del ámbito territorial.

2.- La climatología de la zona puede considerarse como de régimen térmico templado cálido; régimen de humedad como mediterráneo húmedo y como tipo climático, mediterráneo templado. Según el índice de Thornwaite, el área puede considerarse como seco-subhúmedo.

3.- Se ha efectuado un reconocimiento geológico, tanto de la ciudad como del entorno, diferenciándose materiales neógenos y cuaternarios, ya que son aquéllos sobre los que se asienta la ciudad.

4.- Se ha realizado una recopilación de los sismos históricos, que afectaron a la ciudad con intensidad de grado mayor o igual a V, así como de aquéllos cuyos epicentros se sitúan en la misma ciudad o su entorno próximo.

5.- Se ha estudiado la geomorfología del tramo atendiendo a formas estructurales, formas de modelado antrópico, morfología fluvial, etc. puesto de manifiesto en el mapa geomorfológico correspondiente.

6.- En el apartado hidrogeológico, se han diferenciado áreas susceptibles de originar acuíferos, de aquéllas consideradas como impermeables.

7.- Se han separado las distintas formaciones presentes, atendiendo a sus características geotécnicas.

8.- Se ha realizado un estudio exhaustivo de riesgos atendiendo fundamentalmente a los riesgos de movimientos de ladera diferenciando áreas inestables de áreas estables.

9.- Se han descrito los riesgos de inundaciones, señalando aquéllas áreas susceptibles de sufrirlos tanto dentro de la ciudad como en su entorno.

10.- Por último, se ha hecho especial hincapié en el riesgo sísmico, dando unas recomendaciones sobre los parámetros sísmicos básicos a aplicar en aquellas construcciones de nueva planta.

COGOLLOS VEGA

- INDICE -

1.- INTRODUCCION

2.- CLIMATOLOGIA

3.- GEOLOGIA

3.1. CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL

3.2. ESTRATIGRAFIA

3.2.1. Sustrato

3.2.1.1. Maláguide (Paleozoico-Trias)

3.2.1.2. La Dorsal Bética (Lías-Paleógeno)

3.2.2. Depresión de Granada (Neógeno-Cuaternario)

3.2.2.1. Arcillas rojas y Conglomerados (Plio-Cuaternario)

3.2.2.2. Calizas lacustres (límite Pleistoceno medio-superior-Pleistoceno superior indiferenciado)

3.2.2.3. Travertinos (Holoceno)

3.2.2.4. Derrubios recientes

3.2.2.5. Suelos

3.2.2.6. Materiales deslizados

3.3. TECTONICA-SISMICIDAD

3.4. GEOMORFOLOGIA

3.4.1. Introducción

3.4.2. Dinámica de vertientes

3.4.2.1. Deslizamientos de carácter rotacional

3.4.2.2. Desprendimientos gravitacionales de bloques

4.- AREAS POTENCIALMENTE PELIGROSAS

4.1. ANTECEDENTES

4.2. AREAS CRITICAS

4.3. ANALISIS GEOTECNICO

5.- ESTUDIOS DE RIESGOS

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.- BIBLIOGRAFIA

## 1. INTRODUCCION

La localidad de Cogollos Vega cuenta en la actualidad con 1.936 habitantes. La economía básica se apoya mayoritariamente en la agricultura de regadío y el olivar; de menor importancia es la ganadería-pastoreo de cabra y oveja.

Esta localidad cuenta con un único acceso, que se realiza por la carretera de Nívar.

El presente informe tiene por objeto establecer una infraestructura geológica básica, para la prevención de riesgos de inestabilidad de vertientes, que puedan poner en peligro, tanto al pueblo en sí, como a las áreas próximas habitadas, así como a sus comunicaciones y vías de acceso.

Es de resaltar nuestro agradecimiento a la Excelentísima Diputación de Granada, por el apoyo recibido, entre el que cabe destacar la base topográfica, usada para las cartografías.

Igualmente es de agradecer la información desinteresada remitida por el Real Observatorio de la Cartuja, sobre la red sísmica de Granada.

Los datos geotécnicos empleados en los cálculos de estabilidad, han sido gentilmente aportados por Geotécnica del Sur, dada su experiencia de trabajo en la zona, al no realizarse para este estudio análisis de laboratorio de los materiales involucrados.

## 2. CLIMATOLOGIA

En el tipo de materiales que ocupan nuestra área estudiada es de resaltar, la gran afinidad de absorción de agua sobre todo, en periodos de lluvias que siguen a periodos de sequedad, en los que son frecuentes la producción de grietas de desecación, en ocasiones profundas y que aumentan de modo considerable, el poder de infiltración.

A partir de los datos disponibles se pueden señalar ciertas situaciones anómalas en la distribución anual de las precipitaciones. Existen intervalos desde uno a cuatro meses en los que el valor total de lluvias excede a valores de todo un año, como puede verse en las tablas adjuntas en los que resaltan los periodos de Mayo de 1959, Marzo de 1960, Febrero y Diciembre de 1963 y Enero de 1970, donde las precipitaciones registradas exceden de 200 l/m<sup>2</sup>, para una región donde la media se sitúa en una cifra que ronda los 500 l/m<sup>2</sup> año.

La localidad de Cogollos Vega no cuenta con estación de recogida de datos climatológicos. Dada la proximidad de Nivar y Calicasas se han tomado como representativos los valores recogidos en estas últimas localidades.

NIVAR. PRECIPITACIONES EN mm.

	<u>1.950</u>	<u>1.951</u>	<u>1.952</u>	<u>1.953</u>	<u>1.954</u>	<u>1.955</u>	<u>1.956</u>	<u>1.957</u>
E	40,9	124,0	-	37,0	17,1	116,8	57,1	64,0
F	43,4	126,4	18,8	20,5	63,3	114,9	31,0	37,7
Mz	17,7	83,7	32,8	-	118,7	31,2	78,8	51,6
A	44,3	45,3	-	19,3	57,1	22,2	172,3	82,9
My	105,4	37,8	123,9	6,6	17,3	1,3	11,7	85,6
Jn	0,0	3,5	-	2,4	1,5	10,7	8,7	15,9
Jl	0,0	0,0	15,9	2,4	-	-	0,0	1,2
A	46,7	0,0	61,0	0,0	-	2,4	7,4	0,0
S	29,8	77,8	2,2	16,2	0,0	9,0	32,5	7,3
O	51,5	15,3	45,1	58,0	5,5	72,6	9,2	63,8
N	32,9	140,0	57,8	4,8	67,3	32,2	23,4	72,3
D	<u>122,6</u>	<u>14,2</u>	<u>111,6</u>	<u>85,5</u>	<u>84,6</u>	<u>80,0</u>	<u>34,4</u>	<u>69,0</u>
	535,2	623,0	469,1	252,8	432,4	501,3	466,5	551,3
	<u>1.958</u>	<u>1.959</u>	<u>1.960</u>	<u>1.961</u>	<u>1.962</u>	<u>1.963</u>	<u>1.964</u>	<u>1.965</u>
E	43,2	-	68,4	33,6	27,4	123,3	7,6	41,9
F	27,8	55,3	124,3	0,0	31,8	204,2	-	32,9
Mz	75,8	41,9	250,1	9,4	124,0	19,2	43,3	45,5
A	76,4	42,9	45,6	35,1	51,1	47,1	39,0	9,3
My	6,3	204,6	13,7	29,5	43,1	80,6	0,6	7,8
Jn	-	0,0	15,6	30,9	9,2	21,2	34,4	12,5
Jl	0,0	-	0,0	0,0	-	0,7	0,0	0,0
A	1,6	10,5	0,0	0,0	1,5	1,8	2,9	0,7
S	1,3	31,5	3,4	48,0	3,6	78,3	0,0	85,2
O	-	56,5	-	12,7	164,8	15,3	10,1	53,7
N	13,3	42,2	52,2	117,9	132,5	106,1	57,6	105,5
D	<u>173,8</u>	<u>106,7</u>	<u>98,5</u>	<u>118,8</u>	<u>-</u>	<u>294,5</u>	<u>261,7</u>	<u>443,7</u>

	<u>1.966</u>	<u>1.967</u>	<u>1.968</u>	<u>1.969</u>	<u>1.970</u>	<u>1.971</u>	<u>1.972</u>	<u>1.973</u>
E	98,4	22,1	0,0	116,5	246,8	87,4	84,1	59,1
F	52,8	56,0	111,0	95,8	5,0	12,3	79,4	18,1
Mz	0,0	37,4	69,7	84,4	69,9	110,9	66,7	42,0
A	51,2	44,9	65,7	51,8	43,1	90,8	19,1	25,7
My	27,4	29,5	16,4	50,2	24,2	111,6	53,7	63,0
Jn	9,1	-	22,8	15,9	34,1	11,2	17,8	126,5
Jl	0,0	0,0	0,3	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0
A	0,0	0,0	5,3	10,7	0,0	0,0	0,4	2,6
S	28,0	0,0	1,8	51,3	0,0	17,4	30,2	0,0
O	76,3	35,5	0,0	102,8	20,1	0,3	116,5	68,8
N	18,5	104,5	148,4	59,0	33,0	42,8	27,6	20,4
D	<u>0,0</u>	<u>5,8</u>	<u>117,0</u>	<u>59,7</u>	<u>21,4</u>	<u>25,4</u>	<u>37,5</u>	<u>89,6</u>
	361,7	335,7	558,4	702,2	497,6			

	<u>1.974</u>
E	32,7
F	50,2
Mz	28,9
A	112,4
My	11,1
Jn	50,1
Jl	0,0
A	31,8
S	39,8
O	35,8
N	18,6
D	<u>0,9</u>

Promedio años 1950 a 1970 - 504,92 l/m2

**CALICASAS PRECIPITACIONES EN mm**

	<u>1.950</u>	<u>1.951</u>	<u>1.952</u>	<u>1.953</u>	<u>1.954</u>	<u>1.955</u>	<u>1.956</u>	<u>1.957</u>
E	-	-	-	-	-	149,2	-	-
F	29,2	92,5	-	-	-	146,4	-	-
Mz	-	82,5	-	14,0	-	-	-	-
A	29,2	-	-	-	-	7,3	91,3	-
My	89,6	28,9	85,9	-	-	-	-	35,1
Jn	-	-	-	-	-	-	-	-
Jl	-	-	-	-	-	14,6	-	0,0
A	-	-	50,0	-	-	-	-	-
S	29,5	-	-	-	-	9,6	-	0,0
O	-	15,4	32,5	45,1	-	-	-	-
N	-	-	-	-	-	-	-	38,2
D	<u>74,0</u>	<u>-</u>	<u>80,6</u>	<u>74,3</u>	<u>71,0</u>	<u>97,3</u>	<u>23,2</u>	<u>67,6</u>
	251,5	219,3	249,0	133,4	71,0	424,4	114,5	140,9
	<u>1.958</u>	<u>1.959</u>	<u>1.960</u>	<u>1.961</u>	<u>1.962</u>	<u>1.963</u>	<u>1.964</u>	<u>1.965</u>
E	15,2	43,0	75,0	-	30,4	130,4	0,0	61,2
F	-	50,0	162,4	0,0	38,8	133,7	-	33,3
Mz	59,5	20,5	263,3	0,0	-	0,0	-	42,2
A	-	24,3	17,3	-	-	41,2	-	0,0
My	-	83,0	0,0	36,5	-	52,7	-	0,0
Jn	21,5	0,0	-	15,2	0,0	50,5	-	11,5
Jl	0,0	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	0,0
A	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	30,0	0,0
S	-	2,0	0,0	18,8	0,0	30,2	0,0	-
O	10,0	-	174,8	19,5	191,6	-	0,0	76,2
N	0,0	37,0	54,8	117,9	84,0	168,9	69,1	99,4
D	<u>173,5</u>	<u>104,3</u>	<u>44,0</u>	<u>119,6</u>	<u>134,9</u>	<u>227,5</u>	<u>66,7</u>	<u>29,7</u>
	279,7	364,1	791,6	387,5	479,7	835,1	165,8	366,2

Promedio años 1958 a 1967 - 431,48 l/m2

	<u>1.966</u>	<u>1.967</u>	<u>1.968</u>	<u>1.969</u>	<u>1.970</u>	<u>1.971</u>	<u>1.972</u>	<u>1.973</u>
E	113,1	49,1	0,0	114,3	330,0	125,3	183,3	50,8
F	83,6	50,1	-	142,8	5,0	20,5	181,8	27,2
Mz	0,0	39,0	84,6	119,0	-	81,0	154,4	36,8
A	57,2	-	66,8	30,8	52,8	200,8	8,4	23,5
My	28,9	-	17,0	58,0	30,0	144,9	182,0	114,5
Jn	6,7	-	-	-	39,0	10,5	21,0	205,5
Jl	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0
A	0,0	-	-	0,0	0,0	10,0	0,0	10,0
S	0,0	0,0	0,0	120,0	0,0	15,0	33,0	0,0
O	62,5	-	0,0	60,6	11,0	0,0	180,9	56,3
N	28,2	126,7	-	67,2	23,0	12,6	33,0	-
D	<u>0,0</u>	<u>-</u>	<u>115,6</u>	<u>69,6</u>	<u>58,0</u>	<u>70,6</u>	<u>-</u>	<u>109,7</u>
	380,2	264,9	284,0	782,3	548,8	691,2	1046,4	381,5

1974

E	40,0
F	60,0
Mz	67,0
A	185,0
My	0,5
Jn	40,3
Jl	0,0
A	0,0
S	0,0
O	27,9
N	15,5
D	<u>-</u>
	435,7

Promedio años 1979 a 1970 - 665,55 l/m2

### 3. GEOLOGIA

#### 3.1. CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL

El área estudiada se encuentra en el Sector nororiental de la Depresión de Granada, en el contacto de ésta con los materiales del Sustrato Bético.

La Depresión de Granada, constituye una cuenca intramontañosa rellena de materiales marinos en la base que pasan paulatinamente a continentales, y comprendida entre el Mioceno Medio Superior y la actualidad. En nuestro sector aparecen únicamente sedimentos continentales, no aflorando los términos marinos subyacentes.

El Sustrato está constituido por dos dominios: El Conjunto Maláguide y la Dorsal Bética; ambos serán descritos a continuación.

#### 3.2. ESTRATIGRAFIA

La figura adjunta muestra, a modo de síntesis, la sucesión estratigráfica del sector estudiado y que será descrita a continuación.

##### 3.2.1. Sustrato

El Sustrato, en el sector que nos ocupa, está constituido por dos Unidades estructurales diferenciadas. Una claramente asimilable a la Zona Bética s.str. -El Complejo Maláguide- y otra, de características litológicas afines a las Zonas Externas, que ha recibido a lo largo del tiempo diferentes de-

nominaciones: Dorsal Bética, Unidades del Contacto Zonas Externas-Zonas Internas, Zona de Escamas, etc.

Estratigráficamente se trata de dos Conjuntos bien diferentes, por lo que serán tratados por separado en su descripción.

### 3.2.1.1. Maláguide (Paleozoico-Trias)

En el área estudiada, el Conjunto Maláguide está representado por tres términos litológicos bastante característicos. Un tramo de limolitas y areniscas rojas, a las que están asociadas paquetes calizos grises, y unos micaesquistos con rocas básicas.

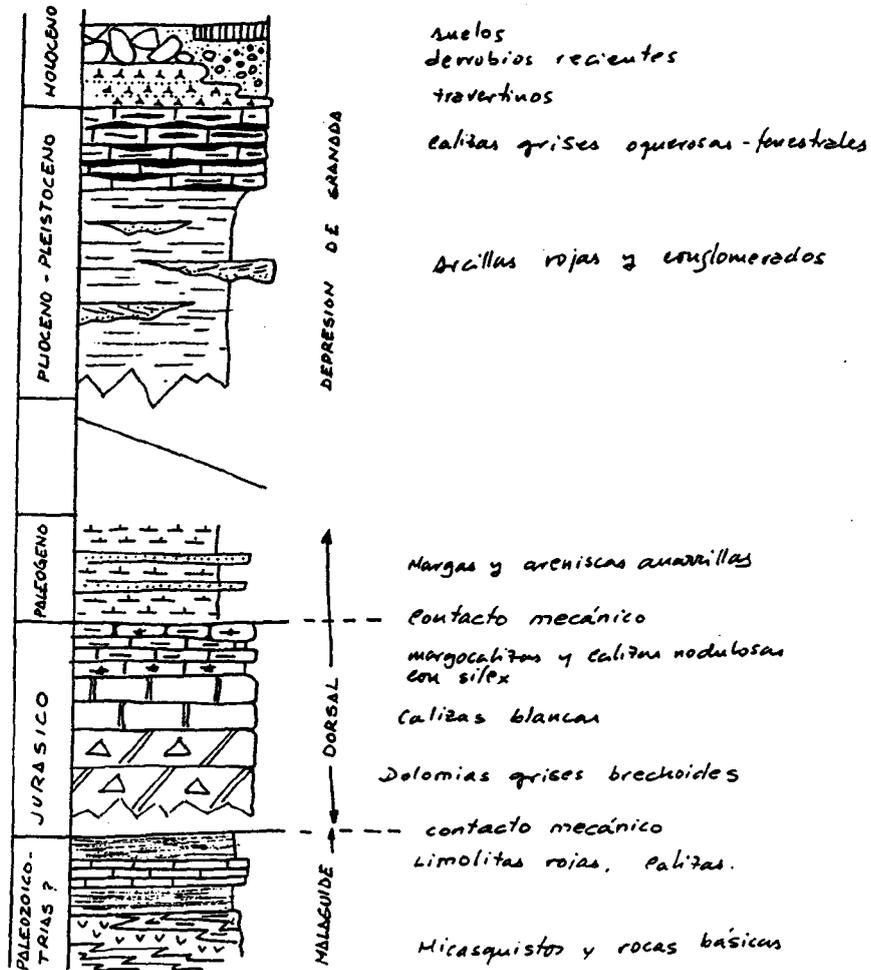
La edad de estos términos, en base a la opinión de FOUCAULT (1976), deben estar comprendida entre el Paleozoico y Triás ?.

### 3.2.1.2. La Dorsal Bética (Lías- Paleógeno)

También denominada recientemente "Zona de escamas de Despeñadero - Cañamaya" (BALANYA 1982). Está constituida por dos Unidades, una tectónicamente inferior o Unidad de Cañamaya y otra suprayacente o Unidad del Despeñadero. Ambas están compuestas por un número variable de escamas con evidentes semejanzas estratigráficas para cada Unidad.

En el sector estudiado sólo está representada la Unidad del Despeñadero, en la que estratigráficamente es difícil establecer una sucesión continua, dado que los contactos entre los diferentes términos son mayoritariamente mecánicos.

## SUCESION LITOESTRATIGRAFICA SINTETIZADA



Litológicamente se pueden separar dos tramos: uno calizo-dolomítico del Jurásico, esencialmente Lías, que está constituido por dolomías brechoides grises, calizas masivas micríticas blancas, margocalizas y calizas con sílex, y calizas nodulosas; y otro conjunto margoso-detritico de edad Paleógeno, compuesto por margas grises y areniscas amarillas.

### 3.2.2. Depresión de Granada (Neógeno-Cuaternario)

De todos los términos presentes en la Depresión de Granada sólo aparecen en el sector que nos ocupa, aquellos de la parte terminal de la serie de conjunto.

#### 3.2.2.1. Arcillas rojas y Conglomerados (Plio-Cuaternario)

Ocupan la gran mayoría del área estudiada. Se trata de lutitas y arenas con abundantes paleosuelos rojos, responsables de la coloración del conjunto, que ocasionalmente presentan intercalaciones conglomeráticas de cantos carbonatados.

No se dispone de buenos cortes de este tramo. En algunos taludes de deslizamientos se puede observar cómo los bancos conglomeráticos están claramente canalizados y cómo su evolución lateral es rápida. En todos los puntos las lutitas rojas son mayoritarias.

Superficialmente este tramo se encuentra cementado por recientes encostramientos.

#### **3.2.2.2. Calizas lacustres (límite Pleistoceno medio-superior-Pleistoceno superior indiferenciado)**

Afloran en relación con los relieves del sustrato al Sur del Río Bermejo. Son unas calizas oquerosas bastante recristalizadas y con frecuentes estructuras fenestrales. Aparecen dispuestas horizontalmente en bancos de 10-50 cm.

Con estas calizas termina el relleno y colmatación de la Cuenca de Granada. Es una Unidad claramente extensiva en la que el antiguo lago que las originó solapaba en Sustrato Bético. Los términos más recientes a estas calizas están en relación con una dinámica erosiva y actual evacuación de la Depresión de Granada.

#### **3.2.2.3. Travertinos (Holoceno)**

Se trata de masas travertínico-detríticas relacionadas con drenajes actuales o subactuales de los macizos carbonatados del borde de la Cuenca.

En el extremo suroriental de la cartografía se observa como orlan el Sustrato Bético donde se ubican varias surgencias actualmente activas.

#### **3.2.2.4. Derrubios recientes**

Con esta denominación se recogen tanto los depósitos coluviales desorganizados de cualquiera de las litologías antes expuestas, como los grandes bloques desprendidos por procesos graviclásticos de los escarpes calizos de la Sierra de Cogollos.

# LEYENDA MAPA GEOLOGICO

- COGOLLOS VEGA -

MATERIALES RECIENTES		Deslizamientos
		Bloques
		Derrubios
		Suelos
DEPRESION GRANADA		Travertinos
		Calizas lacustres
		Arcillas rojas y conglomerados
DORSAL		Calizas, margocalizas y dolomias
		Margas y areniscas
ALPUJARRI. MALAGUIDE		Calizas
		Limolitas, micaesquistos y rocas básicas
		Dolomias brechoides
		Contacto discordante
		Falla vertical
		Falla inversa
		Falla supuesta-lineaciones



MAPA GEOLOGICO  
(COGOLLOS VEGA)  
ESCALA. 1/5.000

Los depósitos coluviales y los bloques están muy repartidos por toda el área trabajada, especialmente en las proximidades a la Sierra, donde su potencia puede alcanzar varios metros.

#### 3.2.2.5. Suelos

Se trata de suelos rojos, muy expandidos por todo el sector. En ocasiones, dada la abundancia de paleosuelos rojos, definida en el apartado 3.2.2.1., es difícil establecer una diferencia clara entre uno y otro.

#### 3.2.2.6. Materiales deslizados

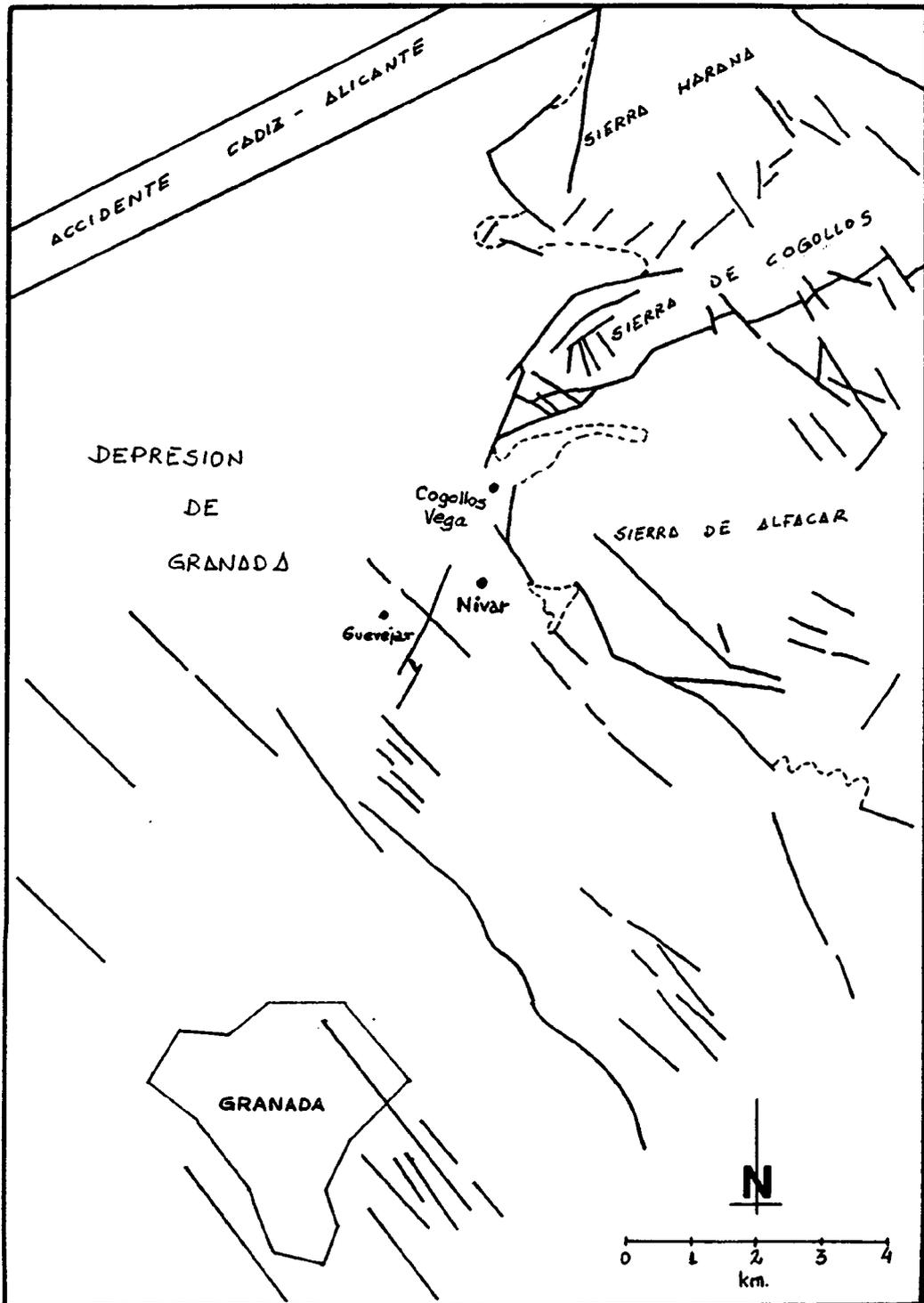
Se presentan con una gran difusión en el área estudiada. Se trata de movimientos fundamentalmente rotacionales que han remodelado notablemente gran parte del área. Serán tratados de forma específica en el apartado de Geomorfología.

### 3.3. TECTONICA-SISMICIDAD

Tectónicamente, dentro del área estudiada, hay que diferenciar dos dominios tectónicos claramente definidos.

El primero de ellos (Sustrato) presenta una geometría de escamas superpuestas entre sí y condicionadas por fallas inversas con buzamientos de gran ángulo, generalmente hacia el Norte. Esta dinámica ocasiona la actual disposición de materiales de diferentes edades, incluso dominios, en contacto vertical unos con otros.

# ESQUEMA TECTONICO



Tomado del Mapa Sismotectónico de España. ISM.E. (1973)

El segundo (Cobertera Neógena) se presenta con una geometría tranquila y parahorizontal con ciertas variaciones leves de buzamiento, generalmente hacia el centro de la Cuenca.

Regionalmente, el rasgo tectónico más sobresaliente y que afecta al conjunto de los dos dominios diferenciados, es la presencia de fracturas, muy bien expuesto y que condiciona de sobremanera la morfología actual de la zona, tanto en el trazado de la red fluvial, como en la creación de líneas y zonas de inestabilidad que van unidas intrínsecamente a estos rasgos tectónicos.

Estas fracturas pueden agruparse por sistemas, según sus direcciones preferentes y dentro de la zona pueden diferenciarse los siguientes.

Un primer sistema de dirección N 20 E. Por orden de importancia son, probablemente, las de mayor transcendencia de la zona. Delimitan el borde Septentrional de la Sierra de Cogollos y presenta, según esta dirección, un ancho corredor de cataclasitas que puede alcanzar hasta 150 mts de anchura y que se hace patente en la parte más Septentrional del municipio, parcialmente tapado por la construcción de viviendas y se extiende hasta el río Bermejo. Esta misma franja está posiblemente situada en la margen izquierda del mismo río y fosilizada por las calizas lacustres de la mesa del Cortijo de Gúevejar, en el sector occidental del área estudiada.

Otro sistema con gran representación dentro del sector es el determinado por la dirección N 60° E. Este sistema condiciona el trazado del curso superior del río Bermejo y la vertiente Norte del pueblo de Cogollos. Este sistema intercepta el anteriormente descrito y posiblemente sea el responsable del desplazamiento de la banda de cataclasitas antes mencionadas. Este sistema es congruente con el trazado de una de las

líneas tectónicas más activas de la Cordillera (Accidente Cádiz-Alicante) localizado a sólo pocos kilómetros al Norte de Cogollos Vega.

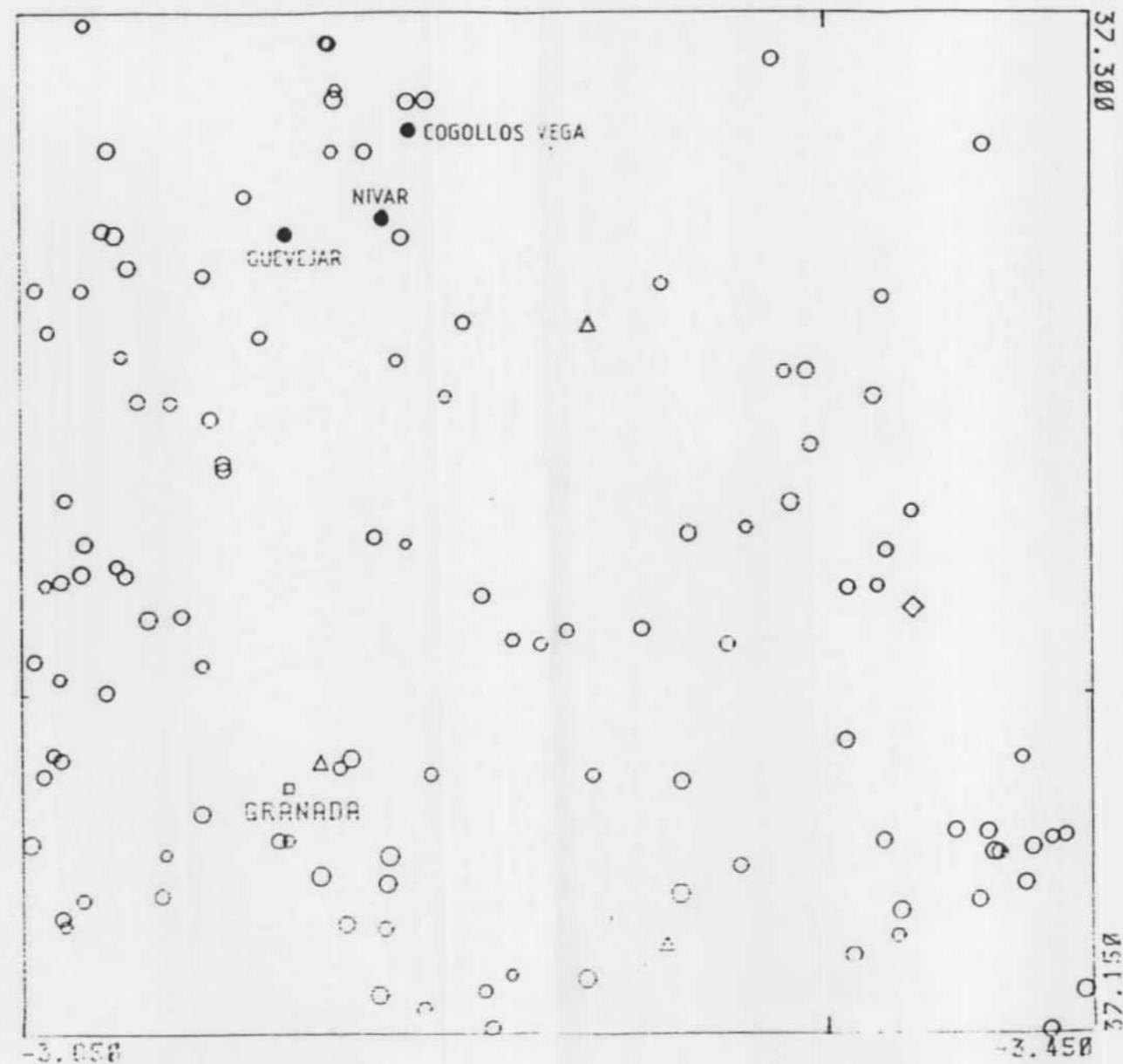
Un tercer sistema de fracturas, el más patente, viene definido por la dirección aproximada N 40° W, muy bien representado en el sector oriental de la zona, en ambos márgenes del río Bermejo. Este sistema es perfectamente visible tanto en los materiales del Sustrato como en los materiales de la Depresión y condiciona zonas de inestabilidad en el sector Sureste del área estudiada.

Estos sistemas delimitan, en muchos sectores, el Sustrato Alpujarride de la Depresión de Granada, afectando incluso a materiales del Pleistoceno Superior durante la sedimentación, dando origen a discordancias progresivas en las calizas lacustres, provocando el levantamiento de los bordes de la cuenca y la generación de áreas subsidentes en el seno de la misma.

Por otro lado, estos sistemas han modificado de forma local el dispositivo estratigráfico original de los términos descritos, siendo frecuente encontrar buzamientos próximos a los 45° e incluso tramos subverticales, tal es el caso de los afloramientos situados al Norte del área estudiada entre la población de Cogollos y el Instituto de Bachillerato Emilio Muñoz. Estas disposiciones anómalas recuperan su posición inicial en breve espacio y encuentran su disposición horizontal a medida que nos alejamos del accidente que los ocasiona.

En cuanto a los datos sísmicos de que disponemos y que han sido suministrados por el Real Observatorio de Cartuja, dependiente de la Universidad de Granada, puede observarse la alineación de Sismos según las direcciones N 40°-60° E y N 140° E que coinciden sensiblemente con direcciones descritas

# RED SISMICA DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA



## MAGNITUD

- - 2.5
- - 3.5
- - 4.5
- - 5.5

## PROFUNDIDAD

- < 20 Km
- < 40 Km
- ◇ > 40 Km

△ Estación sismológica

0 2 4 Km

83/ 1/ 2      86/ 6/30  
 14:19: 5.8    18: 3: 4.1

GUEVEJAR - NIVAR

previamente. No obstante, las intensidades de los registros, en esta etapa de observación instrumental son de valores pequeños para los sismos representados.

### 3.4. GEOMORFOLOGIA

#### 3.4.1. Introducción

En el área estudiada se pueden diferenciar dos grandes dominios morfológicos. El Sustrato (Bético y Dorsal) y la Depresión de Granada.

El primero, mayoritariamente carbonatado, configura las elevaciones de la Sierra de Cogollos. En éste, los rasgos morfológicos principales están controlados por la naturaleza litológica de los afloramientos. Así, los afloramientos calizo-dolomíticos de los conjuntos Maláguide-Dorsal originan relieves abruptos, donde se alcanzan las cotas más elevadas.

Por el contrario, los afloramientos de limolitas rojas (Maláguide) o margas del Paleógeno de la Dorsal dan los sectores más deprimidos, vaguadas y valles de los cursos fluviales principales (río Bermejo).

Formas más particulares, como las debidas a procesos de karstificación, están más restringidas. Se trata de un lapiaz de medianas proporciones bastante repartido por todos los afloramientos calizo-dolomíticos. La intensa fracturación que ha sufrido el sustrato ha quedado reflejada como numerosos escarpes que dibujan perfectamente tanto los sistemas de fallas inversas (escamas) como las fallas normales o con componente direccional.

El contacto Sustrato-Depresión, se encuentra jalonado por importantes fracturas de borde, que muestran escarpes y separan paisajes contrastados. En torno a estas fracturas de borde y a sus escarpes asociados, se desarrolla una orla de depósitos coluviales formados fundamentalmente por cantos con una matriz muy suelta.

El relieve de la Depresión es, a grandes rasgos, suavemente alomado, solamente interrumpido por las incisiones de la red fluvial y por la impronta que dejan los deslizamientos, numerosas cicatrices y mesas deslizadas. De forma local los afloramientos de calizas lacustres (3.2.2.2) en disposición horizontal, muestran relieves estructurales, mesas colgadas a mitad de ladera en el curso del río Bermejo.

#### **3.4.2. Dinámica de vertientes**

Los mecanismos principales de evolución de vertientes se pueden agrupar en dos tipos, genéticamente diferentes:

- a.- Deslizamientos de carácter rotacional
- b.- Desprendimientos gravitacionales de bloques

##### **3.4.2.1. Deslizamientos de carácter rotacional**

Están exclusivamente circunscritos a los materiales de la Depresión (3.2.2.1 y 3.2.2.2).

La importante excavación fluvial en el valle del Río Bermejo (controlado en su curso por una fractura del sistema N 60°-E) ha dejado laderas expuestas a fenómenos inestables. La naturaleza litológica de estas laderas (arcillas rojas) y la continua alimentación acuosa desde los relieves carbonatados

del sustrato, condicionan unas características mecánicas altamente inestables. Esta inestabilidad se resuelve por deslizamientos rotacionales que son, sin lugar a duda, el mecanismo más importante en el modelado del sector.

Las trazas de la fracturación en el sector de Cogollos han controlado la disposición de las áreas inestables, y en consecuencia, de la aparición de deslizamientos. En la cartografía se puede observar la alineación de la cabecera de los deslizamientos según las direcciones N 20°-E y N 60°-E.

Estos deslizamientos rotacionales consisten en grandes porciones de arcillas rojas y/o calizas lacustres que se han desplazado con la generación de superficies concretas de fractura en su interior. En cada deslizamiento aislado se puede definir una cicatriz de arranque, un talud y una masa deslizada.

La morfología en planta de las cicatrices son siempre curvas o alabeadas, en ocasiones semicirculares o elípticas, lo que condiciona la forma del talud y masa deslizada.

La magnitud de los desplazamientos está controlada por la amplitud y pendiente de las laderas en cada valle, los valores extremos en nuestro sector oscilan entre la decena y varios centenares de metros.

En el interior de cada deslizamiento aparecen un conjunto de formas asociadas, grietas abiertas en las cabeceras y reptaciones superficiales en los taludes.

La observación detallada de la disposición de las diferentes cicatrices a lo largo de una vertiente permite suponer que estos deslizamientos son remontantes; originados en principio en las partes más bajas de la ladera, progresan en sucesivos estadios a cotas más altas.

Esto nos lleva a plantear que en todos los casos estudiados en Cogollos Vega quedan áreas potenciales de deslizamientos, condicionadas por la generación de otros previos. En especial todos aquellos que orlan la localidad y de los que se tienen evidencias de una funcionalidad actual.

#### **3.4.2.2. Desprendimientos gravitacionales de bloques**

Sin lugar a dudas, uno de los aspectos que a primera vista más resalta en el propio pueblo es la gran abundancia de bloques desprendidos del gran escarpe meridional de la sierra de Cogollos, a la base de la cual se encuentra la parte del núcleo urbano. Este escarpe calizo coincide con la falla que separa la Dorsal del Conjunto Maláguide, su altura alcanza los 80 m y muestra una intersección de diaclasas semiabiertas que deja en posición inestable porciones prismáticas de calizas que amenazan fragmentarse. La estratificación buza  $50^\circ - 60^\circ$  a favor de la pendiente (hacia el pueblo) lo que infiere otro factor potencial, dado que las superficies de los estratos son planos reales de debilidad.

Los bloques desprendidos (algunos de los más recientes son recordados por los habitantes del pueblo) pueden alcanzar la decena de metros cúbicos.

En cuanto a los mecanismos genéticos que han podido, y pueden, ser los responsables de los desprendimientos hay que señalar que la disposición geométrica del diaclasado y la estratificación es el factor primero que condiciona la inestabilidad.

La acentuación de las grietas (diaclasas, o estratificación) pueden producirse por varios mecanismos:

- a) Disolución kárstica
- b) Macrogelivación
- c) Sacudidas sísmicas

La disolución es un factor a tener en cuenta, dada la facilidad a este tipo de mecanismos que presentan las calizas. La pluviometría del sector es suficientemente elevada para que esta sea activa en la actualidad.

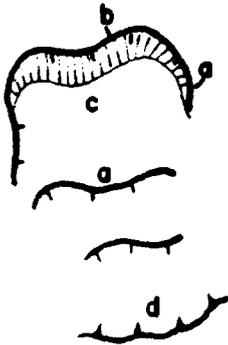
La macrogelivación (efecto cuña del agua al congelarse en las grietas) puede ser efectiva dada la altitud del área y del escarpe (1.100 m.s.n.m.). Este mecanismo se vería restringido a los periodos invernales y épocas especialmente frías, pero no por ello ha de desestimarse su importancia.

El factor sísmico es ciertamente activo como se puede constatar en los antecedentes catastróficos debidos a la sismicidad en la región y la constante microsismicidad de la zona en concreto.

Tanto uno como la conjugación de todos estos factores pueden ser los responsables de estos deslizamientos.

# LEYENDA MAPA GEOMORFOLOGICO

## DESLIZAMIENTOS



a.- Cicatriz

b.- Talud

c.- Masa deslizable

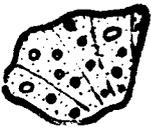
d.- Movimientos solifluidales



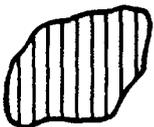
Escarpe



Grandes bloques



Derrubios



Superficie estructural



Socavamiento



Fluvial



Nucleo de población

S.-A.-

Sectores estudiados



Trazado de los cortes geologicos



MAPA GEOMORFOLOGICO  
(COGOLLOS VEGA)  
ESCALA 1/5.000

#### 4. AREAS POTENCIALMENTE PELIGROSAS

##### 4.1. ANTECEDENTES

Son numerosos los antecedentes de zonas conflictivas dentro del área estudiada, si bien, no se recuerdan catástrofes de gran envergadura, ni tampoco existen datos de pérdidas de vidas humanas.

No obstante, son muy conocidos por los integrantes del municipio de Cogollos las zonas de "quebras" recientes que coincidiendo con épocas de alta pluviosidad, reactivan su dinámica y se manifiestan fundamentalmente en los bordes de las cabeceras en retroceso. Este es el caso de los escarpes del límite sur del pueblo, donde se producen agrietamientos en edificios, entre cuyos ejemplos merece destacarse los sectores circundantes al lavadero público o al transformador (Sector D) así como la zona denominada "El polvorín" donde se producen escalonamientos en la carretera. Estos movimientos están condicionados por la inestabilidad de la ancha zona de milonitas ligadas al gran accidente de dirección N 20° E que delimita el borde septentrional de la Sierra de Cogollos y que atraviesa el único acceso a la localidad.

Son igualmente conocidos los cortes y agrietamientos de la carretera de Gúevejar a Cogollos en el sector SE del área estudiada (Sector C), así como el agrietamiento del límite norte del núcleo que está condicionado por un accidente tectónico de dirección N 20°E.

Aunque no se tienen referencias actuales de caída de bloques provenientes del escarpe que delimita el borde sur de la Sierra de Cogollos, sí se tienen registros de que "sobre los años cuarenta", era frecuente la necesidad de retirar de

la carretera bloques de tamaño métrico en las épocas invernales.

#### 4.2. AREAS CRITICAS

Se han considerado "áreas críticas" aquellas que muestran los efectos de anteriores inestabilidades con diferente grado de equilibrio actual.

Tomando como ejemplo más próximo en el tiempo el caso de Olivares, podemos ver que el deslizamiento que provocó el suceso fue el resultado de la reactivación de un deslizamiento anterior aparentemente equilibrado.

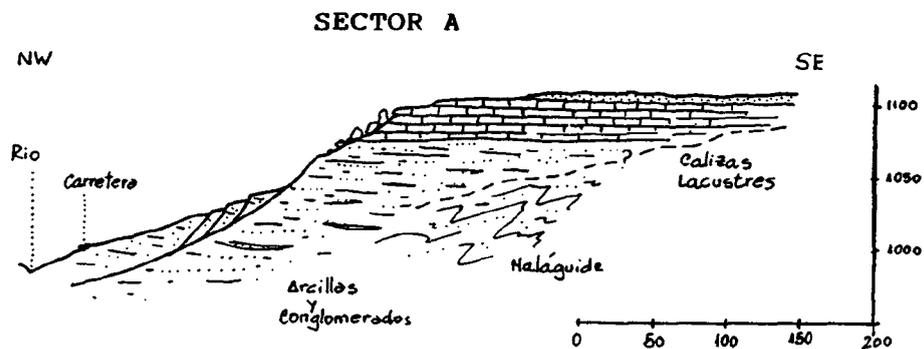
Las "áreas críticas" consideradas quedan bien puestas de manifiesto en el mapa geomorfológico, en el que se han dividido por sectores.

A continuación se pormenorizan las características de cada caso.

#### 4.3. ANALISIS GEOTECNICO

Se ha procedido al análisis geotécnico de las zonas definidas en apartados anteriores como potencialmente inestables según el siguiente esquema general:

- Recopilación bibliográfica de parámetros de corte, basada fundamentalmente en la experiencia local de estudios geotécnicos que interesen materiales de igual o similar origen y época geológica. En los sectores A, C, D y E el terreno natural está removido debido a deslizamientos ocurridos con anterioridad, por lo que se han considerado valores residuales



Longitud : 450 m.

Anchura : 350 m. mínimo

Superficie : 0'16 Km<sup>2</sup>

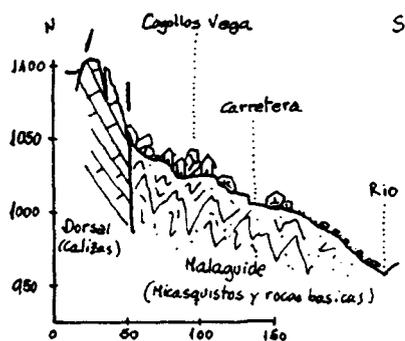
Litología : Arcillas rojas y conglomerados. Calizas lacustres en la cabecera.

Características : Deslizamiento esencialmente rotacional

Grandes bloques en cabecera y solifluidal a la base.

Peligrosidad : Si se reactiva puede destruir el único acceso a Cogollos y obturar el Rio Bermejo.

### SECTOR B



Longitud : 125 m.

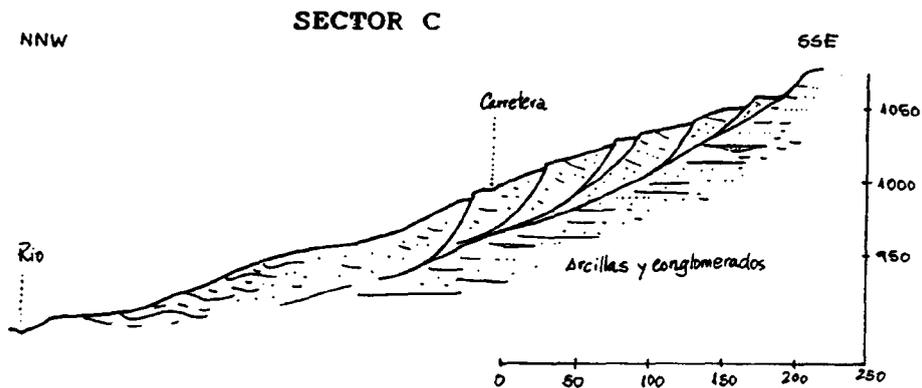
Anchura : 450 m.

Superficie : Aproximadamente 0'05 km<sup>2</sup>.

Litología : Calizas de la Dorsal.

Características : Desprendimientos de grandes bloques del escarpe de calizas. Estos bloques pueden superar la decena de metros cúbicos.

Peligrosidad : Existen numerosas viviendas en la zona de caída de bloques del escarpe diaclasado.



Longitud : 500 m.

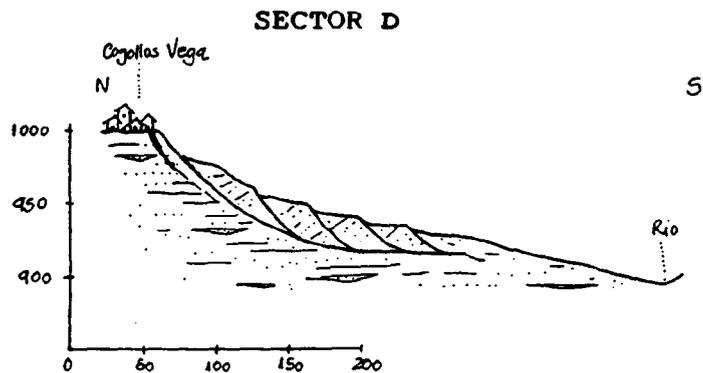
Anchura 1500 m.

Superficie : 0'75 km<sup>2</sup>. Mínimo.

Litología : Arcillas rojas y conglomerados

Características : Deslizamientos rotacionales y solifluidales que ocupan toda la ladera sur del Rio Bermejo.

Peligrosidad : Puede destruir el único acceso a Cogollos y obturar el curso del Rio Bermejo.



Longitud : 350 m.

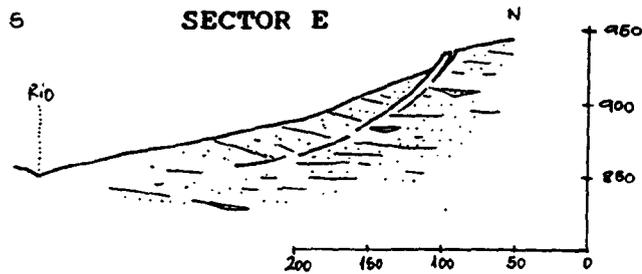
Anchura : Se trata de una zona con relevo de accidentes de este tipo que orla el núcleo. Máximo 700 m.

Superficie : 0'24 Km<sup>2</sup>. mínimo.

Litología : Arcillas rojas y conglomerados.

Características : Deslizamientos rotacionales con abundantes reptaciones superficiales, en su interior grietas abiertas en su cabecera.

Peligrosidad : Si prosigue su retroceso puede afectar a las viviendas de la periferia en este sector. Son visibles las grietas que aparecen en las casas próximas a la cabecera.



Longitud : 300 m.

Anchura 250 m.

Superficie 0'07 km<sup>2</sup>. Dentro del area estudiada.

Litología : Arcillas rojas y conglomerados.

Características : Deslizamientos rotacionales, grietas  
abiertas en la cabecera, Reptaciones  
superficiales.

Peligrosidad : Solo podría obturar el Rio Bermejo aguas  
abajo de Cogollos.



FOTO N°1 Vista general del pueblo de Cogollos Vega, sobre un deslizamiento, importante y problemas de desprendimientos de roca.

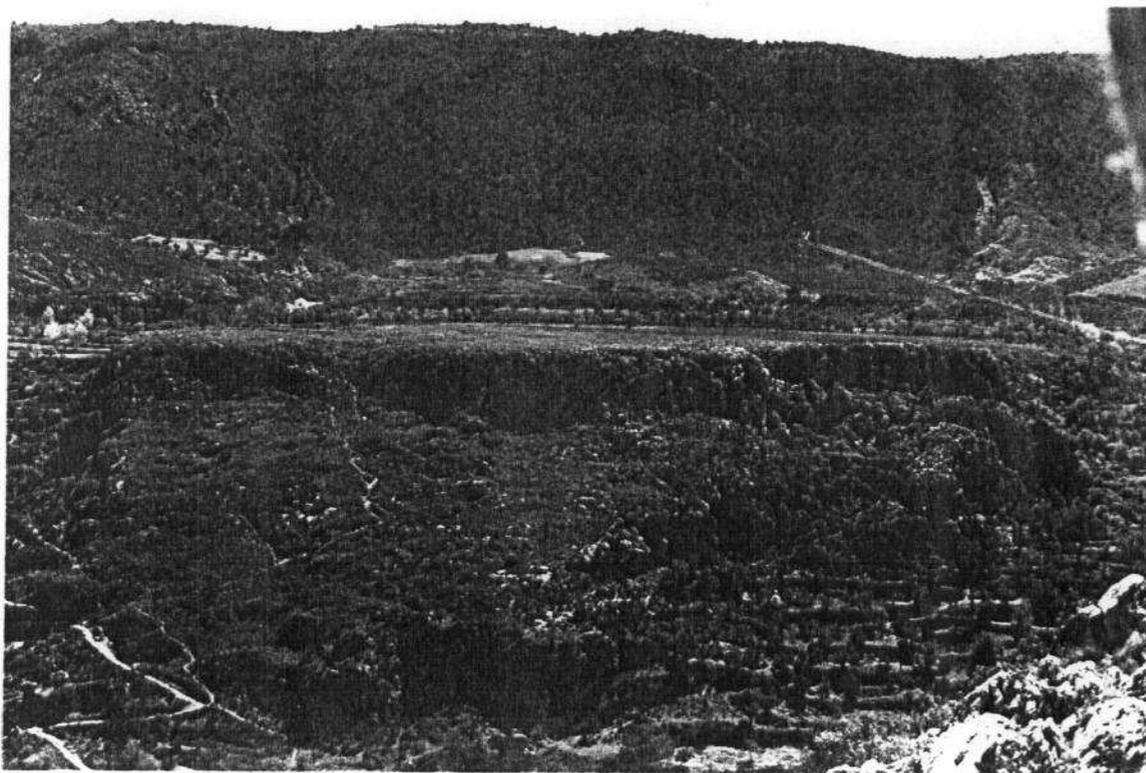


FOTO N°2 Masa caliza, partida por deslizamiento de sustrato arcilloso.

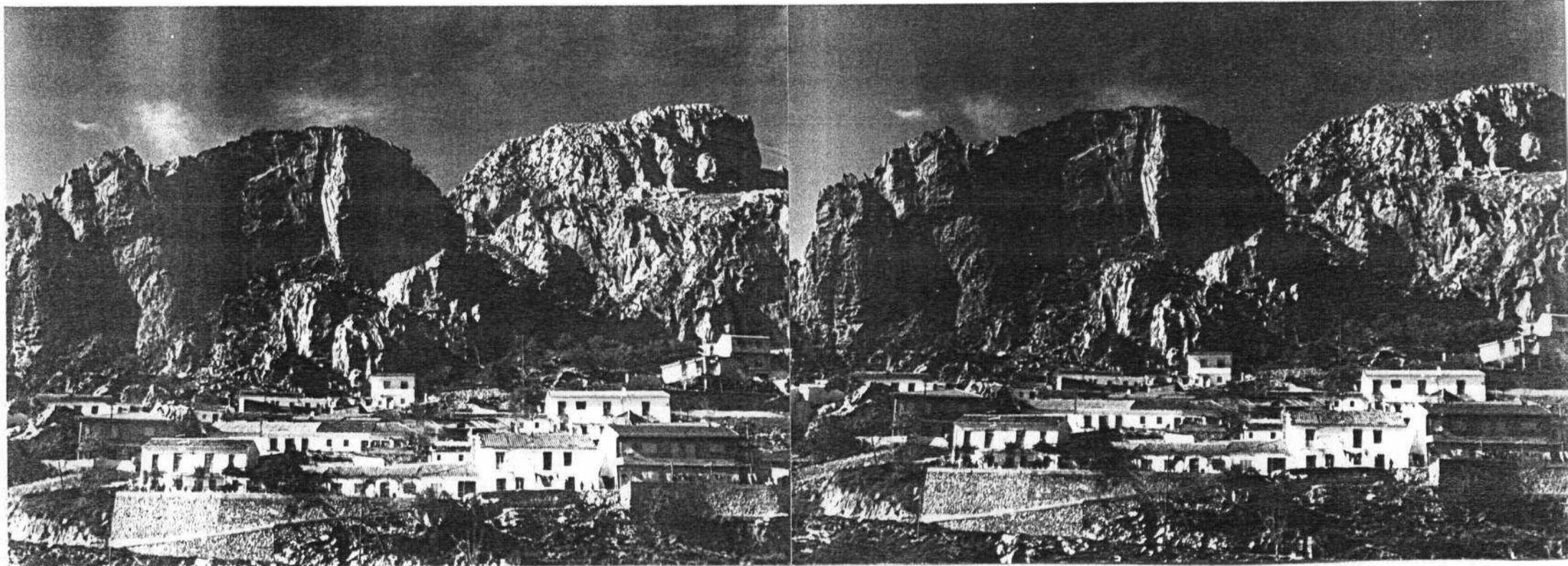


FOTO N°3. Sector B. Par estereoscópico, para observar el relieve del escarpe calizo.

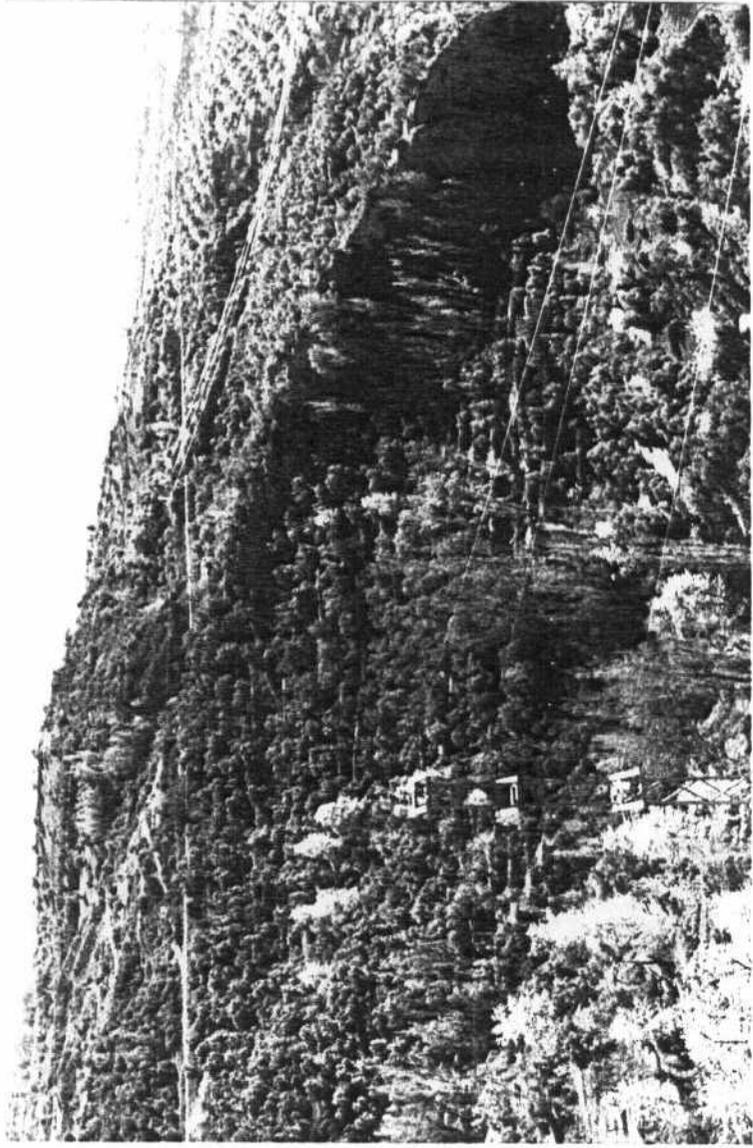


FOTO N°4 Vista general del sector C, con todos sus escarpes. En la parte inferior la carretera a Niyar.

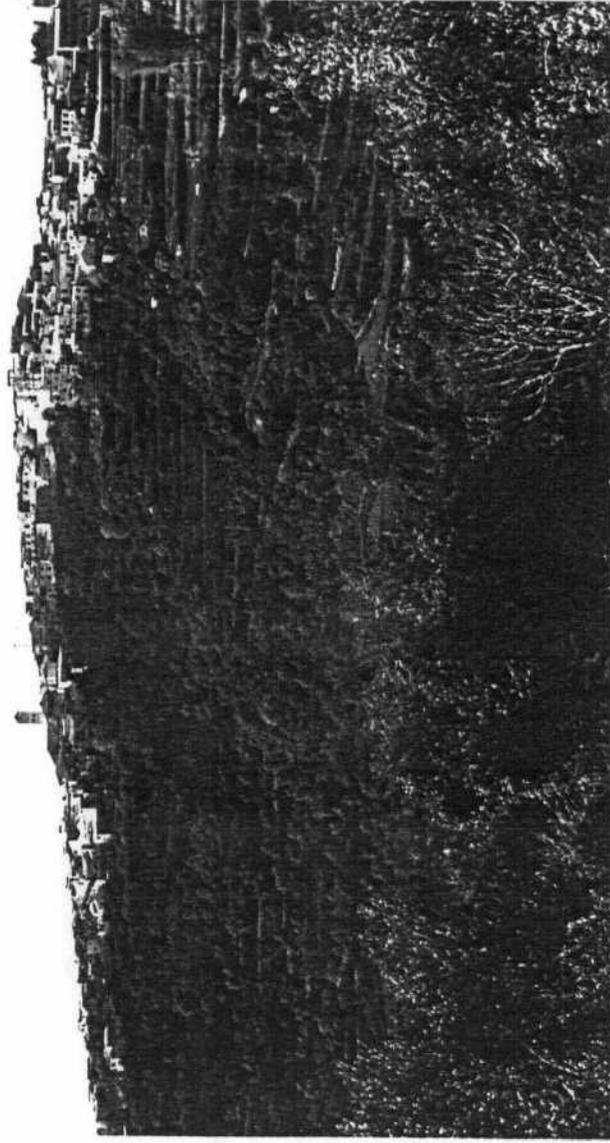


FOTO N°5 Vista general del sector D, bajo el pueblo de Cogollos en donde se observa las cicatrices del deslizamiento.

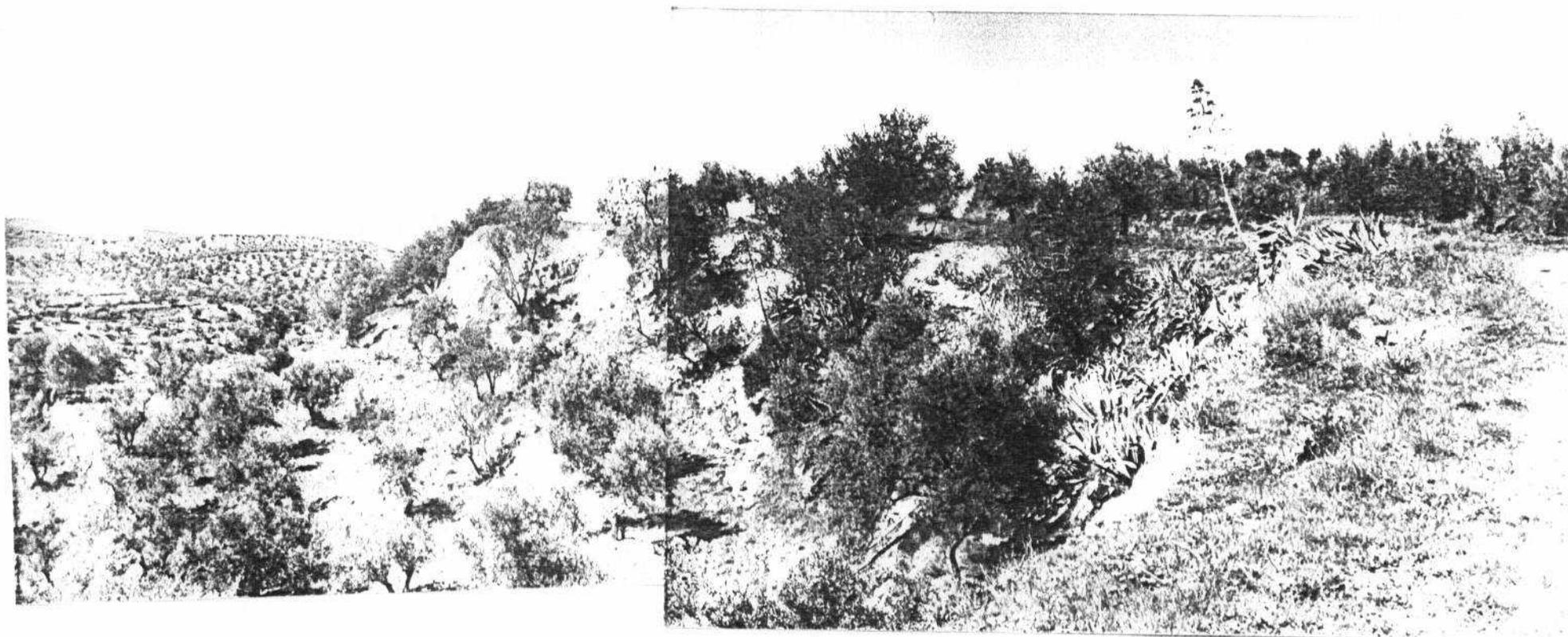


FOTO N°E Careta del deslizamiento del sector E. Se observan los diferentes escarpes.

de los parámetros de corte, estimados a partir de la correlación presentada por Skempton (1964) entre el ángulo de rozamiento interno residual y el porcentaje de pase por el tamiz nº 200 ASTM (contenido de arcilla). Mención aparte merece el sector B, en el que el problema existente es e Mecánica de Rocas, por lo que su análisis será objeto de un tratamiento diferenciado en el apartado 5.2.

- Caracterización geotécnica de cada formación geológica afectada en base a esa recopilación.

- Análisis del comportamiento de cada sector crítico en su estado actual, es decir, sin tener en cuenta el efecto dinámico del sismo previsible en la zona ni la acción de las presiones intersticiales provocadas por una sobre elevación del nivel freático después de una anomalía pluviométrica positiva.

- Análisis geotécnico de cada sector con la incidencia de un régimen pluviométrico intenso, que ocasione la aparición de un nivel freático tan elevado como las características de permeabilidad de las formaciones geológicas hagan posible.

- Influencia sobre este último estado de la sollicitación dinámica provocada por el sismo previsible en la región, que se encuentra incluida dentro de la zona sísmica tercera de las definidas en la Norma Sismorresistente PDS-1 (1974), con un grado de intensidad sísmica IX en la escala M.S.K. En el cálculo se han considerado unas aceleraciones horizontal y vertical de 0,14 m/s<sup>2</sup> y 0,3 m/s<sup>2</sup> respectivamente, para un periodo de oscilación  $T = 0,5$  s.

Los cálculos efectuados se han realizado con un programa adaptado para su empleo en un ordenador IBM-PC de acuerdo con el Método de Bishop Modificado, considerando superficies de rotura irregulares.

Por último hay que resaltar los criterios de estabilidad adoptados en función de los coeficientes de seguridad obtenidos en los cálculos.

Partiendo de que con un coeficiente de seguridad  $F = 1$  se está en equilibrio estricto (cualquier fuerza exterior puede influir en ella) y adoptando que la estabilidad en condiciones óptimas se establece a partir de  $F > 1,2$  (criterio general en todo el mundo), los valores que definen estos estados, han sido los siguientes:

- $F > 1,2$  Zona estable (Riesgo potencialmente bajo)
- $F$  comprendido entre 1 y 1,2 Zona en equilibrio estricto  
(Riesgo potencialmente mediano)
- $F < 1$  Zona inestable (Riesgo potencialmente alto)

De acuerdo con esta línea de análisis, se presenta a continuación el resultado obtenido en cada zona crítica concreta.

### **Sector A**

Movimiento en masa de carácter esencialmente rotacional. Grandes bloques de calizas lacustres en cabeza y aspecto solifluidal en la base. Afecta a arcillas rojas y conglomerados de edad pliocuaternaria. Abundante alimentación hídrica en cabeza proporcionada por las calizas.

Se han considerado con criterio conservador los siguientes parámetros de corte:

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno $\phi'$ (°)	Cohesión $c'$ (t/m <sup>2</sup> )	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )
Arcillas y conglomera- rados	27	1	1,9
Calizas lacustres	40	10	2,9

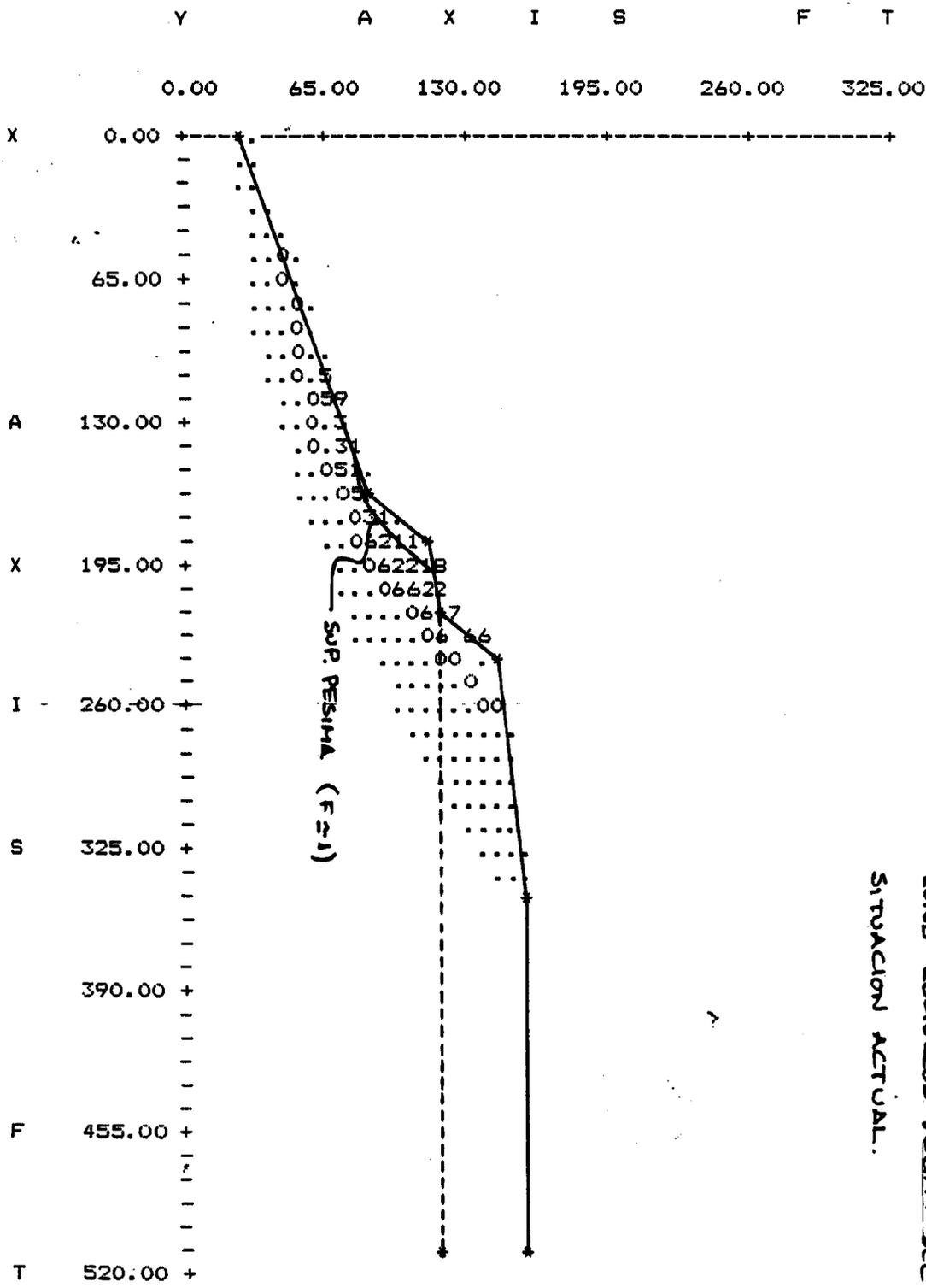
Los parámetros asignados a las arcillas rojas y conglomerados son residuales.

Se obtienen los siguientes coeficientes de seguridad para las superficies pésimas en las diferentes hipótesis analizadas:

Hipótesis	Estabilidad general del deslizamiento (F= factor de seguridad)
Situación actual	F = 1
Nivel freático alto	F < 1
N.F. alto + sismo	F < 1

Las superficies pésimas en la primera hipótesis considerada corresponden a círculos muy superficiales situados inmediatamente a muro de las calizas lacustres, zona en la que se pueden producir pequeñas caídas epidérmicas. Los círculos de deslizamiento más profundos y de mayor radio tienen coeficientes de seguridad con valores en torno a 1,25.

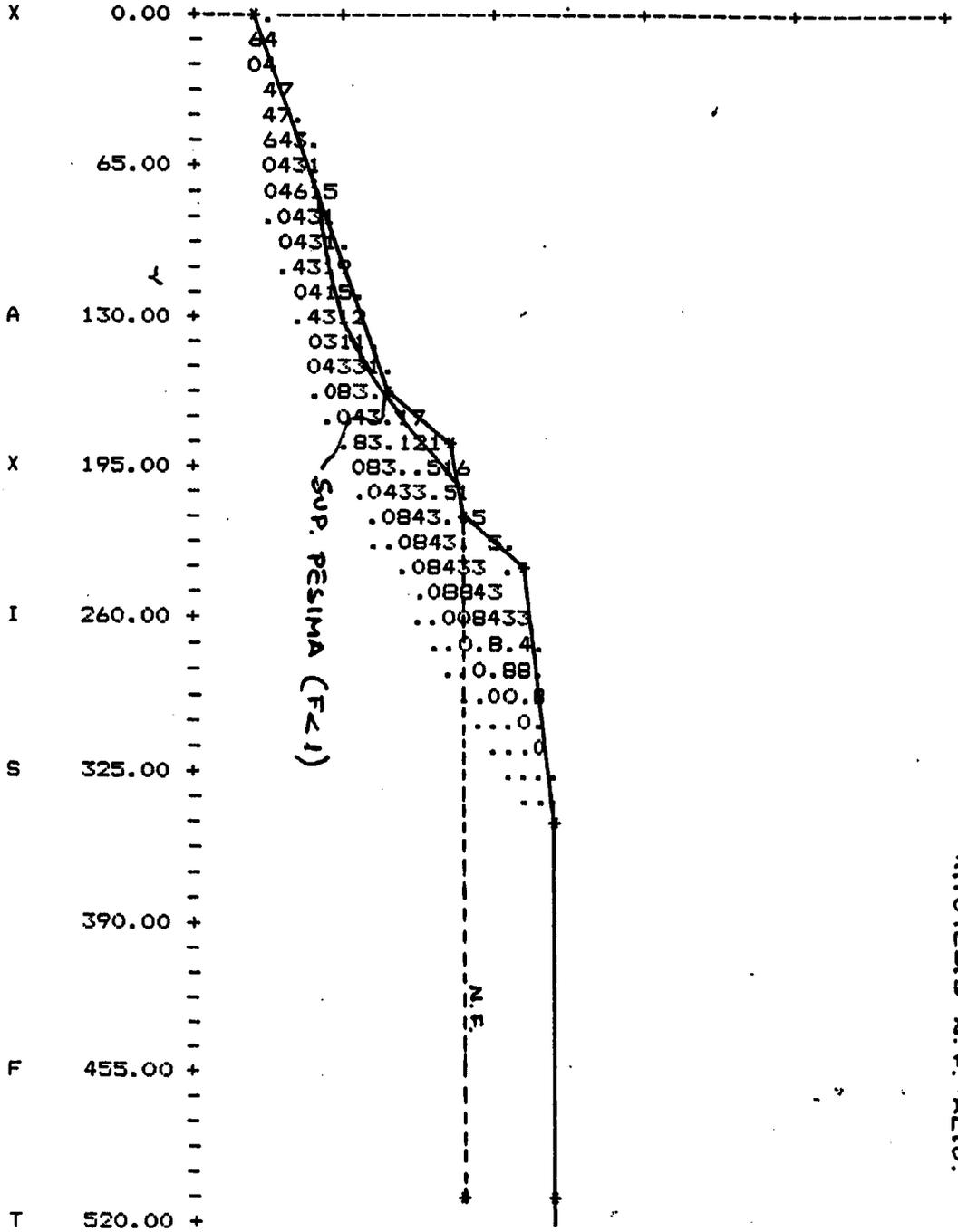
El deslizamiento por lo tanto no presenta especiales problemas de estabilidad en su estado habitual, aunque la incidencia sobre el mismo de un temporal importante de precipitaciones o del sismo previsible en la zona pueden producir su reactivación, provocando una situación de inestabilidad generalizada en la zona.



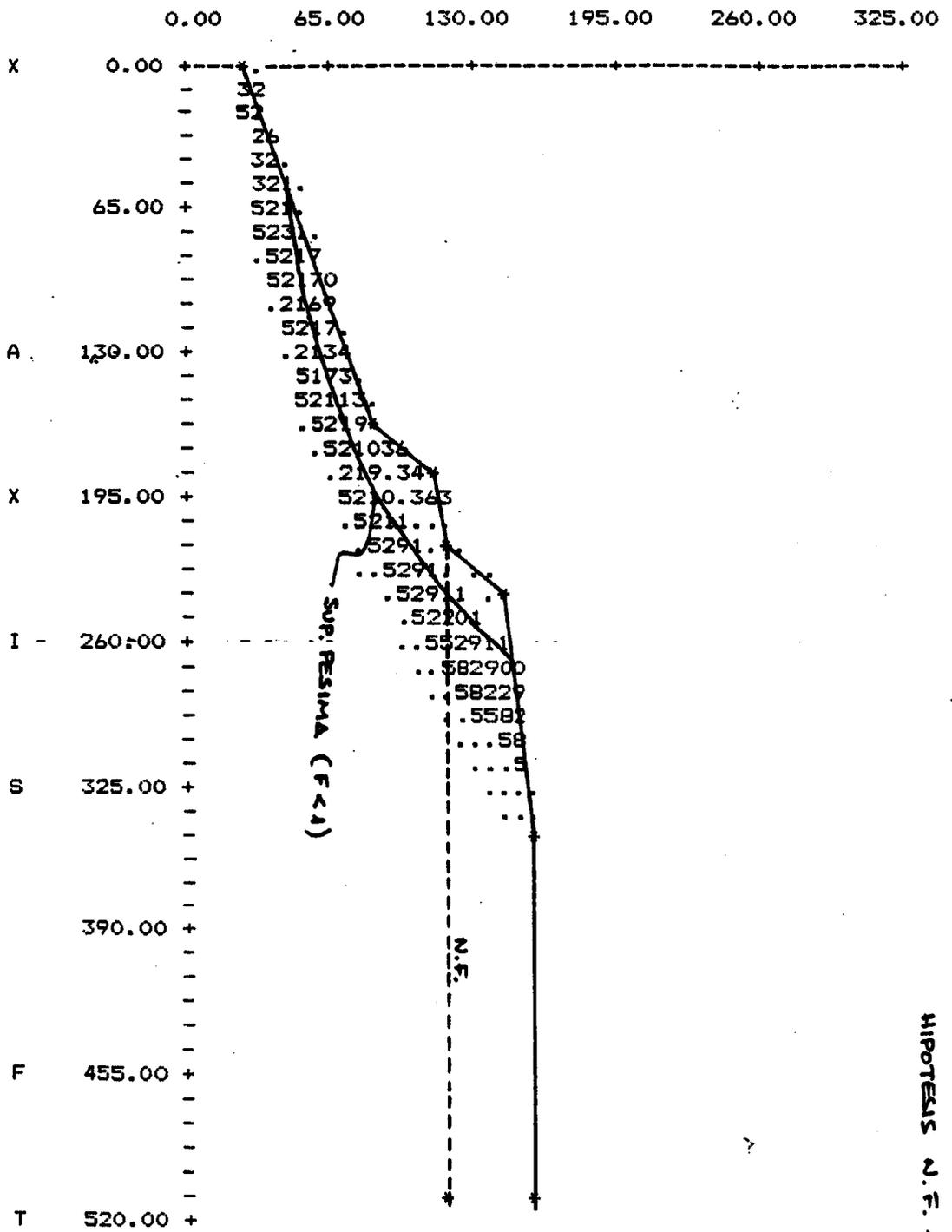
BOND COBOLLOS VEGA. SECTOR A.  
SITUACION ACTUAL.

Y A X I S F T

0.00 65.00 130.00 195.00 260.00 325.00



ZONA COBOLLOS VEGA. SECTDR A.  
HIPOTESIS N.F. ALTD.



ZONA CRIOLLOS VEGA. SECTOR A.  
 HIPOTESIS N.F. + SISMO.

Se considera este sector de riesgo potencial alto.

Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.

### **Sector B**

Según se ha anticipado previamente, este sector presenta una problemática específica de Mecánica de Rocas, por lo que su tratamiento es independiente del especificado para el resto de los sectores estudiados.

Existe en este sector un escarpe constituido por rocas carbonatadas (calizas de la Dorsal Bética) con buzamientos entre 50° y 60° a favor de la pendiente y un diaclasado abundante y semiabierto que individualiza, en combinación con las juntas de estratificación, cuñas y bloques de grandes dimensiones que amenazan con desplomarse sobre el pueblo de Cogollos Vega, bien por el efecto de factores climáticos (agua y/o hielo) o por la acción sísmica, combinada o no con los anteriores.

Se considera este sector como de riesgo potencial alto.

Sería necesario realizar un estudio que incluyera un levantamiento fotogramétrico terrestre de las juntas más desarrolladas, basándose en el cual se realizaría el análisis de la estabilidad de cada cuña o bloque así detectado, definiendo a continuación los medios adecuados para la estabilización definitiva de los mismos (anclaje profundo, bulonado, etc.).

### Sector C

Deslizamiento de tipo rotacional en cabeza y solifluidal en su zona baja que ocupa la ladera sur del río Bermejo. Afecta a arcillas rojas y conglomerados del Pliocuaternario.

Se han considerado con carácter conservador los siguientes valores para los parámetros de corte:

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno residual $\phi'$ (°)	Cohesión c' (t/m <sup>2</sup> )	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )
Arcillas y conglomerados	27	1	1,9

Se obtienen los siguientes valores para los coeficientes de seguridad de las superficies pésimas en las diferentes hipótesis:

Hipótesis	Estabilidad general del deslizamiento
Situación actual	F = 1,41
Nivel freático alto	F < 1
N.F. alto + sismo	F < 1

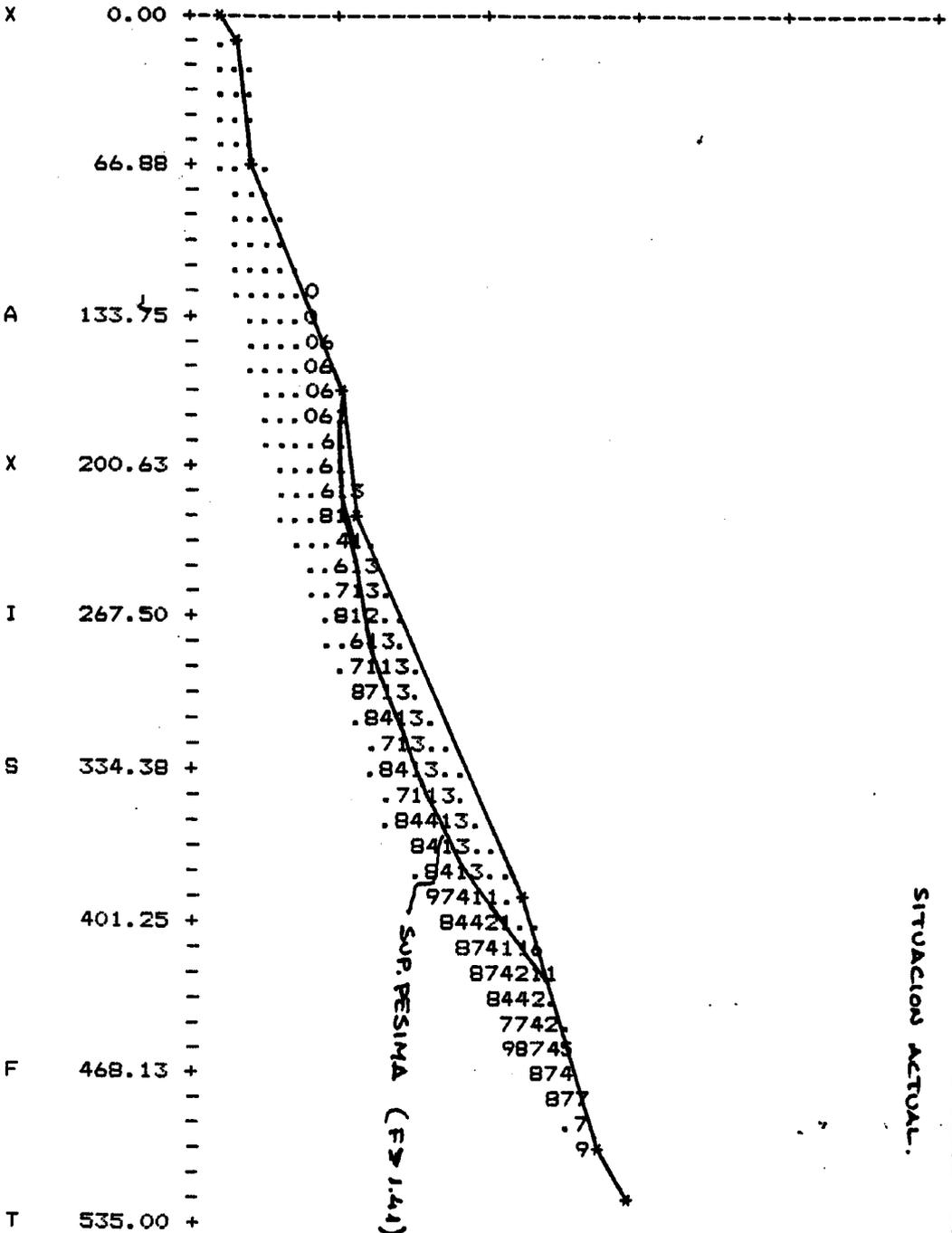
El deslizamiento se encuentra en unas condiciones de estabilidad precarias, ya que la subida del nivel freático en la zona, con la incidencia adicional o sin ella del sismo previsible, puede producir la inestabilización generalizada de la ladera.

Se considera este sector de riesgo potencial alto.

Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.

Y A X I S F T

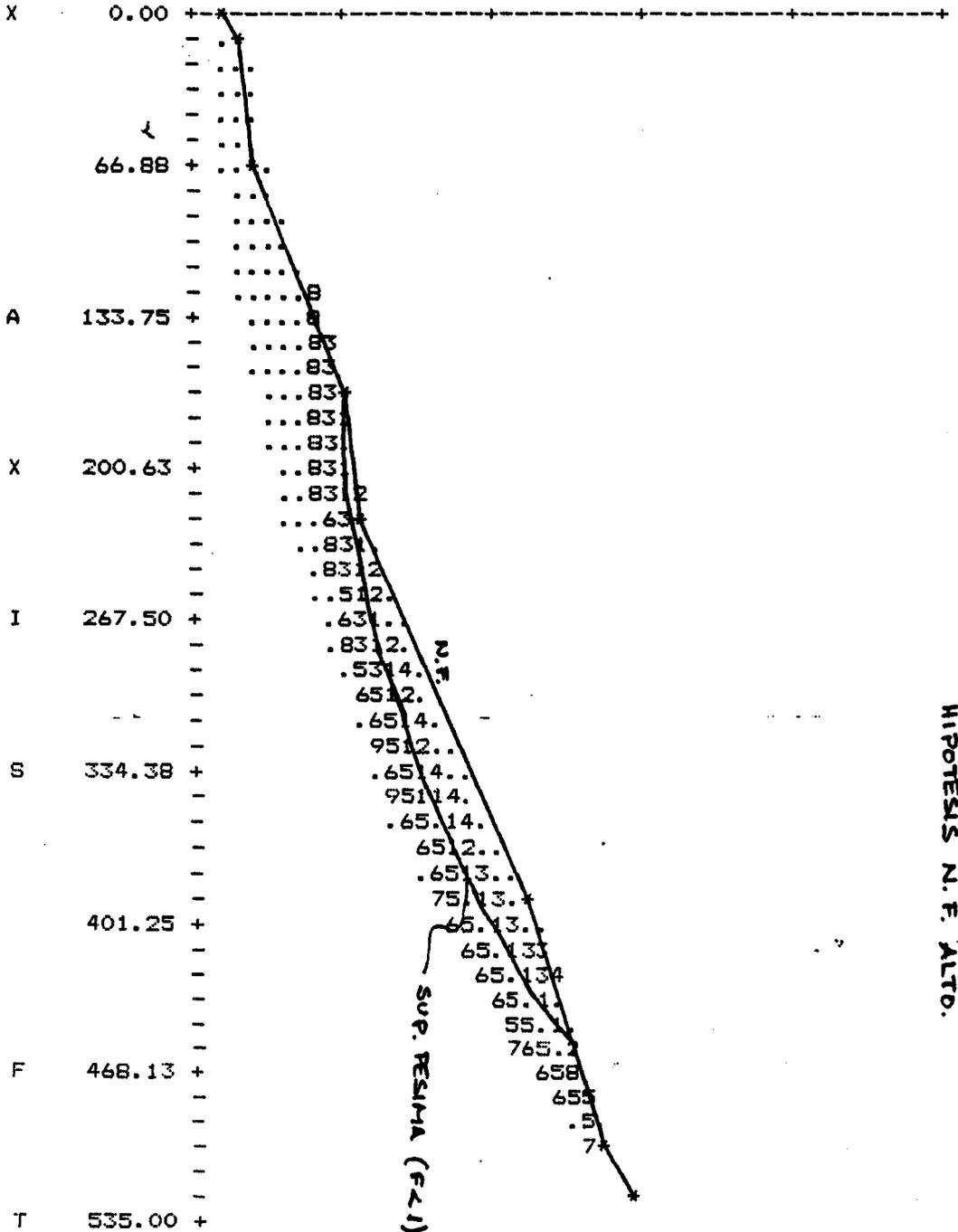
0.00 66.88 133.75 200.63 267.50 334.38



ZONA COGALLOS VEGA. SECTOR C.  
SITUACION ACTUAL.

Y A X I S F T

0.00 66.88 133.75 200.63 267.50 334.38



ZONA COGOLLOS VEDA. SECTOR C.  
HIPOTESIS N.F. ALTO.



## Sector D

Deslizamiento rotacional que interesa a arcillas rojas y conglomerados pliocuaternarios. Abundantes reptaciones superficiales y presencia de grietas de tracción en la cabeza. Su progresión ladera arriba puede provocar la ruina de edificaciones de la localidad que se encuentran junto a la actual cabeza del deslizamiento.

Se han considerado con carácter conservador los siguientes parámetros de corte:

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno residual $\phi'$ (°)	Cohesión c' (t/m <sup>2</sup> )	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )
Arcillas y conglomerados	27	1	1,9

Se obtienen los siguientes valores de coeficientes de seguridad para las superficies pésimas en las diferentes hipótesis consideradas:

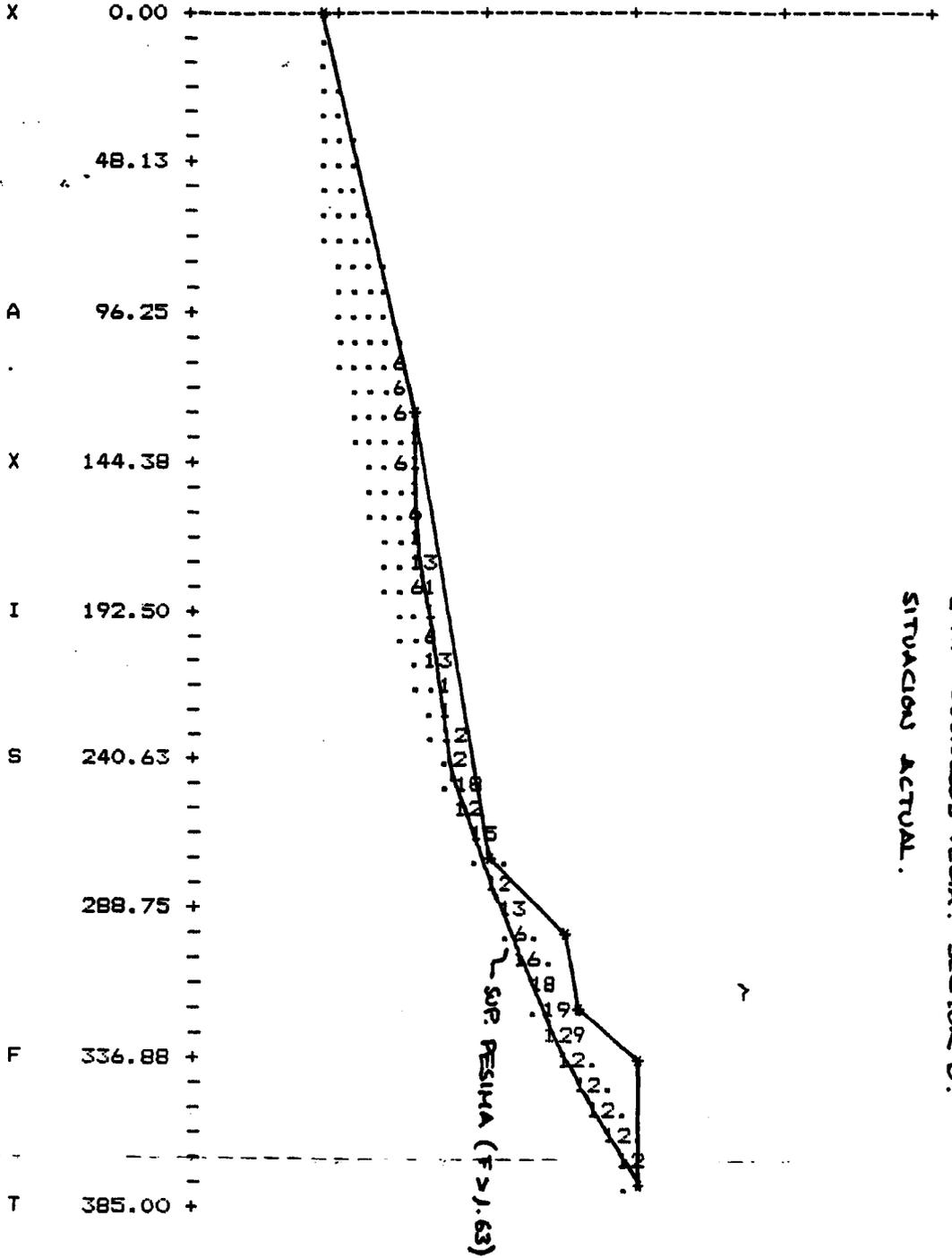
Hipótesis	Estabilidad general del deslizamiento
Situación actual	F = 1,63
Nivel freático alto	F < 1
N.F. alto + sismo	F < 1

Al igual que en el caso anterior, la estabilidad de la ladera es suficiente en las condiciones habituales (ausencia de precipitaciones intensas y de movimientos sísmicos). Con la concurrencia, simultánea o no, de estos factores se puede alcanzar una situación de inestabilidad clara en la zona.

Se considera este sector de riesgo potencial alto.

Y A X I S F T

0.00 48.13 96.25 144.38 192.50 240.63



ZONA COBOLLOS VEGA. SECTOR D.  
SITUACION ACTUAL.

Y A X I S F T

0.00 48.13 96.25 144.38 192.50 240.63

X 0.00 +

48.13 +

A 96.25 +

X 144.38 +

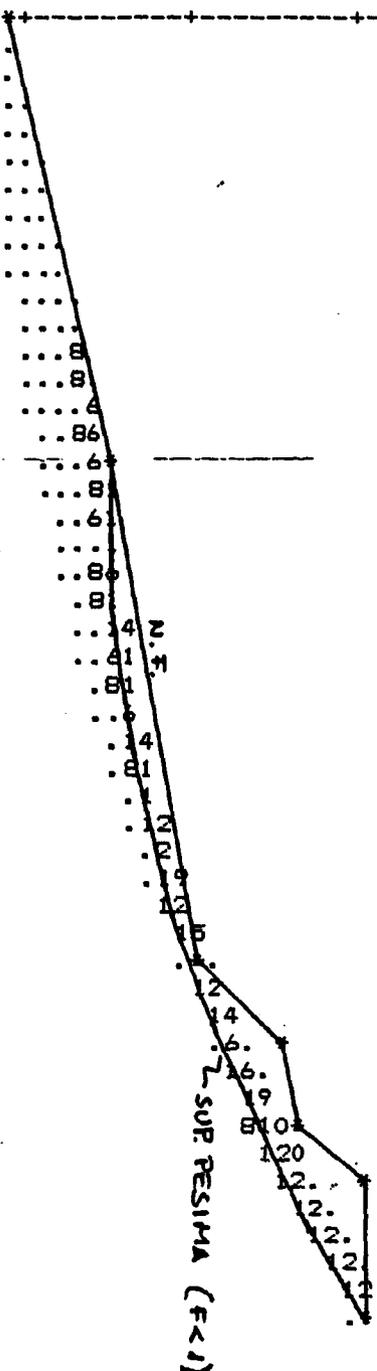
I 192.50 +

S 240.63 +

288.75 +

F 336.88 +

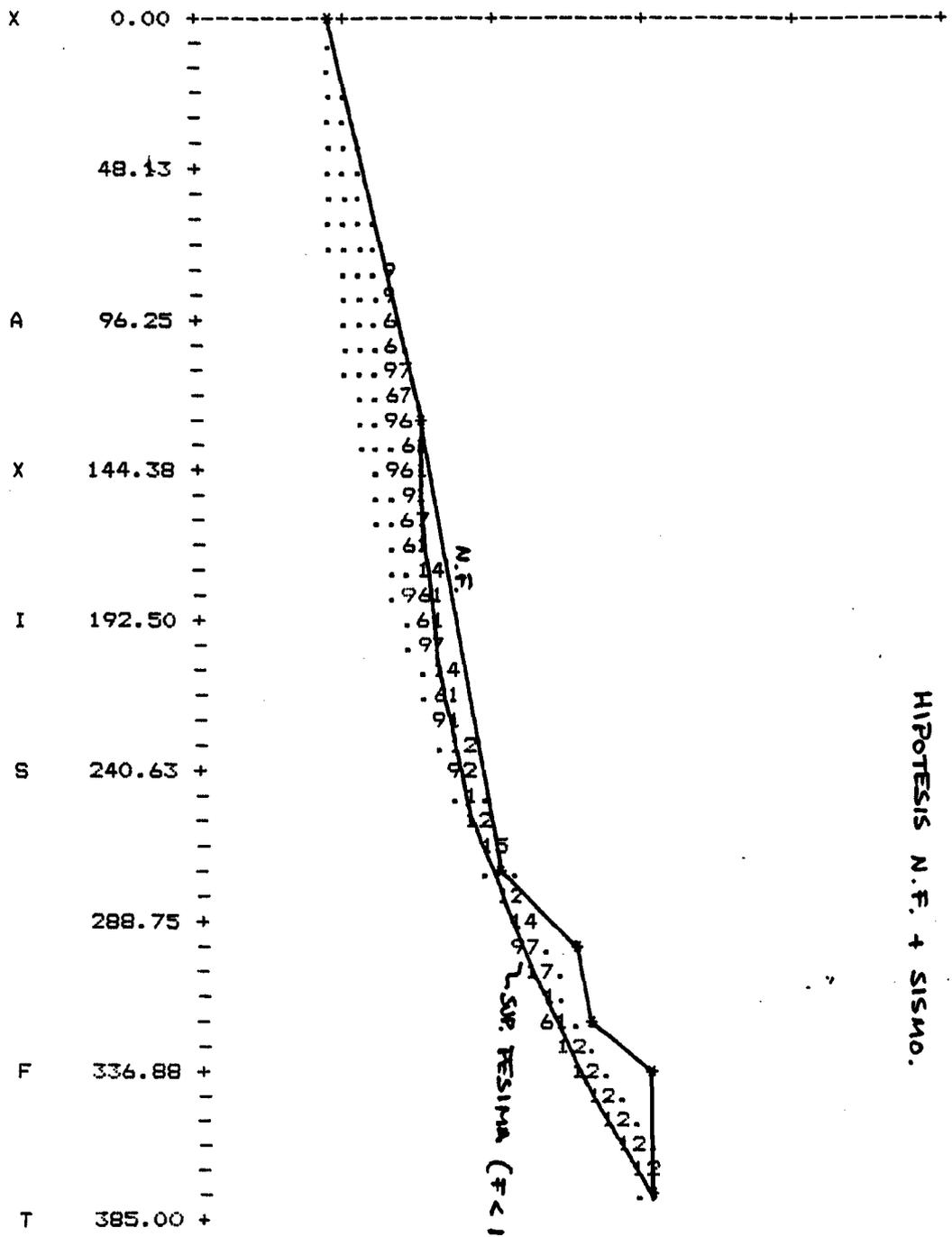
T 385.00 +



AVDA COGOLLOS VEGA. SECTOR D.  
HIPOTESIS N. F. ALTO.

Y                    A                    X                    I                    S                    F                    T

0.00                48.13                96.25                144.38                192.50                240.63



ZONA CORDILLOS VÉIA. SECTORE D.  
HIPOTESIS N.F. + SISMO.

Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.

### Sector E

Deslizamiento rotacional que afecta a arcillas rojas y conglomerados de edad pliocuaternaria. Reptación superficial en su zona inferior y grietas de tracción en cabeza.

Se han considerado con carácter conservador los parámetros de resistencia al corte siguientes:

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno residual $\phi'$ (°)	Cohesión c' (t/m <sup>2</sup> )	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )
Arcillas y conglomerados	27	1	1,9

Se obtienen los siguientes valores de coeficientes de seguridad en las distintas hipótesis realizadas:

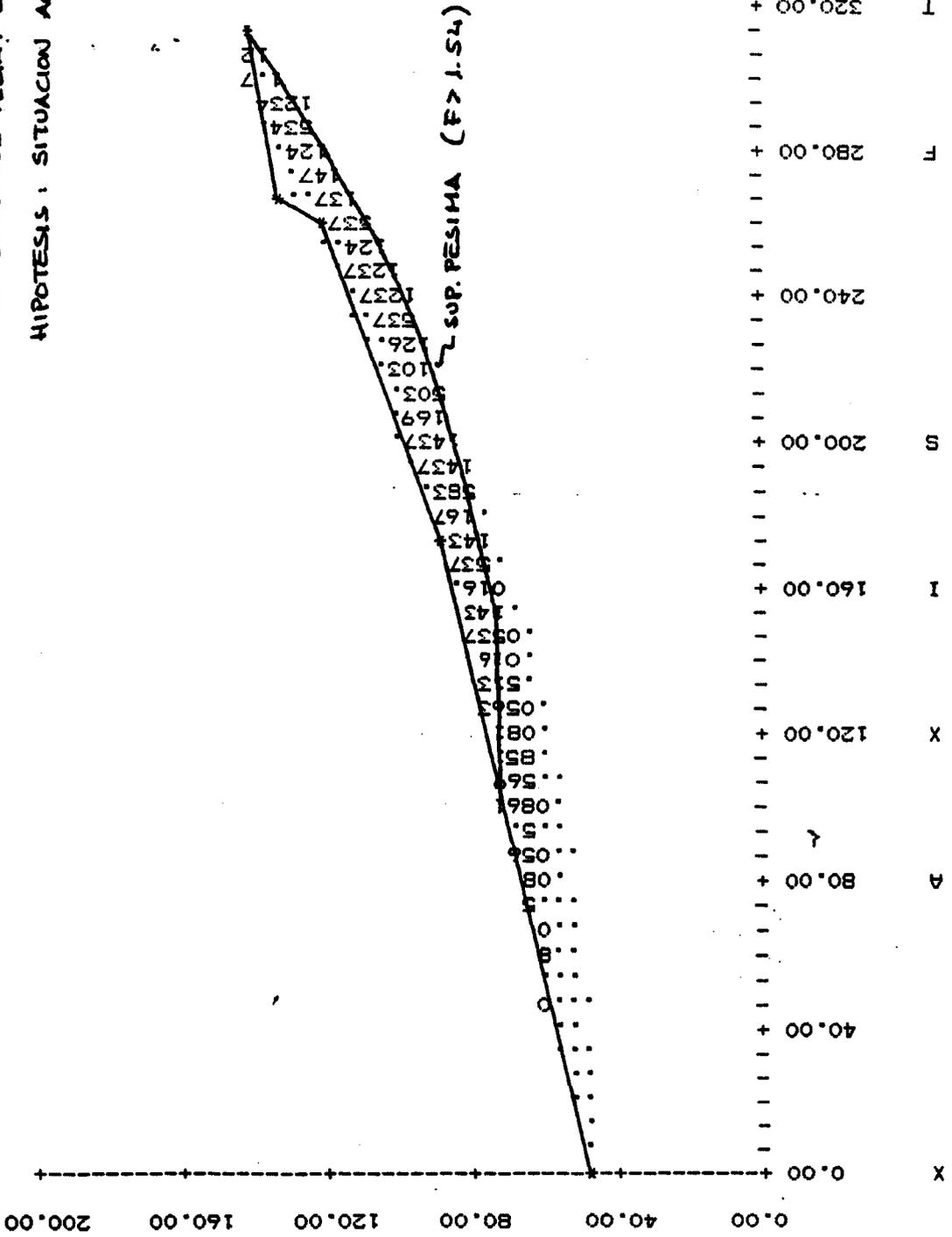
Hipótesis	Estabilidad general del deslizamiento
Situación actual	$F = 1,54$
Nivel freático alto	$F < 1$
N.F. alto + sismo	$F < 1$

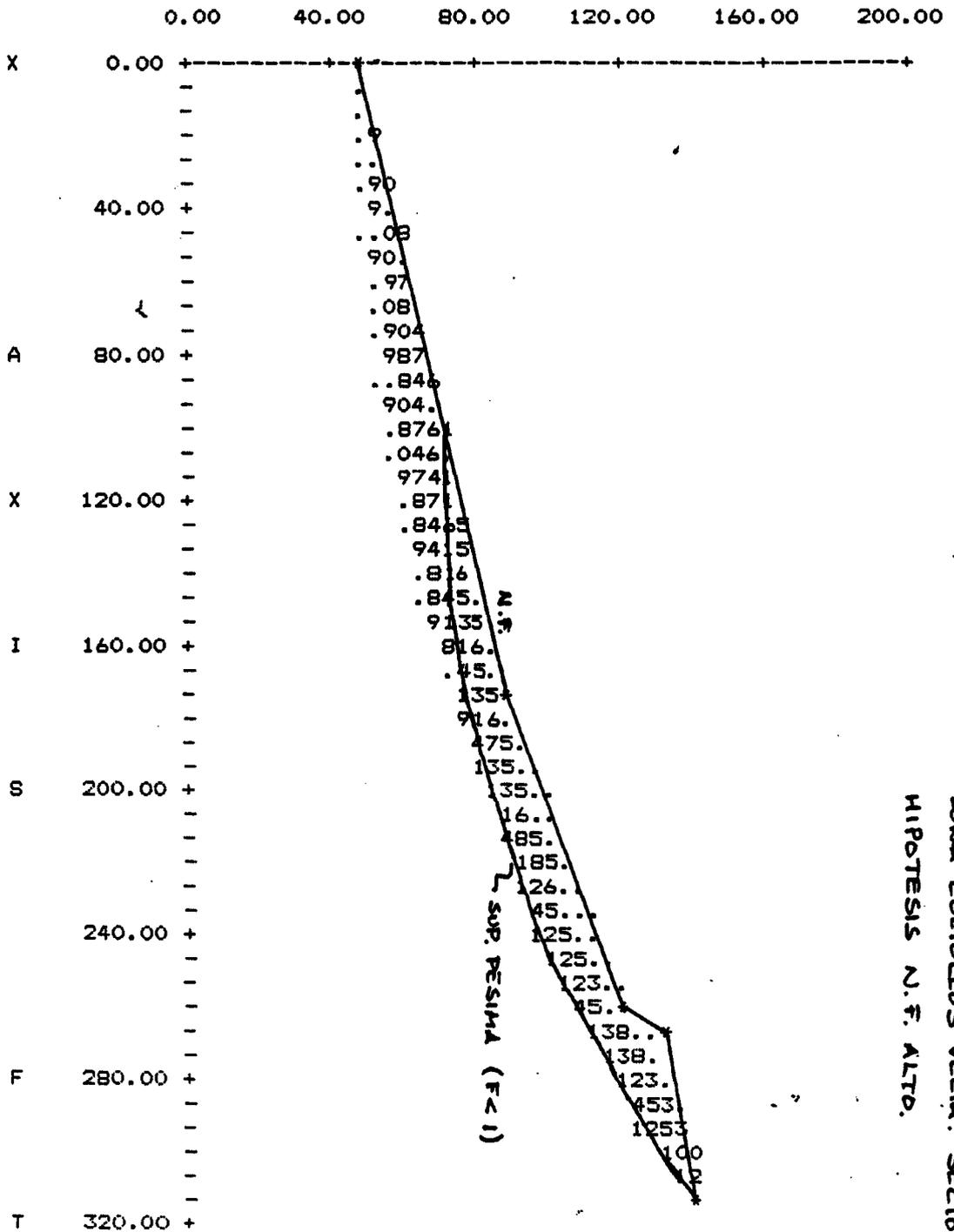
Se concluye que el deslizamiento se encuentra en condiciones aceptables de estabilidad en su estado actual. La sobreexplotación del nivel freático en la zona producida por un régimen pluviométrico intenso, con o sin la incidencia simultánea del sismo previsible, puede general la desestabilización general de la ladera.

Se considera este sector de riesgo potencial alto.

ZONA COBOLLOS VEGA, SECTOR E.

HIPOTESIS: SITUACION ACTUAL.

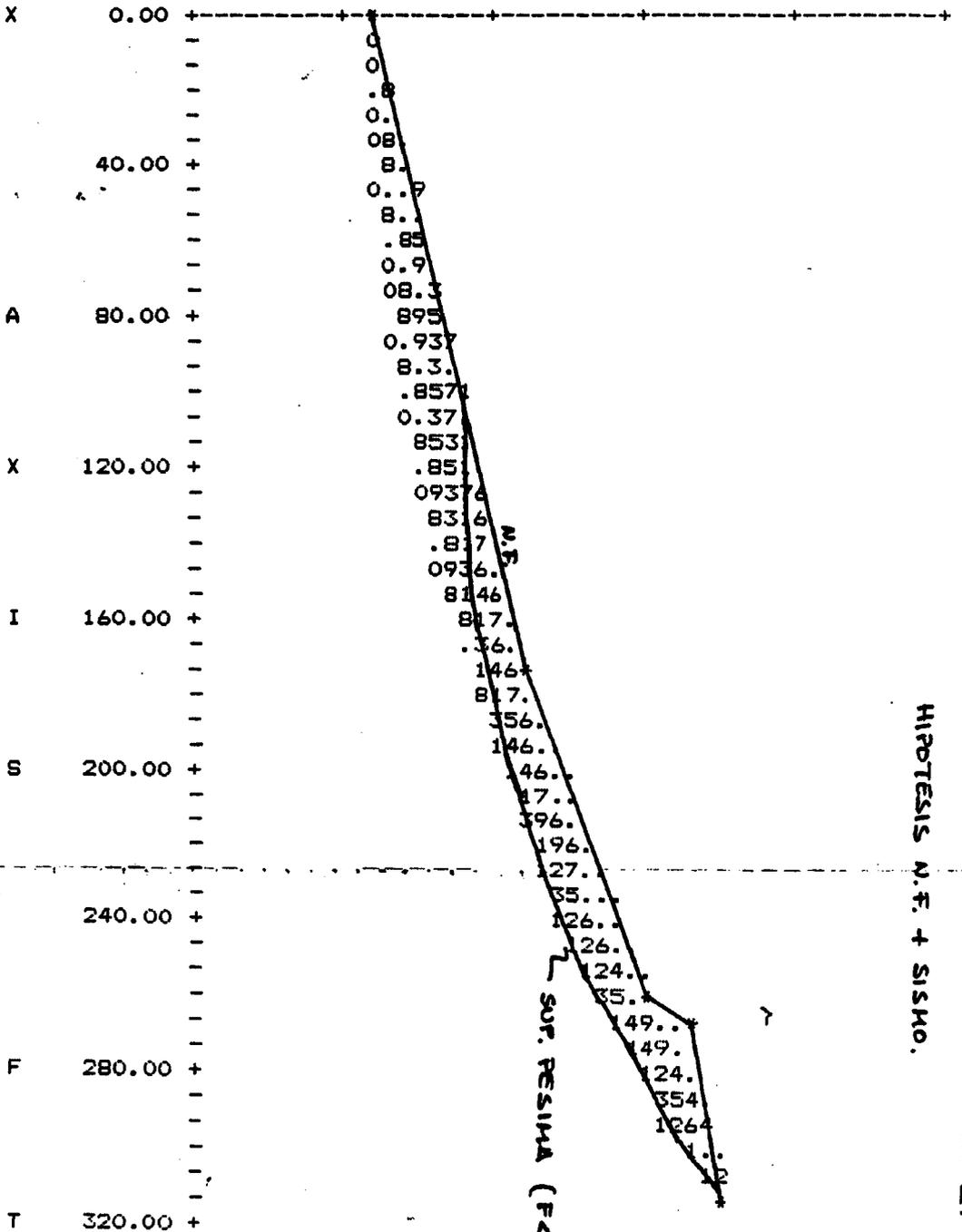




ZONA COLLOS VEGA. SECTOR E.  
HIPOTESIS N.F. ALTO.

Y A X I S F T

0.00 40.00 80.00 120.00 160.00 200.00



ZONA COGOLLOS VEGA. SECTOR E.  
HIPOTESIS N.F. + SISMO.

SUP. PESIMA (F<1)

## 5. ESTUDIO DE RIESGOS

Con el análisis de los resultados obtenidos en los estudios parciales climáticos, geológicos, geomorfológicos y geotécnicos, se ha confeccionado un mapa de riesgos de movimientos de ladera a escala 1:5.000 del entorno del pueblo de Cogollos Vega.

En este mapa se ha realizado una zonificación de riesgos por áreas de misma potencialidad en lo referente a estabilidad, basado fundamentalmente en los análisis parciales de las zonas predeterminadas en el mapa geomorfológico, denominadas de la A a la E, y que con posterioridad han sido objeto de un estudio geotécnico.

Lógicamente, las líneas que delimitan la separación entre zonas, no deben ser consideradas estrictas, dado el carácter subjetivo de este tipo de estudio, en donde el grado de afinamiento es imposible.

A continuación se definen las 3 zonas, en que se ha hecho la separación, así como los criterios adoptados para la misma:

### "RIESGOS DE INESTABILIDAD POTENCIAL"

Zonas situadas normalmente en cabeceras de deslizamientos remontantes o sobre áreas propensas a los mismos y/o cuya estabilidad sea potencialmente alta.

### "RIESGO DE INESTABILIDAD"

Zonas situadas sobre deslizamientos antiguos o recientes latentes y/o cuya estabilidad sea potencialmente mediana o baja.

## "RIESGO DE ALTA INESTABILIDAD"

Zonas situadas sobre deslizamientos antiguos o recientes activos y/o cuya estabilidad sea potencialmente baja.

La zona denominada de "INESTABILIDAD POTENCIAL", abarca un sector amplio al Oeste de Cogollos, así como las esquinas Noreste y Sureste del plano de riesgos.

La zona situada al Oeste de Cogollos, son laderas sobre el río Bermejo en zonas propensas de deslizamientos, como sucede a lo largo de dicho río.

La esquina Noreste es un farallón calizo, con problemas de desprendimientos.

Aunque esta zona no linda directamente con el pueblo, hay que tener en cuenta este fenómeno, sobre todo para transitar por ella.

La esquina Sureste es una meseta caliza, sobre arcillas y conglomerados con un deslizamiento en el pie, que de reactivarse podría afectar a la cabeza.

La zona denominada de "INESTABILIDAD" comprende una superficie importante, en donde se sitúa el pueblo de Cogollos--Vega. El pueblo puede ser afectado por varios frentes. Así la parte lindante con el farallón calizo, está expuesta a fenómenos de desprendimientos de bloques de roca, de un escarpe muy fracturado y que geomecánicamente tiene una buena disposición en la formación de cuñas tetraédricas.

Las acciones de factores exteriores como son climáticos (hielo y agua) o sísmicos, pueden producir la caída de dichos bloques.

La parte Sur del pueblo se sitúa en la cabeza de un deslizamiento importante (Sector D en plano geomorfológico) altamente inestable, y que ya ha afectado a las viviendas más próximas, con aparición de grietas.

De activarse, podría afectar a una parte importante del pueblo.

Igualmente sucede este fenómeno en la parte Oeste, en que se sitúa sobre una serie de marcas de deslizamientos, como se observa en el plano geomorfológico.

Por último la zona denominada de "ALTA INESTABILIDAD" se sitúa en su mayor parte a ambos márgenes del río Bermejo, afectando a la totalidad de la ladera Sur y en gran parte a la ladera Norte.

En la ladera Sur existen una serie continua de deslizamientos (ver plano geomorfológico) cuyo estudio geotécnico (sectores A y C), les confiere un alto porcentaje de inestabilidad.

Por esta zona discurre la única carretera de conexión con Cogollos, que de cortarse, afectaría de una manera importante a la población.

Igualmente el represamiento del río Bermejo, podría tener causas imprevisibles, sobre todo aguas arriba del río. Los sectores D y E, del plano geomorfológico, situados en la ladera Norte, tiene igualmente una mala estabilidad, como lo demuestra el estudio geotécnico, siendo el sector D el más comprometido, por situarse en su cabeza, el pueblo de Cogollos Vega.

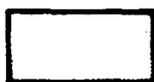
# LEYENDA MAPA DE RIESGOS

## "RIESGOS DE INESTABILIDAD POTENCIAL "



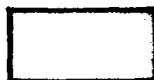
Zonas situadas normalmente en cabeceras de deslizamientos remontantes o sobre áreas propensas a lo mismos y/o cuya estabilidad, sea potencialmente alta.

## "RIESGOS DE INESTABILIDAD"



Zonas situadas sobre deslizamientos antiguos o recientes latentes y/o cuya estabilidad, sea potencialmente mediana o baja.

## "RIESGOS DE ALTA INESTABILIDAD"



Zonas situadas sobre deslizamientos antiguos o recientes activos y/o cuya estabilidad sea potencialmente baja.



Cortijo de la  
Muerta Zorrillo

COGOLLOS VEGA

COGOLLOS VEGA  
992.80

RIO

MAPA DE RIESGOS  
(COGOLLOS VEGA)  
ESCALA 1/5000

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis global de los diferentes estudios realizados (climáticos, geológicos, geomorfológicos y geotécnicos), se ha confeccionado un mapa de riesgos geológicos de la población de Cogollos Vega, en donde han quedado reflejadas una serie de áreas, de mayor o menor estabilidad, y que pueden servir de orientación en la ordenación del territorio. Este estudio tiene un grado de afinamiento importante, sobre todo en los aspectos geológicos y geomorfológicos de la zona afectada.

El estudio geotécnico realizado no pretende ser más que una aproximación a la realidad del comportamiento que los deslizamientos pudieran tener ante la concurrencia de las situaciones desestabilizadoras consideradas, anomalías pluviométricas positivas y/o acción sísmica, ya que los parámetros geotécnicos considerados se han estimado en base a la práctica habitual de los estudios realizados en la zona.

Se recomienda en primer lugar ejecutar un análisis profundo de los mismos, efectuando sondeos, investigación geofísica, ensayos de laboratorio mediante los cuales se puedan determinar con precisión los valores reales de dichos parámetros, etc., con el fin de evaluar de forma exacta el alcance del riesgo en cada uno de ellos, especialmente en la zona de Cogollos Vega en la que el riesgo potencial se estima como alto.

Se recomienda disponer medidas de corrección en los sectores A, B, C y E tendentes a drenar la masa afectada y a impedir la migración ladera abajo de masas ya movidas, evitando con ello la posibilidad de rotura progresiva. El empleo de muros de contención ejecutados con gaviones empotrados hasta una profundidad suficiente puede ser muy eficaz. Estos muros, adecuadamente dispuestos en planta, pueden cumplir incluso la

función de drenes de grava en su zona baja, siempre que se asegure la salida de las aguas captadas por los mismos en su zona inferior fuera del área afectada por el deslizamiento. Otras posibilidades en cuanto a drenaje de las masas potencialmente inestables pueden ser el empleo de drenes subhorizontales (tipo "dren californiano") o de galerías y pozos drenantes rellenos con grava, con la disposición más adecuada a cada caso concreto.

En cuanto a la estabilización de masas inestables puede ser también adecuada la utilización de anclajes profundos o bulones en determinados casos, sector B y zona de cabeza del sector A, en los que el problema existente y las características geomecánicas del terreno lo aconsejan.

## 7. BIBLIOGRAFIA

DABRIO, et alt. Rasgos sedimentarios de los conglomerados Miocenos del borde Noreste de la depresión Granada. Estudios Geológicos nº 34. pág. 89-97.

DABRIO, et alt. 1978. Interpretación sedimentológica de materiales Neógenos. Borde Noreste, cuenca de Granada. Minas Rev. 1978. V 3 pág. 121-123.

DABRIO, C.J.; RUIZ BUSTOS. 1979. Los conglomerados de la Block-formation y su significación. Bol. Soc. Geol. Francesa. 1979. 2 pág. 5-55.

ESTEVEZ, A. y GALDEANO, S. 1980. La Neotectónica en los alrededores de Sierra Arana. Cuadernos Geolog. Univer. Granada. Vol 11. pág. 7-29.

ESTEVEZ, A. y GALDEANO, S. 1983. Neotectónica Sector Central Cadenas Béticas. Cuencas Guadix, Baza y Granada. Rev. Geol. Dinámica y Geografía Física. Vol. 24, Fase 1. pág. 23-34. París.

FOUCAULT, 1976. Complementos sobre la geología al Oeste de Sierra Arana y alrededores. Bol. Soc. Geol. Francesa. Vol. 7. Tomo XVIII, nº 3, pág. 649-658.

GARCIA DUEÑAS, U. y NAVARRO VILA, F. 1976. Alpujárrides, Maláguides y otras unidades alóctonas al Norte de Sierra Nevada. Bol. Soc. Geol. Franc. 7 Tomo XVIII. nº 3. pág. 611-618

NAVARRO NEUMANN. Consecuencias catastróficas de movimientos de tierra en masa, en los alrededores de Monachil. Bol. Cienc. Natur.

RODRIGUEZ FERNANDEZ, J. 1982. El Mioceno del Sector Central Cordilleras Béticas. Tesis Universidad Granada.

SKEMPTON, A.W. "Long term stability of clay slopes". Geotechnique, 19 pp. 75-101. 1964.

MONACHIL

- INDICE-

1.- INTRODUCCION

2.- CLIMATOLOGIA

3.- GEOLOGIA

3.1. CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL

3.2. ESTRATIGRAFIA

3.2.1. Alpujárride (Trías Medio-Superior)

3.2.2. Materiales Neógenos

3.2.2.1. Lutitas con yesos y arenas (Mioceno Medio)

3.2.2.2. Calcarenitas bioclásticas

3.2.2.3. Lutitas con dentalium

3.2.2.4. Formación Dudar

3.2.2.5. Formación de Pinos Genil

3.2.2.6. Limos de Cenes-Jun

3.2.2.7. Formación Alhambra

3.2.3. Holoceno

3.2.3.1. Aluviales y terrazas

3.2.3.2. Materiales deslizados

3.2.3.3. Suelos

3.3. TECTONICA-SISMICIDAD

3.4. GEOMORFOLOGIA

3.4.1. Introducción

3.4.2. Dinámica de vertientes

3.4.2.1. Deslizamientos en grandes bloques

3.4.2.2. Deslizamientos de carácter solifluidal

3.4.2.3. Formas erosivas

4.- AREAS POTENCIALMENTE PELIGROSAS

4.1. ANTECEDENTES

4.2. AREAS CRITICAS

4.3. ANALISIS GEOTECNICO

5.- ESTUDIO DE RIESGOS

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.- BIBLIOGRAFIA

## 1. INTRODUCCION

La localidad de Monachil, según el censo del 1 de Abril de 1986, cuenta con 3725 habitantes. El pueblo se encuentra dividido en tres barrios; el Barrio Alto, actual núcleo de la población, el Barrio Bajo y Barrio de la Vega. A parte, numerosas viviendas diseminadas, localizadas principalmente en los Sectores meridionales y orientales del pueblo, y el anejo de la estación invernal de Solynieve. La economía básica consiste en el aprovechamiento del suelo para la agricultura, ganadería y explotación de arcillas para ladrillería.

El presente informe tiene por objeto establecer una infraestructura geológica básica para la prevención de riesgos de inestabilidad de las vertientes que puedan poner en peligro de alguna forma el área próxima al barrio alto de este municipio.

Es de resaltar nuestro agradecimiento a la Excelentísima Diputación de Granada, por el apoyo recibido, entre el que cabe destacar la base topográfica, usada para las cartografías.

Igualmente es de agradecer la información desinteresada por el Real Observatorio de la Cartuja, sobre la red sísmica de Granada.

Los datos geotécnicos empleados en los cálculos de estabilidad han sido gentilmente aportados por Geotécnica del Sur S.A., dada su experiencia de trabajo en la zona, al no realizarse para este estudio análisis de laboratorio de los materiales involucrados.

## 2. CLIMATOLOGIA

En este capítulo se han seleccionado dos parámetros para su análisis.

Por un lado los valores de precipitaciones pluviométricas extraídos de la estación meteorológica de Monachil, situada a 810 m de altitud.

Por otro, las aportaciones mensuales del Río Monachil a su paso por la Central de Diechar.

Estos datos se adjuntan en las tablas I y II. Se han considerado estos dos parámetros, íntimamente ligados genéticamente, por ser los que van a tener una influencia decisiva en la dinámica y modelado de vertientes.

En la tabla I se expresan los valores de las precipitaciones mensuales por años hídricos, correspondientes a los años 1946 y 1975.

Hemos resaltado en ella las anomalías positivas, más significativas, tanto para valores anuales como para periodos consecutivos de tres a siete meses.

Esta agrupación se ha realizado por su incidencia directa fundamentalmente en la dinámica de vertientes, ya que dependiendo de la continuidad o no de las lluvias así como su valor absoluto para un periodo corto o largo de tiempo, condicionará unos efectos sensiblemente diferentes, variando desde un aumento en el grado de plasticidad para materiales acuícludos hasta fenómenos de arrastre o avalancha en materiales sueltos con gran porosidad, en pendientes pronunciadas.

Es de hacer notar la directa repercusión de estos fenómenos en el caso concreto para los valores correspondientes al periodo Octubre-Febrero de 1963 donde la anomalía positiva coincide con el periodo de manifestaciones de inestabilidades en las laderas y el consecuente origen de deslizamientos.

Es igualmente significativo el desplazamiento temporal en cuanto a los incrementos positivos del caudal aportado por el Río Monachil en relación a las máximas precipitaciones. Este hecho es perfectamente explicable si consideramos que el curso alto de este río se encuentra a alturas suficientes como para que estas precipitaciones, se realicen en su mayor parte en forma de nieve, estado en el que permanece hasta muy avanzada la primavera, salvo casos excepcionales en el que su caudal se ve sensiblemente aumentado por efectos del deshielo.

TABLA II

APORTACIONES MENSUALES (Hm3) RIO MONACHIL (nº 39, CENTRAL DIECHAR)

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
1975/76	0,7	0,6	0,7	1,2	1,3	1,1	1,3	1,6	2,1	1,7	1,3	0,8	15
1974/75	0,4	0,7	0,7	0,7	0,6	2,2	1,3	2,2	3,8	2,2	1,3	0,9	17,3
1973/74	1	0,7	0,6	1,2	1,4	1,6	2,5	5,7	4,5	2,2	1,4	1,3	24,8
1972/73	1,9	1,6	1,4	1,9	1,6	1,5	1,7	3,1	2,8	1,8	1,6	1,1	22,7
1971/72	1,1	1,1	0,8	1,1	1,2	2,2	3,6	3,8	4,4	4	3,3	1,3	28,5
MEDIA													21,7
1968/69+	1,4	1,2	5,1	6,3	3,3	4,7	3,7	3,6	3,1	3	1,9	1,5	39
1966/67	1,4	1,2	1,2	1,2	0,7	1,8	1,6	1,7	2	1,6	1,3	1,1	17,2
1965/66	0,8	0,9	1,7	1,7	5,5	4,5	4,1	4,5	3,3	2,9	2	1,1	33,7
1964/65	1,3	0,9	0,9	1,2	1,4	1,8	1,9	3,7	1,8	1	0,9	0,8	18,1
1963/64	0,9	2,1	4,8	2	2,6	2,9	2,8	4,2	4,4	2,6	2	1,2	32,9
1962/63	1,7	1,9	1,7	3,7	2,9	2,6	4,9	6,9	6,2	2,9	2,4	1,8	40
1961/62	1,1	1,4	0,9	4	1,8	5,3	4,4	5,3	4,7	1,5	1,4	1,1	33,3
1960/61	4,8	2,4	4	3,2	2,7	1,4	2,2	2,3	1,8	1	1	0,9	28,3
MEDIA													29,1
MEDIA													
DOS PE-													
RIODOS													27

+ Anuario de aforos

TABLA I MONACHIL

Longitud: 0° 9' Latitud: 37° 8' Altitud 810 m (Valores en mm)

AÑOS	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL	OBSER
1974-75	44	16	1	24	50	113	44	51	56	0	6	3	408	
1973-74	59	18	79	32	60	31	110	9	24	0	0	4	426	
1972-73	126	30	25	44	36	75	19	35	33	0	0	0	423	
1971-72	2	28	41	66	67	104	2	60	29	1	0	33	433	
1970-71	20	22	2	85	11	116	115	86	11	0	0	10	478	
1969-70	51	46	57*	148	6	70	18	9	21	0	0	0	426	
1968-69	0	71	82	60	67	69	46	71	10	0	1	72	549	
1967-68	39	63	13	1	96	75	31	11	20	0	3	2	354	
1066-67	117	15	3	24	62	56	44	40	74	3	0	5	443	
1965-66	69	104	40	109	89	0	45	44	4	0	1	25	530	
1964-65	11	46	54	43	24	23	9	2	9	0	0	54	275	
1963-64	26	148	153	16	76	73	20	14	11	0	0	0	537	
1962-63	134	93	92	95	153	14	38	34	18	1	2	72	746	
1961-62	26	90	124	36	19	105	62	30	6	0	0	3	501	
1960-61	180	55	96	77	0	5	22	44	15	7	0	22	523	
1959-60	53	48	79	48	79	185	39	29	27	0	0	6	593	
1958-59	8	34	158	35	36	35	34	142	0	0	27	53	562	
1057-58	46	69	45	41	26	62	66	10	5	0	0	0	370	
1956-57	14	31	17	53	14	41	55	88	10	0	2	13	338	
1955-56	148	47	47	43	36	83	140	13	1	12	7	38	615	
1954-55	11,4	163,9	126,8	152,1	209,3	49,8	43,1	9,0	23,6	0	14,5	22,7	826	
1953-54	181,6	21,4	95	55	47	173	103	9	13,5	20,5	-	7,6	737	
1952-53	42	51	69	36,5	22	15	11	11	4	-	-	1,5	278	
1951-52	63	121,5	21	43	19	25	96	95	-	5,5	49,5	12	556	

1950-51	56	31	-	63	85	50	53	71	8	0,9	0,6	166,3	615
1949-48	-	57,6	33	34	29	33	48,5	23	0	0	8,5	87	394
1948-49	25	0	34	6,4	36,5	25	79	27,6	-	0	26	134	418

### **3. GEOLOGIA**

#### **3.1. CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL**

El área motivo de nuestro estudio se encuentra formada fundamentalmente por dos tipos de materiales, un sustrato integrado por materiales metamórficos, alpujárrides y una cobertura de materiales sedimentarios que abarcan edades comprendidas entre el Mioceno medio y Pleistoceno. Esos últimos corresponden a diversos episodios del relleno de una cuenca intramontañosa típica, como es el caso de la Depresión de Granada. Este relleno comenzó en nuestro sector con una sedimentación marina, que se mantuvo como tal hasta el Mioceno Superior. Con la retirada del mar en el Messiniense, y el progresivo levantamiento de la región, esta cuenca quedó confinada, comenzando otro periodo característico de sedimentación esta vez exclusivamente continental y que se ha mantenido hasta nuestros días.

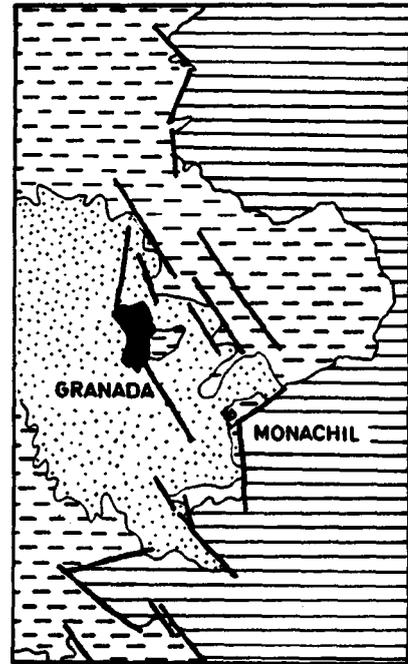
#### **3.2. ESTRATIGRAFIA**

La figura siguiente muestra a modo de síntesis la sucesión litológica completa del sector estudiado y que son descritos a continuación.

##### **3.2.1. Alpujárride (Trías Medio-Superior)**

Esencialmente constituido por calizas y dolomías. Constituye el sustrato sobre el que se asienta la serie detrítica de la Depresión de Granada en este sector. En el paraje de los Cahorros al E de Monachil, los Cortes naturales del río ofrecen buenas condiciones de observación de esta unidad. El contacto con el resto de los materiales estudiados es claramente tectónico.

## LOCALIZACION GEOLOGICA REGIONAL



- 1.- Sustrato (Zonas internas y zonas externas )
- 2.- Depresión de Granada , Materiales terciarios
- 3.- Depresión de Granada , Materiales cuaternarios

### **3.2.2. Materiales Neógenos**

#### **3.2.2.1. Lutitas con yesos y arenas (Mioceno Medio)**

Constituyen los materiales de la base de la serie, y están representados por un conjunto de limos arcillosos finamente laminados con frecuentes intercalaciones de yesos. Hacia el techo presenta bancos de areniscas grises bien clasificadas, sueltas, con estratificación oblicua de bajo ángulo, granoselección y abundantes bioturbaciones. La potencia de este término es difícil de establecer dadas las condiciones de observación. Como mínimo, excede los 80 metros.

#### **3.2.2.2. Calcarenitas bioclásticas**

Corresponde litológicamente a una calcirrudita o microconglomerado con componentes bioclásticos, medianamente cementada, con estratificación bien marcada y escasa estructuración interna. Origina resaltes en el relieve dado el carácter fácilmente erosionable de los materiales supra e infrayacentes. Buenos cortes de estas calcarenitas se tienen en el barrio alto de Monachil. La potencia media oscila en torno a los 20 metros.

#### **3.2.2.3. Lutitas con dentalium**

Este tramo está compuesto por margas, frecuentemente arenosas, arcillas y limos finos micáceos que presentan restos de lamelibranquios y escafópodos (dentalium). En ocasiones y en posiciones más cercanas al borde de la depresión pueden aparecer niveles arenosos laminados o con ripples. Las facies lutíticas más arcillosas son objeto de explotaciones para su utilización en la construcción (ladrillería).

Los mejores afloramientos, allí donde se ubican las canteras (en la propia localidad de Monachil) permiten observar con detalle sus características, entre las que destacamos, aparte de las propiamente litológicas ya esbozadas, las abundantes microfallas y estriaciones internas. Estos afloramientos suelen estar limitados por fracturas, con lo cual es difícil estimar su potencia, no obstante se pueden tomar como válido que excedan los 40 metros.

#### **3.2.2.4. Formación Dudar**

Constituída mayoritariamente por conglomerados en bancos bien definidos alternantes con lutitas y arenas laminadas con cementación media. El tamaño medio de los cantos en los niveles conglomeráticos supera los 30 cm, si bien es posible encontrar bloques de tamaño métrico. Las facies conglomeráticas no presentan estructuración interna, por lo que destaca su elevado isotropismo y la constante presencia de matriz arenó-arcillosa que soporta los cantos mayores.

Localmente aparecen construcciones arrecifales en forma de "parches lenticulares" instauradas sobre los propios conglomerados. Otra característica común en estos conglomerados es la aparición de lamelibranquios adosados a los cantos. La presencia de fauna marina en este conjunto va a ser una de las características más importantes para establecer su diferenciación con el tramo suprayacente, también conglomerático pero sin ninguna traza de actividad biogénica marina.

Su potencia puede exceder los 250 m.

#### **3.2.2.5. Formación de Pinos Genil**

Bajo este epígrafe se recoge una formación esencialmente conglomerática con eventuales intercalaciones lutítico-are-

nosas, de tonos rojizos, que derivan de paleosuelos. La estratificación por lo general está poco desarrollada y difícil de observar, las estructuras de ordenamiento interno son de granoclasificación normal e inversa, con laminación y estratificación cruzada en los niveles más finos. Los niveles de bloques gruesos contienen una abundante matriz arenosa suelta que soporta material grueso. Los límites entre estratos suelen ser cicatrices erosivas sinuosas y poco continuas.

Su potencia está próxima a los 60 m.

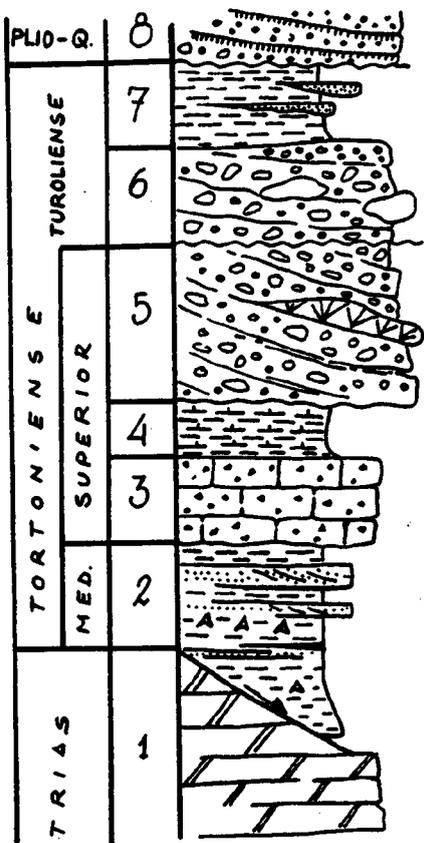
#### **3.2.2.6. Limos de Cenes-Jun.**

Sobre la Formación Pinos Genil se coloca un conjunto de limos micáceos grises, verdosos y rojos con arenas y canales de grava y conglomerados. La estratificación está bien marcada y en el seno de los estratos destaca la laminación horizontal y cruzada de bajo ángulo, pequeños ripples y abundantes cambios de color debidos a diferentes procesos de edafización y concrecionamiento del sedimento. En conjunto el material se presenta con un escaso o nulo grado de cementación, extremadamente suelto, de ahí los abundantes mecanismos de inestabilidad generados en sus afloramientos (V.G. Monachil).

#### **3.2.2.7. Formación Alhambra**

Constituyen los términos más altos de la serie, también se conocen regionalmente como conglomerados de la Zubia.

Se trata de conglomerados, arenas y arcillas de tonos dominantes rojos, dispuestos en secuencias granodecrecientes y frecuentemente encostrados a techo de la unidad. Es un conjunto claramente discordante, que se apoya de forma indiferente sobre cualquiera de los anteriores términos. Su techo está constituido por glaciais de pendiente, que representa la última



Formación Alhambra

Limos de Cenés - Jón

Formación Pinos - Genil

Formación Dudar

Lutitas con dentalium

Calcarenitas biocásticas

Lutitas con yeso y arenas

Calizas y dolomias Alpujarrides

etapa de funcionamiento de los abanicos aluviales recientes, provenientes del borde occidental de Sierra Nevada. Este material, a diferencia de los infrayacentes, se presenta muy compactado por los abundantes encostramientos calcáreos que ha sufrido.

### **3.2.3. Holoceno**

Se han considerado pertenecientes a este periodo todos aquellos materiales que han sido originados en procesos de sedimentación actuales o subactuales, y en cuyo transporte, aún siendo de poca magnitud, hayan perdido su estructuración interna primitiva.

Se han considerado tres tipologías diferentes que a continuación describimos.

#### **3.2.3.1. Aluviales y terrazas**

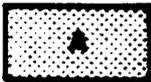
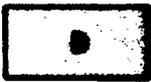
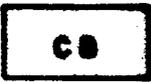
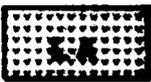
Constituyen los depósitos de descarga de río Monachil y se distribuyen según el trazado del mismo. No llegan a presentar grandes proporciones dada la limitada anchura del río en nuestro sector.

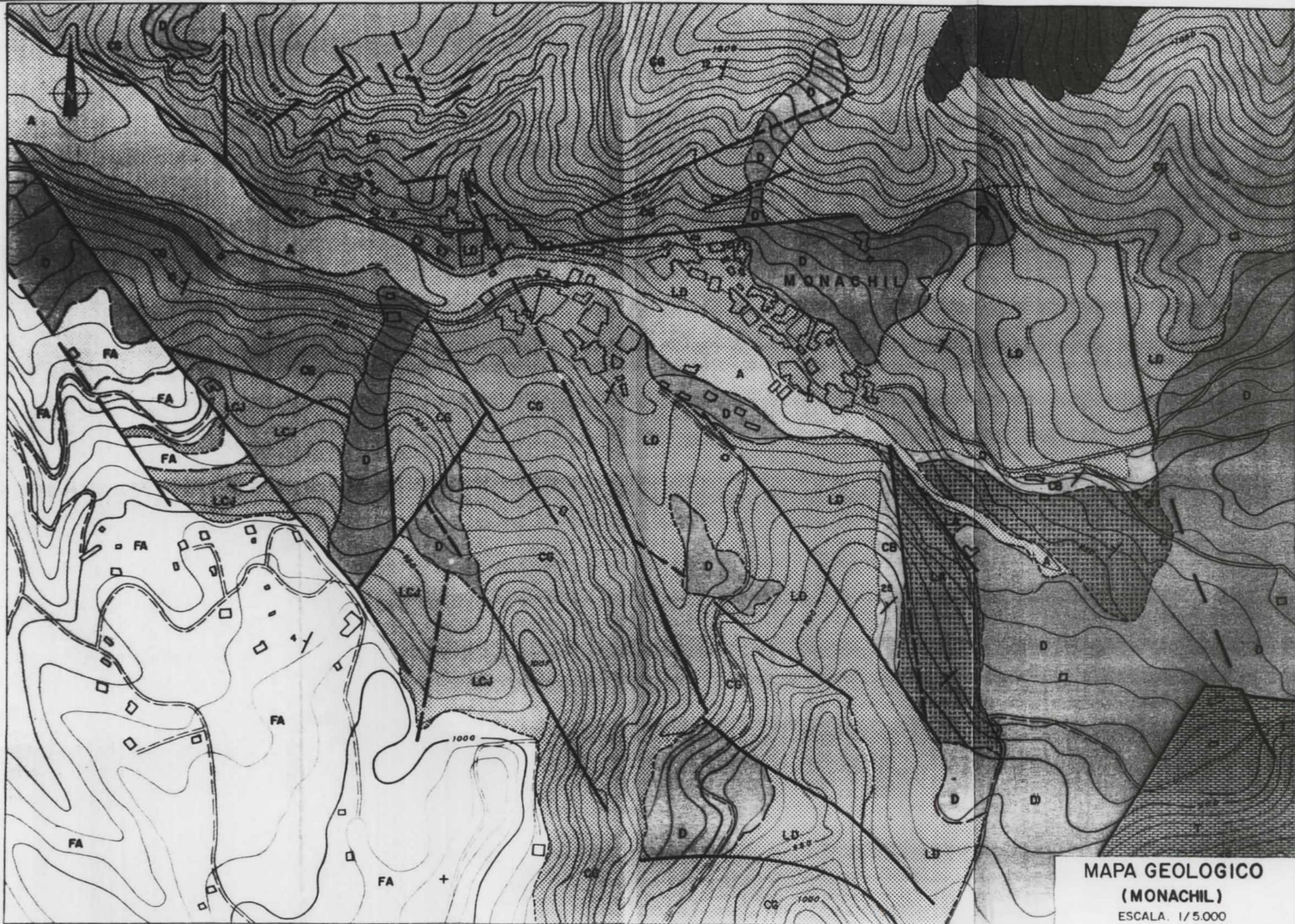
#### **3.2.3.2. Materiales deslizados**

En la cartografía geológica se han representado fundamentalmente como tales los sometidos a procesos de soliflucción, cartografiando estrictamente las porciones de masas desordenadas, excluyendo las cicatrices y taludes, ya que en ellas afloran los materiales sobre los que se desarrollan los deslizamientos.

# LEYENDA MAPA GEOLOGICO

- MONACHIL -

HOLOCENO		Aluvial y terrazas
		Deslizamientos
		Suelos
PLIO- PLEISTOCENO		Conglomerados, arenas y arcillas. Costras calcáreas. "Fm. Alhambra"
		Limos micáceos, arenas y gravas. "Limos de Cenes - Jùn"
MIOCENO MEDIO-SUPERIOR		Conglomerados heterométricos "Fm. Dudar" y "Fm. Pinos - Senil"
		Lutites con dentelium
		Calcarenites biocásticas
		Limos. arenas y yesos
TRIASICO		Materiales carbonatados
		Contacto concordante
		Contacto discordante
		Falla
		Falla supuesta
		Base de la cicatriz de deslizamiento



MAPA GEOLOGICO  
(MONACHIL)  
ESCALA. 1/5.000

### 3.2.3.3. Suelos

Con neta entidad cartográfica y escasa potencia, sólo se ha detectado un afloramiento en el vértice NE del mapa geológico. Estos suelos se instalan sobre trazos aislados de superficies residuales de edad imprecisa, posiblemente anterior al Holoceno.

### 3.3. TECTONICA - SISMICIDAD

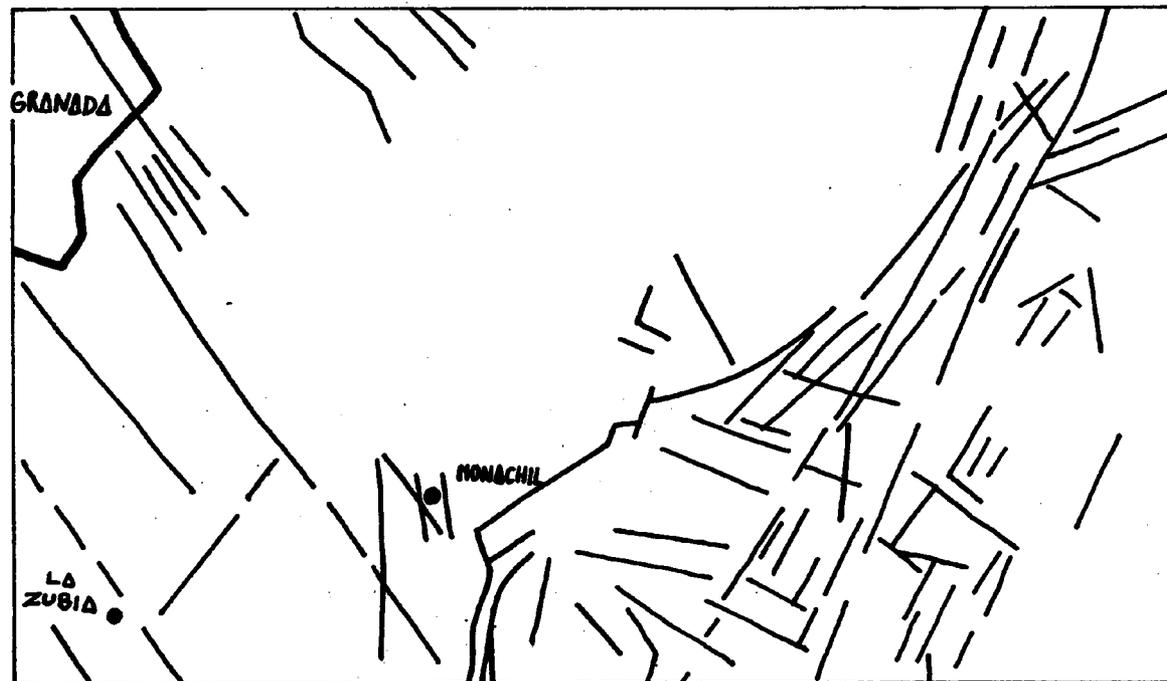
En conjunto la zona se presenta estructuralmente como una serie monoclinal buzante 20° al Oeste, compartimentada a su vez por fallas normales con gran componente de salto en buzamiento.

Entre los diferentes sistemas de fracturas hay que resaltar la presencia del sistema con dirección N 30-40 W, muy bien representada en el área y en todo el borde oriental de la depresión de Granada, sistema éste que desempeña un importante papel en cuanto al control e influencia en el elevado grado de sismicidad de la región.

A modo de ejemplo podemos ilustrar lo anteriormente dicho con la siguiente relación de terremotos ocurridos en el área estudiada y en sus inmediaciones en el periodo 1934 a 1979.

año	Localidad	Long	Latit	Int.Magnitud
1934	Cajar	3-34-00	37-7-00	III
1955	Zubia	3-38-08	37-8-08	VII - 4.2
1957	Monachil	3-37-03	37-11-08	III
1972	Monachil	3-22-05	37-15-03	- 3
1973	Zubia	3-34-00	37-5-01	III - 2.6
1976	Zubia	3-36-00	37-6-00	III - 2.2

# ESQUEMA TECTONICO REGIONAL



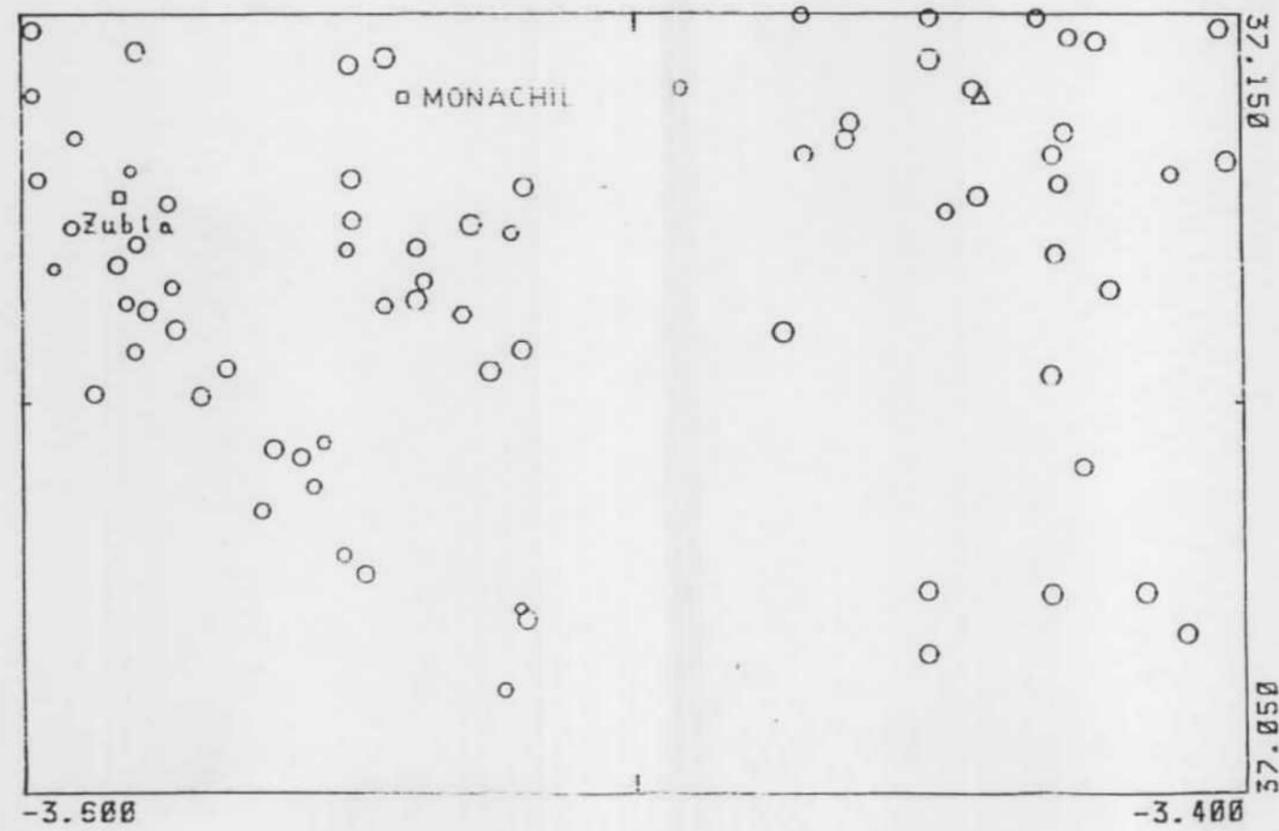
16

0 1 2 3 4 5 km.



Tomado del Mapa Sismotectónico de España. Hoja piloto de Granada. (1983) I.G.M.E.

# RED SISMICA DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA



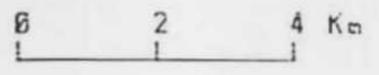
## MAGNITUD

- - 2.5
- - 3.5
- - 4.5
- - 5.5

## PROFUNDIDAD

- < 20 Km
- < 40 Km
- > 40 Km

Δ Estacion sismica



83/ 1/ 2      86/ 6/30  
 14:19: 5.8    10: 3: 4.1

MONACHIL

1979	Zubia	3-35-08	37-6-08	IV - 3.0
1979	Zubia	3-36-02	37-7-00	VI - 3,9
1979	Monachil	3-31-05	37-7-09	III - 2.5

Datos tomados del Mapa Sismotécnico de España.

Hoja piloto de Granada

Estos hechos suponen una neotectónica activa y hasta cierto punto controlada, como lo demuestran los recientes datos de sismos registrados instrumentalmente, (con intensidades inferiores a 3 de la escala de Richter) cuyos epicentros se alinean claramente según las direcciones de las fracturas indicadas.

Estas alineaciones quedan puestas de manifiesto en el mapa de sismos a escala 1:100.000 adjunto, en el que se han situado todos los epicentros de los sismos ocurridos entre los años de 1983 y 1986. Datos facilitados por el Observatorio de la Cartuja de Granada.

### 3.4. GEOMORFOLOGIA

#### 3.4.1. Introducción

Al igual que se pueden establecer dos grandes dominios litológico-estructurales: Substrato Alpujárride y Depresión de Granada, también y en coincidencia con estos se pueden diferenciar dos unidades de características morfológicas contrastadas.

Los relieves Alpujárrides, de carácter mayoritariamente calizo-dolomítico presentan como rasgo más llamativo las for-

mas debidas a procesos de disolución-karstificación. Entre ellas, y próximo al área estudiada destaca el encajamiento epigenético del Río Monachil, dando lugar al conocido paraje de los Cahorros. Las pendientes en su gran mayoría son acusadas y con frecuencia quedan escarpes como reflejo morfológico que corresponde a la compleja fracturación del área.

Los relieves de la Depresión, en cuyo contacto con los anteriores se sitúan y se han situado los grandes sistemas de abanicos aluviales (Formación Dudar, Formación Pinos-Genil y formación Alhambra) presenta dos grandes subdominios en función del grado de surrección o subsidencia. Uno de ellos formado por la orla periférica del borde de la cuenca, presenta evidencias de un levantamiento en relación con el segundo, integrado por la Vega de Granada, actualmente subsidente.

Con frecuencia el contacto entre ambos subdominios está jalonado por fracturas de direcciones dominantes N 30-40 W. Esta relación surrección-subsidencia, actualmente activa origina en el primer subdominio la existencia de un relieve joven que trae como consecuencia una inestabilidad morfológica, cuya evolución se manifiesta fundamentalmente en la dinámica de vertientes.

### **3.4.2. Dinámica de vertientes**

A partir del estudio de las características morfológicas y litológicas de los afloramientos representados en el área de nuestro estudio, (ver mapa geológico y geomorfológico) se pueden establecer tres tipos fundamentales de fenómenos geomorfológicos que son el resultado de integrar las características litológicas de los materiales en sí, de la pendiente que presentan y de los materiales sobre los que se encuentran instalados. Estos diferentes fenómenos son:

#### **3.4.2.1. Deslizamientos en grandes bloques**

Estos fenómenos son claramente apreciables en los niveles conglomeráticos tanto de la formación Dudar - Pinos Genil, como en los conglomerados pertenecientes a la formación Zubia.

Estos deslizamientos se producen fundamentalmente en el borde de los afloramientos de estos materiales cuando su base está constituida por los niveles más plásticos tanto de los limos de Cenes-Jun como de las lutitas de dentalium.

En su mayoría tienen carácter rotacional y sus desplazamientos pueden alcanzar magnitudes de hasta 50 m en la vertical y 80 m en la horizontal.

Las áreas que se ven afectadas por este tipo de fenómenos corresponden a los sectores B, C y F que serán comentados específicamente en el capítulo posterior.

#### **3.4.2.2. Deslizamientos de carácter solifluidal**

A diferencia de los anteriores se manifiestan en materiales que por sus características pueden alcanzar un alto grado de plasticidad, adquiriendo en determinadas circunstancias carácter fluidal; de aquí la no aparición de superficies concretas de fractura y la aparición en su superficie de formas de reptación (**creeping**) que ayudan a enmascarar más aún si cabe, la estructuración interna del conjunto, originando lenguas de soliflucción.

La aparición de grietas abiertas y arqueadas, cóncavas hacia abajo, y de magnitudes variables desde decimétricas hasta métricas posibilitan la entrada de agua hacia el interior de la masa, por sistemas similares a la sufosión, con el consiguiente incremento de la plasticidad del conjunto.

Estos fenómenos están perfectamente representados en el área de estudio así como en sus inmediaciones. Este es el caso de los sectores A, D, E y como era de esperar aparecen tanto en los materiales pertenecientes a los limos Cenes-Jun, como a las lutitas con dentalium, como a las lutitas y arenas con yesos. Los diferentes sectores serán descritos específicamente en el capítulo posterior.

#### **3.4.2.3. Formas erosivas**

Las formas erosivas están perfectamente representadas en las laderas con pendientes pronunciadas cuya litología corresponde a los tramos conglomeráticos.

Se desarrollan fundamentalmente en la margen septentrional del Río Monachil y el rasgo más sobresaliente que presentan son las formas de erosión remontante con el consiguiente proceso de retroceso de cabeceras y formación de cárcavas (Ver mapa Geomorfológico).

# LEYENDA MAPA GEOMORFOLOGICO

## DESGLIZAMIENTOS



## MOVIMIENTOS EN MASA DE CARACTER ROTACIONAL

- a.- Cicatriz
- b.- Talud
- c.- Masa deslizada

## MOVIMIENTOS DE MASA DE CARACTER SOLIFUIDAL

- d.- Lóbulos

## RETROCESO DE CABECERAS



Escarpes



Fracturas con reflejo morfológico



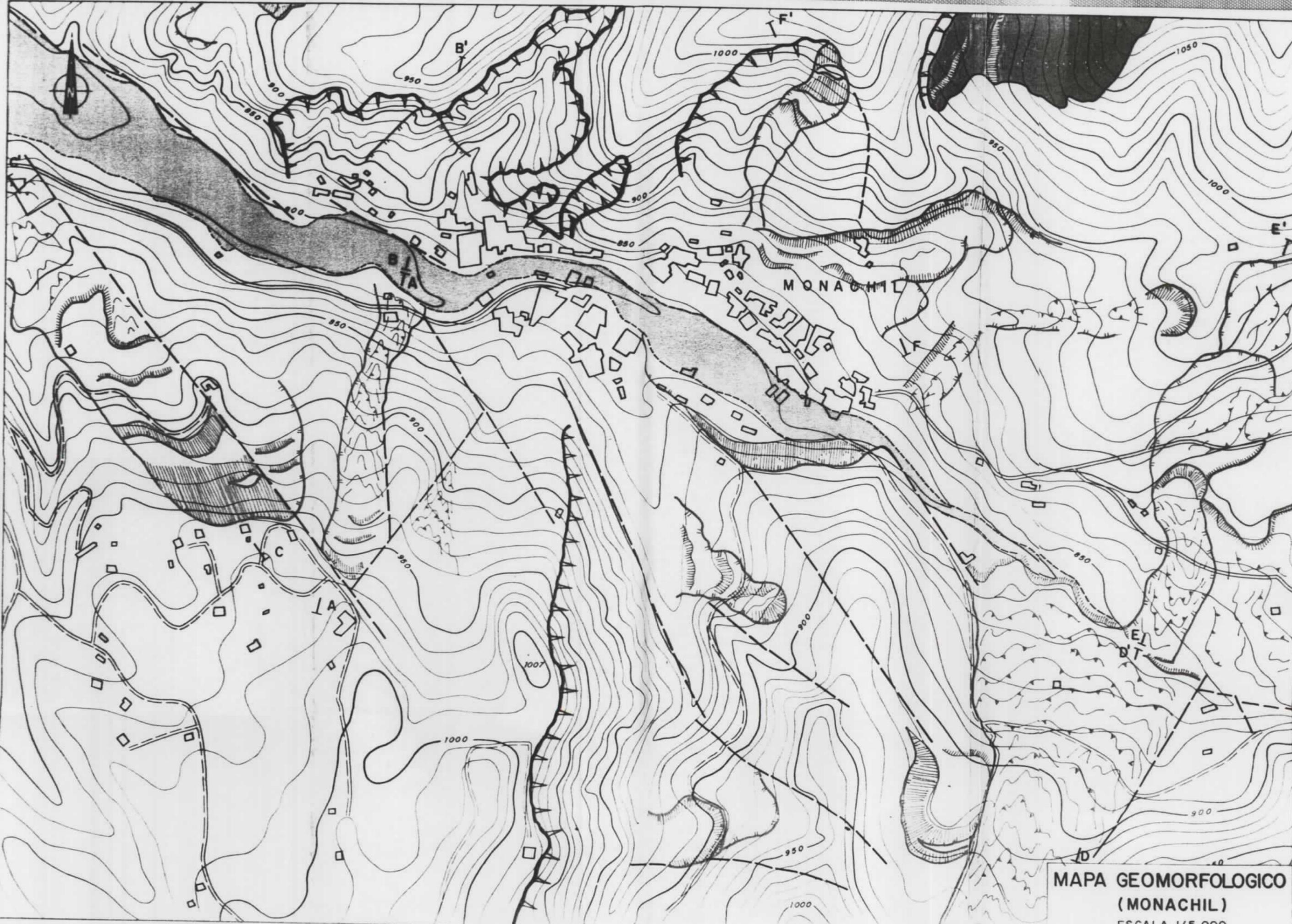
Aluvial y terrazas



Suelos



Cortes geológicos



MAPA GEOMORFOLOGICO  
(MONACHIL)  
ESCALA 1/5.000

#### 4. AREAS POTENCIALMENTE PELIGROSAS

##### 4.1. ANTECEDENTES

En el mes de Marzo de 1924 se registró uno de los acontecimientos catastróficos más importantes, registrados del sector (NAVARRO NEUMANN, 1924). Tras 23 días de lluvias no muy fuertes pero si continuas, en los que se recogieron 174,8 mm., se produjeron deslizamientos aguas arriba del Rio Monachil (Collado de Pelegrina). Los movimientos de tierra alcanzaron proporciones de 2 Km de longitud por 500 m de anchura con velocidades medias de avance de la lengua de 5m/h. En los mismos dias, al pie del Cerro del Purche también se deslizaron porciones de laderas, que vinieron a desviar y bloquear de forma parcial el curso del Rio Monachil afortunadamente, y a destruir un buen número de cortijadas (ej: Cortijo de la Hoya de Torres), que en algunos casos llegaron a desaparecer bajo el lodo. Algunos barrancos subsidiarios del Rio Monachil fueron obturados por completo (Barranco de Moraleda) a pesar de los 20 m de encajamiento que presentaba.

Según la opinión de NAVARRO NEUMANN (1924) estos acontecimientos catastróficos del 1924 en el Rio Monachil no tuvieron relación directa alguna con movimientos sísmicos, al no detectarse instrumentalmente ningún sismo en el observatorio de la Cartuja. Sin dudar del meritorio trabajo efectuado por el citado autor, hemos de plantear el margen de error y fiabilidad de los datos instrumentales de esos días, no descartando pues la posibilidad de que el factor sísmico tubiese incidencia en tales procesos, que como veremos a continuación si la tuvo en otras catástrofes próximas.

En la localidad de Güevejar, a raiz del terremoto de Lisboa en 1755, bien detectado en Granada, se produjo la des-

trucción de las viviendas de esta localidad, afortunadamente sin víctimas, por ser lento y continuo el movimiento del suelo. El pueblo tuvo que volver a ser edificado por completo. Si bien se hizo en el mismo sitio, con lo que un nuevo terremoto el 25 de Diciembre de 1884, volvió a destruir el pueblo de forma completa, esta vez con víctimas. Visto el panorama de continuas destrucciones se decidió trasladar el pueblo de Güe-vejar a su actual posición, no estando en absoluto liberado de los peligros geológicos.

Remitiéndonos nuevamente a Monachil hay que resaltar que según la información extraída de los nativos, en 1962 se produjeron "quebras" y movimientos de tierras en las proximidades del pueblo, aguas arriba del río, coincidiendo con un gran deslizamiento anterior, que corresponde en nuestro mapa geomorfológico como sector D.

En este año se recogieron 134 mm en el mes de Octubre, 93 mm en Noviembre, y 92 mm en Diciembre, valores que exceden tanto en constancia como en intensidad la media mensual de años anteriores y posteriores.

#### 4.2. AREAS CRITICAS

Hemos considerado "areas críticas" aquellas que muestran los efectos de anteriores inestabilidades con diferente grado de equilibrio actual.

Tomando como ejemplo más próximo en el tiempo el caso de Olivares, podemos ver, que el deslizamiento que provocó la catástrofe, fué el resultado de la reactivación de un deslizamiento anterior aparentemente equilibrado.

Sector A.-  
=====

Movimiento en masa de caracter solifluidal.

-Longitud: 400m.

-anchura media: 65m.

-Superficie media: 0,026 Km<sup>2</sup>

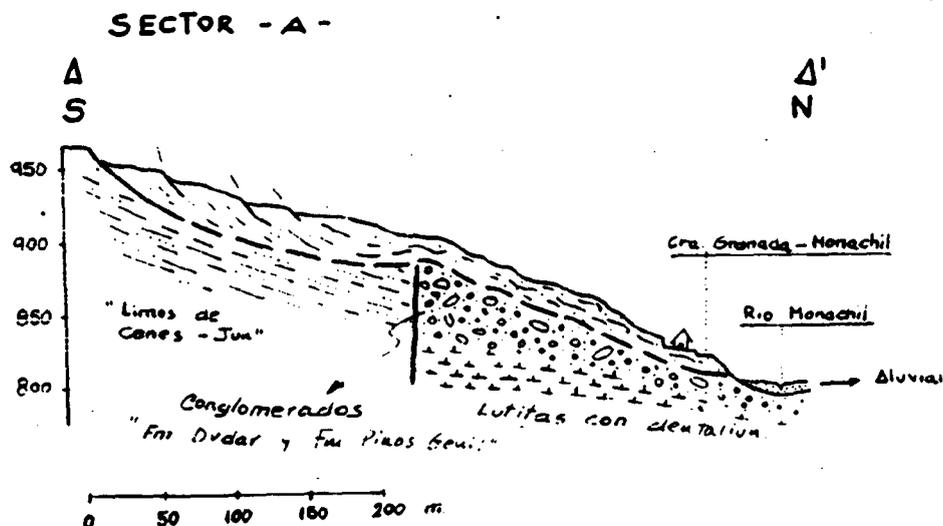
-Litología: Arenas, limos, gravas sueltas y suelos actuales.

- Otras características: grietas abiertas, arqueadas y concavas hacia abajo, reptación superficial, abundante vegetación tipo Hervacea, por la humedad que presenta.

- Peligrosidad: Si se reactiva puede afectar a viviendas, accesos a Monachil y obstrucción del rio.

Hay que resaltar en este sector, el desbordamiento ocurrido por los limos y arenas de la Formación Cenes-Jun sobre los conglomerados de Dudar-Pinos Genil, que quedan emascarados y que actúan a modo de presa de la gran masa de limos situada al Sur.

Consideramos que se trata de un sector de alto indice de peligrosidad, si se considera la posibilidad de rotura en la barra de los conglomerados.



SECTOR B

Deslizamientos Rotacionales.

- Longitud: 150m.

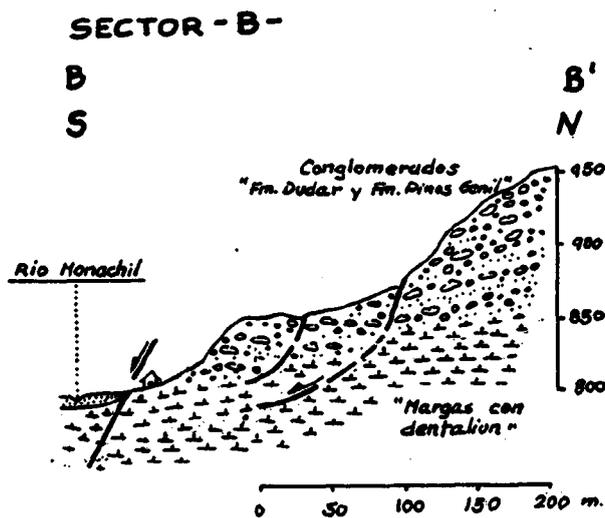
- Anchura: 150m.

Superficie media: 0,022Km<sup>2</sup>

- Litología: Conglomerados compactados (Dudar-Pinos) soportados por margas y arcillas (dentalium) no aflorantes en el deslizamiento.

- Otras características: Grandes grietas abiertas de 50m. Masa deslizada compuesta de dos bloques mayores

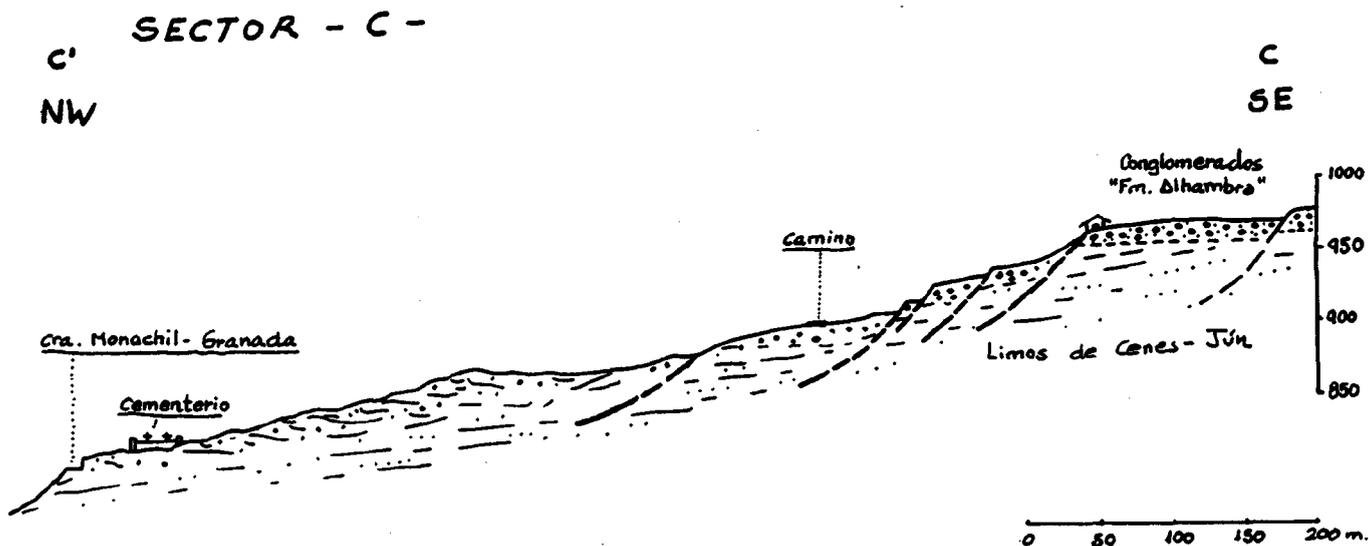
- peligrosidad: su reactivación puede afectar a viviendas y posible obturación del río.  
Su índice de peligrosidad está en relación directa a épocas de lluvias continuadas en relación con algún sismo.



## SECTOR C

Deslizamientos rotacionales en la parte alta  
y solifluidales en su porción inferior.

- Longitud: 1150m.
- Anchura: 150m.
- Superficie media: 0,17 Km<sup>2</sup>
- Litología: Conglomerados (Formación Zubia), arenas limos y gravas sueltas (Formación Cenes-Jun), suelos actuales.
- Otras características: Abundante humedad, reptación superficial.
- Peligrosidad: Puede afectar en su sector inferior el actual cementerio y obturar los accesos desde Granada. En su sector Superior puede afectar la zona de urbanización.

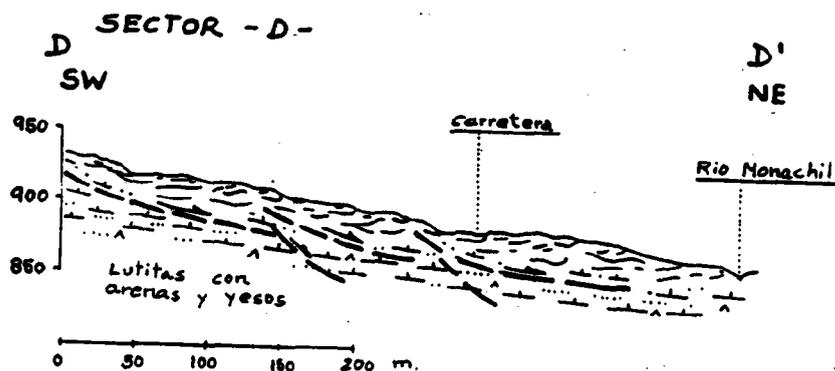


## SECTOR D

Deslizamientos rotacionales con solifluxión  
sobreimpuesta.

Dentro de nuestro area tan solo aparece una pequeña  
porción de este gran deslizamiento, cuya cabecera se situa  
más hacia el Sur.

- Longitud: 1.000m. (dentro del area.)
- Anchura: maxima 425m. (en su sector inferior)  
mínima 150m. (en su sector superior)
- Superficie: 0,27Km. (dentro del area)
- Litología: Margas y arcillas plásticas (Base de  
la serie miocena).
- Otras características: Reptación superficial, nume-  
rosas grietas.
- Peligrosidad: En su evolución puede obturar el rio,  
y alguna vivienda aislada, está atra-  
vesado por la conducción de agua para  
la urbanización del barrio bajo.

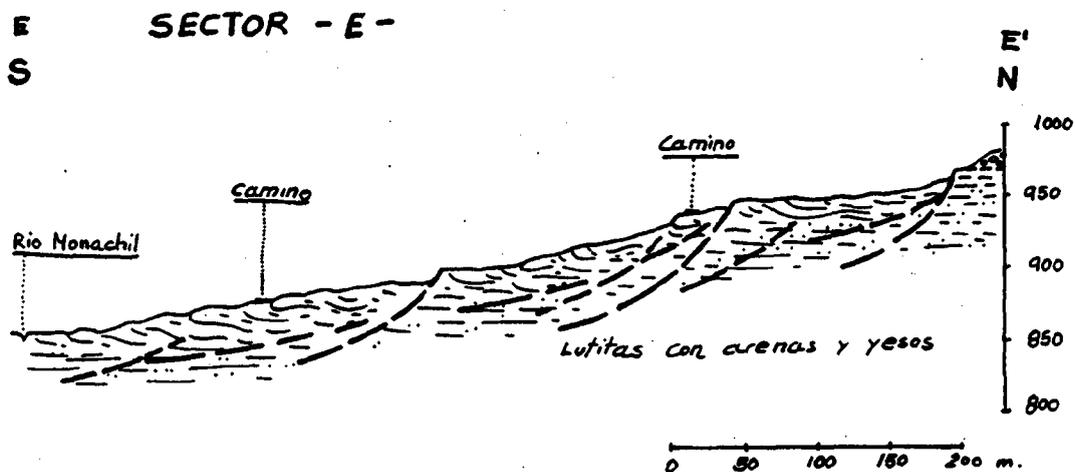


## SECTOR E

Deslizamiento fundamentalmente solifluidal.

Dentro de nuestra area solo aparece una pequeña porción del mayor deslizamiento que se observa en nuestra area cuyo comienzo se situa a 1800m. hacia el noreste.

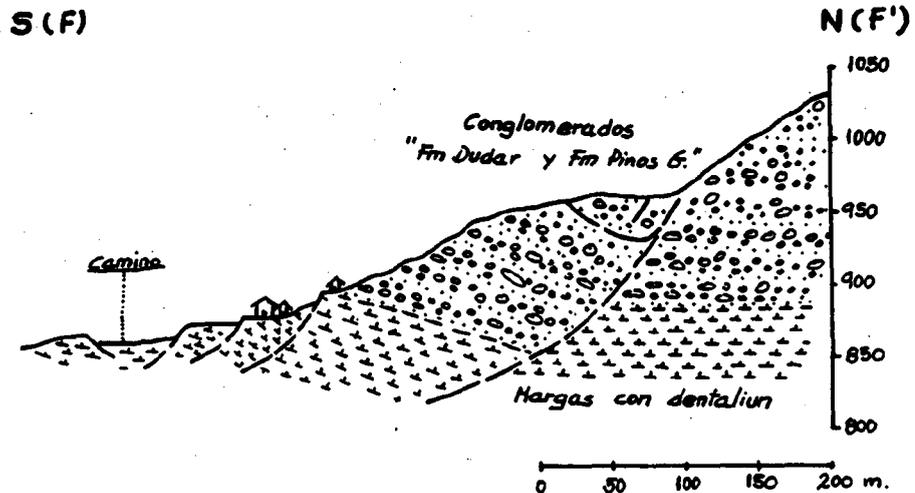
- Longitud: 600m. (dentro del area)
- Anchura: 250m. (dentro del area)
- Superficie: 0,15Km<sup>2</sup>. (dentro del area)
- Litología: Margas y arcillas plásticas (base de la serie miocena)
- Otras características: Pueden observarse diferentes estadios de deslizamientos en los que los más recientes afectan a las masas deslizadas con anterioridad. Presenta abundantes reptaciones superficiales.
- Peligrosidad: Si lo consideramos en conjunto podría ocasionar embalsamientos considerables del rio y afectar directamente algun cortijo aislado, como ya ocurriera en 1924.



SECTOR F

Deslizamiento de caracter rotacional.

- Longitud: 400m.
- Anchura :275m.
- Superficie: 0.1Km<sup>2</sup>
- Litología: Conglomerados (Dudar-Pinos Genil) y lutitas (dentalium) a la base
- Otras características: Adquiere cierto caracter solifluidal a la base del deslizamiento.
- Peligrosidad: Si se reactiva, puede afectar a una porción del pueblo considerable.



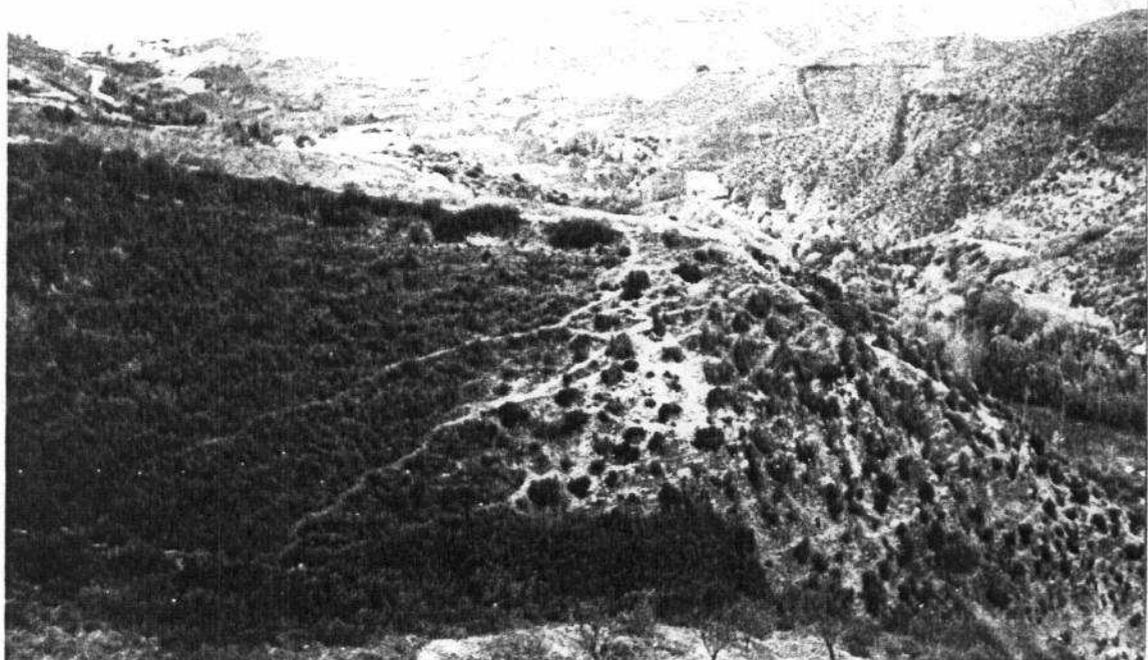


FOTO Nº1 Cabeceira del Sector A. Al fondo el valle del río Monachil.



FOTO Nº2 Escarpes del sector B. En primer término gran bloque deslizado, encima de las casas.



FOTO N°3 Parte alta del sector C, con los diferentes mar-  
carpes y bloques deslizados. En cabeza de esgar-  
pe de talud, vivienda de recreo.

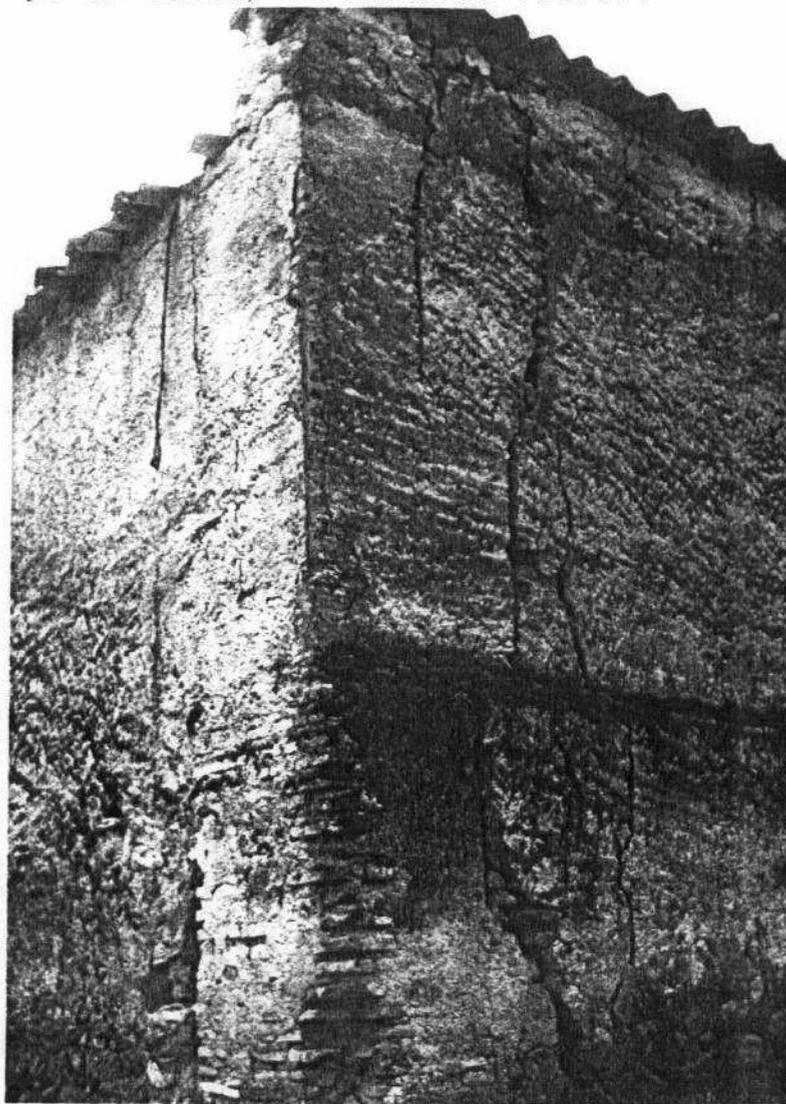


FOTO N°4 Grietas en vivienda del sector D.

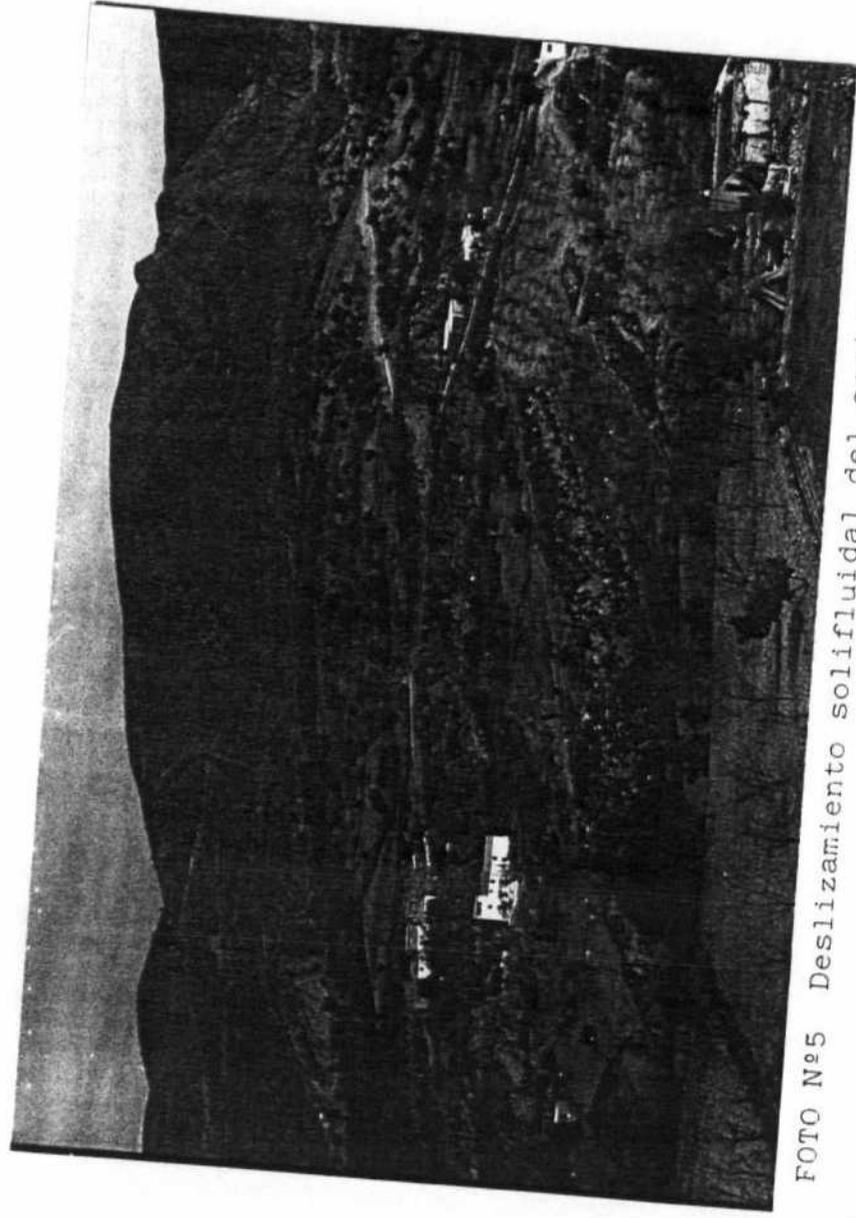


FOTO N°5 Deslizamiento solifluidal del sector E.



FOTO N°6 Sector F, el Noreste de Monachil

En Monachil, la situación actual es en cierto modo equivalente al dispositivo previo de Olivares, de igual forma el entorno morfológico permite preveer catástrofes potenciales similares, tanto en el peligro que puede sufrir el pueblo en sí, como por el corte de sus accesos o la obturación del propio río aguas arriba.

Las áreas críticas quedan puestas de manifiesto en mapa geomorfológico, en el que se han dividido por sectores.

A continuación vamos a pormenorizar las características de cada caso.

#### **4.3. ANALISIS GEOTECNICO**

Se ha procedido al análisis geotécnico de las zonas definidas en apartados anteriores como potencialmente inestables según el siguiente esquema general:

- Recopilación bibliográfica de parámetros de corte, basada fundamentalmente en la experiencia local de estudios geotécnicos que interesen materiales de igual o similar origen y época geológica. En los sectores en que el terreno natural está removido debido a deslizamientos ocurridos con anterioridad, por lo que se han considerado valores residuales de los parámetros de corte, estimados a partir de la correlación presentada por Skempton (1964) entre el ángulo de rozamiento interno residual y el porcentaje de pase por el tamiz nº 200 ASTM (contenido de arcilla).

- Caracterización geotécnica de cada formación geológica afectada en base a esa recopilación.

- Análisis del comportamiento de cada sector crítico en su estado actual, es decir, sin tener en cuenta el efecto dinámico del sismo previsible en la zona ni la acción de las presiones intersticiales provocadas por una sobre elevación del nivel freático después de una anomalía pluviométrica positiva.

- Análisis geotécnico de cada sector con la incidencia de un régimen pluviométrico intenso, que ocasione la aparición de un nivel freático tan elevado como las características de permeabilidad de las formaciones geológicas hagan posible.

- Influencia sobre este último estado de la sollicitación dinámica provocada por el sismo previsible en la región, que se encuentra incluida dentro de la zona sísmica tercera de las definidas en la Norma Sismorresistente PDS-1 (1974), con un grado de intensidad sísmica IX en la escala M.S.K. En el cálculo se han considerado unas aceleraciones horizontal y vertical de 0,14 m/s<sup>2</sup> y 0,3 m/s<sup>2</sup> respectivamente, para un periodo de oscilación T= 0,5 s.

Los cálculos efectuados se han realizado con un programa adaptado para su empleo en un ordenador IBM-PC de acuerdo con el Método de Bishop Modificado, considerando superficies de rotura irregulares.

Por último hay que resaltar los criterios de estabilidad adoptados en función de los coeficientes de seguridad obtenidos en los cálculos.

Partiendo de que con un coeficiente de seguridad  $F= 1$  se está en equilibrio estricto (cualquier fuerza exterior puede influir en ella) y adoptando que la estabilidad en condiciones óptimas se establece a partir de  $F > 1,2$  (criterio general en todo el mundo), los valores que definen estos estados, han sido los siguientes:

- $F > 1,2$  Zona estable (Riesgo potencialmente bajo)
- $F$  comprendido entre 1 y 1,2 Zona en equilibrio estricto  
(Riesgo potencialmente mediano)
- $F < 1$  Zona inestable (Riesgo potencialmente alto)

De acuerdo con esta línea de análisis, se presenta a continuación el resultado obtenido en cada zona crítica concreta.

### Sector A

Movimiento en masa de carácter solifluidal, constituido por arenas, limos y gravas sueltas con abundante humedad, que han desbordado superficialmente un obstáculo natural constituido por una barra de conglomerados perteneciente a la Formación Dúdar-Pinos Genil.

Se han considerado con criterio conservador los siguientes valores para los parámetros de corte:

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno $\phi'$ ( $^{\circ}$ )	Cohesión $c'$ (t/m <sup>2</sup> )	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )
Limos Cenés			
-Jun	20	3	1,9
Conglom.			
Dúdar	34	3	1,8
Lutitas dentalium	26	7	1,9

Se obtienen los siguientes coeficientes de seguridad para las superficies pésimas en las diferentes hipótesis analizadas:

Hipótesis	Estabilidad general del deslizamiento	Progresión del fenómeno ladera arriba
Situación actual	$F \approx 1,47$	$F = 1,57$
Nivel freático alto	$F \approx 1,02$	$F \approx 1,05$
N.F.alto+sismo	$F < 1$	$F < 1$

Se concluye por tanto que el deslizamiento se encuentra en condiciones aceptables de estabilidad en su estado actual. La situación pasa a ser la de equilibrio estricto después de una elevación importante del nivel freático producida por un régimen de precipitaciones intenso.

Si se produjera la concurrencia de esta última hipótesis con la de la acción sísmica la situación sería de inestabilidad clara.

Se considera este sector de riesgo potencial medio.

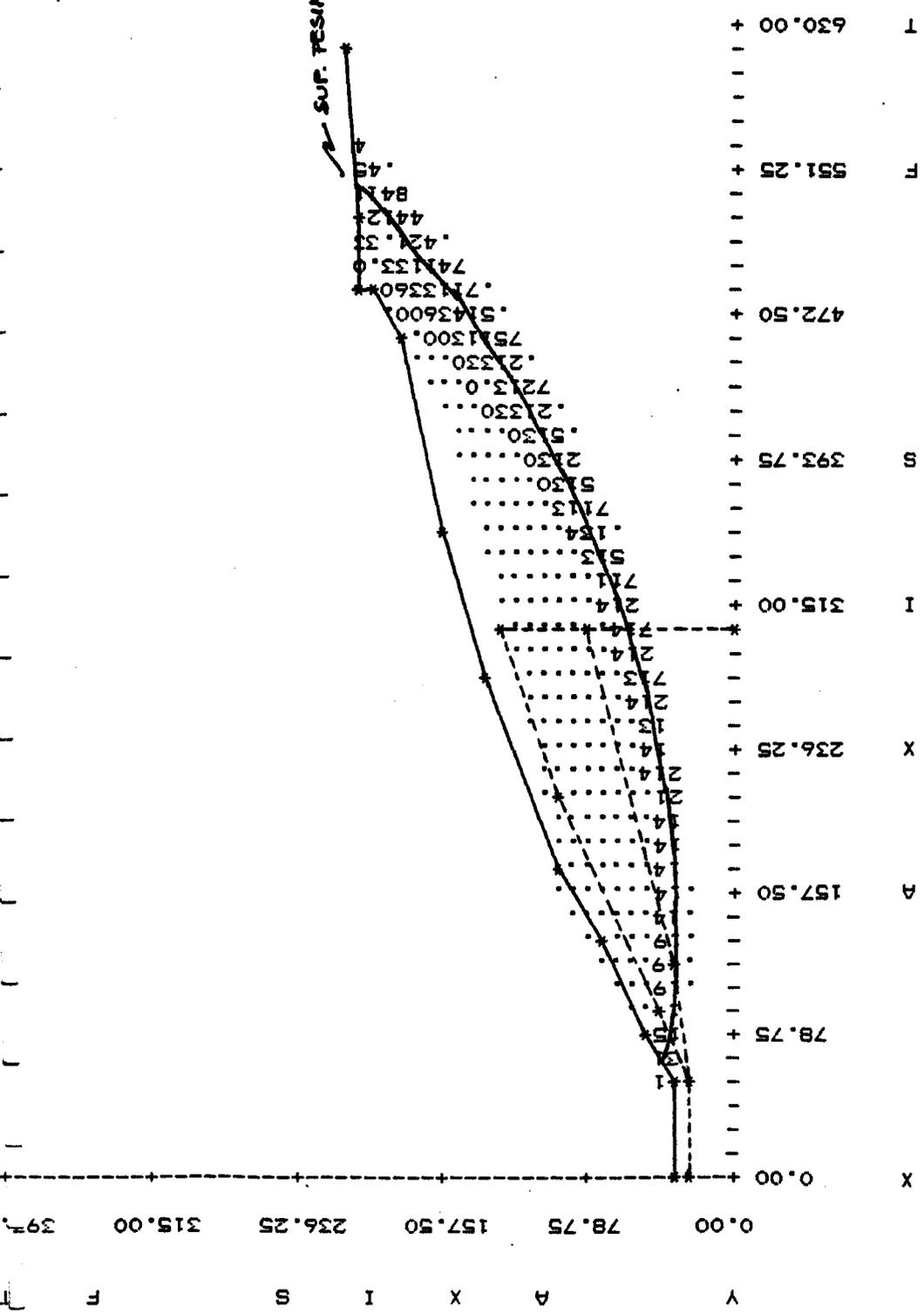
Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.

### Sector B

Deslizamiento de carácter rotacional de grandes bloques de conglomerados compactos pertenecientes a la Formación Dúdar-Pinos Genil sobre margas y arcillas.

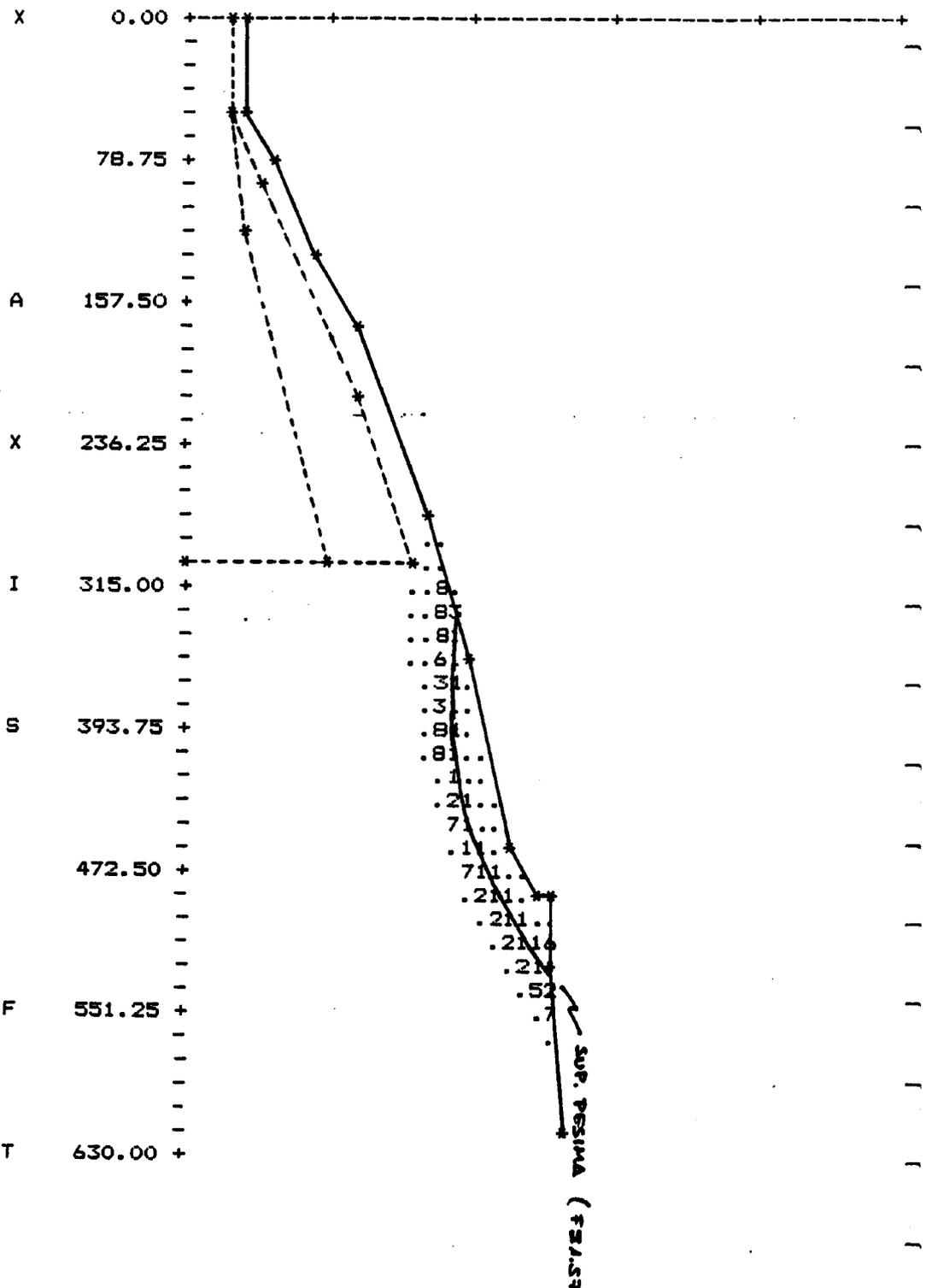
Se han considerado con criterio conservador los siguientes valores para los parámetros de corte:

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno $\phi'$ ( $^{\circ}$ )	Cohesión $c'$ (t/m <sup>2</sup> )	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )
Conglom. Dudar	34	3	1,8
Lutitas dentalium	26	7	1,9



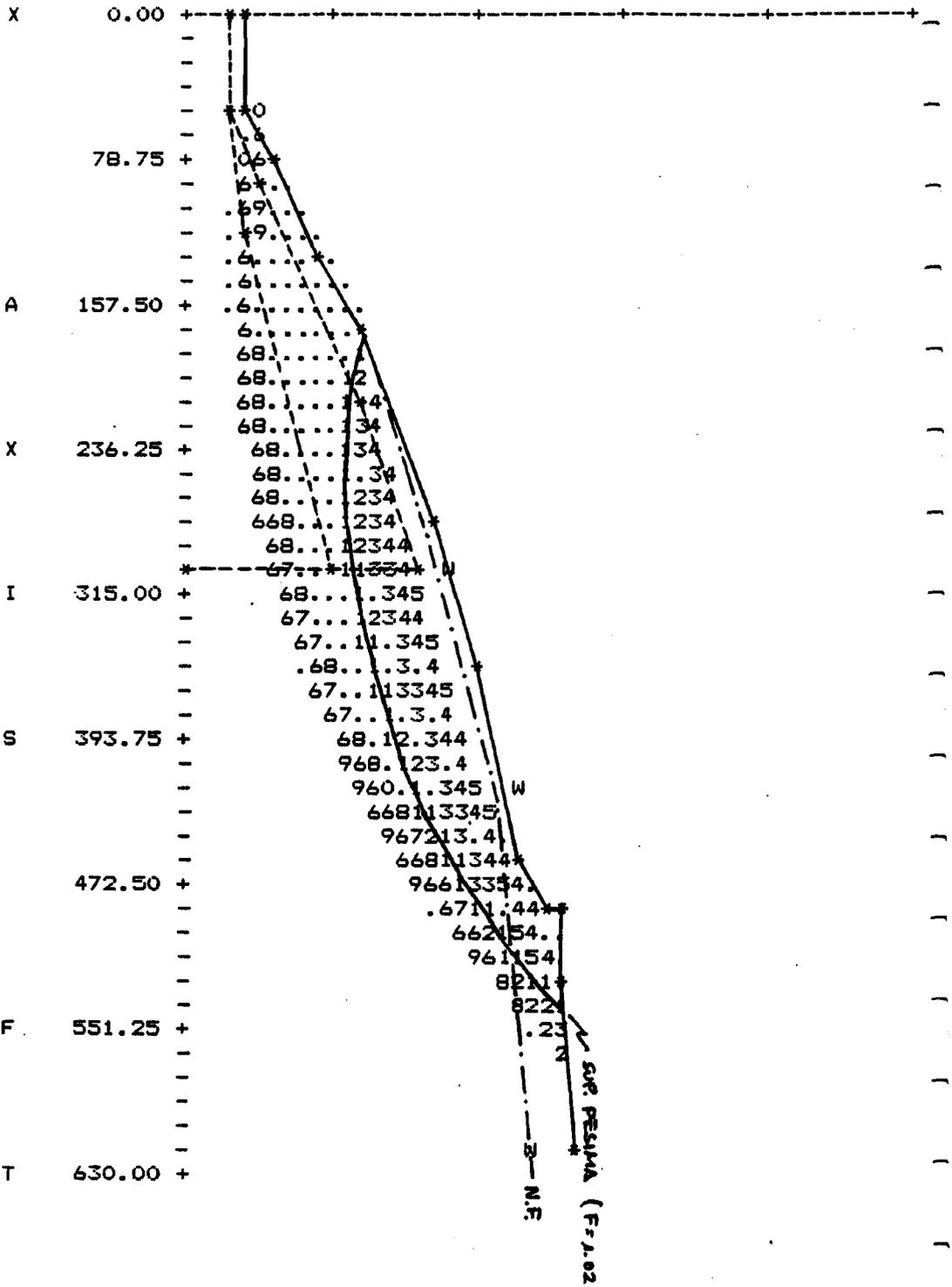
ZONA MONACHIL. SECTOR A. SITUACION ACTUAL.  
 ESTABILIDAD GENERAL DESLIZAMIENTO.

Y A X I S F T  
 0.00 78.75 157.50 236.25 315.00 393.75



ZONA MONACHIL. SECTOR A. SITUACION ACTUAL.  
 PROGRESION DESARROLLO LADERA ARRIBA.

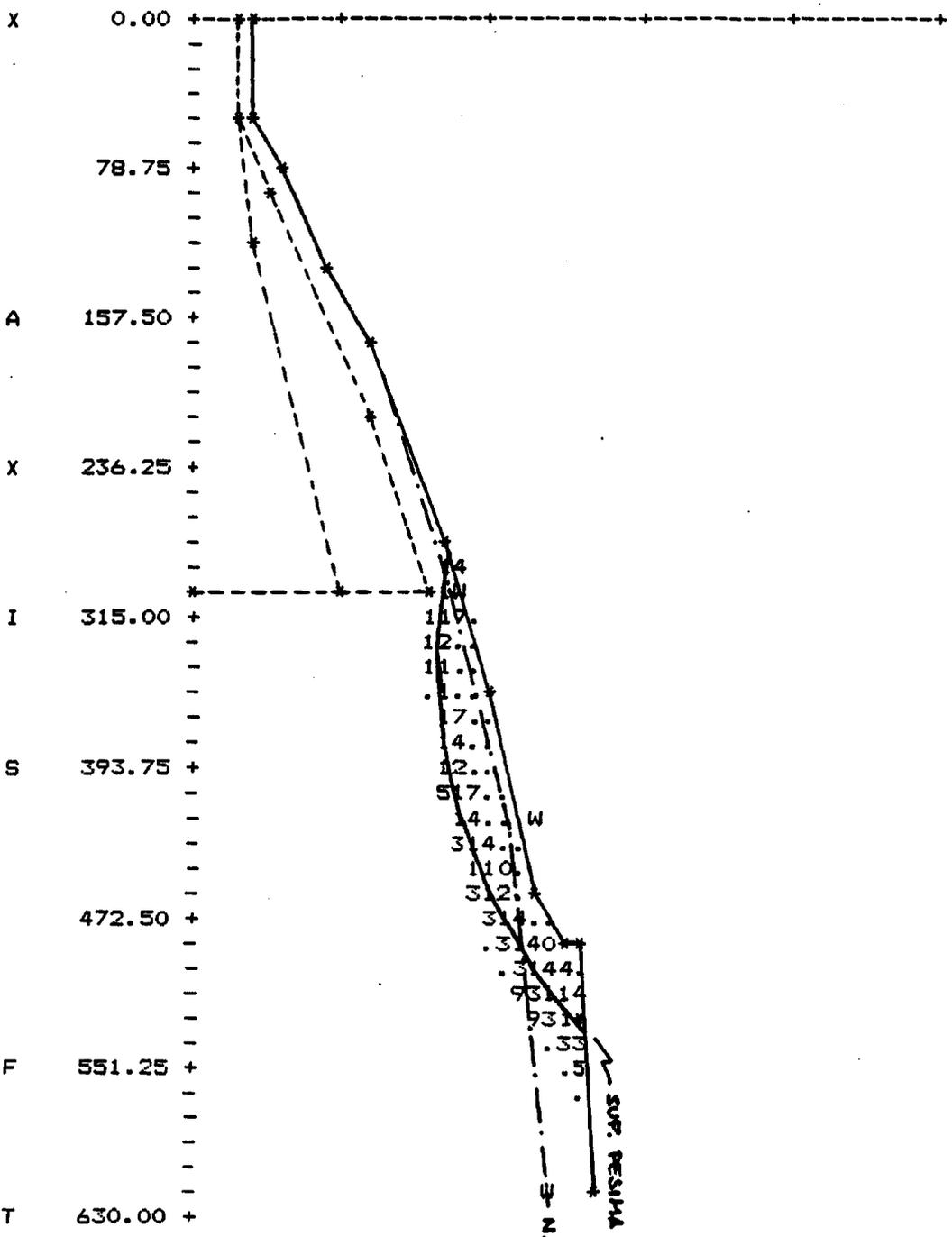
Y A X I S F T  
 0.00 78.75 157.50 236.25 315.00 393.5



ZONA MONACIL. SECTOR A.  
 ESTABILIDAD GENERAL DESLIZAMIENTO. N.F. ALTO.

Y A X I S F T

0.00 78.75 157.50 236.25 315.00 393.75

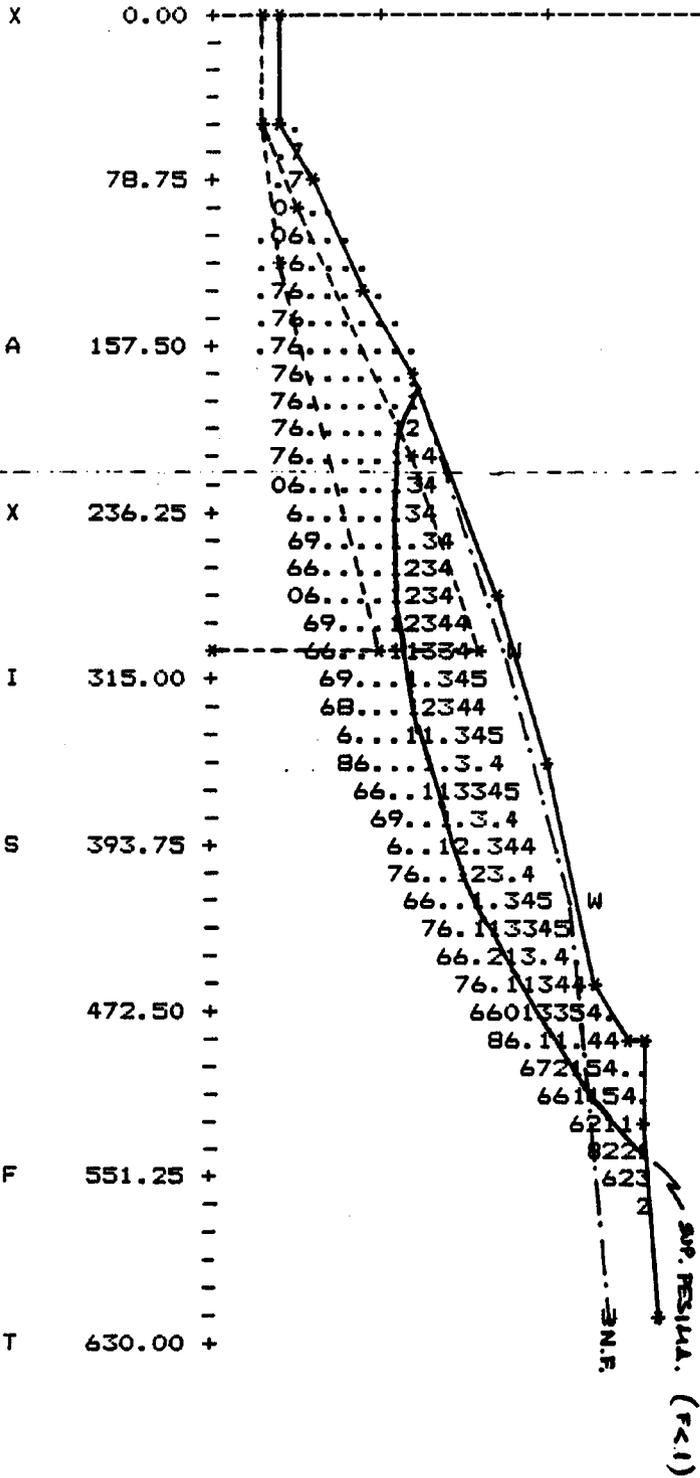


ZONA MONACML. SECTOR A.  
 PROGRESION DE LAZAMIENTO LATERAL ARRIBA. N.F. ALTO.

SURF. RESINA (F=1.05)  
 N.F.

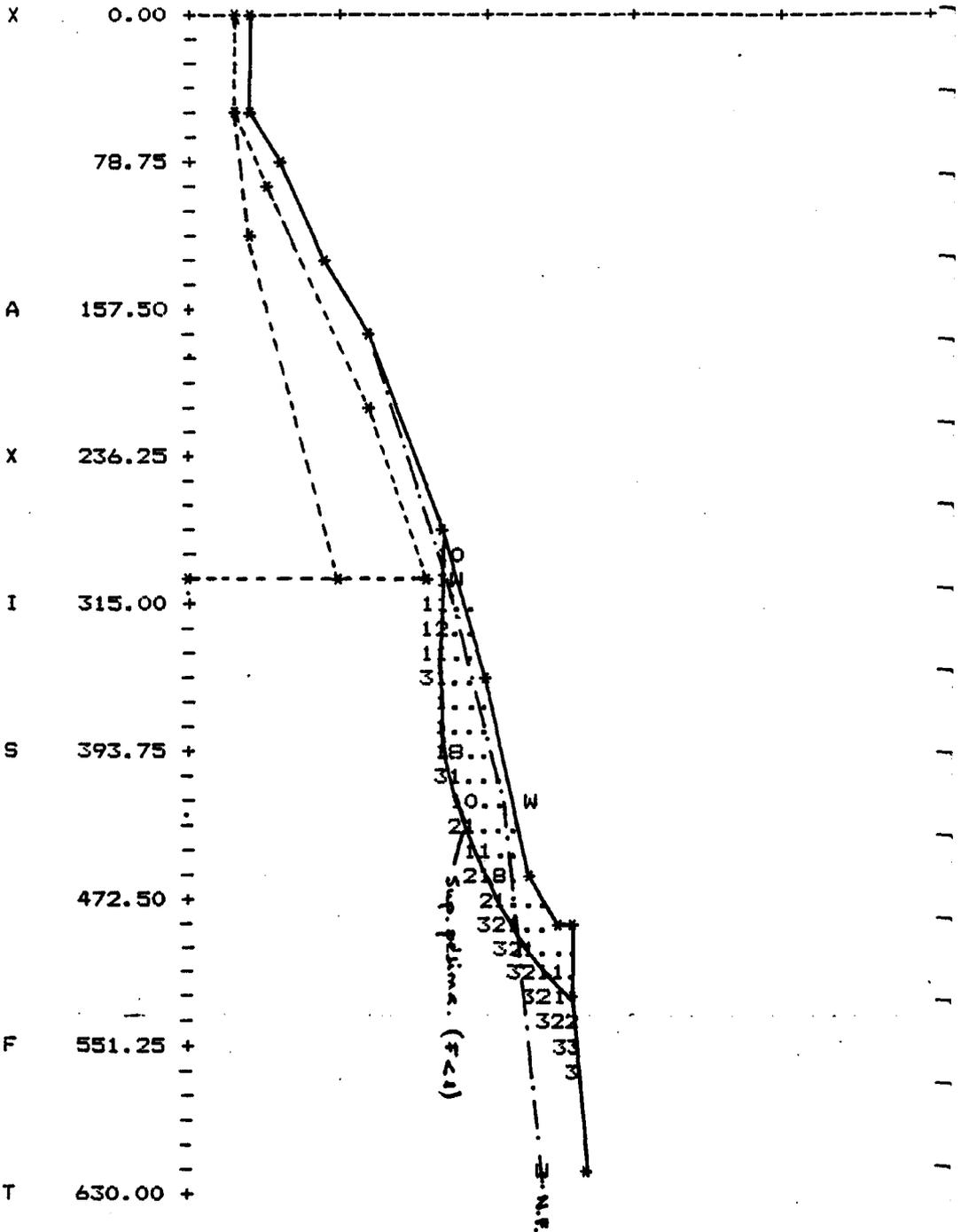
Y A X I S F T

0.00 78.75 157.50 236.25 315.00 393.75



ZONA MONACHIL, SECTOR A.  
 ESTABILIDAD GENERAL DESLIZAMIENTO. HIPOTESIS N.F. + SISMO

Y A X I S F T  
 0.00 78.75 157.50 236.25 315.00 393.75



TONA MONACHIL. SECTOR A.  
 PROGRESION DESLIZAMIENTO LADERA ARRIBA. HIPOTESIS N.F. + SISMO.

Se han obtenido los siguientes valores de coeficientes de seguridad para las superficies pésimas en las diferentes hipótesis analizadas.

<b>Hipótesis</b>	<b>Estabilidad general del deslizamiento</b>	<b>Progresión del fenómeno ladera arriba</b>
Situación actual	$F = 1,28$	$F = 1,14$
Nivel freático alto	$F < 1$	$F < 1$
N.F.alto+sismo	$F < 1$	$F < 1$

Se concluye que el equilibrio es precario incluso en su estado actual, con una clara tendencia a la progresión del fenómeno ladera arriba, produciendo la caída de nuevos bloques. La aparición de una época de precipitaciones intensas con o sin la incidencia adicional del sismo previsible, puede producir un corrimiento en la ladera de grandes proporciones.

Se considera este sector de riesgo potencial alto.

Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.

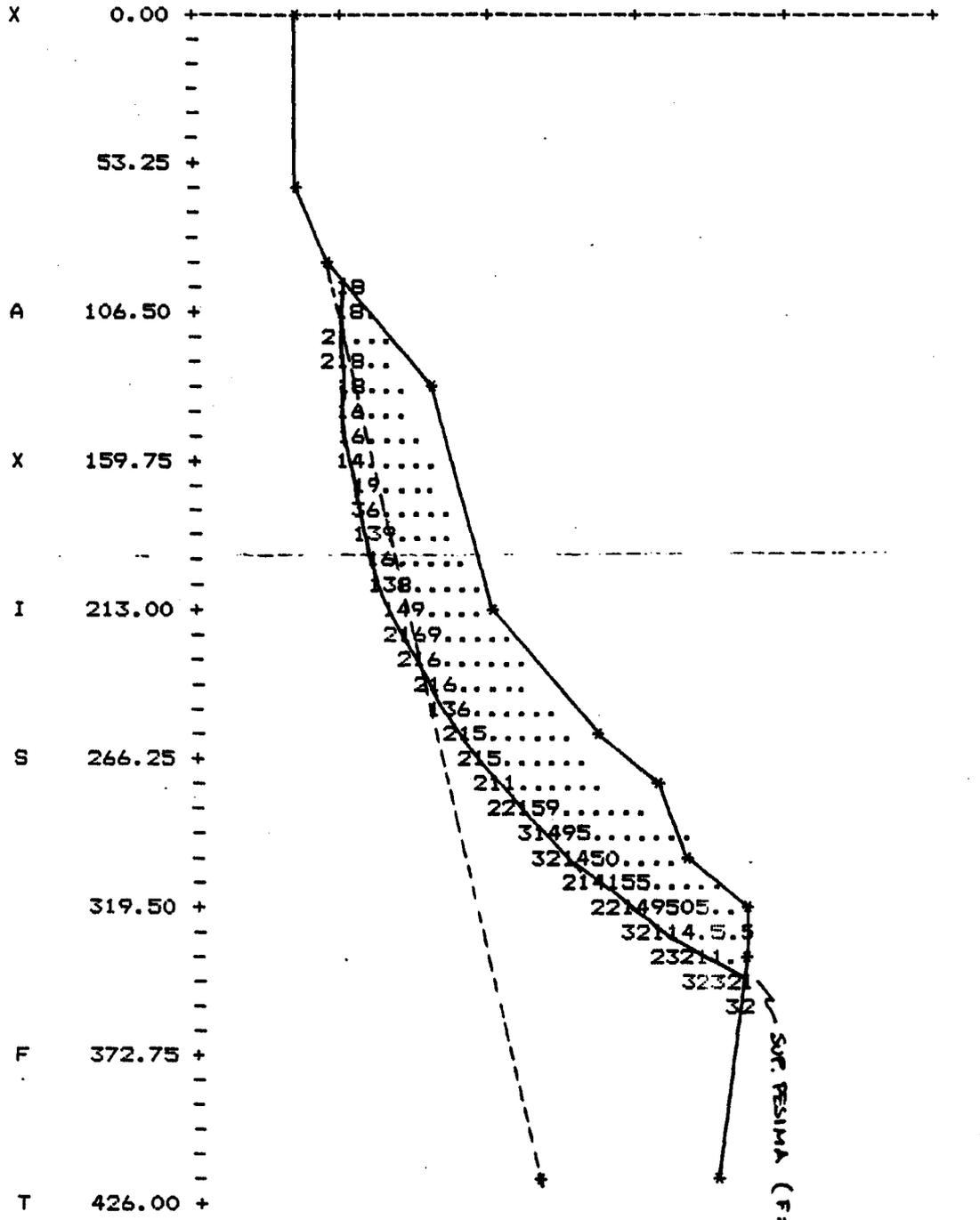
### **Sector C**

Deslizamientos de carácter rotacional en su parte alta y solifluidales en su porción inferior que afectan a conglomerados de la Formación Alhambra en cabeza y a arenas, limos y gravas sueltas de la Formación Cenes-Jun. Humedad abundante.

Se han considerado con carácter conservador los siguientes valores para los parámetros de corte:

Y A X I S F T

0.00 53.25 106.50 159.75 213.00 266.25



ZONA MONICHL. SECTOR B.  
ESTABILIDAD GENERAL. PESIZAMIENTO. SITUACION ACTUAL.

Y A X I S F T

0.00 53.25 106.50 159.75 213.00 266.25

X 0.00 +

53.25 +

A 106.50 +

X 159.75 +

I 213.00 +

S 266.25 +

319.50 +

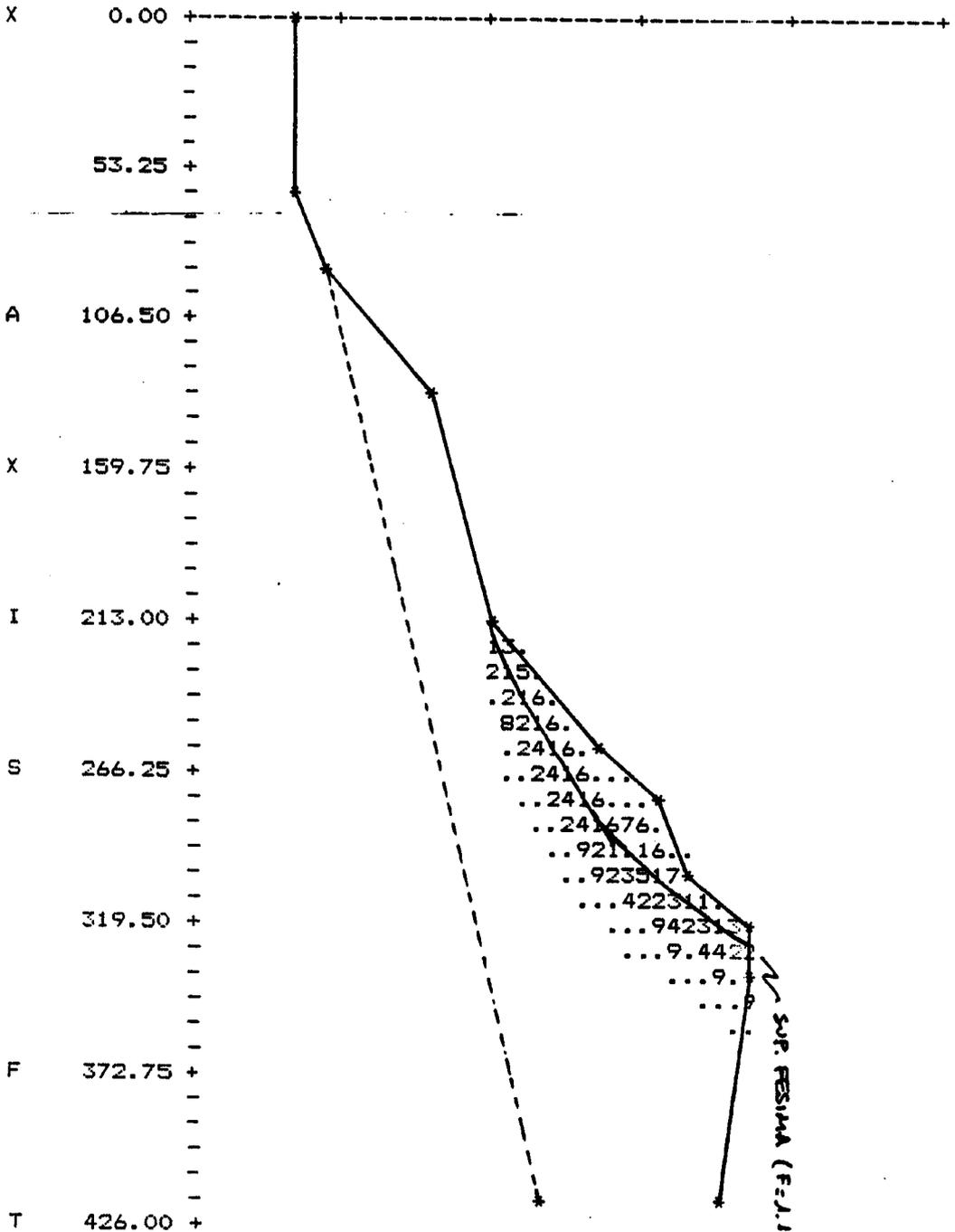
F 372.75 +

T 426.00 +

ZONA MANAJECL. SECTOR B.  
PROGRESION RESULTADOS LABORA ARRIBA. SITUACION ACTUAL.

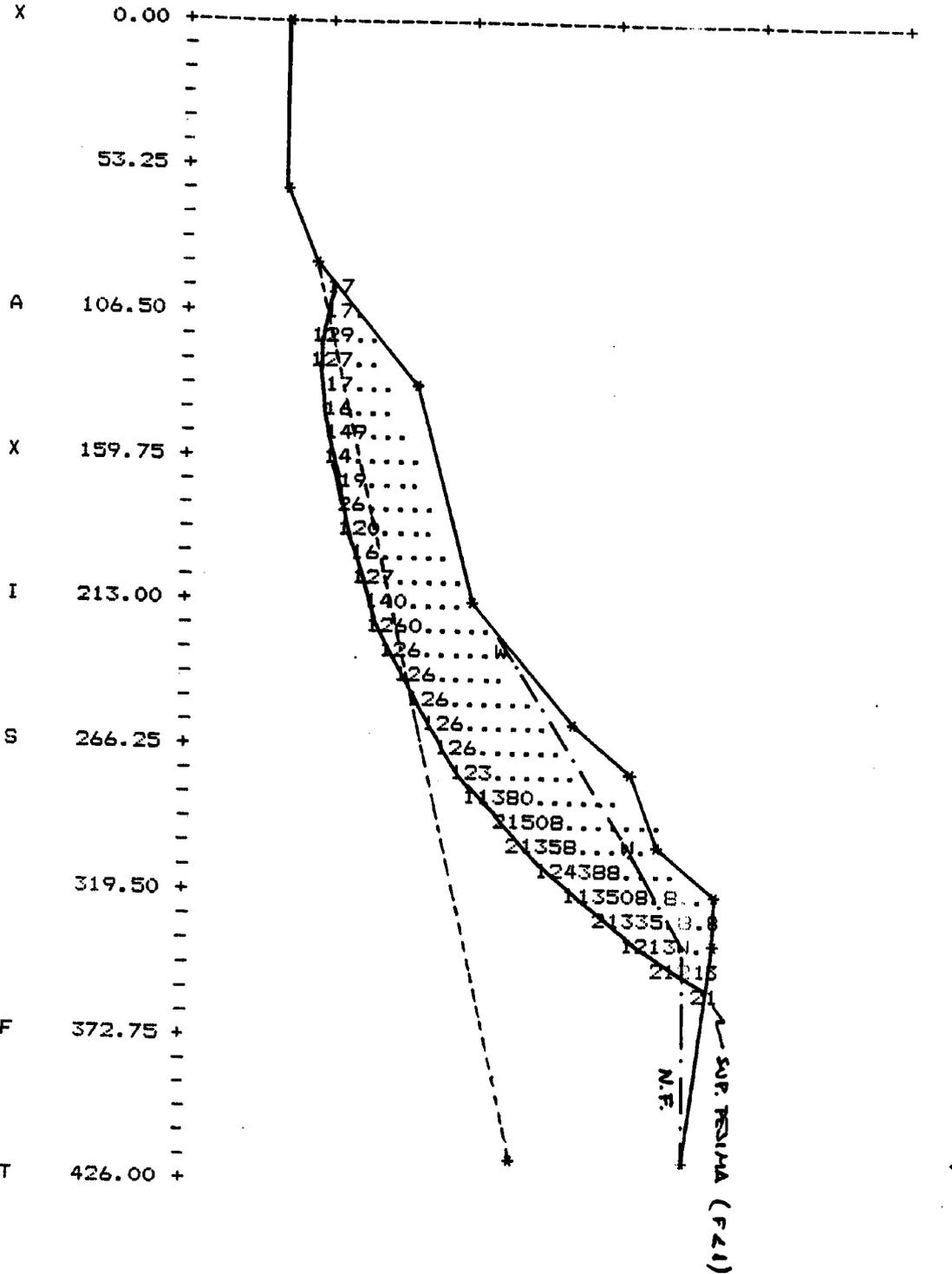
15.  
216.  
8216.  
2416.  
2416.  
2416.  
241676.  
92116.  
923517.  
422311.  
942313.  
9.4421  
9.  
9.

SUP. RESUMA (F:J.12)



Y A X I S F T

0.00 53.25 106.50 159.75 213.00 266.25

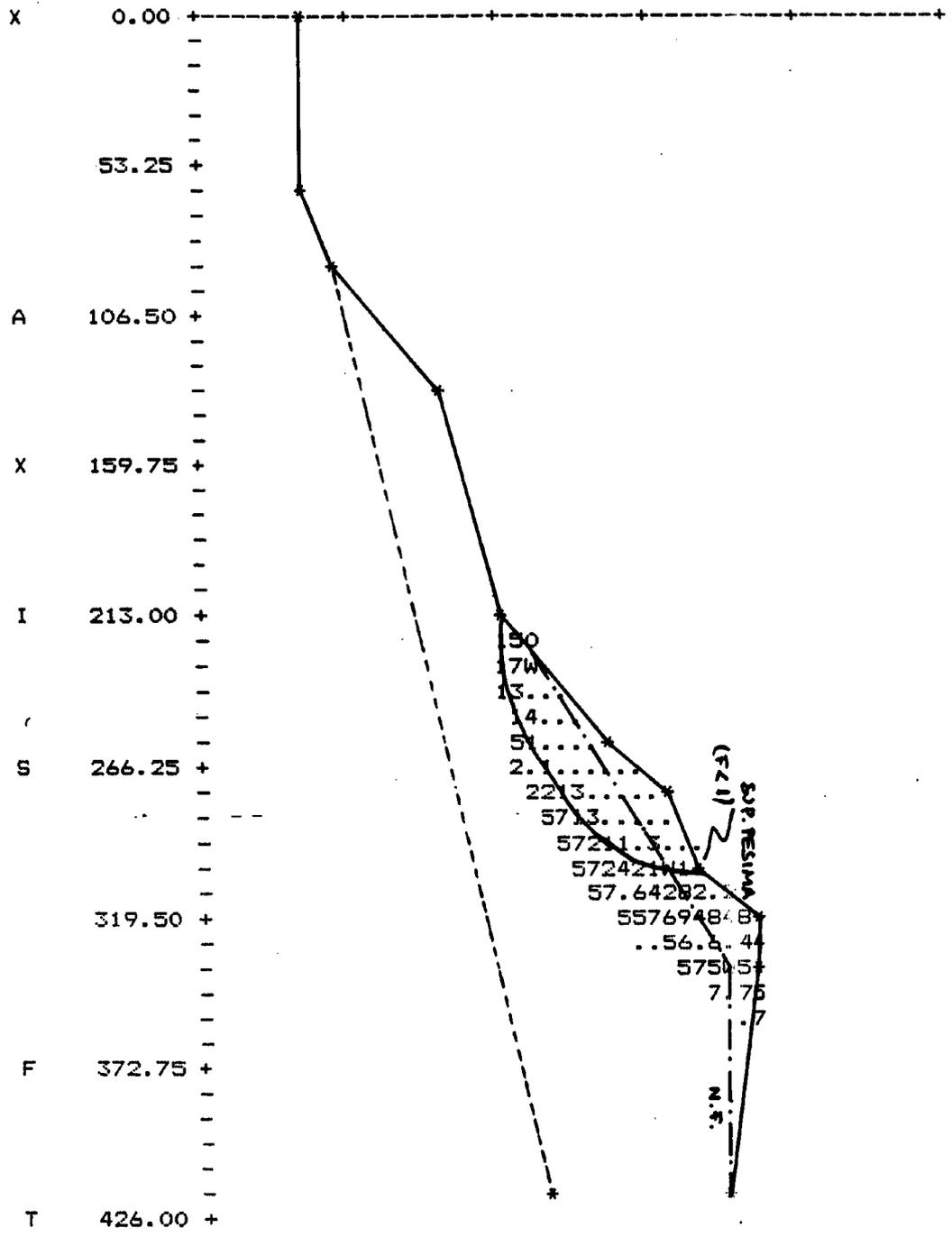


BOMBA MONOACILIL . SECTOR B .  
 ESTABILIDAD GENERAL RESUMI EN TO . HIPOTESIS N.F. ALTO .

N.F.  
 SUP. RESINA (F41)

Y A X I S F T

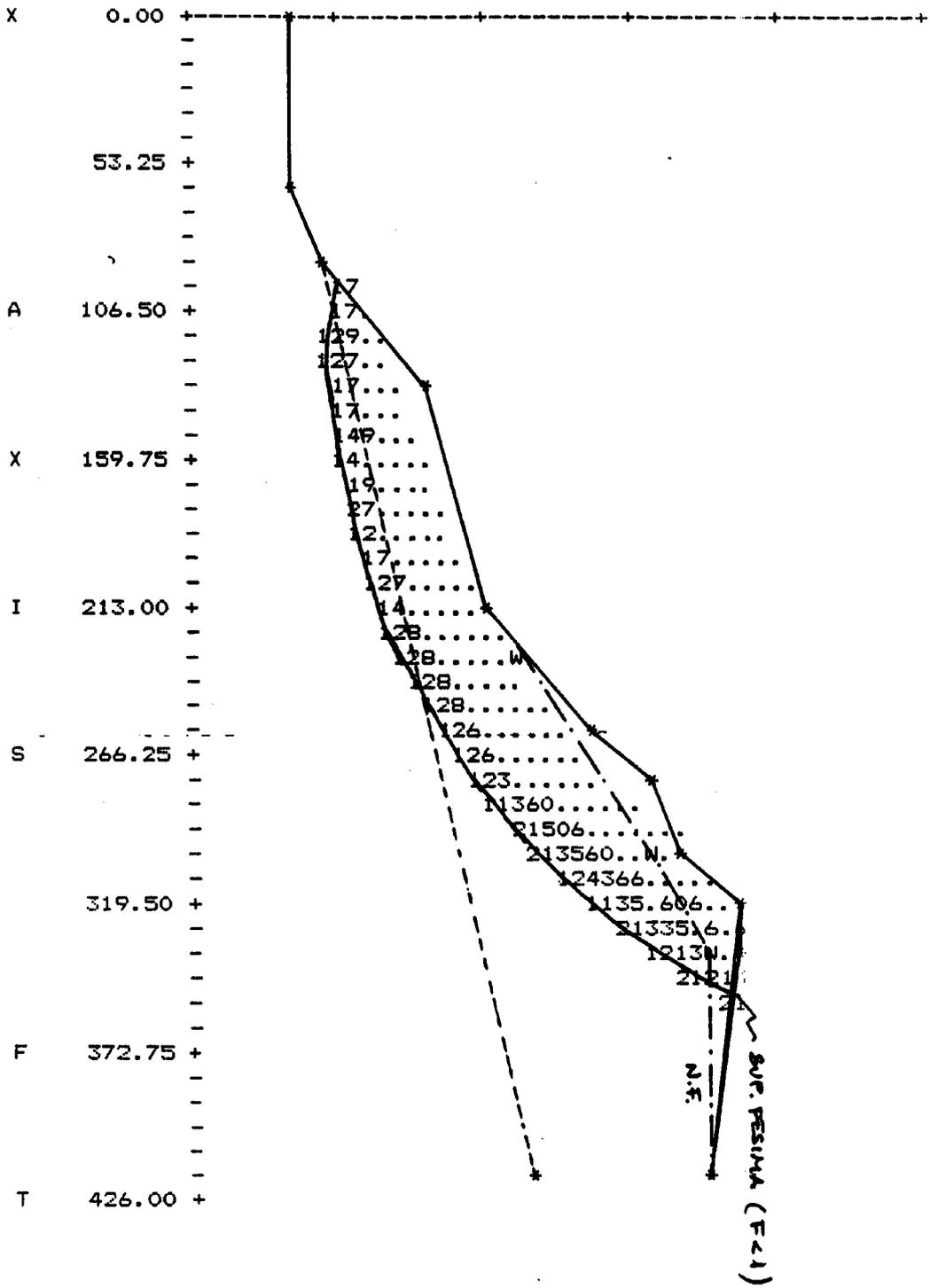
0.00 53.25 106.50 159.75 213.00 266.25



ZONA MONACHIL. SECTOR B.  
PROGRESIVO DESARROLLO LABEZA ARRIBA. HIPOTESIS N.F. ALTO.

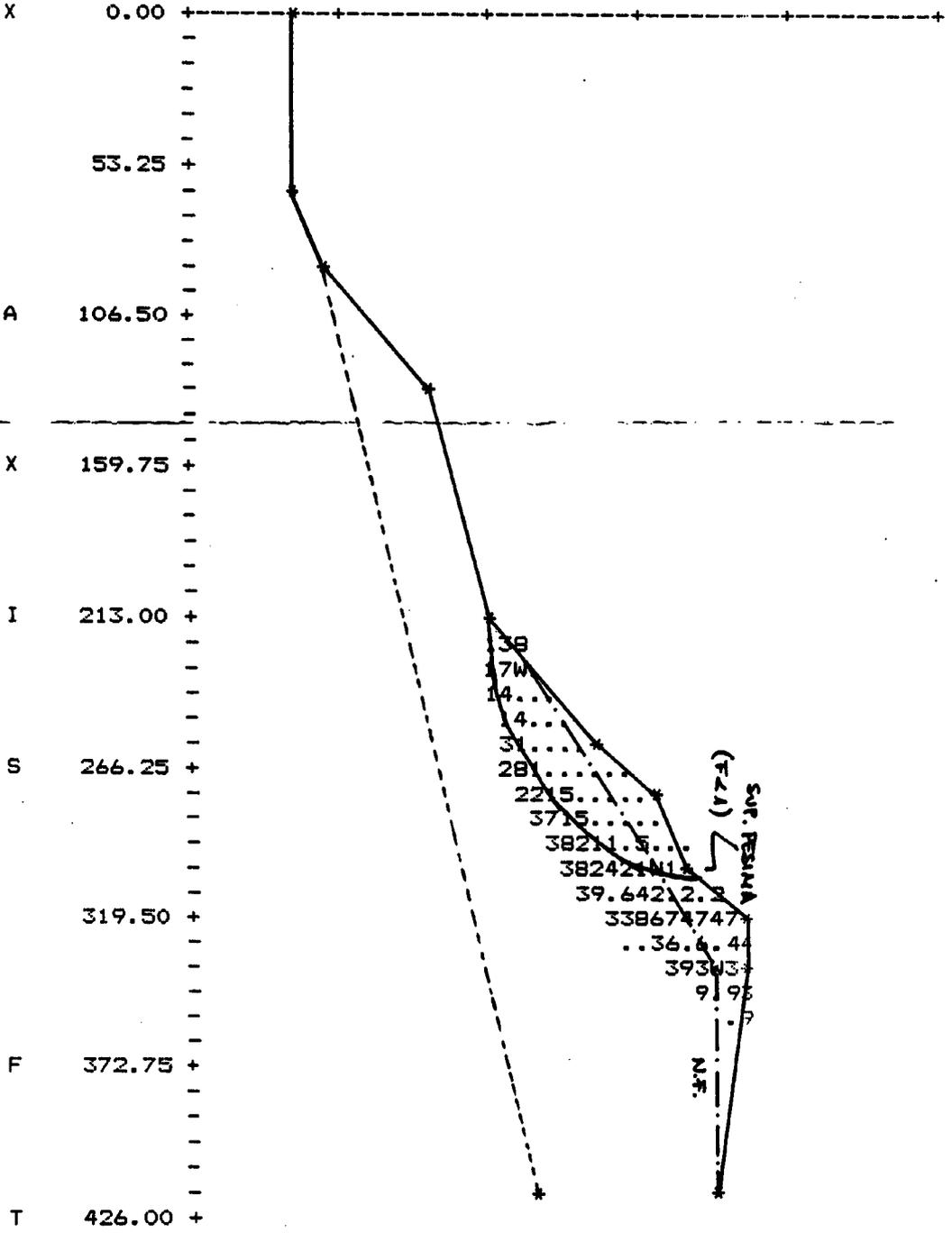
Y A X I S F T

0.00 53.25 106.50 159.75 213.00 266.25



Y A X I S F T

0.00 53.25 106.50 159.75 213.00 266.25



ZONA MANOCHA. SECTOR B. PROGRESION DESLIZAMIENTO LADERA ARRIBA. HIPOTESIS N.F. + SISMO.

38  
 17W  
 14...  
 4...  
 31...  
 28...  
 22...  
 37...  
 382...  
 382...  
 39.642...  
 33867...  
 ...36...  
 393...  
 9...  
 9...  
 N.F.

SUR. PESANA  
 (F-4)

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno $\phi'$ (°)	Cohesión c' (t/m <sup>2</sup> )	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )
Conglomer.			
Alhambra	36	0	1,9
Limos Cenés			
-Jun	20	3	1,9

Se obtienen los siguientes valores para los coeficientes de seguridad de las superficies pésimas en las diferentes hipótesis realizadas:

Hipótesis	Estab. general del deslizam.	Progresión fenóm. ladera arriba	Estabilidad zona inf.
Situación actual	F= 1,92	F= 1,95	F= 2,04
Nivel freático alto	F= 1,33	F= 1,29	F= 1,21
N.F.alto+sismo	F < 1	F < 1	F < 1

Se concluye por tanto que el equilibrio en este sector es aceptable, incluso con posterioridad a un temporal de precipitaciones abundantes. La incidencia del sismo previsible en la zona puede desencadenar la progresión de la rotura ladera arriba y/o producir un deslizamiento de grandes proporciones en la zona.

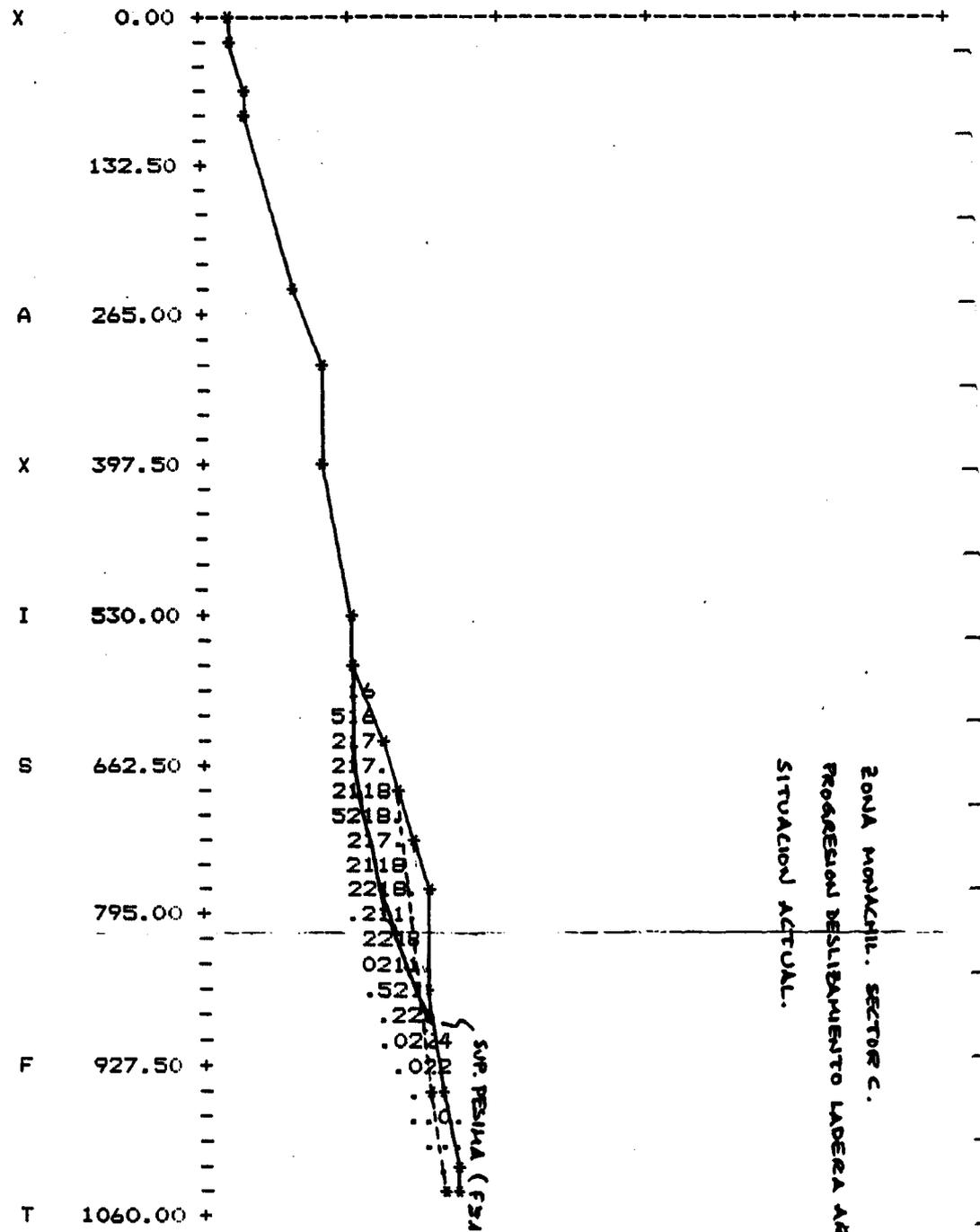
Se considera este sector de riesgo potencial medio.

Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.



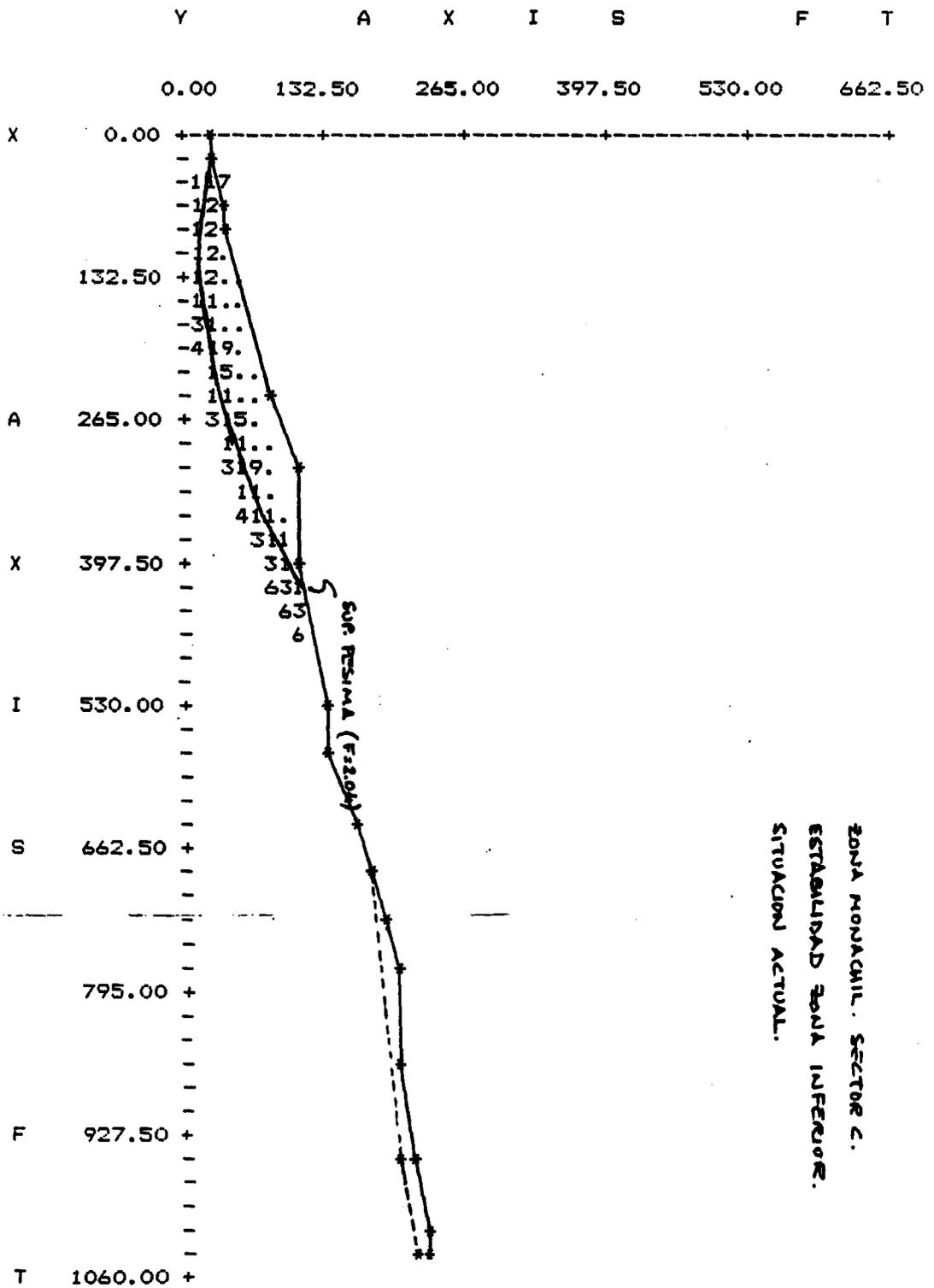
Y A X I S F T

0.00 132.50 265.00 397.50 530.00 662.50



ZONA MOPACHIL. SECTOR C.  
 PROGRAMA DE DESLIZAMIENTO LADERA ARRIBA.  
 SITUACION ACTUAL.

SUP. PESQUA (521.45)

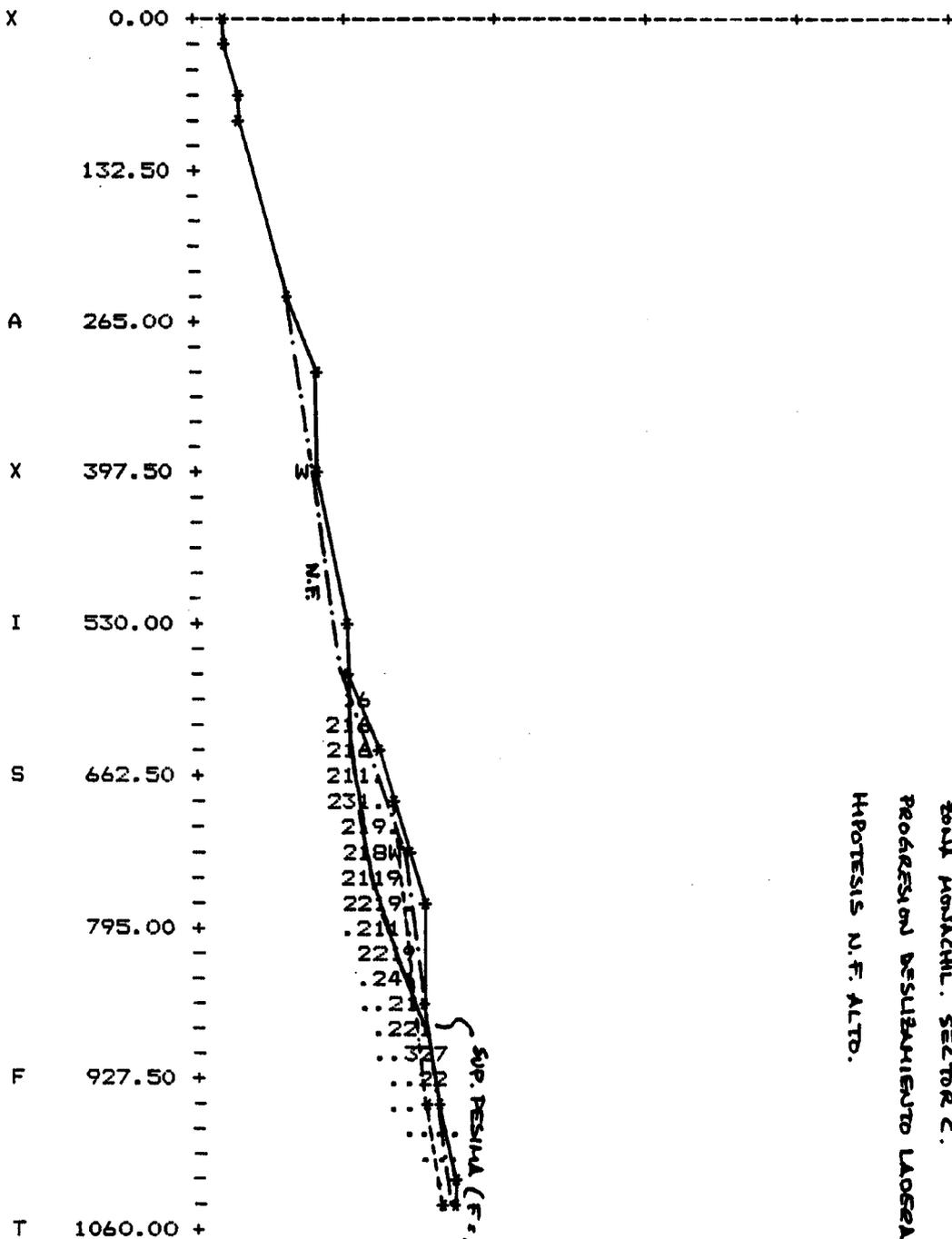


ZONA MONAGUIL. SECTOR C.  
ESTABILIDAD ZONA INFERIOR.  
SITUACION ACTUAL.



Y A X I S F T

0.00 132.50 265.00 397.50 530.00 662.50

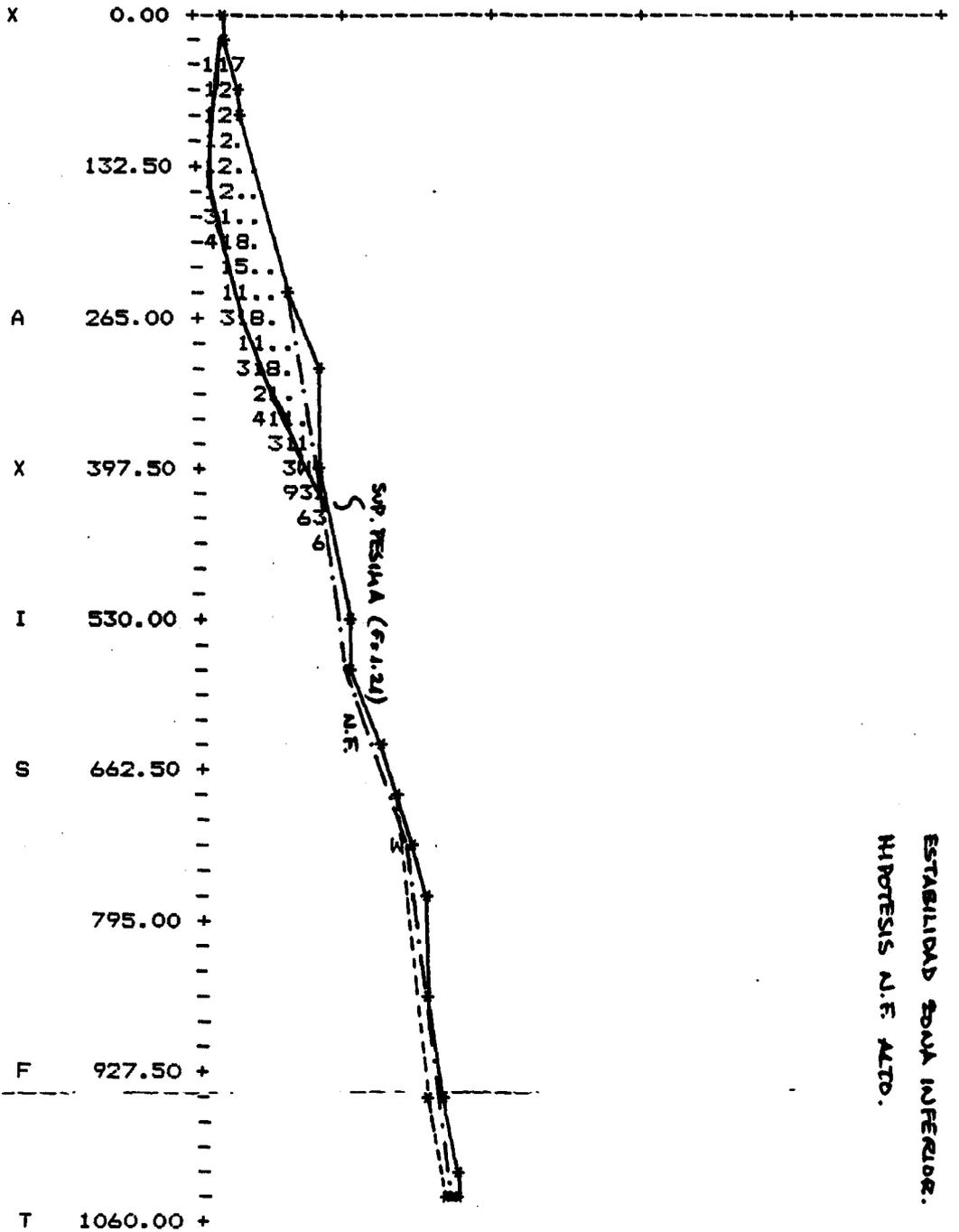


BOMBA MONJACHIL. SECTOR C.  
PROGRESION DESLIBRAMIENTO LAOSERA ARRIBA.  
HIPOTESIS N.F. ALTO.

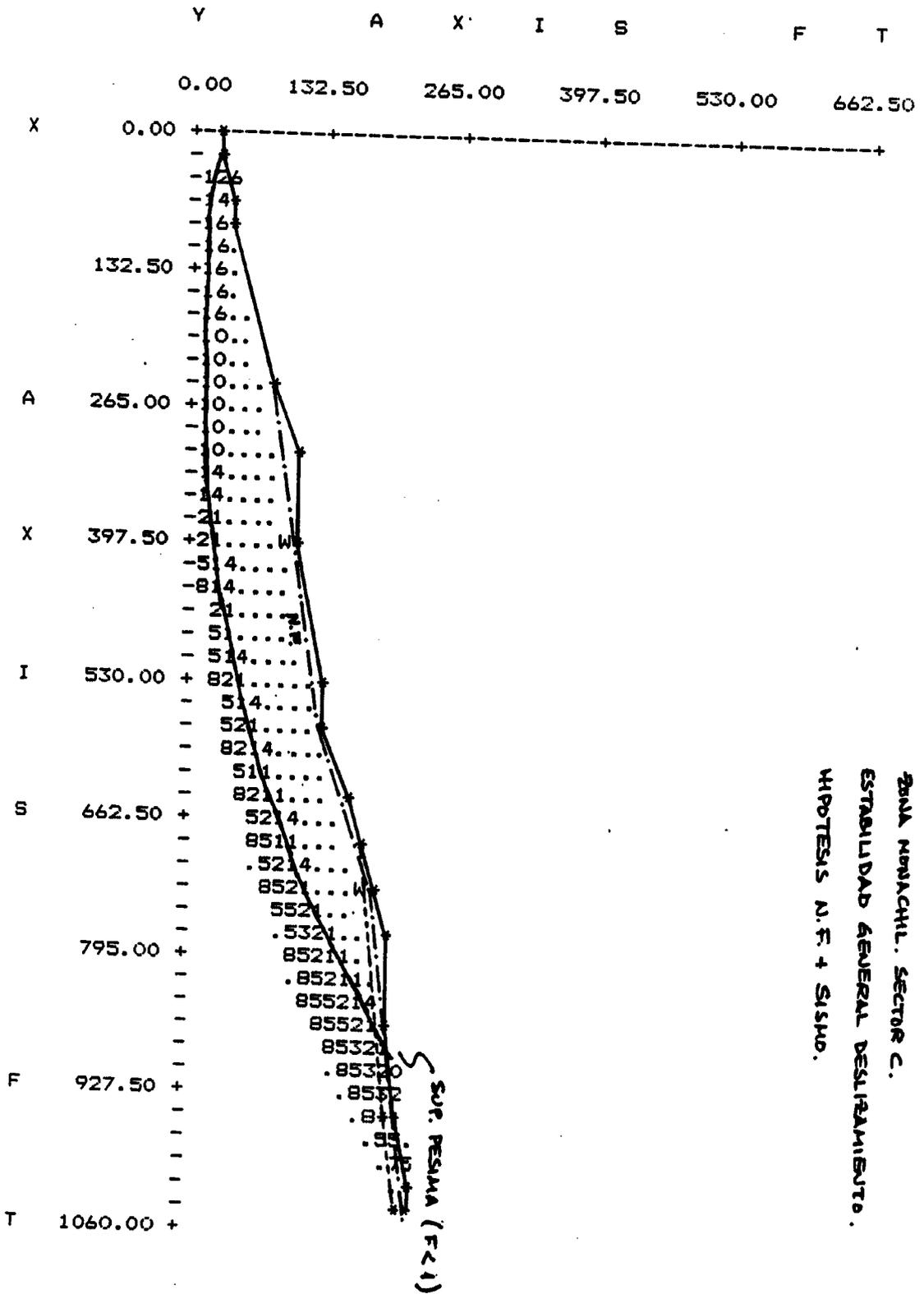
S.P. PESADA (F=1.25)

Y A X I S F T

0.00 132.50 265.00 397.50 530.00 662.50



ERUA MOWACHIL. SECTOR C.  
 ESTABILIDAD ERUA INFERIOR.  
 HIPOTESIS N.F. ALTO.

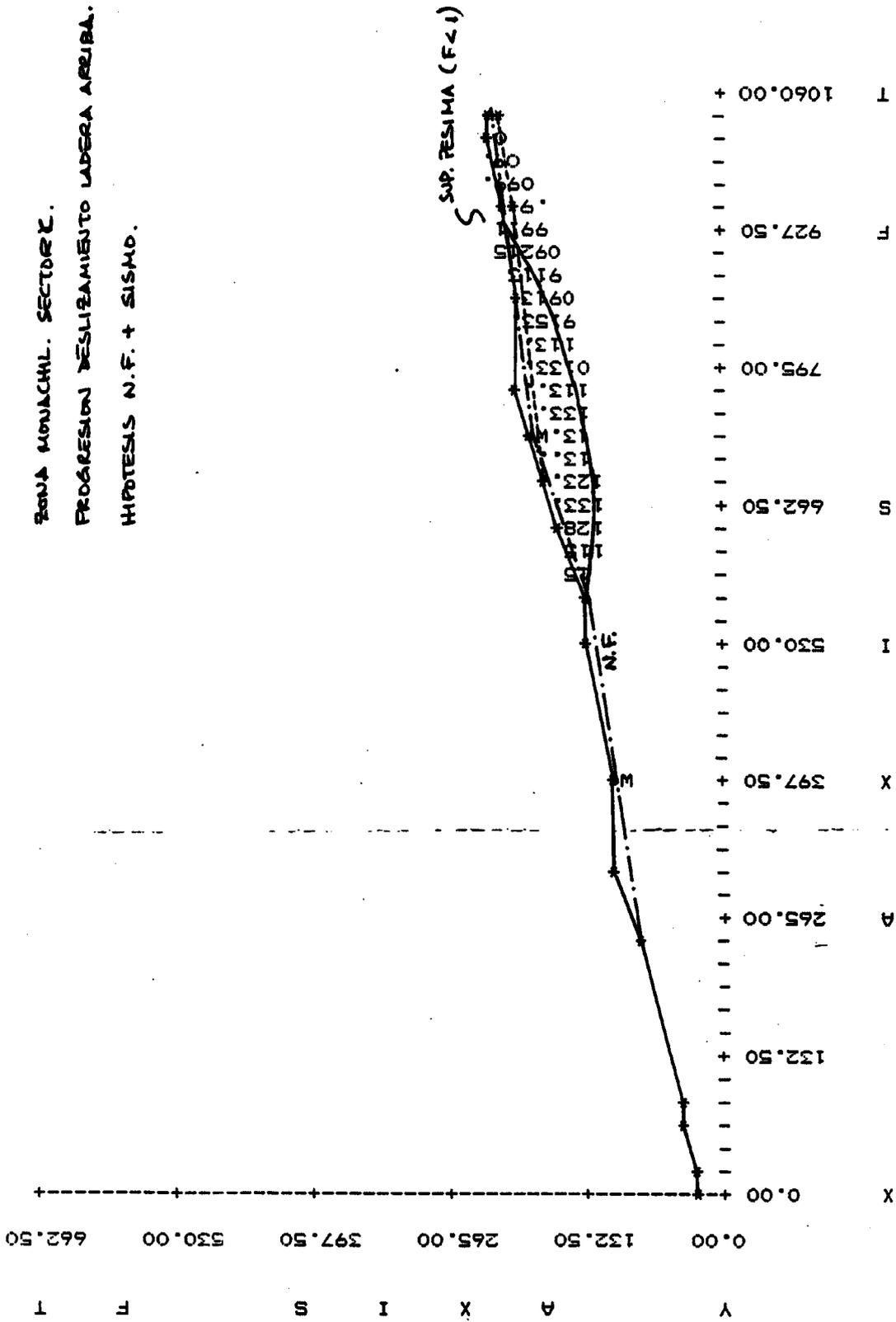


ZONA MONTAÑA. SECTOR C.  
 ESTABILIDAD GENERAL DEL RAMBLON.  
 HIPOTESIS N.F. + SISMO.

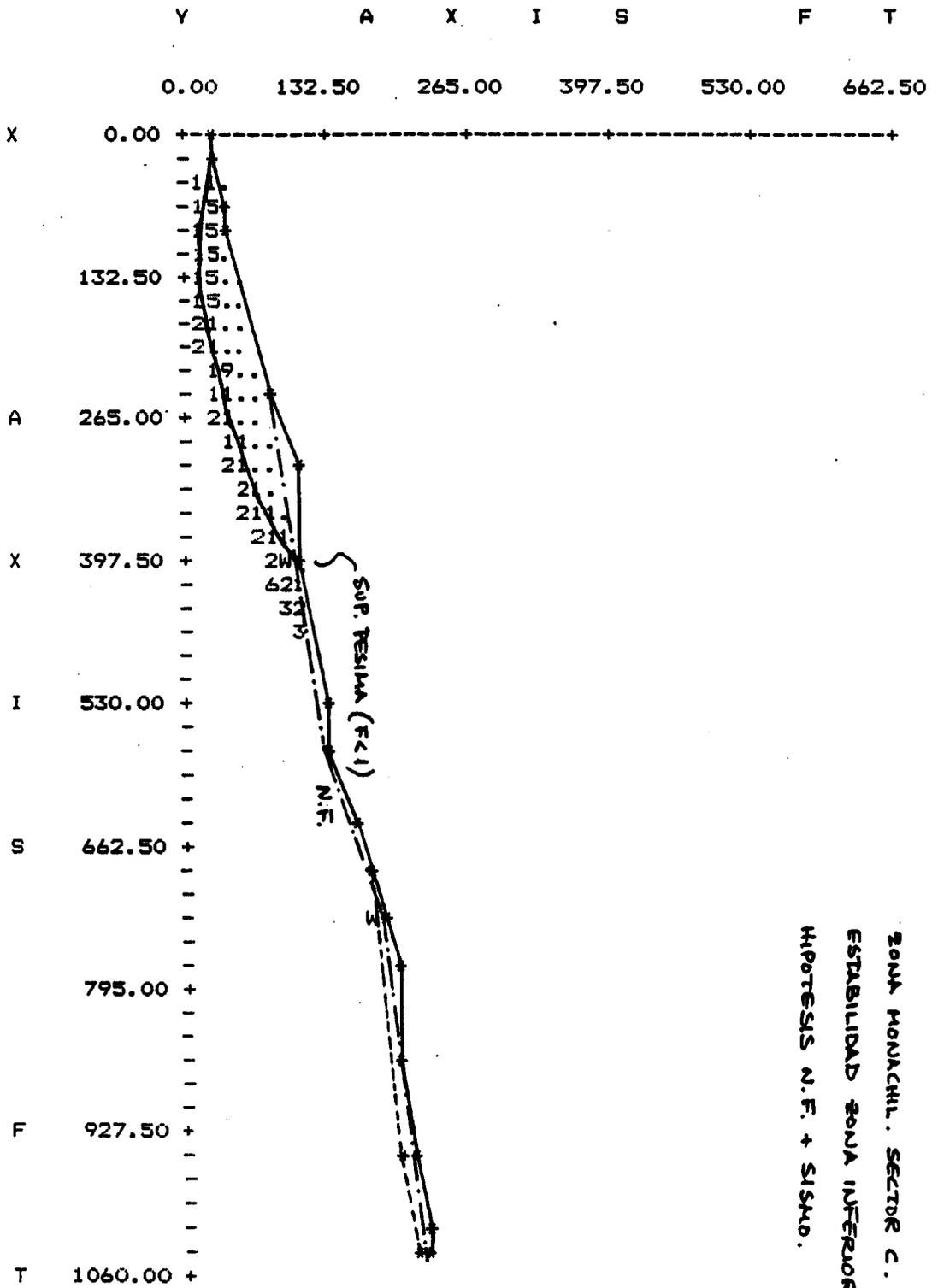
ZONA MONACHIL. SECTOR E.

PROGRESION DESLIZAMIENTO LADERA ARRIBA.

HIPOTESIS N.F. + SISMO.



Y A X I S F T



ZONA MONACHIL. SECTOR C.  
 ESTABILIDAD ZONA INFERIOR.  
 HIPOTESIS N.F. + SISMO.

## Sector D

Deslizamiento rotacional con solifluxión sobreimpuesta que interesa margas y arcillas plásticas de la base de la serie miocena. Agua abundante, con alimentación procedente de las calizas y dolomías alpujárrides adyacentes que actúan como "esponja".

Se han considerado con carácter conservador los siguientes parámetros de resistencia al corte:

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno $\phi'$ ( $^{\circ}$ )	Cohesión $c'$ (t/m <sup>2</sup> )	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )
Margas y arcillas	20	3	1,9

Se obtienen los siguientes valores de coeficientes de seguridad para las superficies pésimas en las diferentes hipótesis consideradas:

Hipótesis	Estabilidad general del deslizamiento
Situación actual	F= 3,32
Nivel freático alto	F= 1,96
N.F. alto+sismo	F= 1,15

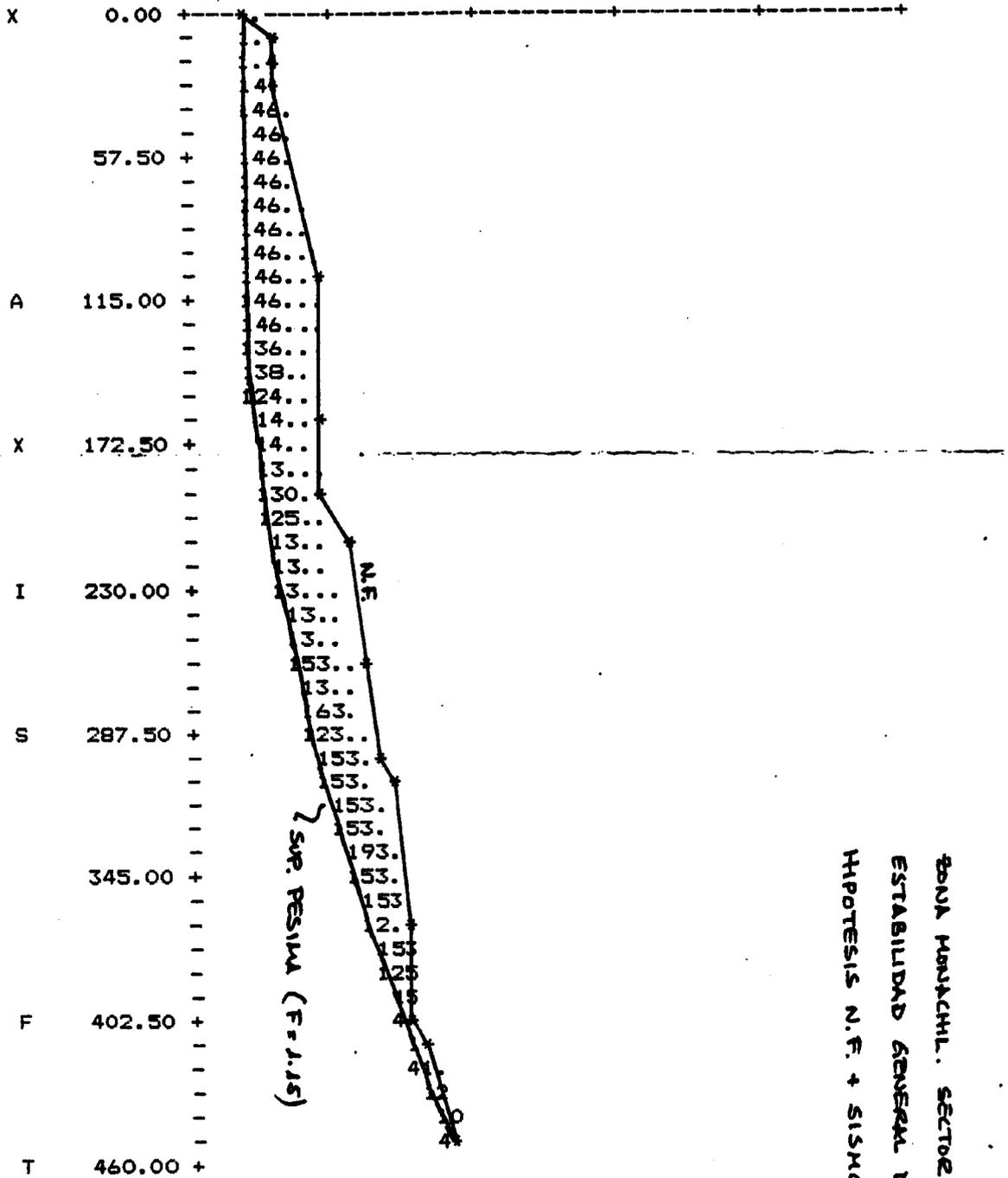
En este caso no se ha estudiado la posibilidad de progresión de la rotura ladera arriba, ya que la zona afectada se sale fuera del área comprendida en este estudio. De todas formas, dada la suavidad topográfica de la zona y los valores altos que se obtienen en los coeficientes de seguridad después del análisis efectuado puede concluirse que el deslizamiento se encuentra ya muy evolucionado, habiendo derivado la masa afectada por el mismo hacia una configuración más estable.





Y A X I S F T

0.00 57.50 115.00 172.50 230.00 287.50



BANCA MONACHIL. SECTOR C.  
ESTABILIDAD GENERAL DELIZAMIENTO.  
HIPOTESIS N.F. + SISMO.

Se considera este sector de riesgo potencial bajo.

Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.

### Sector E

Deslizamiento solifluidal que afecta a margas y arcillas plásticas de la base de la serie miocena. Evidencia de rotura progresiva. Presencia de conglomerados en cabeza.

Se han considerado con carácter conservador los parámetros de resistencia al corte siguientes:

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno $\phi'$ ( $^{\circ}$ )	Cohesión $c'$ (t/m <sup>2</sup> )	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )
Margas y arcillas	20	3	1,9
Conglomerados	36	0	1,9

Se obtienen los siguientes valores de coeficientes de seguridad para las superficies pésimas en las diferentes hipótesis consideradas:

Hipótesis	Estab. general del deslizamiento	Progresión del fenómeno ladera arriba
Situación actual	F= 2,45	F= 2,51
Nivel freático alto	F= 1,40	F= 1,44
N.F.alto+sismo	F < 1	F < 1

Al igual que en el anterior partado, el deslizamiento se encuentra en fase de adquirir una configuración relativamente estable, aunque la incidencia del sismo pueda desencade-

nar en presencia de agua abundante una desestabilización general de la zona.

Se considera este sector de riesgo potencial medio.

Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.

### Sector F

Deslizamiento de carácter rotacional que afecta a conglomerados de la Formación Dúdar-Pinos Genil situados sobre lutitas con dentalium.

Se han considerado los siguientes parámetros de resistencia al corte, con carácter conservador:

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno $\theta'$ (°)	Cohesión $c'$ (t/m <sup>2</sup> )	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )
Conglom.Dúdar	34	3	1,8
Lutitas dentalium	26	7	1,9

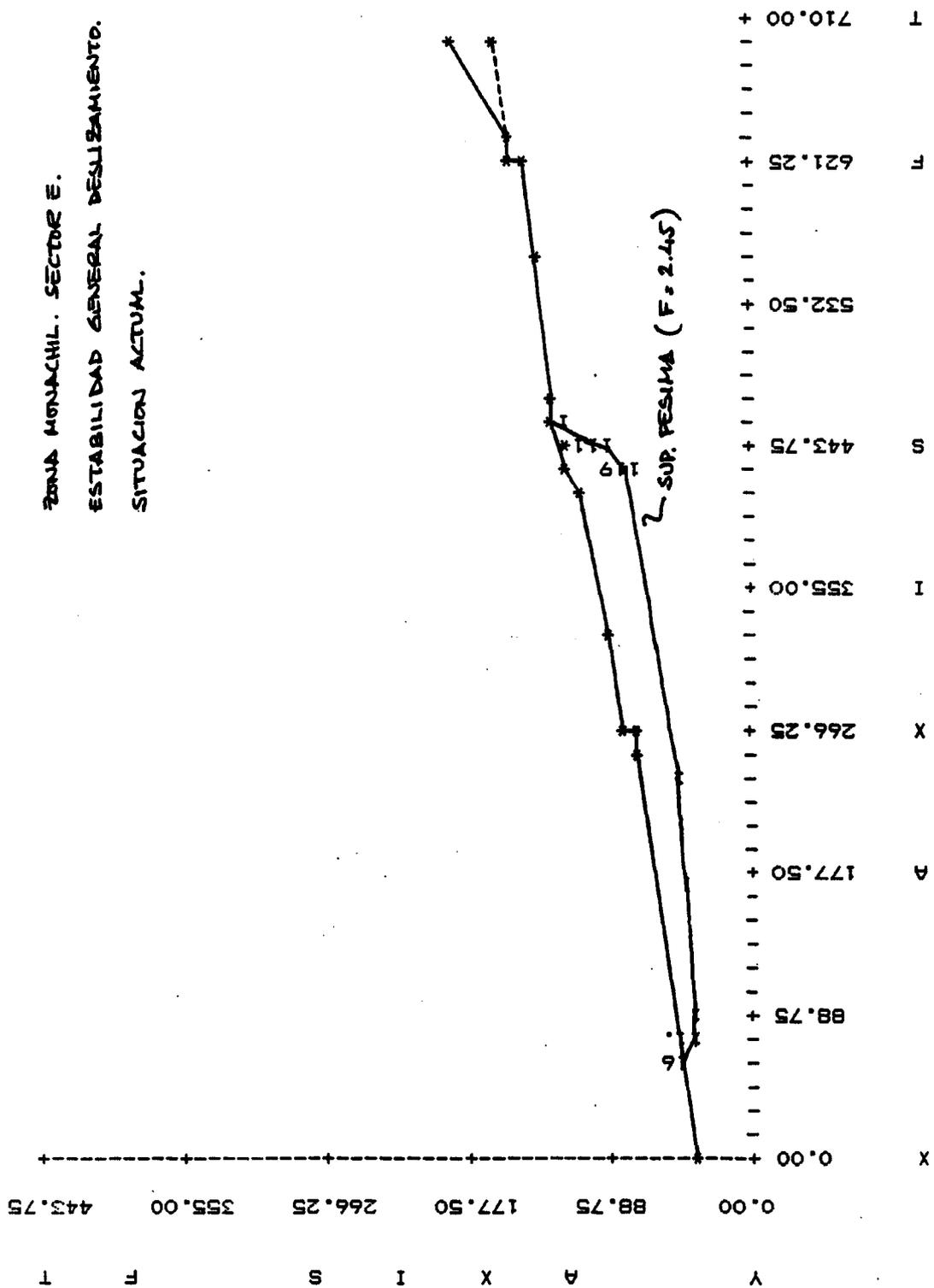
Se obtienen los siguientes valores de coeficientes de seguridad para las superficies pésimas en las diferentes hipótesis consideradas:

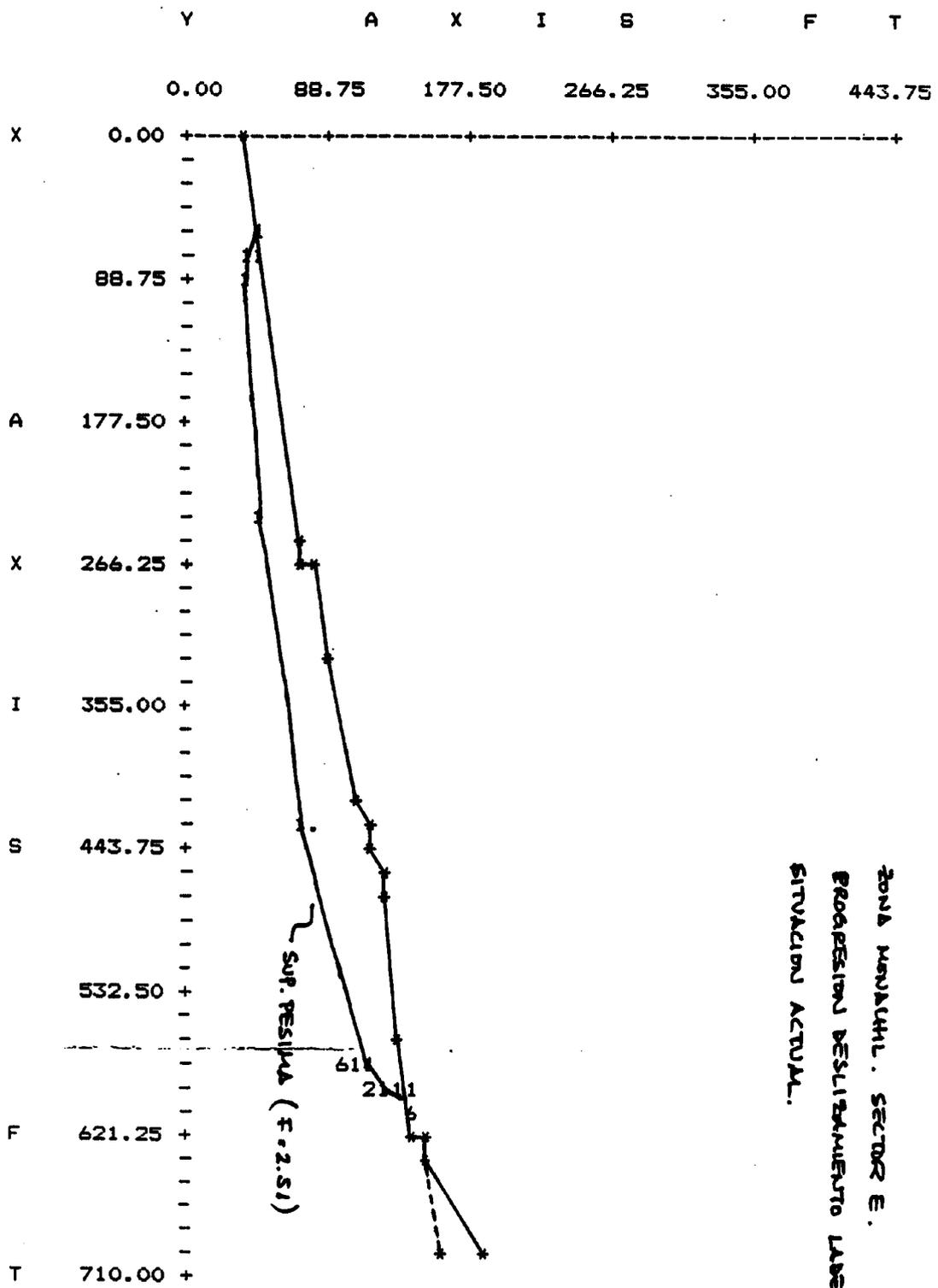
Hipótesis	Estab.general del deslizamiento	Progresión fenóm. ladera arriba	Estabilidad zona infer.
Situación actual	F= 2,11	F= 1,40	F= 1,91
Nivel freático alto	F= 1,36	F= 1,22	F= 1,26
N.F.alto+ sismo	F = 1,16	F = 1,04	F = 1,10

ZONA MONACHIL. SECTOR E.

ESTABILIDAD GENERAL DESLIZAMIENTO.

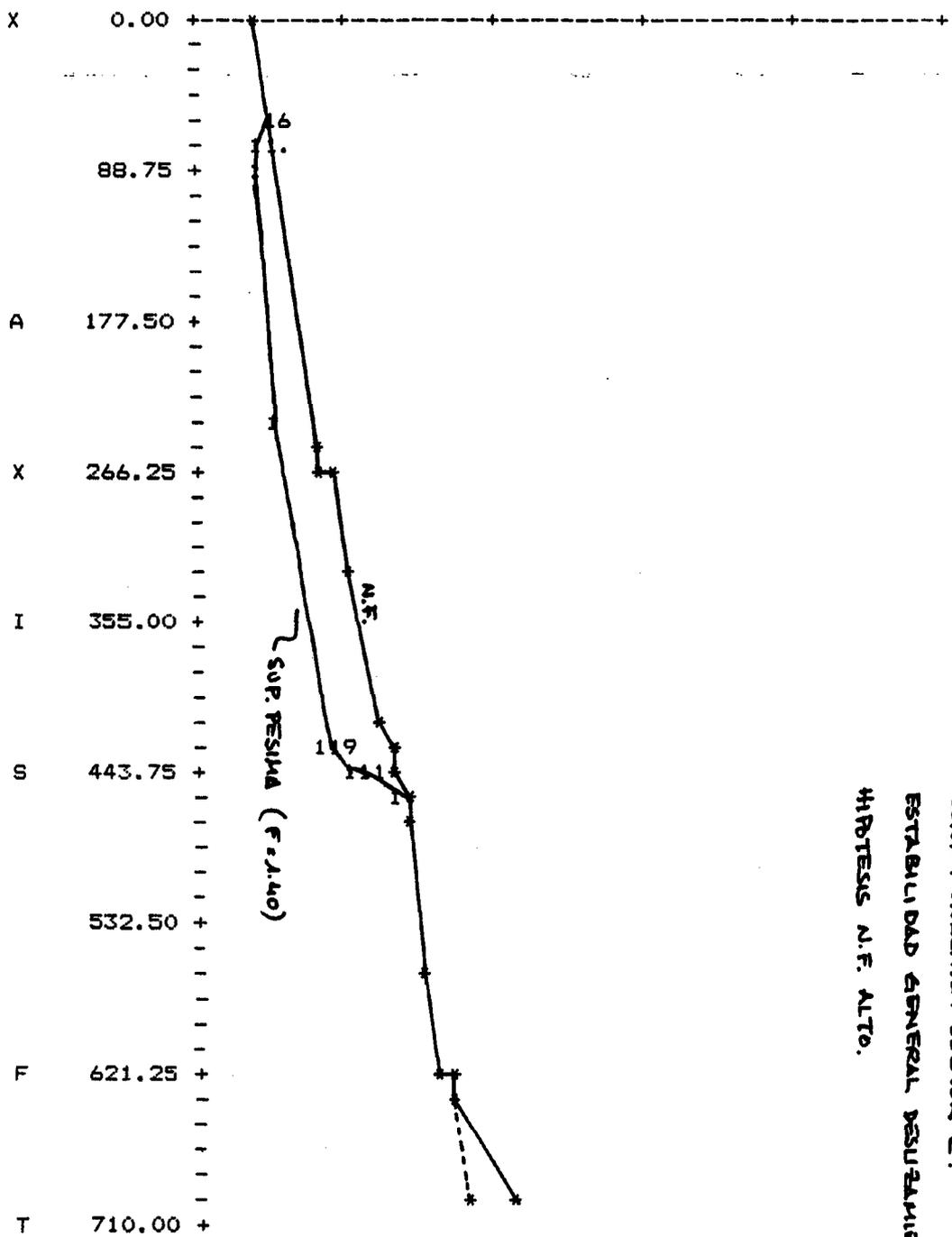
SITUACION ACTUAL.





ZONA MANAHLIL. SECTOR E.  
 PROGRESION DESLIZAMIENTO LIBERA ARRIBA.  
 SITUACION ACTUAL.

Y A X I S F T  
 0.00 88.75 177.50 266.25 355.00 443.75

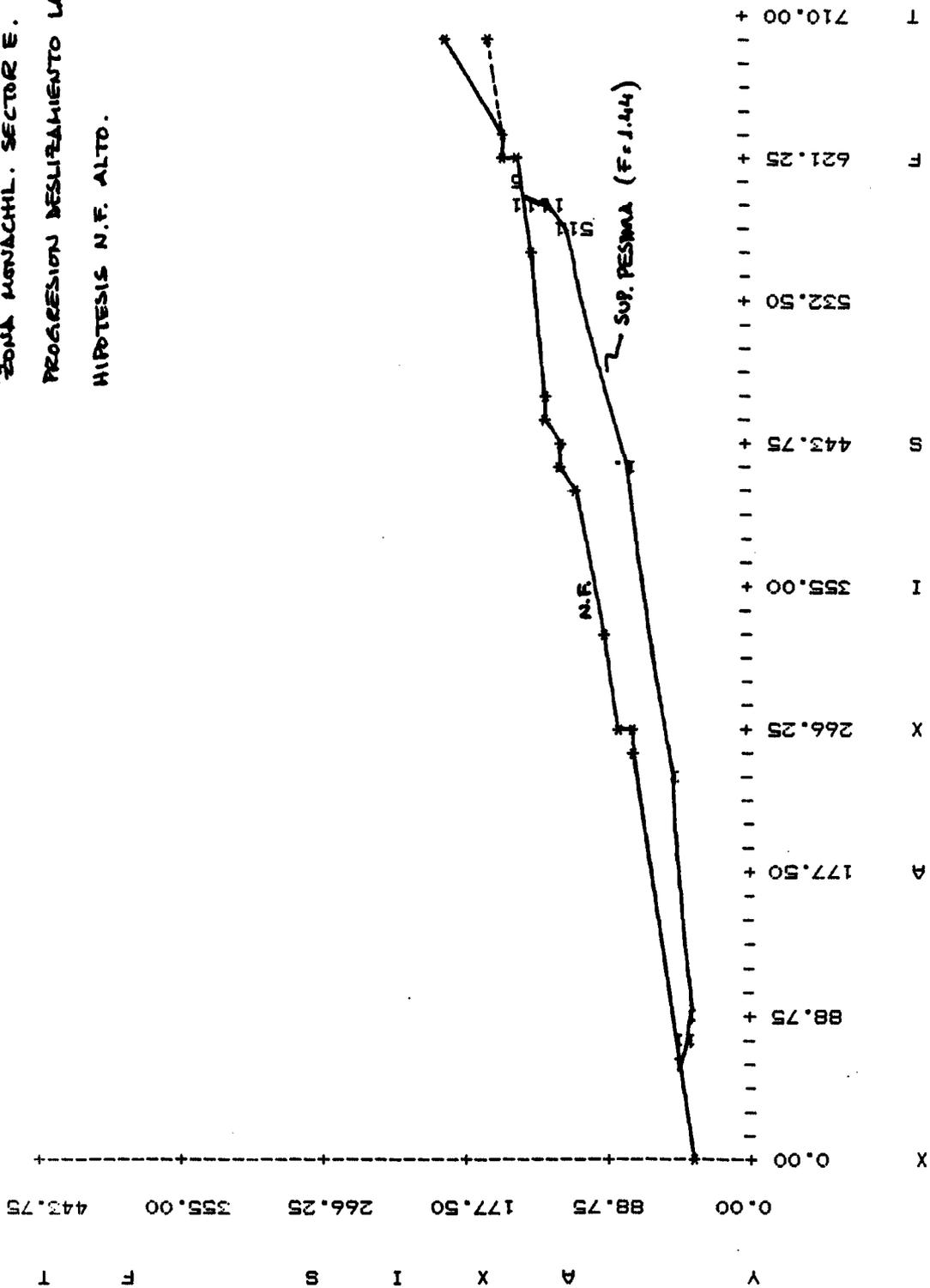


MANA MANUKHIL. SEKTOR E.  
 ESTABILIDAD GENERAL DESARROLLO.  
 HIPOTESIS N.F. ALTO.

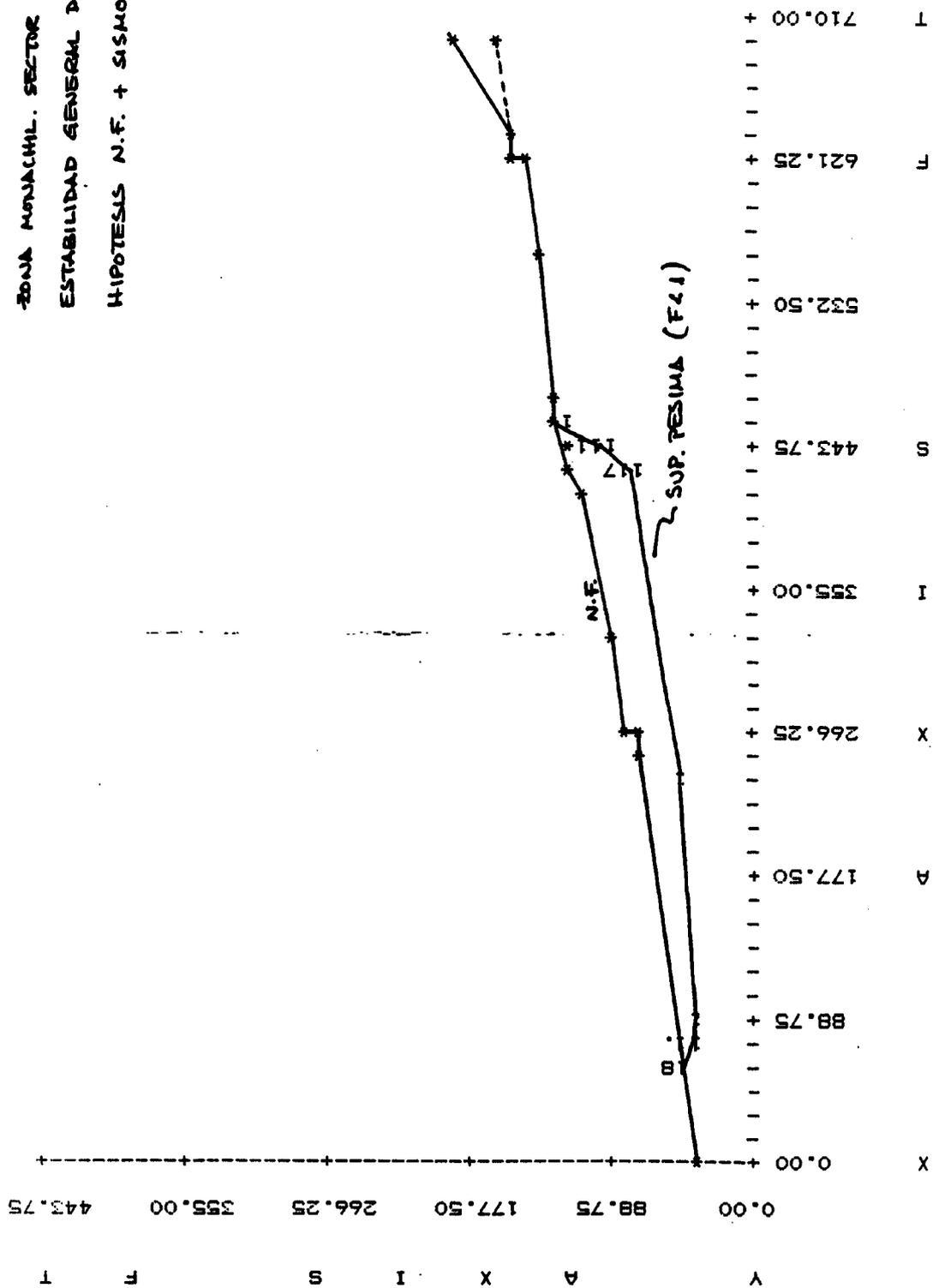
ZONA MONACHIL. SECTOR E.

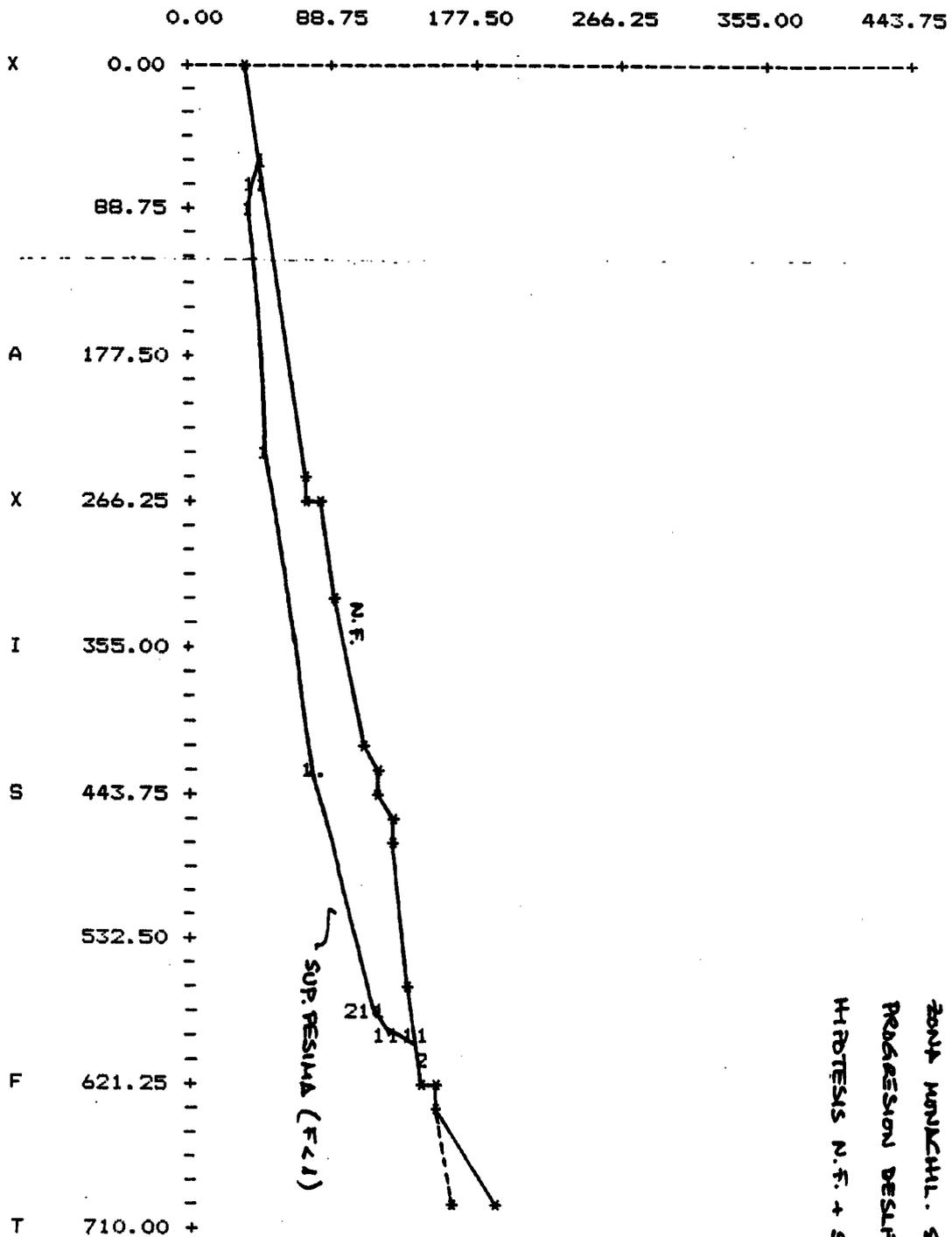
PROGRESION DESLIZAMIENTO LADESA ARRABA.

HIPOTESIS N.F. ALTO.



ZONA MANAJIAL. SECTOR E.  
 ESTABILIDAD GENERAL DESLIZAMIENTO.  
 HIPOTESIS N.F. + SISMO.





ZONA MUNICIPAL. SECTOR E.  
 REGRESION DESPLAZAMIENTO LIBERA APLIC.  
 HIPOTESIS N.F. + SISMO.

Se concluye que el deslizamiento parece encontrarse en condiciones de estabilidad aceptables, incluso en época de lluvias intensas y continuadas. Existe el riesgo de progresión del mismo ladera arriba ante la incidencia del sismo previsible en la zona.

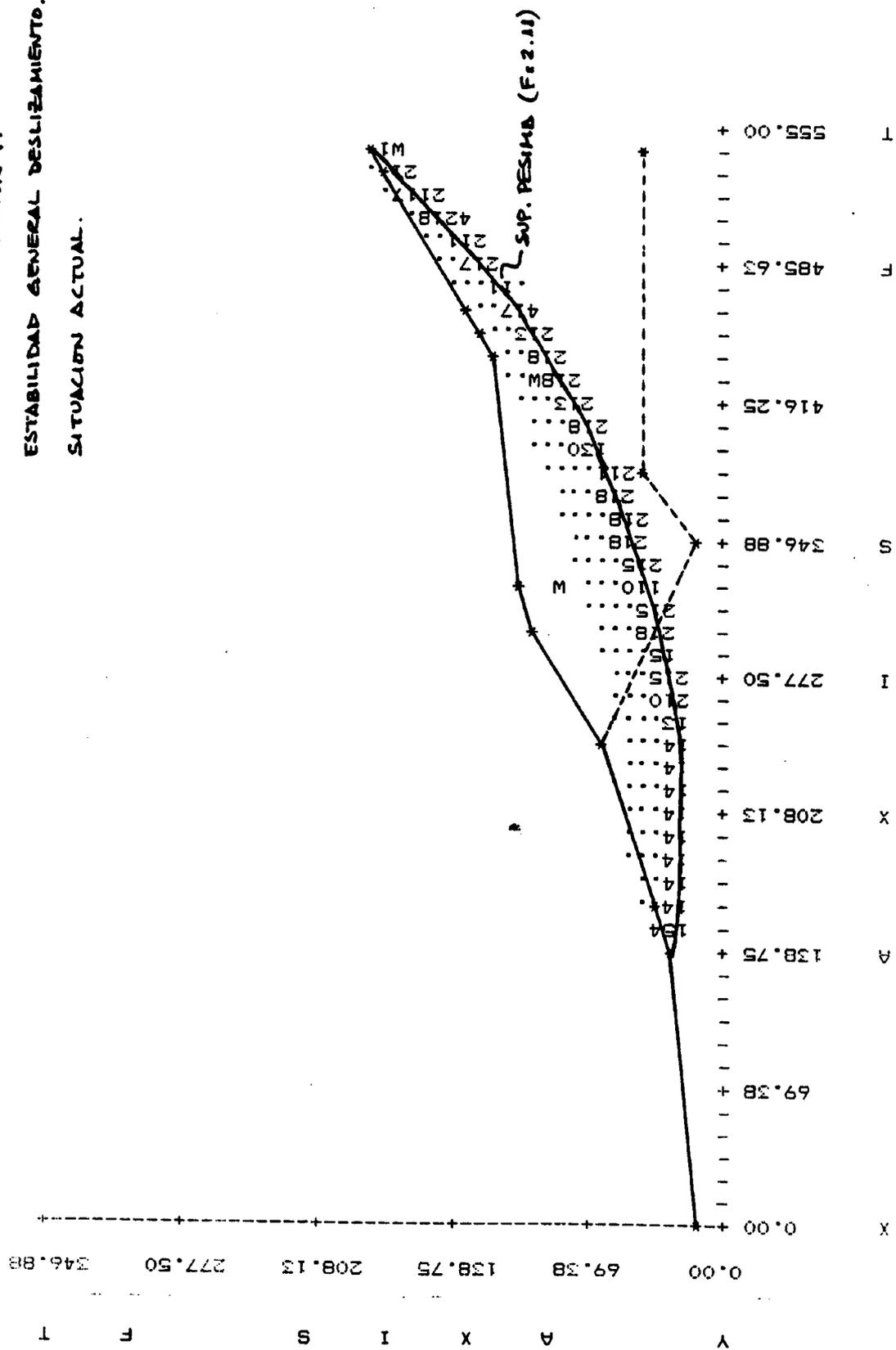
Se considera este sector de riesgo potencial bajo.

Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.

**FONDA MONACHIL. SECTOR F.**

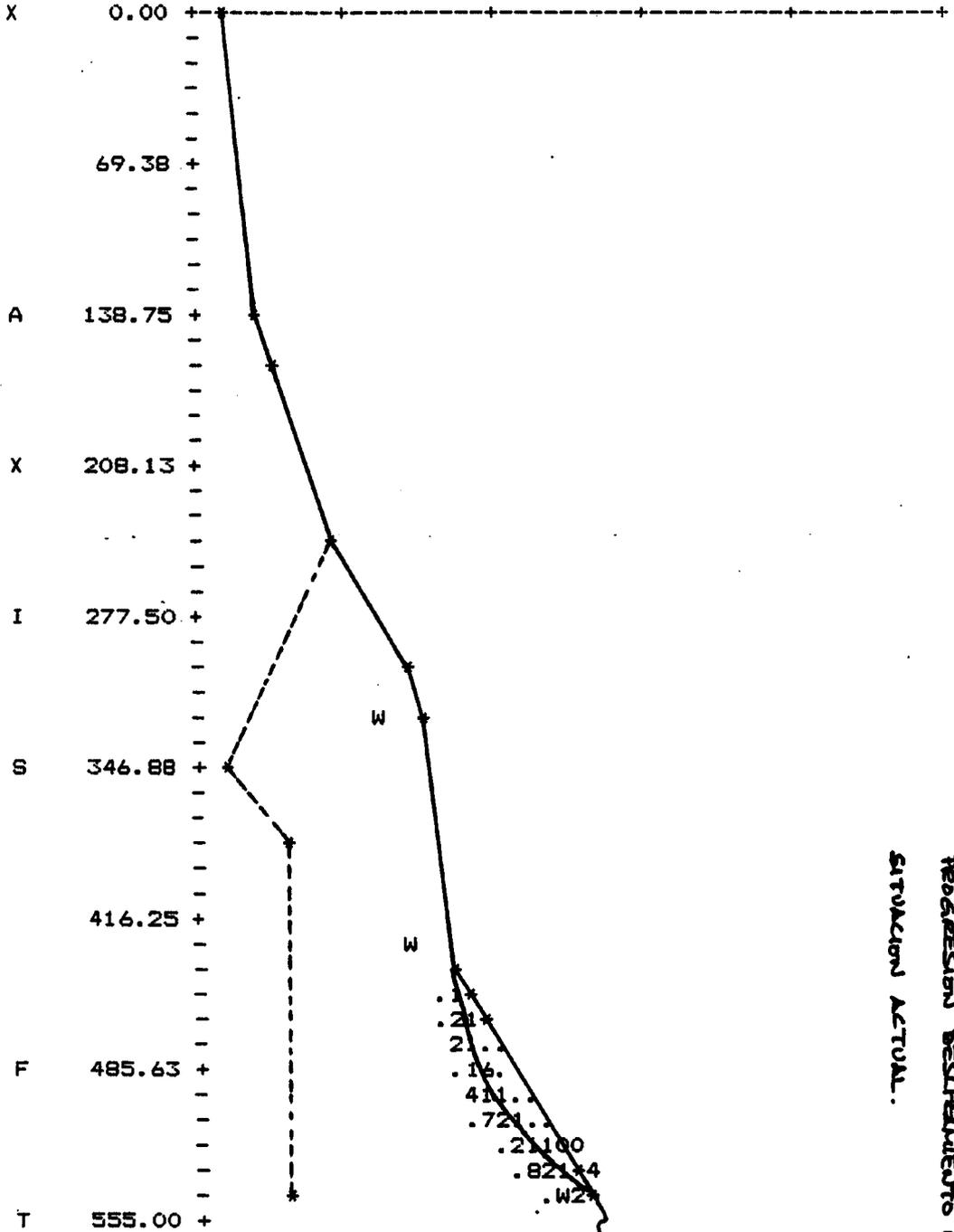
**ESTABILIDAD GENERAL DESLIZAMIENTO.**

**SITUACION ACTUAL.**



Y A X I S F T

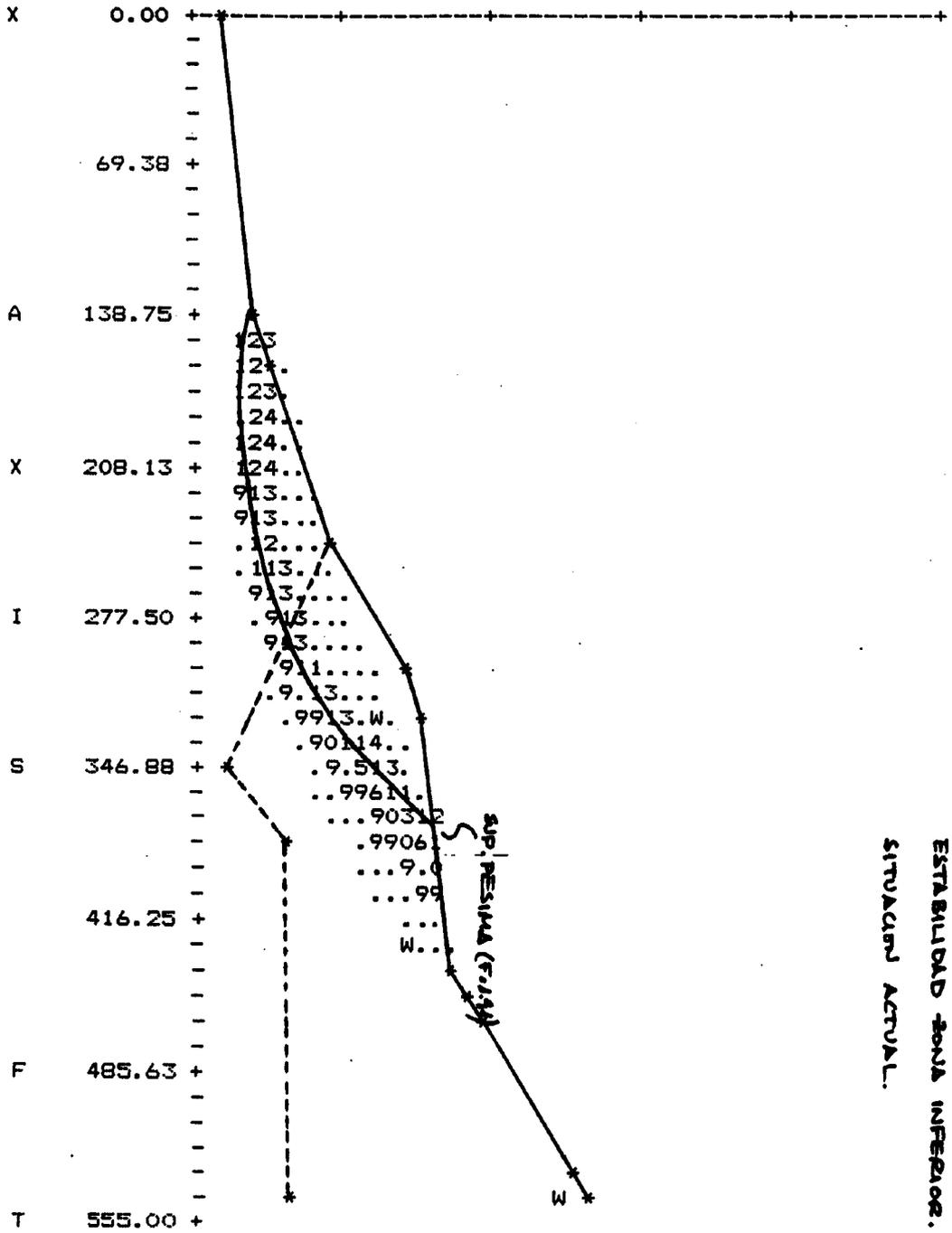
0.00 69.38 138.75 208.13 277.50 346.88



ZONA MUNICIPAL. SECTOR F.  
 REGRESION DESEMPEÑO LABORA AGRICOLA  
 SITUACION ACTUAL.

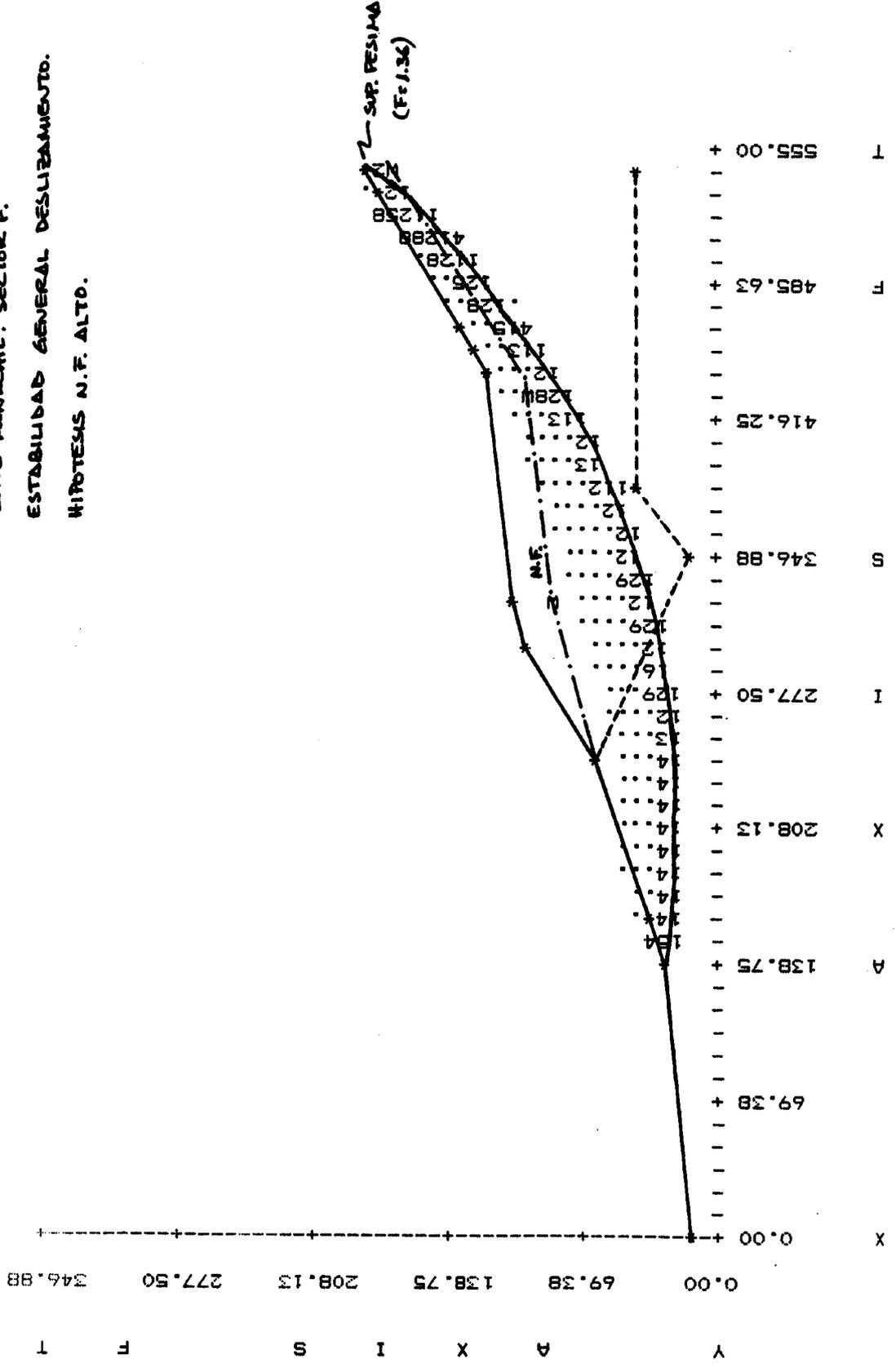
SUP. RESINA  
 (F=140)

Y A X I S F T  
 0.00 69.38 138.75 208.13 277.50 346.88



BOJA MONICHL. SECTOR F.  
 ESTABILIDAD BOJA INFERIOR.  
 SITUACION ACTUAL.

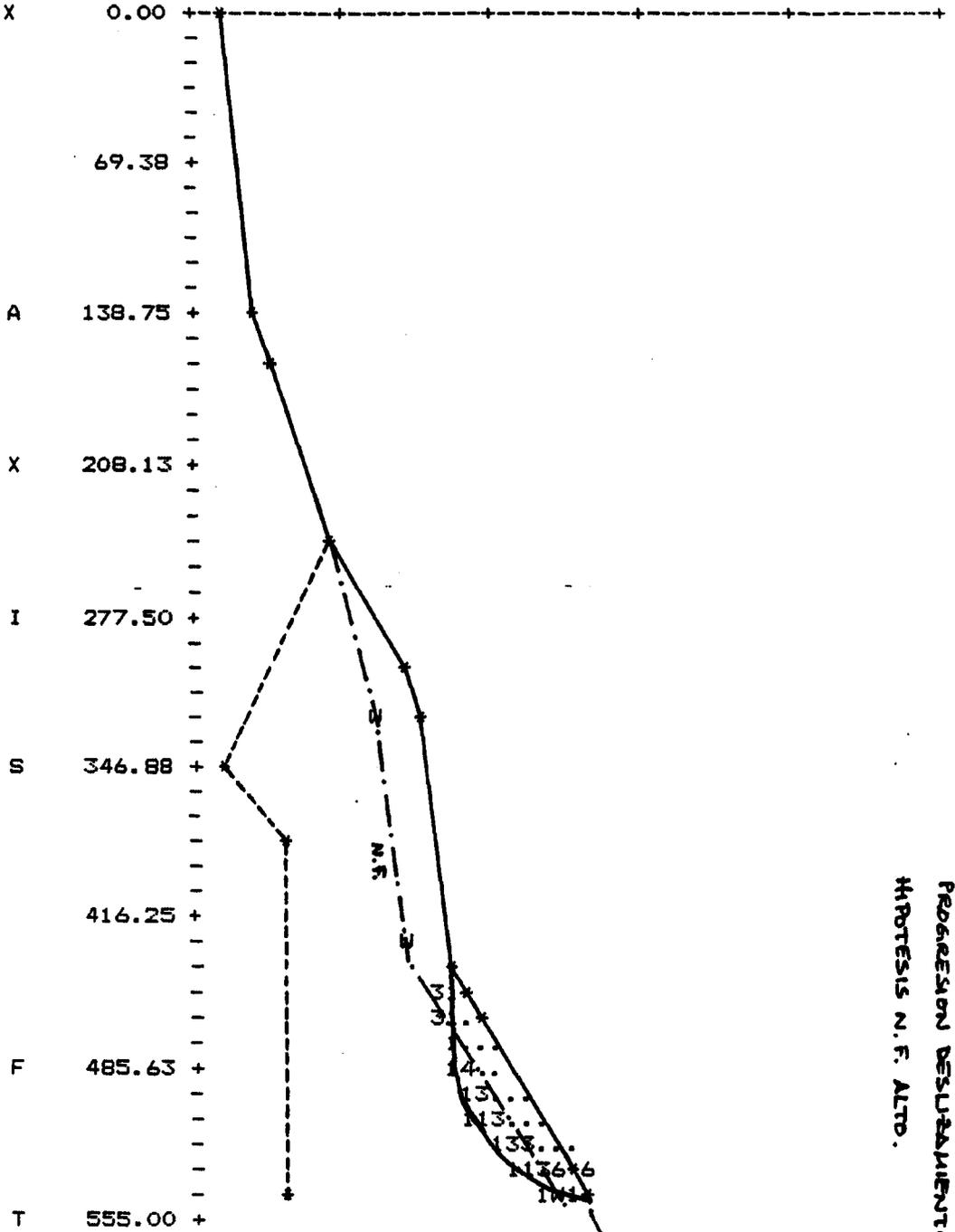
ZONA MANAJEADA, SECTOR F.  
 ESTABILIDAD GENERAL DESLIZAMIENTO.  
 HIPOTESIS N.F. ALTO.



Y 0.00 69.38 138.75 208.13 277.50 346.88  
 X 0.00 69.38 138.75 208.13 277.50 346.88

Y A X I S F T

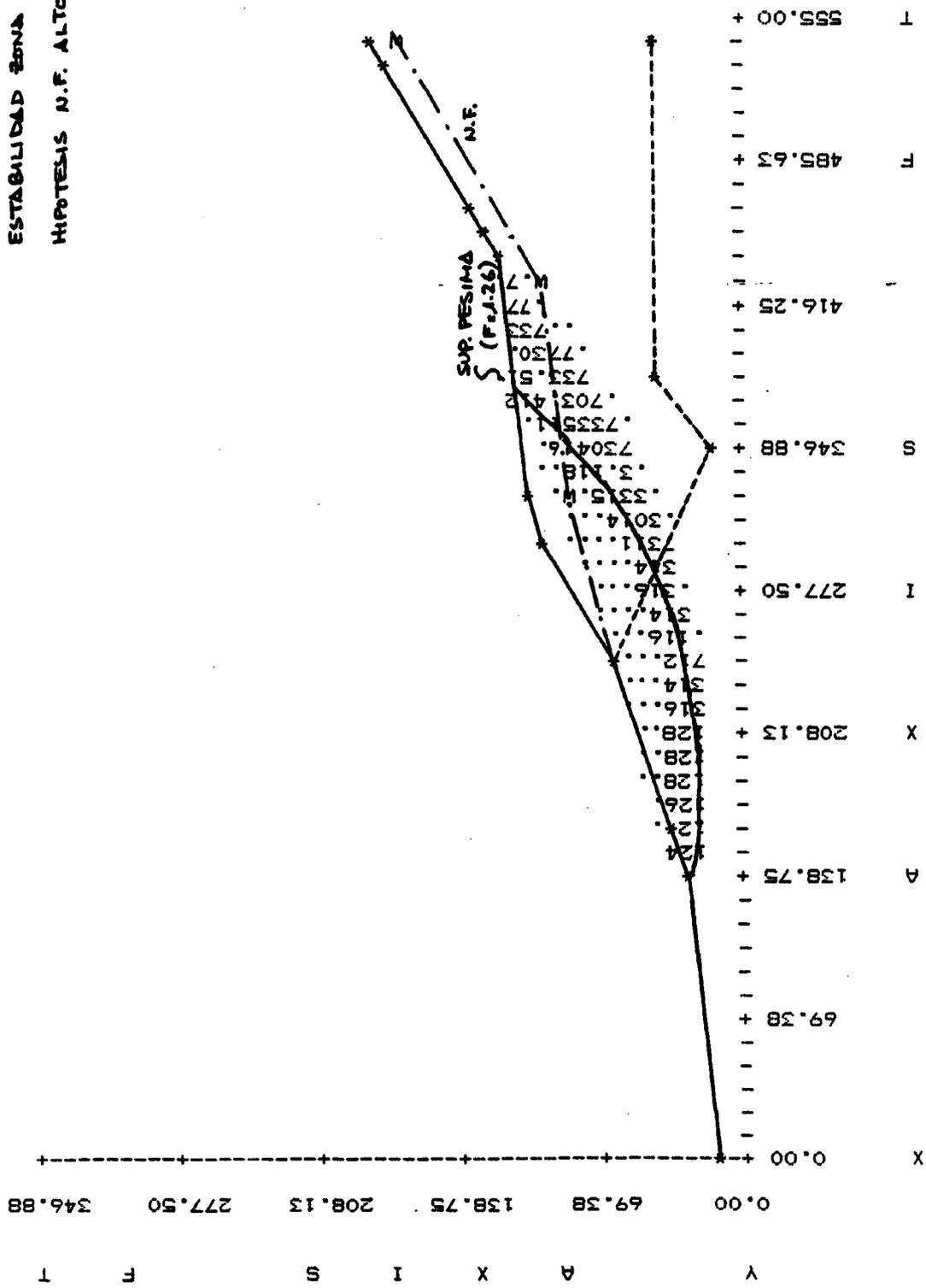
0.00 69.38 138.75 208.13 277.50 346.88



BOVA MANEJO. SECTOR F.  
 PROGRESION DESARROLLO LABORA ACUBA.  
 HIPOTESIS N.F. ALTO.

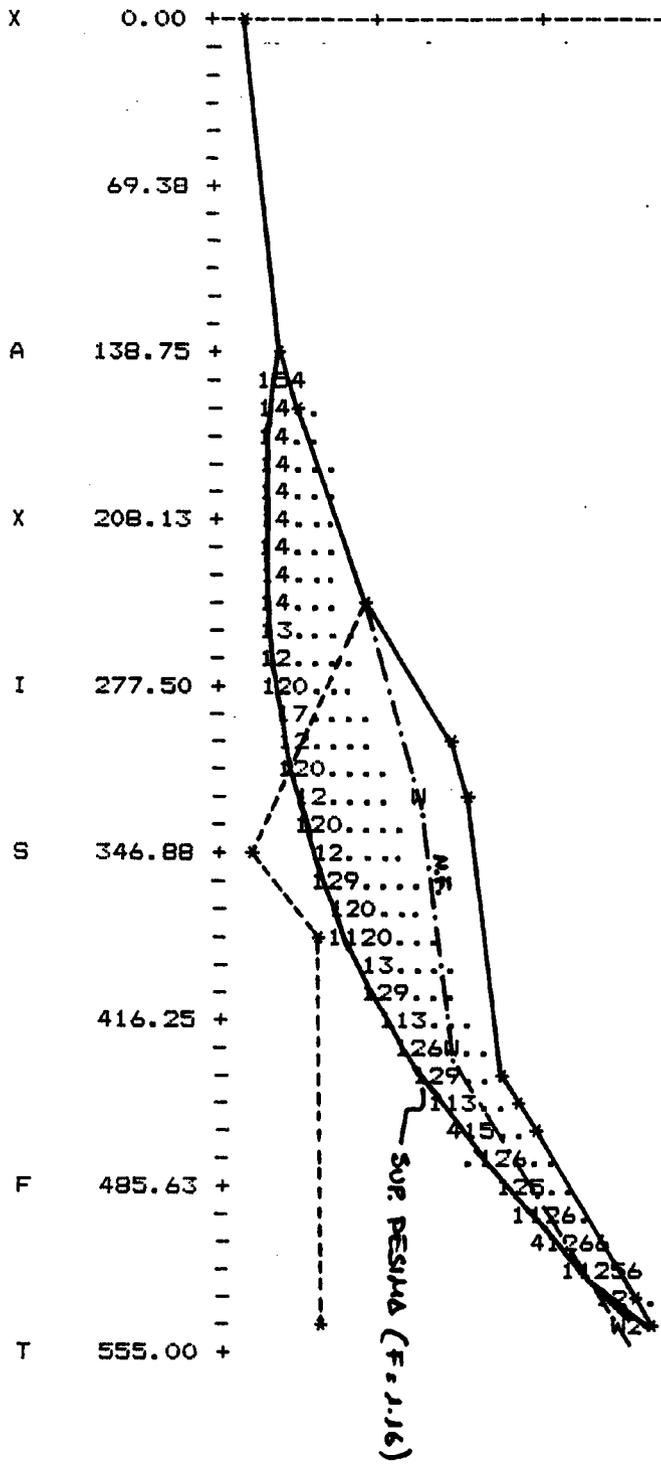
SUP. PESIMA  
 (F=1.22)

ZONA MACHIL. SECTOR F.  
 ESTABILIDAD ZONA INFERIOR.  
 HIPOTESIS N.F. ALTO.



Y A X I S F T

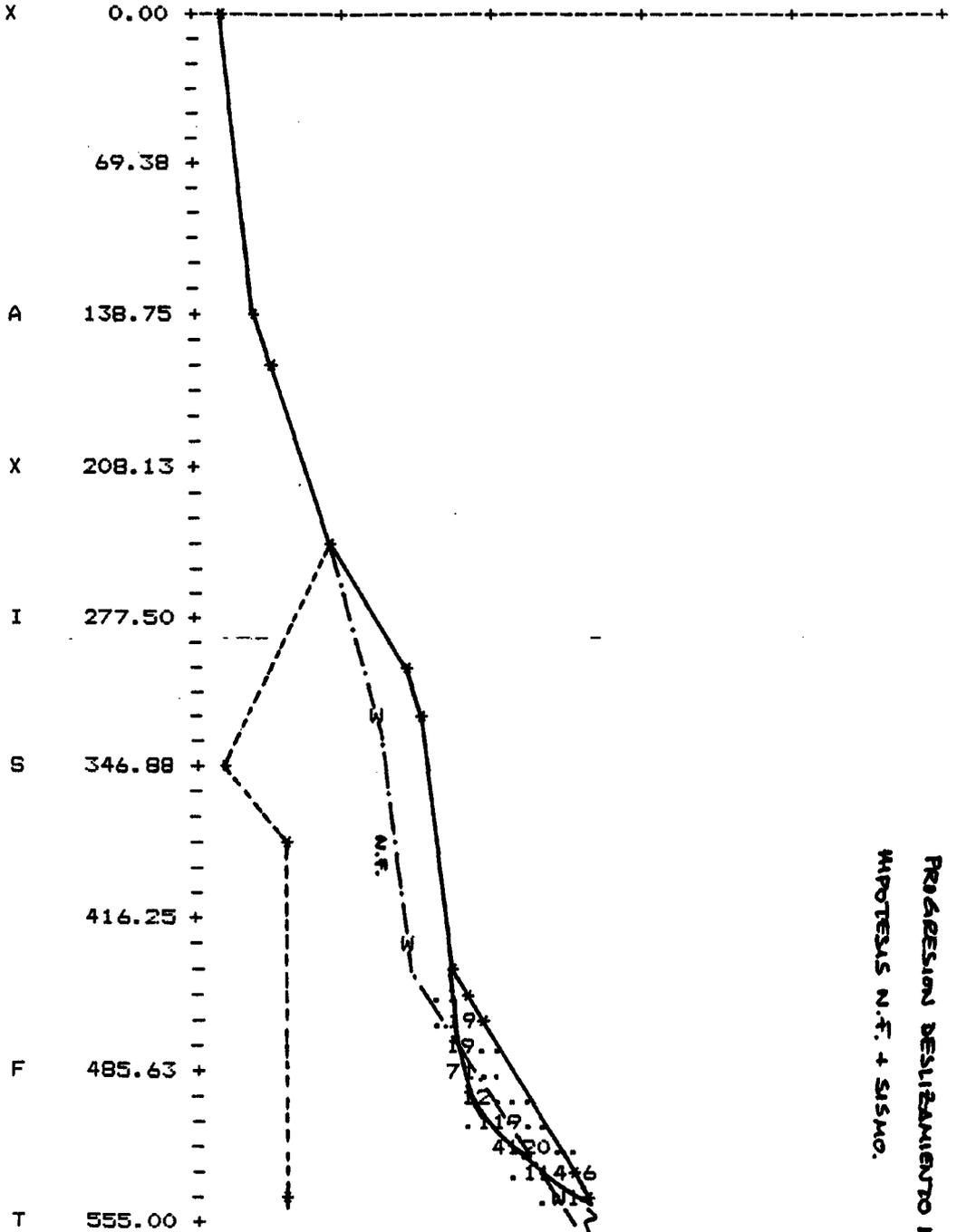
0.00 69.38 138.75 208.13 277.50 346.88



TRABAJO MONOGRÁFICO. SECTOR F.  
 ESTABILIDAD GENERAL DEL TALLADO.  
 HIPÓTESIS N.º F. + SASMO.

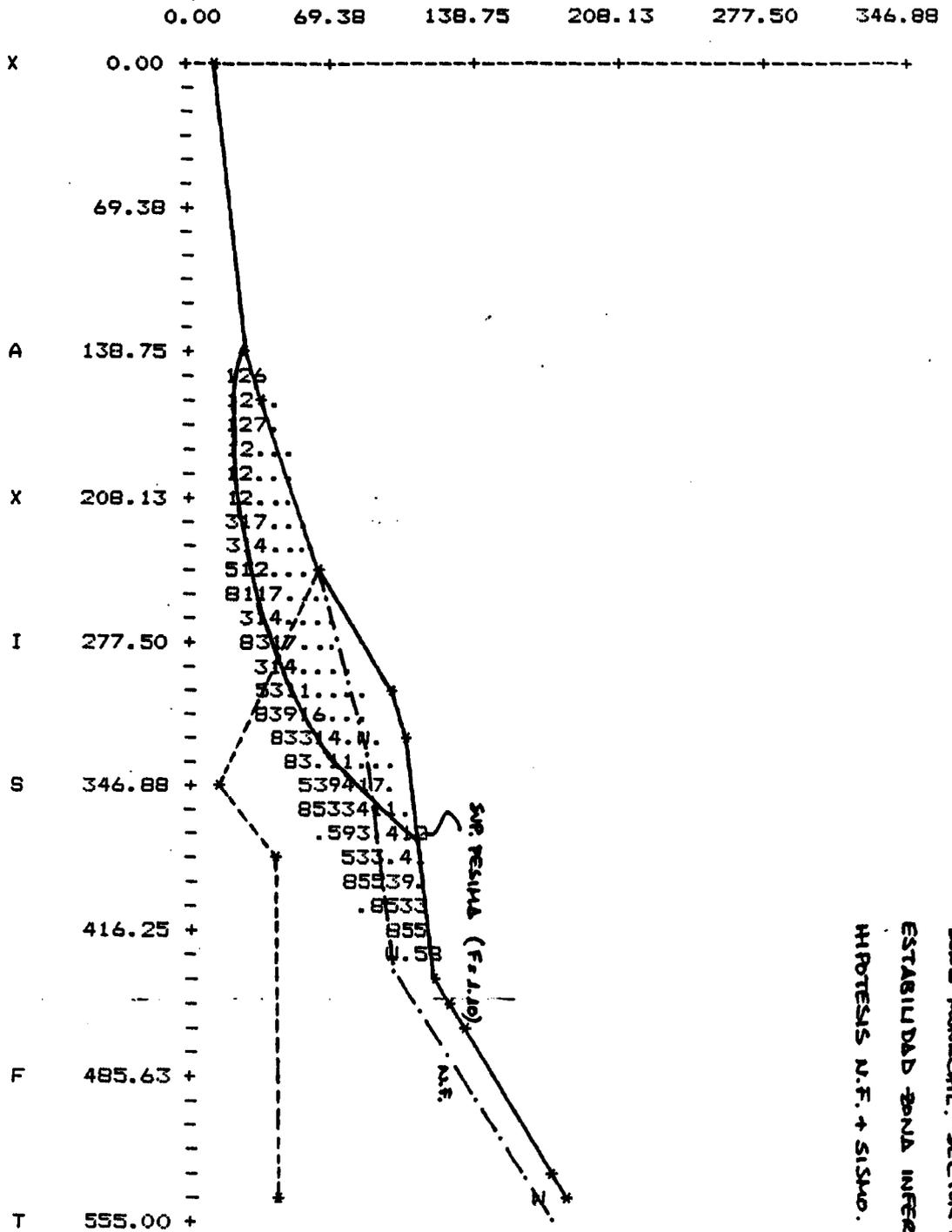
Y A X I S F T

0.00 69.38 138.75 208.13 277.50 346.88



FONDA MUNICIPAL. SECTOR F.  
 PROGRESION DESPLAZAMIENTO LADERA AREISA.  
 HIPOTESIS N.F. + SISMO.

Y A X I S F T



## 5. ESTUDIO DE RIESGOS

Con el análisis de los resultados obtenidos en los estudios parciales climáticos, geológicos, geomorfológicos y geotécnicos, se ha confeccionado un mapa de riesgos de movimientos de ladera a escala 1:5.000 del entorno del pueblo de Monachil.

En este mapa se ha realizado una zonificación de riesgos por áreas de misma potencialidad en lo referente a estabilidad, basado fundamentalmente en los análisis parciales de las zonas predeterminadas en el mapa geomorfológico, denominadas de la A a la F, y que con posterioridad han sido objeto de un estudio geotécnico.

Lógicamente, las líneas que delimitan la separación entre zonas, no deben ser consideradas estrictas, dado el carácter subjetivo de este tipo de estudio, en donde el grado de afinamiento es imposible.

A continuación se definen las 3 zonas, en que se ha hecho la separación, así como los criterios adoptados para la misma:

### "RIESGOS DE INESTABILIDAD POTENCIAL"

Zonas situadas normalmente en cabeceras de deslizamientos remontantes o sobre áreas propensas a los mismos y/o cuya estabilidad sea potencialmente alta.

### "RIESGO DE INESTABILIDAD"

Zonas situadas sobre deslizamientos antiguos o recientes latentes y/o cuya estabilidad sea potencialmente mediana o baja.

## "RIESGO DE ALTA INESTABILIDAD"

Zonas situadas sobre deslizamientos antiguos o recientes activos y/o cuya estabilidad sea potencialmente baja.

La zona denominada de "INESTABILIDAD POTENCIAL", abarca las esquinas Noroeste y Suroeste del plano, así como una franja central, de orientación Norte-Sur.

Corresponden fundamentalmente a laderas con mayor estabilidad (Zona Noreste) y a mesetas sobre laderas inestables (zona Suroeste), así como a zonas de cambios de pendientes más resistentes, flanqueadas por deslizamientos.

La zona Suroeste está situada sobre un deslizamiento activo, como se verá posteriormente, aunque entre la cabeza de dicho deslizamiento y la zona comentada, se ha marcado una zona intermedia de "INESTABILIDAD", precisamente por la proximidad a dicho escarpe, de un deslizamiento claramente remontante.

Parte de la zona de "INESTABILIDAD", como ya se ha comentado, corresponde al límite superior de un área con movimientos que abarcan los sectores A y C del plano geomorfológico.

Es una zona de carácter residencial, en donde se han construido algunas fincas de recreo, y con un futuro en expansión.

El resto de esta zona, ocupa prácticamente la parte central del plano, englobando deslizamientos antiguos a ambos márgenes del río, y en la que está involucrada parte de la población de Monachil, sobre todo la zona Este, con un antiguo

deslizamiento a sus espaldas, Zona F del plano geomorfológico, que de activarse podría afectarla directamente.

Por último, parte de la zona de "ALTA INESTABILIDAD" corresponde a un área al Este del Plano, abarcando las dos laderas sobre el río Monachil, zonas D y E, del plano geomorfológico, con cicatrices claras de antiguos deslizamientos, que de ponerse en movimiento podrían cortar el paso del río, dado su estrechamiento en ese punto, con el consiguiente represamiento y las posibles inundaciones aguas arriba, como ya ocurriera en 1924.

El resto de la zona corresponde a la parte Noreste del plano, según la envolvente de las zonas A, B y C del plano geomorfológico, situados a ambas márgenes del río Monachil.

Las zonas A y C en la margen Sur son dos claros deslizamientos que afectan a la única carretera de comunicación que tiene el pueblo, y que de activarse podría causar importantes daños en la misma.

Las marcas de los movimientos son claras en sus proximidades, fundamentalmente en la zona del cementerio, en donde los agrietamientos en muros y nichos son bien visibles.

Por último en la margen Norte, el pueblo está claramente afectado por la zona denominada B, cuya estabilidad es muy baja, según el estudio geotécnico y que de activarse podría poner en peligro las viviendas situadas en dicho sector.

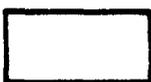
# LEYENDA MAPA DE RIESGOS

## "RIESGOS DE INESTABILIDAD POTENCIAL "



Zonas situadas normalmente en cabeceras de deslizamientos remontantes o sobre areas propensas a lo mismos y/o cuya estabilidad, sea potencialmente alta.

## "RIESGOS DE INESTABILIDAD"

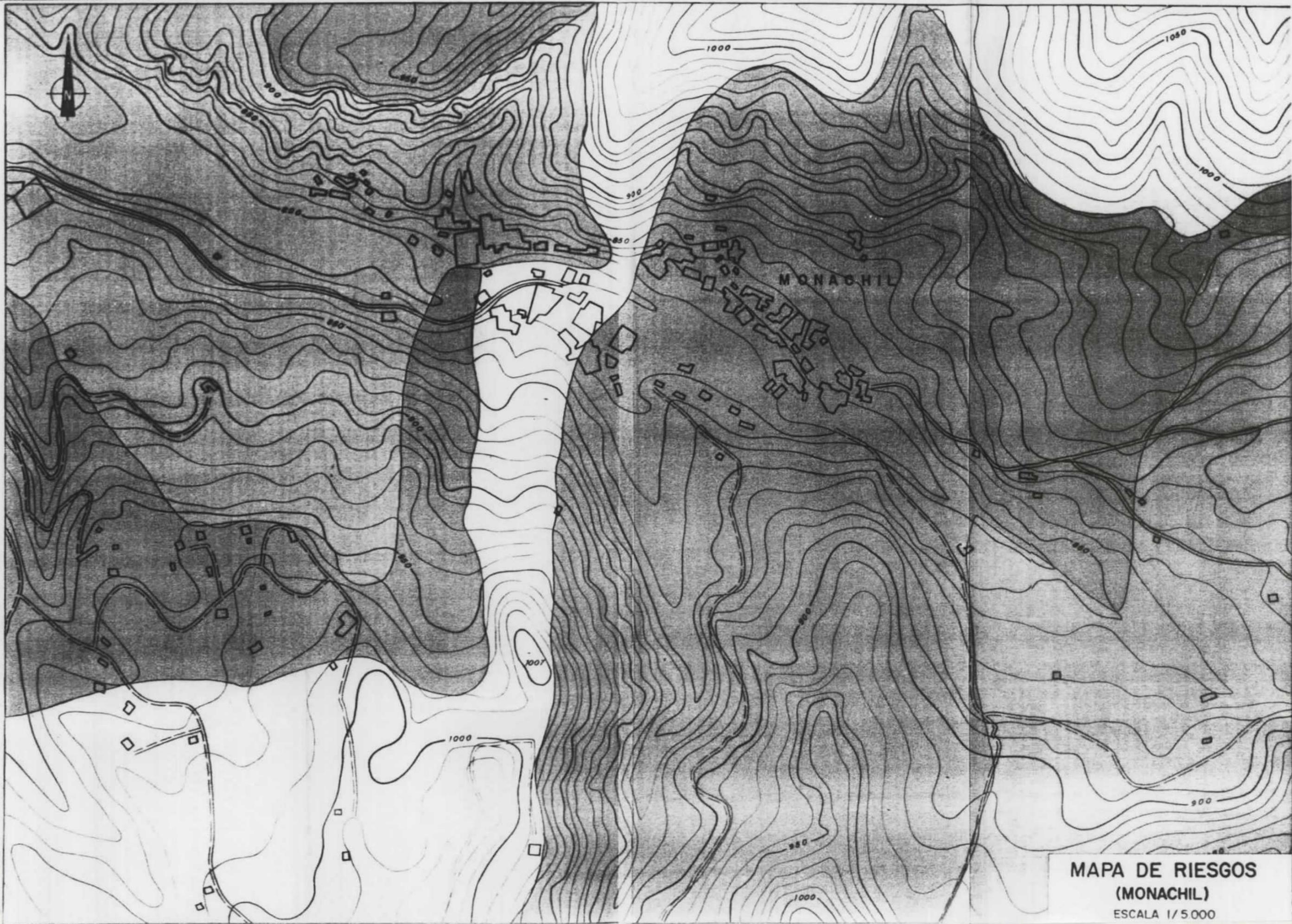


Zonas situadas sobre deslizamientos antiguos o recientes latentes y/o cuya estabilidad, sea potencialmente mediana o baja.

## "RIESGOS DE ALTA INESTABILIDAD"



Zonas situadas sobre deslizamientos antiguos o recientes activos y/o cuya estabilidad sea potencialmente baja.



MAPA DE RIESGOS  
(MONACHIL)  
ESCALA 1/5 000

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis global de los diferentes estudios realizados (climáticos, geológicos, geomorfológicos y geotécnicos), se ha confeccionado un mapa de riesgos geológicos de la población de Monachil, en donde han quedado reflejadas una serie de áreas, de mayor o menor estabilidad, y que pueden servir de orientación en la ordenación del territorio. Este estudio tiene un grado de afinamiento importante, sobre todo en los aspectos geológicos y geomorfológicos de la zona afectada.

El estudio geotécnico realizado no pretende ser más que una aproximación a la realidad del comportamiento que los deslizamientos pudieran tener ante la concurrencia de las situaciones desestabilizadoras consideradas, anomalías pluviométricas positivas y/o acción sísmica, ya que los parámetros geotécnicos considerados se han estimado en base a la práctica habitual de los estudios realizados en la zona.

Se recomienda en primer lugar ejecutar un análisis profundo de los mismos, efectuando sondeos, investigación geofísica, ensayos de laboratorio mediante los que se puedan determinar con precisión los valores reales de dichos parámetros, etc., con el fin de evaluar de forma exacta el alcance del riesgo en cada uno de ellos, al menos en aquellos en los que dicho riesgo se estima como alto.

Se recomienda disponer medidas de corrección en los sectores A, B, C y E, especialmente en el segundo, tendentes a drenar la masa afectada y a impedir la migración ladera abajo de masas ya movidas, evitando con ello la posibilidad de rotura progresiva. El empleo de muros de contención ejecutados con gaviones empotrados hasta una profundidad suficiente puede ser muy eficaz. Estos muros, adecuadamente dispuestos en planta, pueden cumplir incluso la función de drenes de grava en su zo-

## 7. BIBLIOGRAFIA

DABRIO, et alt. Rasgos sedimentarios de los conglomerados Miocenos del borde Noreste depresión Granada. Estudios Geológicos nº 34. pág. 89-97.

DABRIO, et alt. 1978. Interpretación sedimentológica materiales Neógenos. Borde Noreste, cuenca de Granada. Minas Rev. 1978. V 3 pág. 121-123.

DABRIO, C.J.; RUIZ BUSTOS. 1979. Los conglomerados de la Block-formation y su significación. Bol. Soc. Geol. Francesa. 1979. 2 pág. 5-55.

ESTEVEZ, A. y GALDEANO, S. 1980. La Neotectónica en los alrededores de Sierra Arana. Cuadernos Geolog. Univer. Granada. Vol 11. pág. 7-29.

ESTEVEZ, A. y GALDEANO, S. 1983. Neotectónica Sector Central Cadenas Béticas. Cuencas Guadix, Baza y Granada. Rev. Geol. Dinámica y Geografía Física. Vol. 24, Fase 1. pág. 23-34. París.

FOUCAULT, 1976. Complementos sobre la geología al Oeste de Sierra Arana y alrededores. Bol. Soc. Geol. Francesa. Vol. 7. Tomo XVIII, nº 3, pág. 649-658.

GARCIA DUEÑAS, U. y NAVARRO VILA, F. 1976. Alpujárrides, Maláguides y otras unidades alóctonas al Norte de Sierra Nevada. Bol. Soc. Geol. Frac. 7 Tomo XVIII. nº 3. pág. 611-618

NAVARRO NEUMANN. Consecuencias catastróficas de movimientos de tierra en masa, en los alrededores de Monachil. Bol. Cienc. Natur.

RODRIGUEZ FERNANDEZ, J. 1982. El Mioceno del Sector Central Cordilleras Béticas. Tesis Universidad Granada.

SKEMPTON, A.W. "Long term stability of clay slopes". Geotechnique, 19 pp. 75-101. 1964.

na baja, siempre que se asegure la salida de las aguas captadas por los mismos en su zona inferior fuera del área afectada por el deslizamiento. Otras posibilidades en cuanto al drenaje de las masas potencialmente inestables pueden ser el empleo de drenes subhorizontales (tipo "dren californiano") o de galerías y pozos drenantes rellenos con grava, con la disposición más adecuada a cada caso concreto.

En cuanto a la estabilización de masas inestables puede ser también adecuada la utilización de anclajes profundos en determinados casos (sectores B y F) en los que las características geomecánicas del terreno lo permitan.

Dado el riesgo de progresión ladera arriba que de manera casi general se deduce se recomienda evitar la construcción de edificaciones en las zonas situadas a cotas inmediatamente superiores a las actuales de las cabezas de los deslizamientos.