

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

ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS INDUCIDOS POR UN
DESLIZAMIENTO DE LADERA DENTRO DEL TERMINO MU-
NICIPAL DE VILLAHERMOSA DEL RIO.
(CASTELLON).

Nº Licencia: 87528



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

01220

Este estudio ha sido realizado por el siguiente equipo:

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

- Dña. Mercedes Ferrer Gijón.
 - * Lcda. en CC. Geológicas.
I.G.M.E.

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

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

- D. José A. Grao del Pueyo.
 - * Lcdo. en CC. Geológicas.
GEONOC, S.A.

I N D I C E

- 1.- ANTECEDENTES
- 2.- LOCALIZACION Y ACCESOS
- 3.- ENCUADRE GEOLOGICO
- 4.- DESCRIPCION
- 5.- ANALISIS DEL PROCESO
 - 5.1.- Características de los materiales.
 - 5.2.- Antecedentes estructurales.
 - 5.3.- Acción de zapa en la base del talud por el progresivo encajamiento del río.
 - 5.4.- Modificaciones sobre la pendiente natural.
 - 5.5.- Parámetros ambientales.
 - 5.6.- Hidrología.
- 6.- ANALISIS DE ESTABILIDAD.
- 7.- SOLUCIONES ALTERNATIVAS.
 - 7.1.- Construcción de un tacón de 20 m. de altura.
 - 7.2.- Construcción de un tacón de 30 m. de altura.
- 8.- DISEÑO ESTRUCTURAL.
 - 8.1.- Cálculo de las dimensiones de las tuberías.
 - 8.2.- Terminación de los extremos.
 - 8.3.- Terreno de cimentación, tapiz drenante.
 - 8.4.- Material del tacón.
 - 8.5.- Protección contra la abrasión de la tubería.

9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A N E X O S

- I. Fotografías.
- II. Perfiles.
- III. Ensayos de laboratorio.
- IV. Noticias en Prensa.
- V. Presupuestos.

El INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.), ha llevado a cabo con la colaboración de GEONOC, S.A. estudios sobre Riesgos Geológicos en diversos puntos de la Geografía Española. La selección de estos puntos fué realizada en función de la ayuda técnica solicitada en el momento de producirse el fenómeno.

Este informe ha sido elaborado en virtud de la solicitud de asistencia técnica por el Gobierno Civil de Castellón, a través de Protección Civil al I.G.M.E.

En él se pretende dar información sobre el origen y las características de un gran deslizamiento de tierras en una ladera, dentro del Término Municipal de Villahermosa del Río (Castellón).

Julio de 1.988.

Queremos agradecer aquí la buena disposición dispensada por el Equipo de Protección Civil de Castellón, así como su eficiencia en conseguir algunos datos que resultan importantes para la elaboración de la presente memoria.

1.- ANTECEDENTES.

Los fenómenos relacionados con la dinámica de taludes o laderas no son hechos anormales, lo que ocurre es que no son frecuentes bajo la perspectiva del tiempo, relativamente corta, de la vida de un hombre.

Los procesos de formación de las montañas y denudación de las mismas, junto con la universal ley de la gravedad son los antecedentes generales más importantes.

La zona donde se ha producido el espectacular deslizamiento es conocida por los del lugar como "La Quebrada" debido al suceso de fenómenos semejantes a este.

Concretamente un vecino de Villahermosa, Don Pedro Mendiola de 70 años de edad, recuerda que en otro tiempo, que no sabe precisar bien, (entre 30 y 40 años) hubo fenómenos similares en esta misma zona. Concretamente "que le tiró" algunas paredes de la contención de los bancales en la zona donde se encuentra ahora destruida la granja. Según él mismo, el corrimiento "partió la finca por la mitad dejando tres áreas a un lado y otras tres al otro".

El mismo vecino nos contó que este fenómeno no era nuevo, que ya había ocurrido con anterioridad en la región. Concretamente en los parajes conocidos como La Cimoreta y la Esperanza y en otros a ambos márgenes del río y dentro del Término Municipal de Villahermosa.

El deslizamiento comenzó a manifestarse "en la parte de abajo", sin afectar a la carretera el Viernes 1 de Julio de 1.988 de madrugada (sobre las 8,00 h.). Empezó a bajar una zona al pie del deslizamiento mayor.

Por la tarde de ese mismo día, se empezó a observar el deslizamiento mayor, apareció la grieta en cabecera y comenzó a manifestarse en sus dos márgenes sobre la carretera. Este último hecho alarmó a las Autoridades de la zona que decidieron poner esa noche vigilancia.

La Guardia Civil declara que esa noche oyeron un es trueno sordo que provenía de la zona deslizada, y que al día siguiente la situación aparecía muy similar a la que ahora es definitiva. A mediodía del Sábado se plegó la nave de la granja, y el deslizamiento se apreció como iba progresando durante todo el día lentamente con caída de piedras desde las zonas más altas.

El Domingo ya no se apreciaban movimientos.

2.- LOCALIZACION Y ACCESOS.

El Pueblo de VILLAHERMOSA DEL RIO se encuentra ubicado al Oeste de la Provincia de Castellón, casi en la frontera con la Provincia de Teruel. La siguiente población con dirección Oeste se encuentra ya en la Provincia de Teruel.

Geográficamente localizado al Sur de la región del Maestrazgo a orillas de Río Linares, también conocido como Río Vistabella. Concretamente en la confluencia entre éste último y Río Carbó que juntos y a partir de su unión dan el Río Villahermosa.

El acceso a Villahermosa se realiza desde Castellón por la Comarcal 232. A 34 Km. se encuentra Lucena del Cid y pasado este, siguiendo la misma comarcal, a 13 Km. tomaremos una carretera local que lleva (14 Km.) a Villahermosa.

Para acceder al lugar del deslizamiento, antes de subir a la población, encontramos un cruce que indica una carretera local a Puertomingalvo (Teruel). Esta misma carretera (que no aparece en los planos) es la que se encuentra afectada a menos de 1 km.

3. ENCUADRE GEOLOGICO.

INTRODUCCION.

Villahermosa del Río se localiza geográficamente entre las provincias de Teruel y Castellón de la Plana. Se sitúa en la comarca del Maestrazgo Meridional y, geológicamente, queda encuadrada dentro de la Cordillera Ibérica, rama oriental de la misma.

Los materiales que afloran en ella abarcan edades que comprenden desde el Triásico Medio (Muschelkalk) hasta el Cuaternario, existiendo lagunas e hiatos importantes, principalmente en el Cretácico Inferior, Cretácico Superior y Terciario.

Tectónicamente, las características más notables de la Hoja son la carencia de pliegues y la densa red de fallas (distensión) que presenta, así como los contactos mecánicos existentes entre el nivel incompetente del Trías y los diferentes términos superiores de la columna estratigráfica.

Por sus características sedimentológicas y estructurales se distingue la región de Villahermosa del Río y Valle del río Lucena ocupada por materiales triásicos, prolongación del anticlinal de Lucena del Cid, desarrollado al Sur.

La depresión del río Villahermosa en el ángulo SE., constituye una fosa tectónica jalonada por un sistema de fallas con dirección ibérica que forman un conjunto de bloques escalonados. Aunque el término estratigráfico más bajo que aflora en esta zona corresponde al Jurásico Superior, es indudable que su estructura responde a la presencia de materiales triásicos subyacentes, incompetentes, y a la tectónica de gravedad que provocan sobre los tramos superiores, más competentes, que se apoyan sobre ellos.

JURASICO (J₂₄-C₁₂).

Si bien los afloramientos atribuidos al Jurásico ocupan una extensión considerable dentro de la Hoja, únicamente se han reconocido sedimentos pertenecientes al Malm y probablemente al Dogger.

El contacto entre las series triásicas y jurásicas es de carácter mecánico y se encuentra jalonado, en ocasiones, por una brecha calcárea sobre la que se apoyan distintos términos: Kimmeridgiense Inferior (Collado del Vidre), Oxfordiense Superior (1 Km. al NE. del punto anterior), e incluso puede encontrarse Calloviense Inferior-Medio, que aunque no ha sido localizado en el campo, se ha datado mediante Ammonites, con una muestra ligeramente rodada, en las proximidades del Collado del Vidre.

Debido al carácter plástico del Trías, éste funciona como nivel de despegue que provoca una tectónica de gravedad, cuyo resultado es una serie de deslizamientos, con laminación de términos, y un conjunto de bloques que "flotan" sobre el Trías. Es por esto que aunque no se han reconocido el Lías ni los tramos inferiores del Dogger, éstos puedan encontrarse en algún punto, ya que nada hace pensar que no se hayan depositado.

Se ha representado como J₂₄-C₁₂ en la cartografía aquellas zonas en las que no ha sido posible precisar más, debido fundamentalmente a la dolomitación que afecta a la serie jurásica, así como la ausencia de fauna.

Corresponde a un conjunto de calizas micríticas negras, azoicas, tableadas, en bancos de 0,10 m.

Se encuentran afectadas por una intensa dolomitación, de carácter muy irregular, siendo más constante hacia el techo.

En la parte superior aparecen también unos bancos de calizas grises, bioclásticas, y alguna pasada arenosa.

CRETACIO INFERIOR.

Ocupa una gran extensión, fundamentalmente los sedimentos del Aptiense. En algunos casos en los que la fracturación no permite diferenciar cartográficamente todos los tramos definidos, se han agrupado en unidades más amplias.

ALBIENSE ARENOSO (C₁₆)

Denominamos Albiense arenoso, aunque rigurosamente no tenga un carácter estratigráfico estricto, cuando sobre la serie anterior comienzan a depositarse niveles de areniscas y arcillas verdes y beige, entre las que se observan algunos restos de lignitos. La serie se continúa con un paquete detrítico, de areniscas de tonos claros, en general algo rojizas, con alguna intercalación de arcillas micáceas. CANEROT (1974) sitúa aproximadamente por esta zona el paso de las arenas de Utrillas (continentales) a las arenas del Maestrazgo (marinas). En conjunto, aquí tonos más claros, blanco amarillentos, notándose más hacia el E. la influencia continental, y cuyo espesor medio es de unos 60 m. Al techo quedan limitadas por la serie calco-margosa del Albiense Superior-Cenomaniense.

CRETACICO SUPERIOR.

Se encuentra suavemente plegado y cubierto por una malla muy densa de fracturas.

ALBIENSE SUPERIOR-CENOMANIENSE (C₁₆³-21)

Sobre el Albiense arenoso se deposita una serie calcomar_gosa, que sobre-pasa los 300 m., datada como Albiense Superior la base y Cenomaniense el techo.

Cartográficamente se ha agrupado todo este conjunto en una unidad (C₁₆³-21), al estar todo él sumamente fracturado, lo que dificulta enormemente su división.

Existen dos buenos afloramientos en los que esta serie continúa desde el muro, pero en los que el límite superior es tectónico. Estos se encuentran en la zona de los Carriles (ángulo SO) y al N de Puertomingalvo.

Comienza con calizas arenosas y margas con niveles de calizas oolíticas. Se encuentran abundantes Ostreas, Rudistos, Gasterópodos y Orbitolinas. Se han recogido entre otros *Cardium* cf. *hillanum* (SOW.), *Pholadomya* cf. *pecteti* (MAYER-EYM.), *Exogira flabellata* (GOLDF.), *Ostrea vardonensis* (COQ.), etc. Al microscopio se reconocen *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) gr. *aperta*, *O.* (*Mesorbitolina*) *texana texana*, *Neorbitolinopsis conulus*, *Hensonina lenticularis*, *Lithocodium aggregatum*, etc., que dan una edad Albiense Superior-Cenomaniense.

Este paquete alcanza en Los Carriles y en las Ampolas una potencia de unos 200 m., siendo más frecuentes los niveles margosos hacia la mitad del tramo.

Por encima, se sitúa un conjunto predominantemente calizo, en el que se intercalan margocalizas y algún nivel de dolomías, el más potente de unos 15 m. Las calizas son en muchos casos bioclásticas y se reconoce abundante microfauna, como Prealveolina ibérica, Ovalveolina ovum, Cuneolina pavonia-parva, Nummoloculina regularis, Rotalipora, Orbitolina gr. conica, etc. En microflora, aparecen Boueina, Acicularia, Thaumtoporella parvoversiculifera, Lithocodium aggregatum, etc., que en conjunto dan a este tramo una edad Cenomaniense. Únicamente aparece el techo de este tramo en una pequeña mancha, coronado por las dolomías superiores. Este paquete puede alcanzar una potencia de unos 120 m.

En la cartografía se ha agrupado en una sola unidad (C₁₆₋₂₁)³ toda la serie Albiense Superior-Cenomaniense al no existir criterios simplemente litológicos para separarlos.

CENOMANIENSE-SENONIENSE (C₂₁₋₂₆).

Por encima de la serie anterior se deposita un paquete de dolomías y margodolomías que alcanzan aquí una potencia de unos 35 m.

TERCIARIO.

MIOCENO.

Discordante sobre los tramos anteriores se deposita un conjunto de arcillas y conglomerados de tonos rojizos. Se presenta sensiblemente horizontal.

- a) Un zócalo compuesto por el Paleozoico, Bundsandstein y Muschel Kalk Inferior.
- b) Un nivel incompetente, formado en su conjunto por el Muschelkalk Medio Superior y Keuper.
- c) Una cobertera formada por el Jurásico y Cretácico.

Las principales características estructurales que define esta zona, son producto de las orogenia alpina, que se inicia al final del Cretácico con una emersión generalizada de la región, desarrollándose durante el Oligoceno Inferior y Medio el máximo de la orogenia. En esta época se produce un levantamiento diferencial en la zona, con dirección sensiblemente NO-SE (dirección ibérica), como consecuencia de una compresión perpendicular a la dirección ibérica antes mencionada. Al producirse la elevación de la zona axial (cuyo eje pasaría aproximadamente por Sagunto), se genera un gradiente de gravedad. Como consecuencia de este gradiente se producen deslizamientos de la cobertera Jurásica-Cretácica sobre el nivel incompetente del Trías. (Ver figura 1).

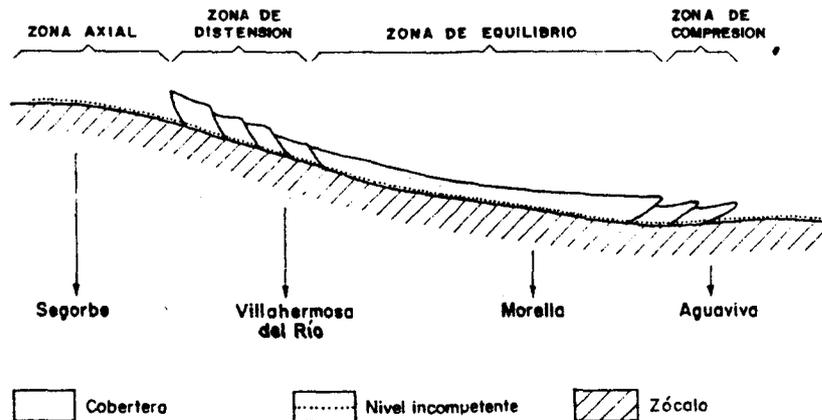


Figura 1.—Esquema tectónico.

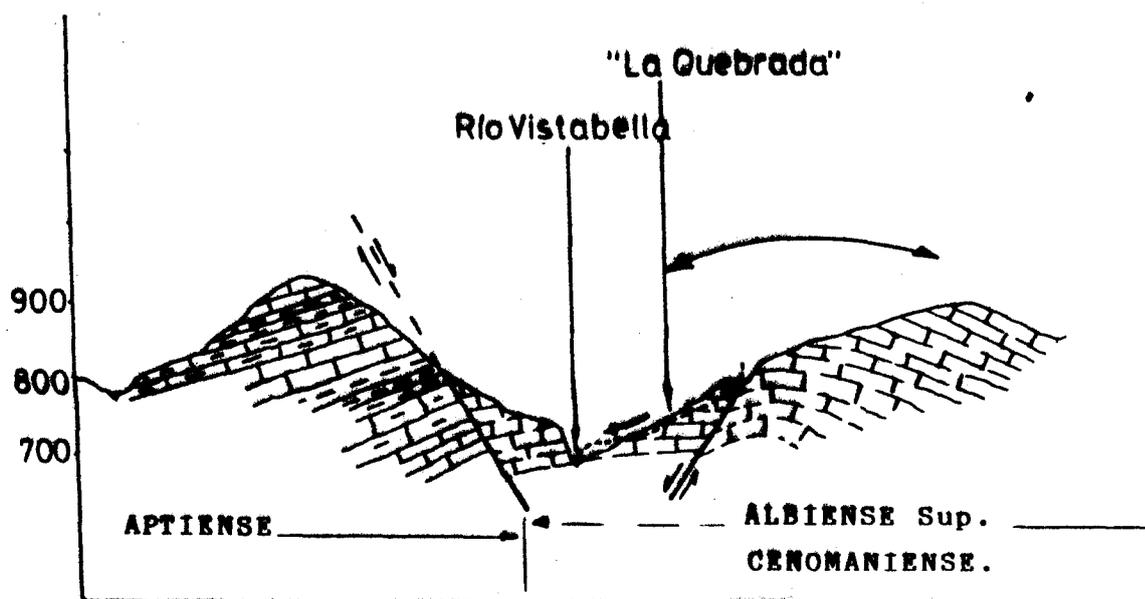
ZONA TRIASICA DE VILLAHERMOSA DEL RIO-VALLE DEL RIO LUCENA.

Desde las inmediaciones de Villahermosa del Río hacia el Sur, se extiende una superficie de unos 20 Km.², en donde afloran materiales del Trías, a partir del Muschelkalk. Sobre ellos se apoyan indistintamente cualquiera de los términos superiores, jurásico-cretácicos, afectados por un tectónica de cobertera, con deslizamientos y despegues a favor del nivel plástico, incompetente, del Trías.

El mismo fenómeno se puede apreciar en el borde sur de la Hoja, hacia el Río Lucena, en donde sobre las dolomías del Muschelkalk Superior se apoyan las calizas Kimmeridgienses. Inmediatamente al Sur, los materiales triásicos alcanzan un gran desarrollo, reconociéndose los tramos inferiores que no llegan a aflorar aquí.

FOSA DEL RIO VILLAHERMOSA.

La depresión ocupada por el Río Villahermosa, corresponde a una fosa tectónica que viene jalonada por una serie de fallas de distensión que con dirección ibérica se extiende desde Villahermosa del Río Hacia Linares de Mora.



Sacado del Mapa Geológico de España
(Hoja VILLAHERMOSA DEL RIO 1:50.000)
I.G.N.E. y de datos tomados en la propia zona.

Como se indica en el capítulo de Estratigrafía, esta zona funciona como pequeño umbral, condicionando la sedimentación durante el Aptiense Inferior. Posteriormente, en el Terciario, se produce el hundimiento de la región.

La mayor parte de esta depresión está ocupada por sedimentos aptienses, aunque se encuentran representados desde el Jurásico. En conjunto constituye una zona anticlinal, en donde El Trías, que llega a aflorar en las proximades de Linares de Mora, favorece el desarrollo de fallas.

HISTORIA GEOLOGICA.

Los sedimentos más antiguos que afloran son los correspondientes al Trías Medio. Dentro del episodio marino del Muschelkalk, tiene lugar una etapa regresiva, de tipo evaporítico-lagunar, con deposición de arcillas y yesos similares a las del Keuper.

Lías y Dogger no afloran en esta zona. No obstante, la sedimentación ha debido ser continua durante todo ese tiempo dentro del ciclo jurásico, francamente marino, salvo en el intervalo regresivo del Calloviense-Oxfordiense. Tanto los datos sobre Geología regional, como el hecho de que los contactos Triásico-Jurásico sean siempre de carácter mecánico, con la minación de términos, hace suponer que así ha sido.

Durante el Kimmeridgiense Inferior, continúa el ambiente marino, depositándose una potente ritmita. A continuación, durante el Kimmeridgiense Superior y Portlandiense, la sedimentación de las calizas oolíticas y dolomías con esporádicos niveles arenosos, indica el inicio de un levantamiento general que seguirá hasta el Valanginiense, retirándose el mar hacia el Este y creándose umbrales con direcciones ibéricas, como el Maestrazgo Meridional (J.CANEROT), al NE de Vistabella. Es el resultado de los movimientos epirogénicos neokiméricos, produciéndose la emersión de esta zona. Como consecuencia, faltan aquí el Valanginiense, Berriasiense, Portlandiense y parte del Kimmeridgiense.

Asimismo, el Umbral condiciona la sedimentación del ciclo cretácico, encontrándose al noreste del mismo sedimentos correspondientes al Hauteriviense-Barremiense en facies de mar somero, mientras que hacia el suroeste se crea la cubeta de Peñagolosa, relativamente independizada del mar y con gran subsidencia, en donde las condiciones continentales están claramente marcadas, depositándose materiales en facies weald.

También el Umbral es la causa de que el Hauteriviense, Barremiense, Beduliense y parte del Gargasiense vayan desapareciendo al ir acercándose a él. (Ver figura 3).

En el Barremiense Superior, se generalizan las condiciones marinas que van a continuar durante todo el Cretácico, con algunas pulsaciones de carácter regresivo, como en el Beduliense basal, en el que se deposita una serie calco-arenosa, equivalente a las Margas de Morella, de tipo continental y bien desarrolladas.

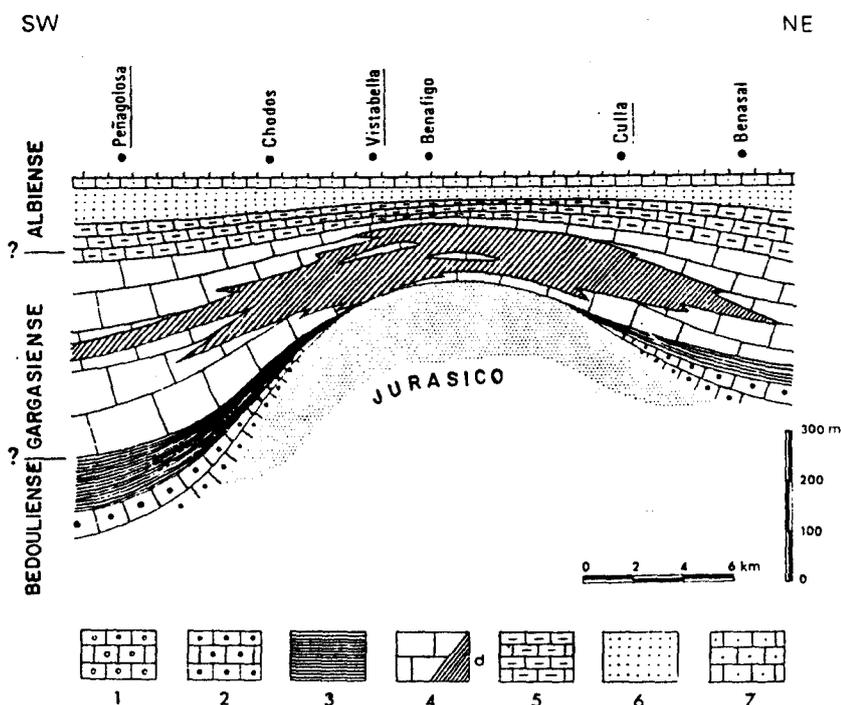


Figura 3.—Esquema mostrando las variaciones del Aptiense y Albiense en la región de Peñagolosa, Vistabella del Maestrazgo y Culla. (Según J. CANEROT, 1974.)

- 1. Terrenos cretácicos ante-aptienses; 2. Calizas con *P. lenticularis* (Beduoliense Inferior); 3. Margas con *Plicátulas* (Beduoliense Superior); 4. Calizas con *Toucasias* y dolomías (d) (Gargasiense); 5. Capas de paso del Aptiense al Albiense; 6. Arenas del Maestrazgo; 7. Calizas albo-cenomaniense.

Durante el Beduliense, se instala un medio estable, de aguas tranquilas, como indica una potente serie calco-margosa, aunque localmente se aprecia alguna anomalía. Esto sucede en la zona occidental, a lo largo del río Villahermosa (que más al N. cambia su nombre por el río Linares), en una alineación que, con dirección ibérica, se extiende desde la mancha triásica de Villahermosa del Río hacia Linares de Mora. Esta zona debió corresponder a una parte elevada o pequeño umbral, que condicionó la sedimentación marina durante el Aptiense Inferior, depositándose una serie reducida y dolomitizada.

Con el Gargasiense se completa la transgresión y queda cubierto el umbral del Maestrazgo Meridional por un conjunto de dolomías y calizas recifales que alcanza su máximo espesor en el área subsidente de Peñagolosa.

La serie detrítica del Albiense representa otra pulsación regresiva, si bien continua la influencia marina (Areniscas del Maestrazgo, J. CANEROT). La sedimentación continúa durante el resto del Cretácico, estando representado en la Hoja hasta el Turoniense-Senoniense, faltando los tramos superiores.

Durante el terciario, se retira el mar, al tiempo que actúa la erosión. Se producen movimientos orogénicos importantes que no podemos precisar al no haber sedimentos paleógenos. Únicamente aparecen materiales pertenecientes al Mioceno Superior-Villafranchense, rellorando zonas bajas como resultado de la actividad erosiva. Se depositan sobre las series mesozoicas y no parecen afectados por ninguna deformación.



MAPA GEOLOGICO

Sacado del: MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA
 HOJA DE VILLAHERMOSA DEL RIO
 E. 1:50.000
 I.G.M.E.

LEYENDA

CUATERNARIO				QAI	Q				
TERC.	PLEIST.	VILLAFRANQUIENSE		$T_{212}^{8c} - Q_{11}$		$T_{212}^{8c} - Q_{11}$	Conglomerados y arcillas		
	MIOCEN.	SUP.	PONTIENSE			C_{21-26}	Dolomías, margodolomías y calizas		
CRETACICO	SUPERIOR	SENONIENSE		C_{21-26}		C_{16-21}^1	Calizas y margas		
		CENOMANIENSE				C_{16}	Arenas, arcillas		
	INFERIOR	ALBIENSE	SUPERIOR	C_{16-21}^1		C_{15}^{2-16}	Calizas, margas, calizas ferruginosas		
			INFERIOR			C_{15}^1	Areniscas, calizas, margas		
		APTIENSE	GARGASIENSE		C_{153}^{3-1}		C_{153}^1	Margas, margocalizas	
			BEDOULIENSE	SUP.			C_{153}^1		C_{151}^1
		INF.		C_{151}^1	Areniscas, calizas arenosas				
		BARREMIENSE		F. W.		C_{14}		C_{151}^1	Calizas, dolomías
	HAUTERIVIENSE		C_{14}					Calizas	
	VALANGINIENSE		F. W.		C_{W13-14}		C_{W13-14}	Areniscas, arcillas, calizas (Facies Weald)	
	JURASICO						PORTLANDIENSE		C_{W13-14}^a
			MALM	KIMMERID.	SUP.	$J_{24}^1 - C_{12}$		C_{W13-14}^c	Calizas, margocalizas (Facies Weald)
INF.	C_{W13-14}^a	Arcillas, areniscas (Facies Weald)							
DOGG.		OXFORDIENSE		$J_{24} - J_{32}^1$		C_{13-14}	Areniscas, calizas		
		CALLOVIENSE				$J_{24} - C_{12}$	Calizas, dolomías		
TRIASICO	KEUPER		$T_{022} - T_{03}$		T_{02-3}		$J_{32}^3 - C_{12}$	Calizas, areniscas, margas	
	MUSCHELK.	SUPERIOR					$J_{24} - J_{32}^1$	Calizas, dolomías	
		MEDIO					$T_{022} - T_{03}$	Arcillas, dolomías y yesos	
				T_{02-3}	Dolomías				

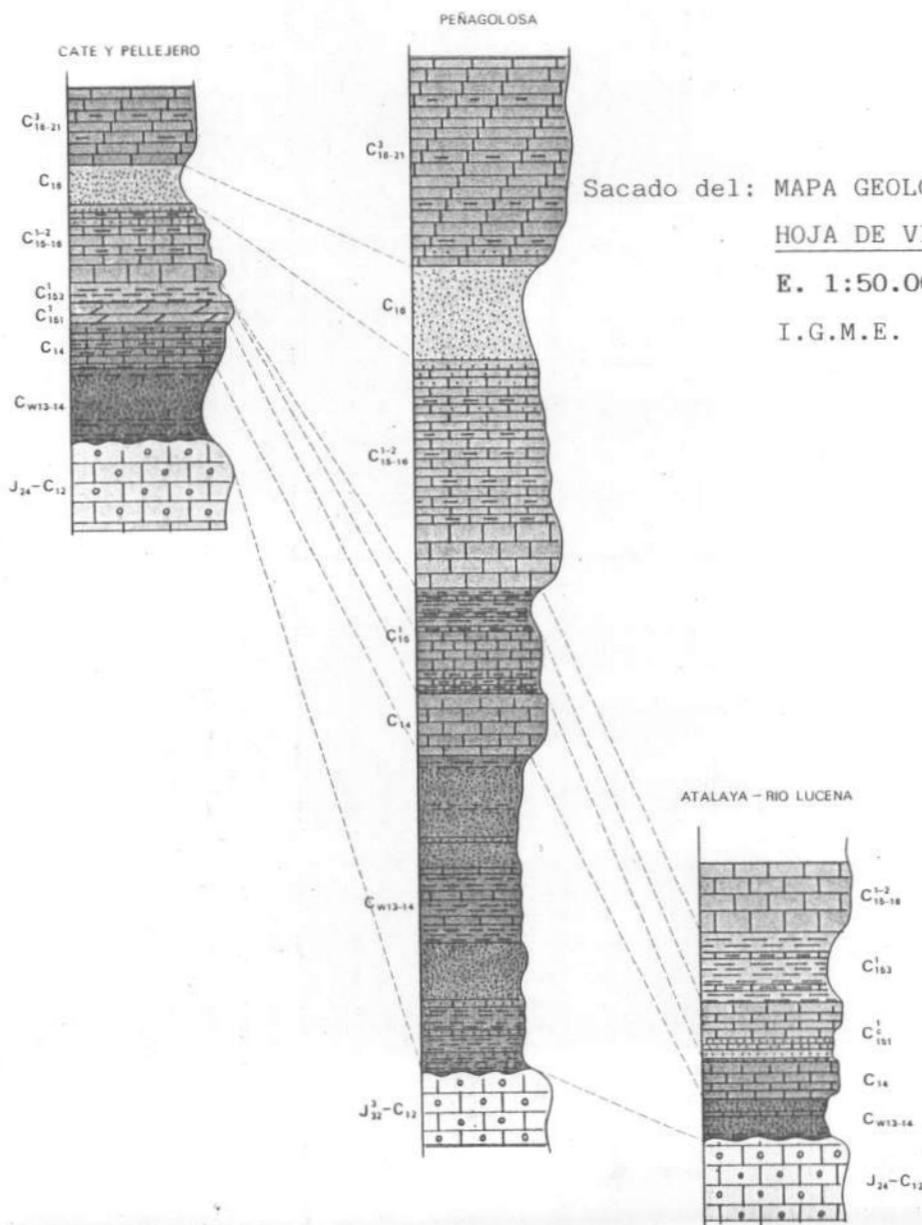
0

Sacado del: MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA
 HOJA DE VILLAHERMOsa DEL RIO
 E. 1:50.000
 I.G.M.E.

ESQUEMA TECTONICO



Escala 1:250.000



4. DESCRIPCION.

* MORFOLOGIA DEL TERRENO.

El deslizamiento se encuentra en una vaguada muy abierta a orillas del río Vistabella.

Presenta, antes del deslizamiento, una pendiente uniforme entorno a los 22° acentuándose esta un poco al pie de la pendiente por el proceso de encajamiento del río.

El río, en la zona del deslizamiento, se presenta muy encajado dando en la orilla de enfrente taludes con pendientes superiores en muchos casos a los 70° . En planta se observa su trazado con un suave meandro que tiende introducirse hacia la ladera deslizada.

Actualmente tras el deslizamiento, la pendiente que antes estaba regularizada en general ajustándose a un ángulo de 22° , se encuentra formando varios escalones:

tal y como se aprecia en el corte n.º 2 (el más largo) a una cota de 800 m. se aprecia en un primer escalón de 8,70 m. en la vertical que supone a su vez una traslación horizontal de 4,75 m. (1). Este constituye el salto habido en la cabecera del deslizamiento mayor.

(1). Corte n.º 1.

Se aprecia muy bien como los bancales que en su día presentarían suaves pendientes hacia el talud general se encuentran ahora con ligeras pendientes hacia el interior del talud, en virtud de la rotación inducida en el terreno en el proceso de deslizamiento.

A una cota más baja (734 m.) vuelve a haber un gran escalón (2b) que corresponde a un segundo escarpe del deslizamiento menor: Este con una pendiente de 56° , un salto en la vertical de 22 m. y un desplazamiento relativo en la horizontal de 20 m.

A 715 m. encontramos, casi en la zona terminal, un último escalón correspondiente a un tercer pequeño deslizamiento, seguramente inducido por la mecánica de descenso de los dos anteriores. Presenta dos subescalones que juntos suponen un descenso relativo en la vertical de 5,2 m. y en la horizontal de 1,83 m.

A continuación, más abajo, en la zona terminal encontramos los bancales más bajos como frente de deslizamiento, levantados y girados contra pendiente. Se observan contrapendientes de 20° en muchos de ellos que al girar permiten la salida de materiales de su propio sustrato.

.- MODIFICACIONES EN LA PENDIENTE.

A la acción natural de encajamiento del Río Vistabella creando en la zona terminal del talud pendientes más acusadas (25° - 30° ; ver topografía anterior - línea de trazos en los cortes 2 y 3) se suman las acciones del hombre.

(2b).- Sección "2b" del Corte n.º 2.

Bancales para cultivos en la pendiente. Toda la pendiente se encuentra modificada con la creación de bancales de relleno para el cultivo. Para ello se utilizan como método constructivo muros de contención semiverticales realizados con bloques de calizas de la zona.

Toda la ladera se encuentra formada por esos bancales que la hacen escalonada dando superficies cultivables que rara vez superan los 500 m². En muy pocos existen árboles.

Para el riego de estos bancales han existido conducciones de agua en cajeros de cemento, rústicos, con grietas y defectos de fabricación y deteriorados.

La carretera a Puertomingalvo recorre el talud por dos veces, una sobre la cota 770-800 y otra sobre 790-800 m. Los materiales utilizados para el terraplén del firme para la carretera se obtuvieron de la propia zona, al pie del monte de cota 865,0 justo al final de la última curva casi afectada. El volumen importante de material extraído induce a afirmar que la carretera se realizó fundamentalmente por relleno de talud y no por excavación del mismo.

Cantera para áridos en la zona donde se encuentran actualmente las ruinas de la granja. Según paisanos de la localidad en el punto donde hoy se observa un gran talud, fruto en parte del deslizamiento existió, una cantera para áridos que transformó la zona, creando un talud casi vertical y una gran plaza horizontal que luego se usaría para la instalación de la granja.

SITUACION DEL RIO EN ESTE TRAMO.

Los bancales girados a contrapendiente que constituyen el frente de deslizamiento producen una acumulación importante de material que a su vez produce un represamiento de las aguas del Río Vistabella.

El giro relativo en esta zona terminal produce descensos topográficos en la zona posterior de cada uno de estos bloques de forma que el río encuentra aliviaderos en cada uno de ellos.

Como se observa en los cortes 2 y 3 el nivel de base del río ha subido en ese punto en torno a los 8 m. permitiendo en la intersección entre la zona terminal del frente y el talud opuesto el desagüe; así como por dos aliviaderos generados por el giro de bloques.

En el represamiento creado se ha producido un embalsamiento del río de algo más de 700 m. aguas arriba. Se estima por lo tanto un volumen medio embalsado de 18.000 m³.

MATERIALES.

La tipología general de los materiales queda suficientemente descrita en el capítulo que estudia el encuadre geológico de la zona. Como ahí se menciona se trata de una serie calcárea sumamente fracturada, hasta tal punto que resulta difícil subdividir en otras unidades todo el Albiense Superior-Cenozoico maniense.

Una descripción sobre el propio terreno, viendo el tipo de materiales que afloran, confirma lo dicho. Se aprecian en algún punto aislado unas calizas grises margosas con pasadas de arena y nódulos, en ocasiones con diámetros en torno al metro, de yeso sacaroides con arcillas. En algún punto se aprecian interestratos margoarcillosos bien laminados.

Sin embargo lo que dominan son los depósitos de ladera producto de la erosión del macizo. Se aprecia una densa fracturación de los escasos puntos en los que aflora la caliza con rellenos, a veces de dimensiones decimétricas de arcillas color rojo.

En general la mayor parte de los materiales deslizados corresponde a un gran depósito coluvial de ladera compuesto de fragmentos muy heterométricos calcáreos, algunas arenas y arcillas de color rojo.

DESCRIPCION.

* DIMENSIONES.

	Deslizamiento mayor.	Deslizamiento menor.
Superficie	91.000 m ²	32.700 m ²
Volumen	900.000 m ³	205.000 m ³
Profundidad máx. de rotura estimada.....	25 m.	15-17 m.

* TIPO DE ROTURA (envolvente).

Curva Compleja-planar.

* DURACION DEL DESLIZAMIENTO.

1 de Julio 1.988 a 2 Julio 1.988.

* GEOLOGIA.

Litología - bloques calcáreos muy heterométricos, arcillas,
margas, nódulos de yeso.

Edad - CRETACICO INFERIOR.

(Aptiense Sup. (GARGASIENSE) - Albiense Inf.).

* PROPIEDADES

Límites de Atterberg.

Wl (límite líquido) = 29 - 39,8 %.

Wp (límite plástico) = 11,8 - 16,8 %.

Ip (índice de plasticidad) = 14,8 - 23 %.

Tipo de suelo: Cl - Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a
media, arcillas con gravas, arenosas o limosas.

Granulometría:

Pasa T # 200 : 24,6 - 43,7 %.

Retenido T # 4 : 18,9 - 59,7 %.

* GEOMORFOLOGIA.

Pendientes anteriores al deslizamiento:

media - 22°.

máxim - 30°.

Pendientes posteriores al deslizamiento:

media - 19°.

maxim - 70°. (Corresponde a un escarpe del deslizamiento).

ANALISIS DEL PROCESO.

1.º Factores.

2.º Análisis de estabilidad.

1.º Factores.

1- Características de los materiales.

2- Antecedentes estructurales.

3- Acción de zapa en la base del talud por el progresivo en cajamiento del río.

4- Modificaciones sobre la pendiente natural.

5- Parámetros ambientales.

1. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES.

La excesiva fracturación del macizo calcáreo favorece la percolación de las aguas superficiales. A su vez se favorece la disolución de las rocas carbonáticas. Ese proceso de alteración y degradación de la roca se va haciendo exponencialmente más acusado con el tiempo.

Las fracturas se incrementan por la disolución quedando rellenas de arcillas de descalcificación más otros productos (arenas, limos y minerales pesados) originales de la roca.

El proceso se autoalimenta evacuando parte del material por disolución, creando una situación de mayor porosidad relativa, una estructura colapsable que favorece cada vez más la percolación de aguas meteóricas y escorrentías.

En nuestro caso se aprecian perfectamente todas las características del proceso descrito:

De las tres muestras obtenidas sobre la grieta superior de coronación del deslizamiento mayor se observa una marcada heterometría del depósito con valores que fluctúan entre: 26 % al 62 % para gravas (tamaño); 16 % al 31 % para arenas; 24 % al 43 % para limos-arcillas.

A la vista de la enorme variación en la granulometría, estos materiales van a presentar una resistencia y unos parámetros geotécnicos muy desiguales (hecho este que se manifiesta en los ensayos de corte realizados, en los que el ángulo de rozamiento interno varía entre 25° y 40°).

El depósito en general corresponde a una acumulación de ladera, de mayor potencia en su parte más baja. Es pues, un depósito que se apoya en un relieve elevado que a su vez es área fuente de esos materiales.

No presenta una estructura sedimentaria clara, y menos aún es posible reconocerla después del intenso retrabajamiento de la ladera realizado por el hombre.

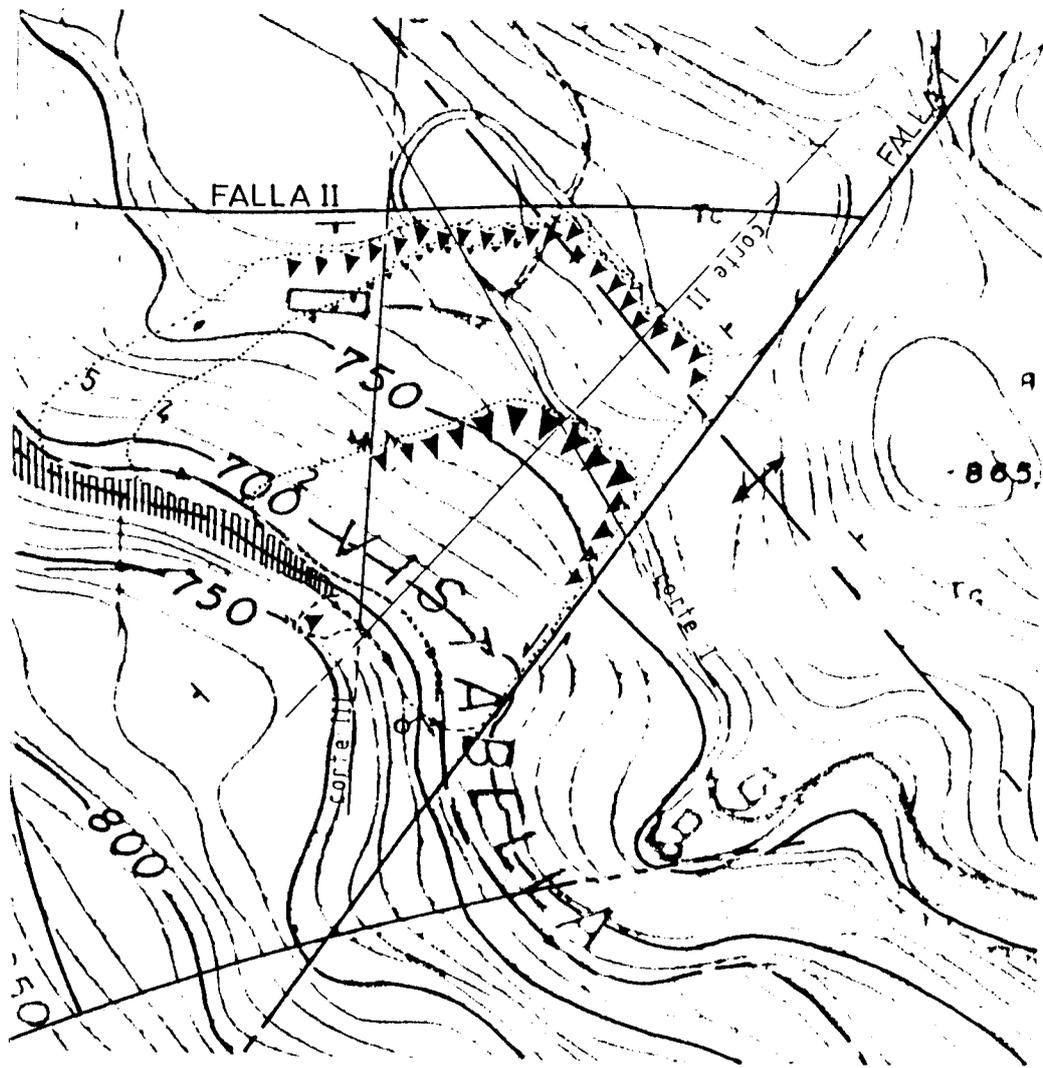
2. ANTECEDENTES ESTRUCTURALES.

Como se menciona en la memoria del Mapa Geológico de Villahermosa, la depresión ocupada por el río corresponde a una fosa tectónica que viene jalónada por una serie de fallas de distensión que con dirección Ibérica se extiende desde Villahermosa del Río hacia Linares de Mora.

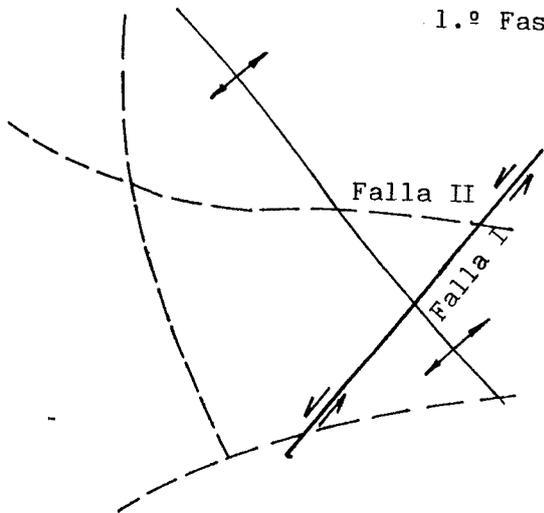
En nuestro caso la zona se encuadra, tal y como señala la figura con un suave anticlinal con dirección Ibérica. Esa dirección marcaría en la perpendicular una primera fase, compresiva, que sería la que diese lugar a su formación.

Dentro de esa primera fase, se podría enmarcar la formación de la Falla I que encontramos precisamente en la dirección de máximo esfuerzo compresivo actuaría como una falla de desgarre.

Tras la primera fase compresiva la segunda fase, distensiva, produciría fracturas paralelas a los ejes de los pliegues formados en la primera fase; fracturas de dirección Ibérica, fallas normales (Falla II).

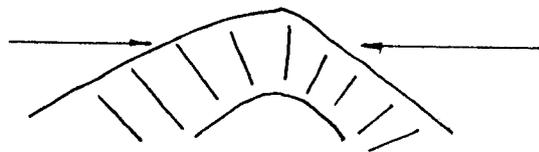


1.º Fase

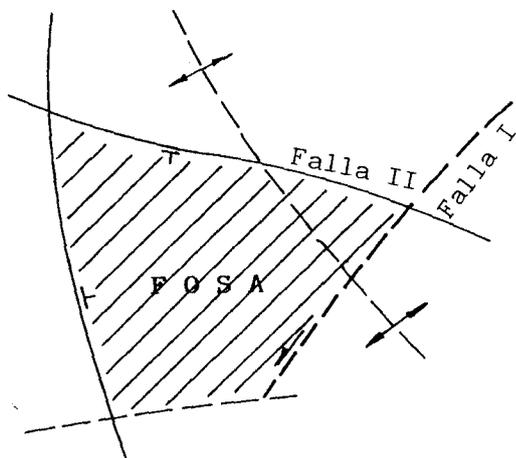


COMPRESION

En la fase compresiva se producen los pliegues NW-SE y fallas de desgarre según la dirección de compresión NE-SW. La Falla I actúa como falla de desgarre.

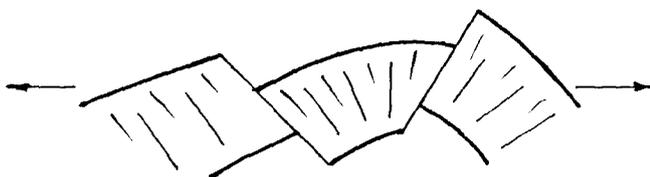


Fase compresiva.



DISTENSION

En la fase distensiva se producen fallas con tendencia paralela a la dirección ibérica como la Falla II. Se produce una dinámica de bloques que producen fosas a favor de Fallas normales dentro del proceso distensivo.

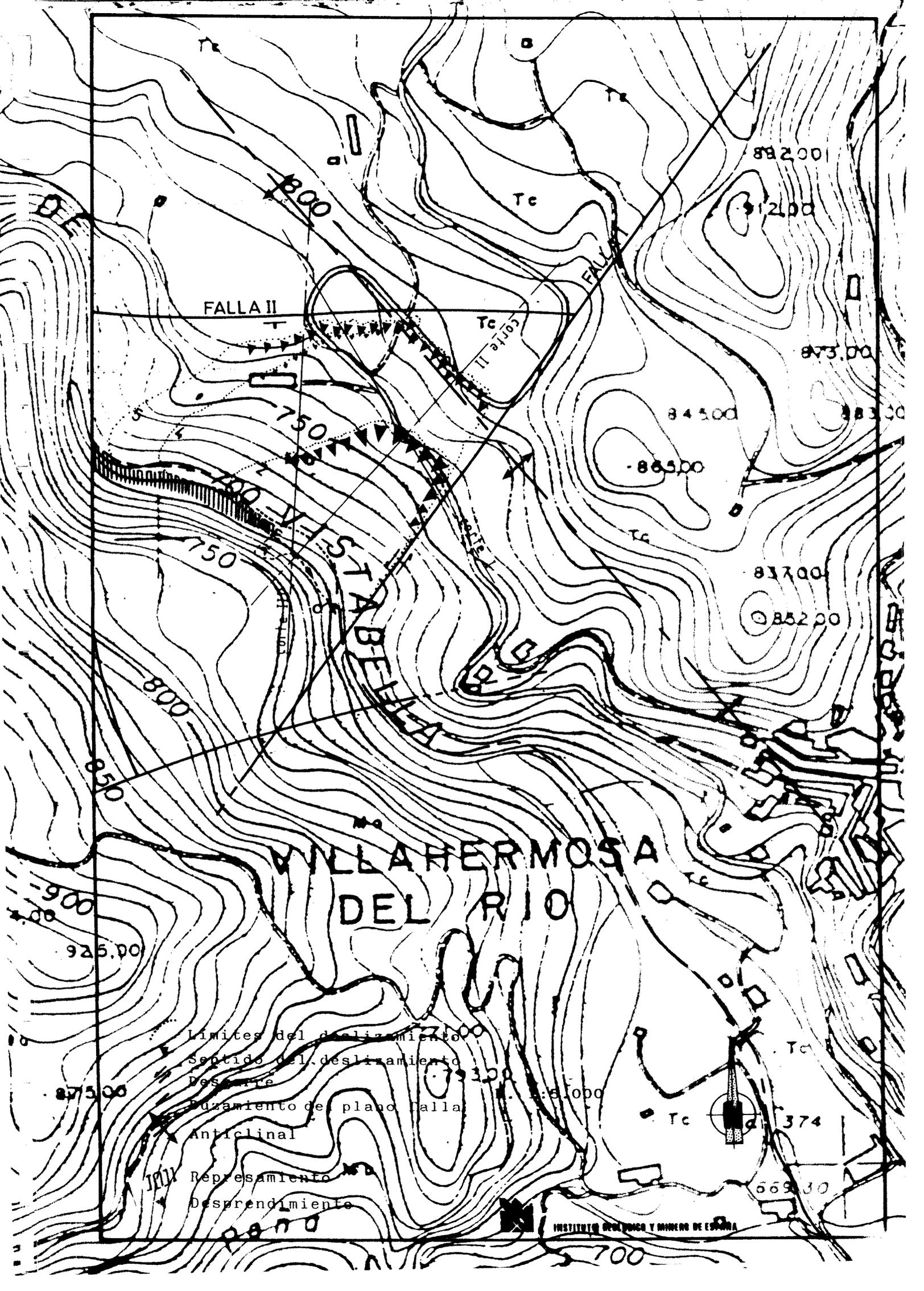


Fase distensiva

3. ACCION DE ZAPA EN LA BASE DEL TALUD POR EL PROGRESIVO ENCAJAMIENTO DEL RIO VISTABELLA.

El proceso de erosión normal de un río determina 3 áreas consecutivas: 1.ª Area de erosión en cabecera, donde la pendiente y la velocidad de las aguas hacen predominar el proceso de erosión sobre los otros procesos. 2.ª Area de transporte, donde la pendiente es tal que el proceso de erosión se ve equilibrado con el de deposición o ambos simplemente no existen. 3.ª Area de deposición, donde las bajas pendientes y las áreas abiertas determinan procesos predominantemente deposicionales.

La zona en la que se encuentra Villahermosa y concretamente el lugar del deslizamiento corresponde con el área de erosión y progresivo encajamiento del río.



FALLA II

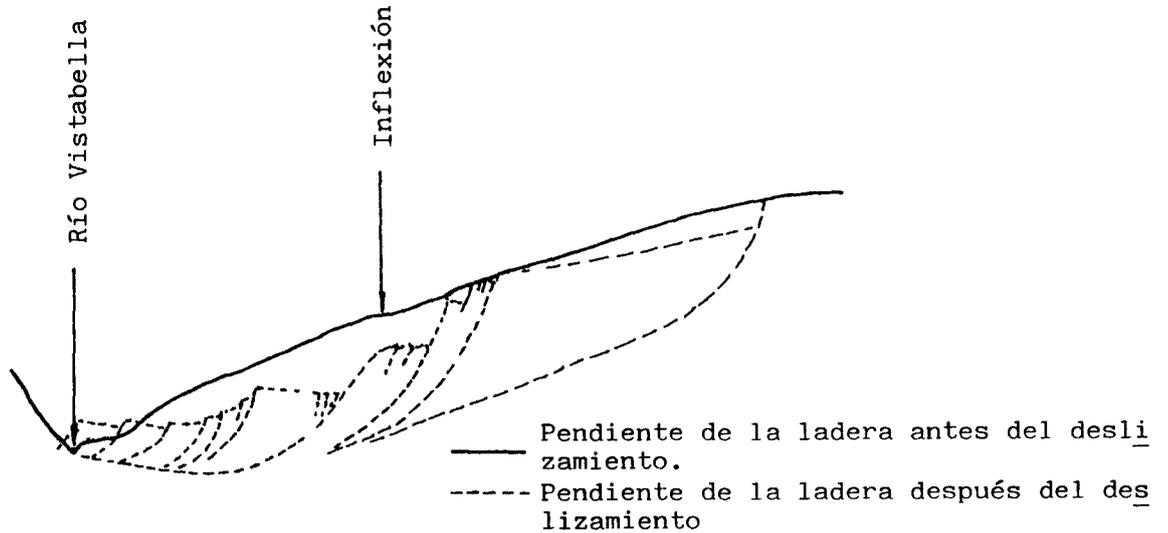
Tc

Corte II

STABE...

VILLAHERMOSA DEL RIO

- límites del deslizamiento
- sentido del deslizamiento
- Reservorio
- curvamiento de plano falla
- Anticlinal
- Representación de
- Desprendimiento



Corte n.º 2 (Reducido 1/3).

Como se aprecia en el corte, el río ha ido encajándose paulatinamente sobre el macizo. Véase una pequeña ladera de inundación con una sección próxima a los 25 m. con una pendiente media de 15 ° que tiene continuación, ladera arriba, con una hombrera que presenta una pendiente relativamente acusada (38°).

Esa socavación que constituye la hombrera es un factor que favorece el deslizamiento al haber desaparecido gran cantidad de material al pie de la ladera.

4. MODIFICACIONES SOBRE LA PENDIENTE NATURAL.

Son por orden de importancia:

1. Abancalamiento de la ladera para cultivo.
2. Carretera.
3. Antigua cantera.

1. El abancalamiento de la ladera para establecer superficies horizontales o subhorizontales aptas para el cultivo.

Conlleva:

* que las escorrentías superficiales que drenarían la pendiente por sus conductos naturales, ahora no los encuentran y penetran en su totalidad en el terreno incrementando en su momento el nivel freático.

* que el terreno se trabaje, se ahueque, aumentando así su capacidad de absorción.

* que se creen conducciones para regar los bancales. Se realiza por inundación. Se observó que los cajeros construidos con hormigón masivo se encuentran, en puntos donde se conservan, bastante deteriorados permitiendo fugas y filtraciones.

2. La carretera afecta por dos veces la pendiente pasando su trazado a cotas entre los 770-780 m. y 790-800 m.

Como se menciona en la descripción, los materiales utilizados para el terraplen y pedraplen del firme se obtuvieron de la propia zona, al pie del monte de cota 865,00 m. justo al final de la última curva casi afectada. El volumen de material extraído es importante y constituye un peso adicional en cabecera.

Influyó igualmente al representar un elemento de represamiento sobre un depósito relativamente compactado que corta la pendiente.

3. La antigua cantera influye únicamente por constituir un gran abanalamiento que también corta la pendiente.

Respecto de los dos casos (carretera y cantera) es importante observar como la grieta de cabecera parte precisamente de la carretera y se conduce a la derecha por el mismo talud de la cantera y superficie plana inferior. Todos ellos lugares donde se prevén filtraciones mayores.

5. PARAMETROS AMBIENTALES.

- Precipitaciones - Cortes de Arenoso Enero-Junio/1988.

- ENERO.

Día 11	9,4 Litros	Día 17	80,0 Litros
14	3,1 "	18	5,2 "
16	10,2 "	29	15,6 "

- FEBRERO.

Día 16	5,7 Litros
23	5,0 "

- MARZO.

Sin lluvias.

- ABRIL.

Día 2	25,1 Litros	Día 9	3,9 Litros
3	25,4 "	10	2,8 "
4	14,0 "	11	3,0 "
6	3,8 "	22	2,5 "
8	0,7 "	25	32,4 "
		26	19,1 "

- MAYO.

Día 8	6,8 Litros	Día 15	13,1 Litros
9	3,3 "	16	8,8 "
10	1,8 "	17	2,0 "
11	4,0 "	23	4,6 "
12	24,0 "	27	36,2 "
13	17,2 "	28	1,5 "

- JUNIO.

Día	3	1,1	Litros	Día	17	12,0	Litros
	4	4,0	"		22	2,2	"
	8	19,0	"		24	1,7	"
	9	44,2	"		25	9,0	"
	10	10,2	"		26	24,5	"
	13	18,1	"		27	10,0	"
	15	12,8	"		28	9,5	"

- JULIO.

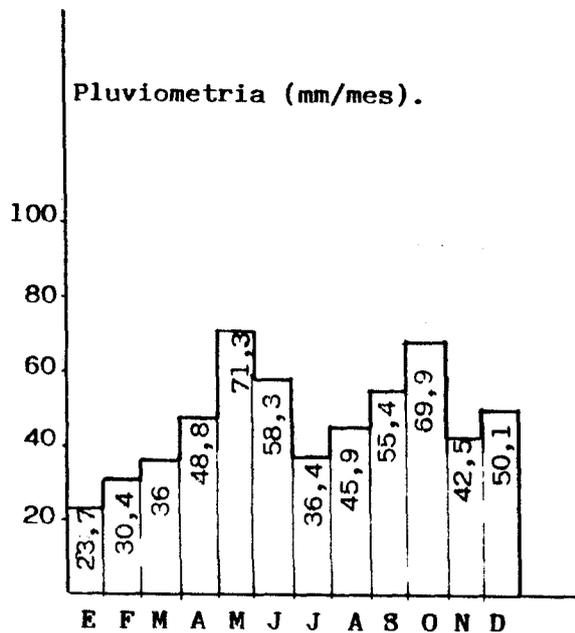
Hasta el día 5, sin lluvias.

RESUMEN DE LOS DATOS CLIMATICOS DE LAS ESTACIONES MAS REPRESENTATIVAS (Periodo 1948-83).

Estación	Número	Precipitación media mensual (m.m.).											
		ENERO	FEBR.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
Mora de Rubielos	8.466	19,3	22,1	19,6	35,4	54,0	59,0	32,1	48,9	42,3	50,3	30,5	35,2
Cortes de Arenoso	8.477	23,7	30,4	36,0	48,8	71,3	58,3	36,4	45,9	55,4	69,9	42,5	50,1
Villafranca del Cid	8.489	35,1	38,0	36,1	46,8	74,3	69,2	46,1	52,5	65,5	102,3	51,6	71,3

Estación	PRECIPITACION	PRECIPITACION	PRECIPITACION	EVAPOTRANS.
	Media anual (m.m.)	Año Seco (m.m.)	Año Húmedo (M.M.)	Media anual.
Mora de Rubielos	458,8	275,2	663,8	591,6
Cortes de Arenoso	568,6	344,6	989,5	758,4
Villafranca del Cid	688,9	298,0	1065,6	616,8

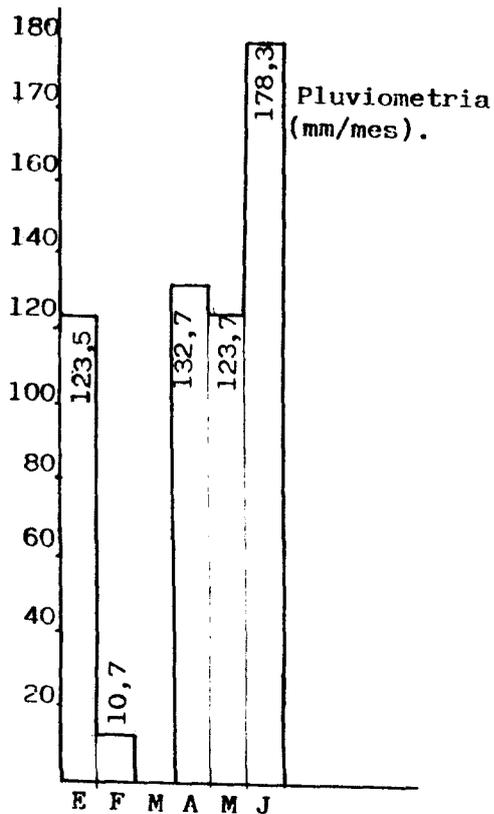
CONDICIONES AMBIENTALES - PLUVIOMETRIA.



Cortes de Arenoso
(Periodo 1948-83).

- * Precipitación media anual (mm).
..... 568,6.
- * Año seco 344,6.
- * Año húmedo 989,5.

Fig. C.A. I.

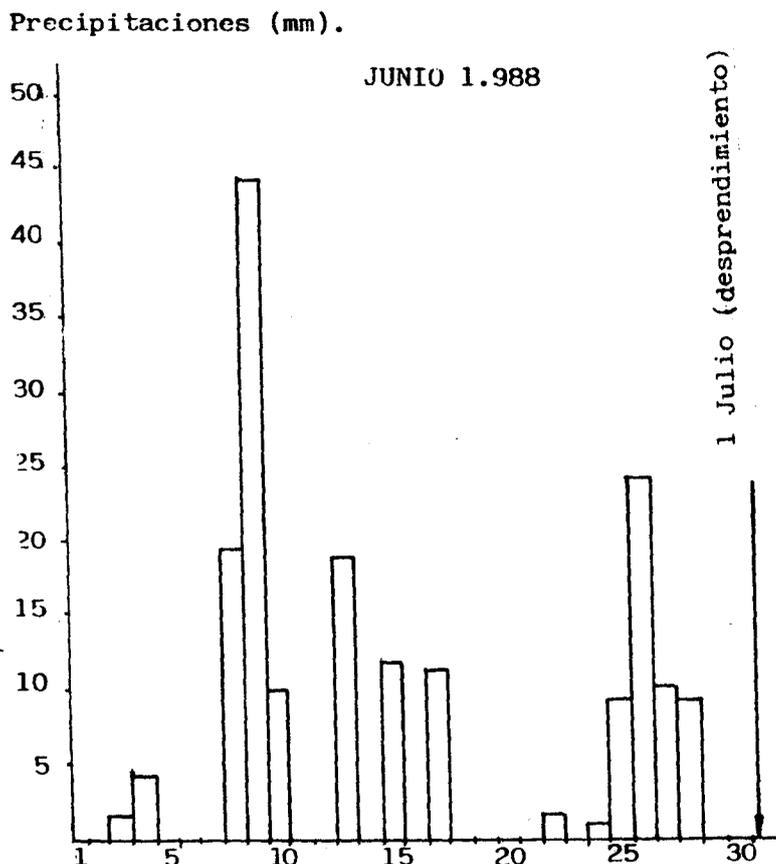


Cortes de Arenoso
(1.ª mitad de 1.988).
Total (mm). = 568,9

- * Precipitación media/mes, caída los 5 primeros meses del año 94 mm.
- * Precipitación media/mes, tres últimos meses 144,9 mm.
- * Aumento relativo respecto del mismo periodo en relación con la media anual..
..... 219 %.
- * Aumento relativo en los tres últimos meses respecto del mismo periodo 1948-83 278,4 %.
- * Aumento relativo en el último mes respecto del mismo intervalo en el periodo 1948-83 250 %.

Fig. C.A. II.

La distribución de las lluvias en este mismo mes ha sido muy uniformemente repartida ; han sido registradas precipitaciones 14 días en los 30 del mes.



Para el análisis pluviométrico hemos utilizado la estación situada en Cortes de Arenoso, dentro de la misma zona y a menos de 15 Km. de Villahermosa. Su relativa proximidad y su situación geográfica análoga, hace la correlación válida.

Del análisis de las precipitaciones habidas durante los seis primeros meses del año y en base a los gráficos, resulta:

Las precipitaciones registradas durante los seis meses (568,9 mm.) igualan la precipitación media anual (568,6 mm). De mantenerse la misma tendencia se predice una precipitación media anual, para el año 1.988, entorno a los 1.250 mm. superior en 260,5 mm. al año más húmedo (989,5 mm.) dentro del periodo 1948-83.

Concretamente para los tres últimos meses la precipitación media supone 144,9 mm/mes; que a su vez supone un aumento relativo en los tres últimos meses respecto del mismo intervalo dentro del periodo entre 1948-83 de un 278,4 %. Casi tres veces más de la media.

Para el último mes (junio) el aumento relativo es del 250%.

Por todo lo anterior podemos afirmar que las precipitaciones registradas en esta zona son muy superiores a las habituales y mucho más en los últimos tiempos. Concretamente en el mes de Junio ha llovido más de la mitad de lo que llueve en la zona durante todo un año, siendo este de los secos.

6. HIDROLOGIA.

Para evaluar los caudales que poseerá el Río Vistabella a la altura del deslizamiento, hemos recurrido a varias fórmulas empíricas que hacen depender el valor del caudal del área de la cuenca de aporte (194,24 Km²), del periodo de retorno (T= 500 años), etc.

Los valores obtenidos han sido los siguientes:

SANTI	$Q = C \cdot S^{1/2}$; C = 33 ;	Q = 459 m ³ /s.
VALENTINI	$Q = 27 \sqrt{S}$	Q = 376 m ³ /s.
QUIJANO	$Q = 17 S^{2/3}$	Q = 570 m ³ /s.
ZAPATA	$Q = 21 S^{0,6}$	Q = 495 m ³ /s.

Es de prever un caudal máximo del río cercano a 450 m³/s. para la avenida con un periodo de retorno de 500 años.

6. ANALISIS DE ESTABILIDAD.

Con el fin de obtener los parámetros geomecánicos actuantes en la rotura de la ladera, así como el estado general de la estabilidad de la misma, se han llevado a cabo una serie de análisis de estabilidad mediante el programa STABL que, por medio de métodos de equilibrio límite, permite la consideración de una serie de hipótesis necesarias para la modelización del talud y de las características de los materiales.

La ladera ha sido analizada considerando posibles superficies de rotura curvas y con la topografía del talud posterior a la rotura, ya que el comportamiento del material y las observaciones de campo indican como más factible este modelo de rotura. Las diferentes superficies analizadas se han representado en las figuras 1 y 2. La figura 1 corresponde a las tres superficies analizadas impuestas en el talud, mientras que la figura 2 recoge los límites entre los que se han generado aleatoriamente superficies circulares de rotura para ser analizadas y obtener la situación de las más inestables.

Los parámetros geomecánicos utilizados para el material han sido obtenidos en base a análisis de laboratorio y medidas de campo:

Densidad: $2,5 \text{ Tn/m}^3$

Cohesión: $0,0 \text{ Tn/m}^2$

Fricción: 30°

considerando el estado residual del terreno como el más apropiado para la realización de los análisis.

- Se ha considerado, así mismo, la situación del nivel freático mediante el parámetro de presión de poros, habiendo sido analizados varios casos para diferentes alturas del nivel de agua:

$$r_u = \frac{u}{\gamma \cdot z}$$

donde:

u = presión intersticial
 γ = peso específico suelo
 z = profundidad considerada

La finalidad de la realización de los análisis es estudiar el estado de equilibrio en que ha quedado el material tras la rotura, para poder así establecer las posibles soluciones para su estabilización. Así mismo, se ha tomado como objetivo el conocer la geometría más desfavorable del plano de rotura del talud en su estado actual.

Las superficies que aparecen en la figura 1 se han impuesto en función de las observaciones realizadas en el deslizamiento, mientras que las que han sido generadas aleatoriamente (figura 2) han proporcionado las más inestables de las estudiadas con morfología circular.

Para el primer caso, los resultados obtenidos para el factor de seguridad, en función del r_u utilizado, quedan recogidos en la tabla n.º 1.

TABLA 1.

FACTOR DE SEGURIDAD PARA SUPERFICIES IMPUESTAS (F).			
r_u	MODELO A (*)	MODELO B (*)	MODELO C (*)
0.0	1.638	1.882	2.508
0.1	1.452	1.674	2.243
0.3	1.082	1.259	1.714
0.4	0.898	1.102	1.341
0.5	0.716	0.849	1.187

(*) Véase figura 1.

Como se observa en los valores de F, la geometría más inestable resulta para el modelo A, es decir para la rotura general del talud. Las otras posibles superficies de rotura son menos inestables, aunque el modelo B no resulta estable para valores de $r_u > 0,4$ aproximadamente. En las figuras 3, 4 y 5 quedan reflejados los tres modelos analizados con los factores de seguridad correspondientes.

Para el estudio de superficies circulares generadas por el propio programa de estabilidad los resultados quedan recogidos en la tabla n.º 2.

TABLA 2.

FACTORES DE SEGURIDAD PARA SUPERFICIES CIRCULARES (F).			
r_u	MODELO A	MODELO B	MODELO C
0.0	1.225	1.464	1.962
0.1	1.105	1.349	1.700
0.3	0.871	0.932	1.356
0.4	0.702	0.713	0.963
0.5	---	0.612	0.864

Como se puede observar en la tabla 2, las superficies más inestables son también, en este caso, las que abarcan a todo el talud, al igual que sucedía con los valores de la tabla 1.

Los factores de seguridad obtenidos en el segundo caso, son siempre inferiores a los del primero para las mismas condiciones de presión de agua, lo que indica que estas superficies circulares resultan más inestables para configuración actual del talud. En las figuras 6 y 7 se representan estas superficies analizadas, así como la más inestable de todas ellas para cada uno de los tres modelos estudiados.

El modelo A de rotura general aparece como inestable a partir de valores de $r_u \geq 0.2$ aproximadamente, para los que $F < 1$; el modelo B lo hace para $r_u \geq 0.25$ aproximadamente, y el modelo C (que resulta como el menos inestable) para $r_u \geq 0.35$ aproximadamente.

Como se observa en la figura 6, la superficie de rotura más inestable corresponde a un plano no profundo y coincidiendo en gran medida con la superficie impuesta en la figura 4; únicamente la salida del plano varía, haciéndolo en la figura 6 en un punto menos alejado, por lo que es conveniente considerar como más probable (y desfavorable) la rotura circular en esta zona.

Para el caso de la figura 7, sin embargo, la superficie no coincide con la de la figura 5, siendo la circular más superficial y desfavorable para un mismo r_u .

Así pues, de todo el análisis se puede establecer que las superficies circulares analizadas presentan factores de seguridad más bajos que las superficies curvas impuestas analizadas, para los mismo valores de r_u .

Para estudiar la posibilidad de aumentar la estabilidad de la ladera se ha considerado la construcción de un relleno (tacón) a su pie, y se ha modelizado este caso para dos hipótesis diferentes: construcción de un relleno de unos 20 m. de altura desde el cauce del río y otro de unos 30 m. de altura (figura 8).

Los parámetros geomecánicos utilizados en los análisis para el relleno han sido:

Densidad: 1,75 Tn/m³
 Cohesión: 0,0 Tn/m²
 Fricción: 40°

La construcción de este tacón llevaría consigo la entubación del río en la base del mismo, así como el establecimiento de drenajes. Con esta nueva consideración, se han analizado de nuevo las superficies de rotura, curvas y circulares ya estudiadas; aunque sólo para los modelos más inestables, es decir los modelos A, que consideran roturas generales del talud. Los resultados se recogen en las tablas 3 y 4.

FACTORES DE SEGURIDAD PARA LA ROTURA CURVA GENERAL DEL MODELO A (*).			
r _u	-SIN TACON- (Valores de la Tabla 1)	-CON LA CONSTRUCCION DEL TACON-	
		ALTURA = 20 m.	ALTURA = 30 m.
0.0	1.638	2.021	2.878
0.1	1.452	1.810	2.664
0.3	1.082	1.442	2.205
0.4	0.898	1.290	2.010
0.5	0.716	0.846	1.837

(*) Ver figura 1.

Como se observa en la tabla 3, el incremento de factores de seguridad es notable, pasándose de una morfología inestable a partir de $r_u > 0,3$ aproximadamente, a otras que presentan inestabilidad para $r_u > 0,45$ (para altura del tacón = 20 m., figura 9); y otras que resultan estables incluso considerando el talud saturado (para altura de tacón = 30 m., figura 10).

Para los análisis considerando la construcción de un tacón y la posibilidad de roturas circulares (figura 2), se han obtenido los siguientes resultados (tabla 4):

FACTORES DE SEGURIDAD PARA LA ROTURA CIRCULAR ALEATORIA DEL MODELO A (*)			
r_u	SIN TACON (Valores de la tabla 2)	CON LA CONSTRUCCION DEL TACON	
		Altura = 20 m.	Altura = 30 m.
0.0	1.225	1.520	1.707
0.1	1.105	1.371	1.525
0.3	0.871	1.022	1.157
0.4	0.702	0.813	0.994

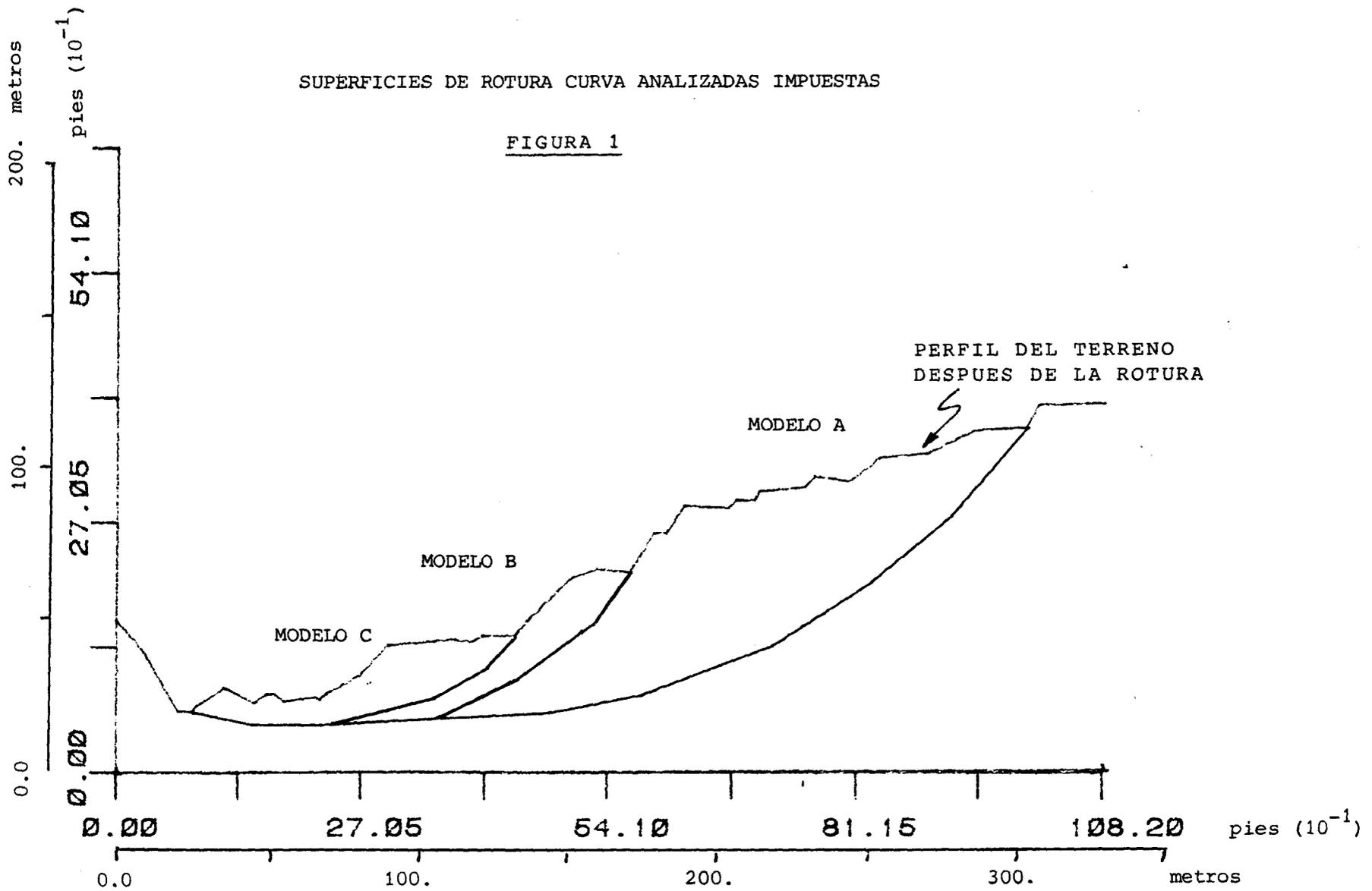
(*) Ver figura 2.

En general, los factores de seguridad obtenidos en los análisis que consideran la construcción del tacón son menores que para el caso de la tabla 3, indicando de nuevo que estas superficies circulares resultan menos estables que las superficies impuestas para su análisis.

Según la tabla 4, el talud es inestable para el modelo A de rotura general para $\tau_u > 0.2$, bajando este valor hasta $\tau_u > 0.3$ para el caso de construcción de tación de 20 m. de altura y hasta $\tau_u > 0.35$ para tación de 30 m. de altura desde la base del cauce. En ambos casos, y como se observa en las figuras 11 y 12, las superficies de rotura críticas (las más inestables) corresponden a planos no profundos que no cortan casi al relleno simulado a pie del talud.

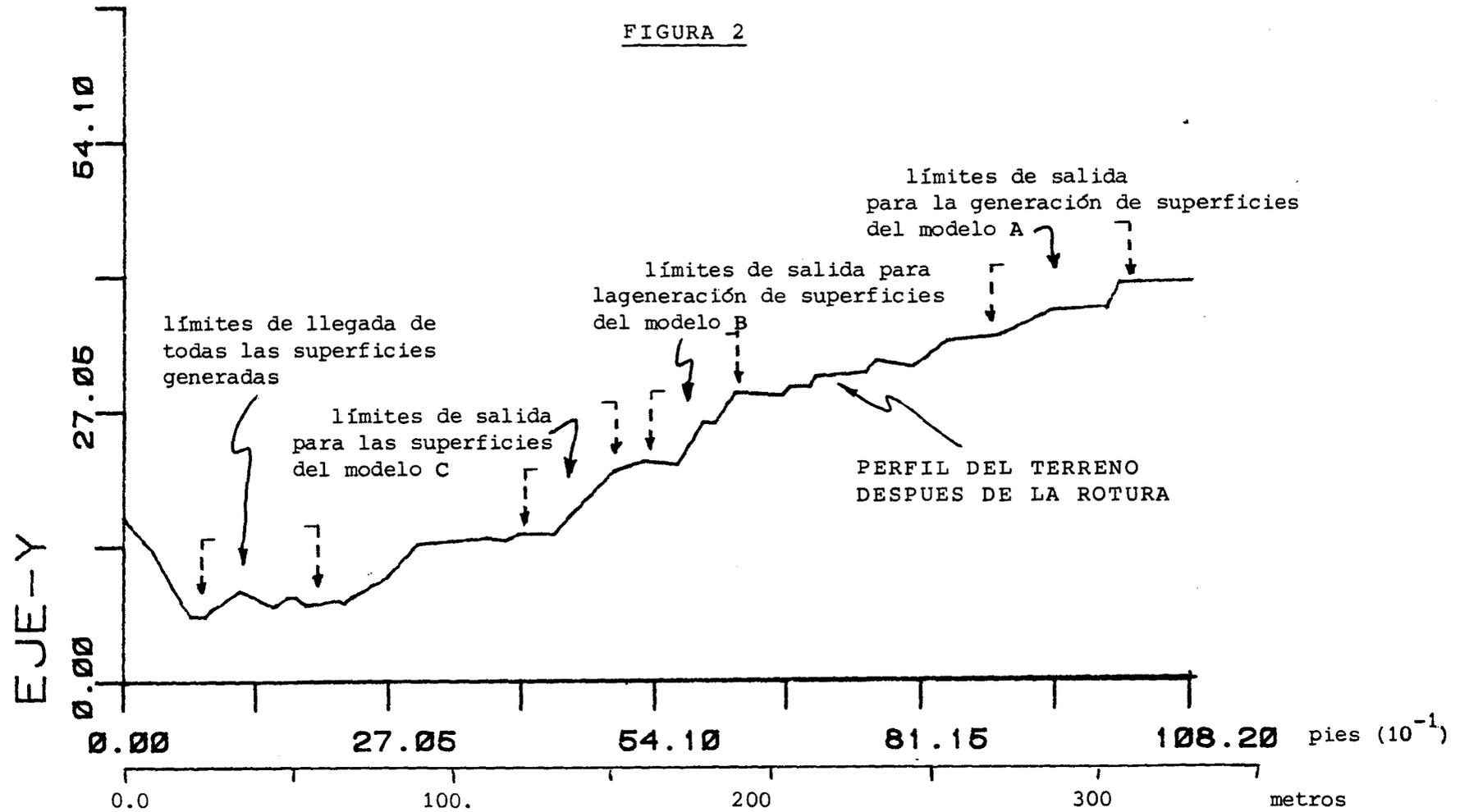
SUPERFICIES DE ROTURA CURVA ANALIZADAS IMPUESTAS

FIGURA 1



LIMITES ESTABLECIDOS PARA LA GENERACION ALEATORIA
DE SUPERFICIES CIRCULARES

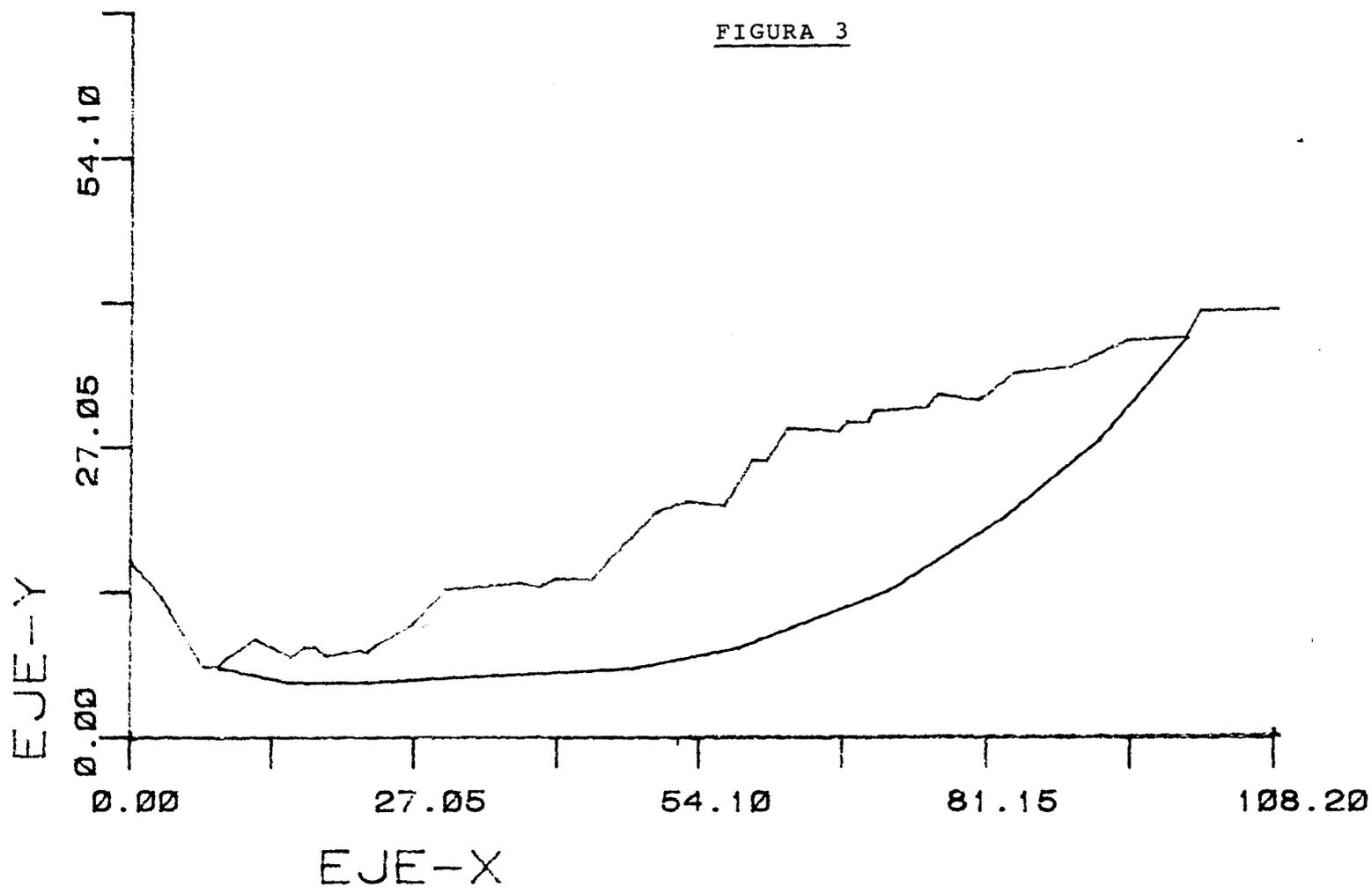
FIGURA 2



FAC. DE SEGURIDAD PARA SUPERFICIE DADA = 1.082

MODELO DE ROTURA A. $r_u = 0.3$

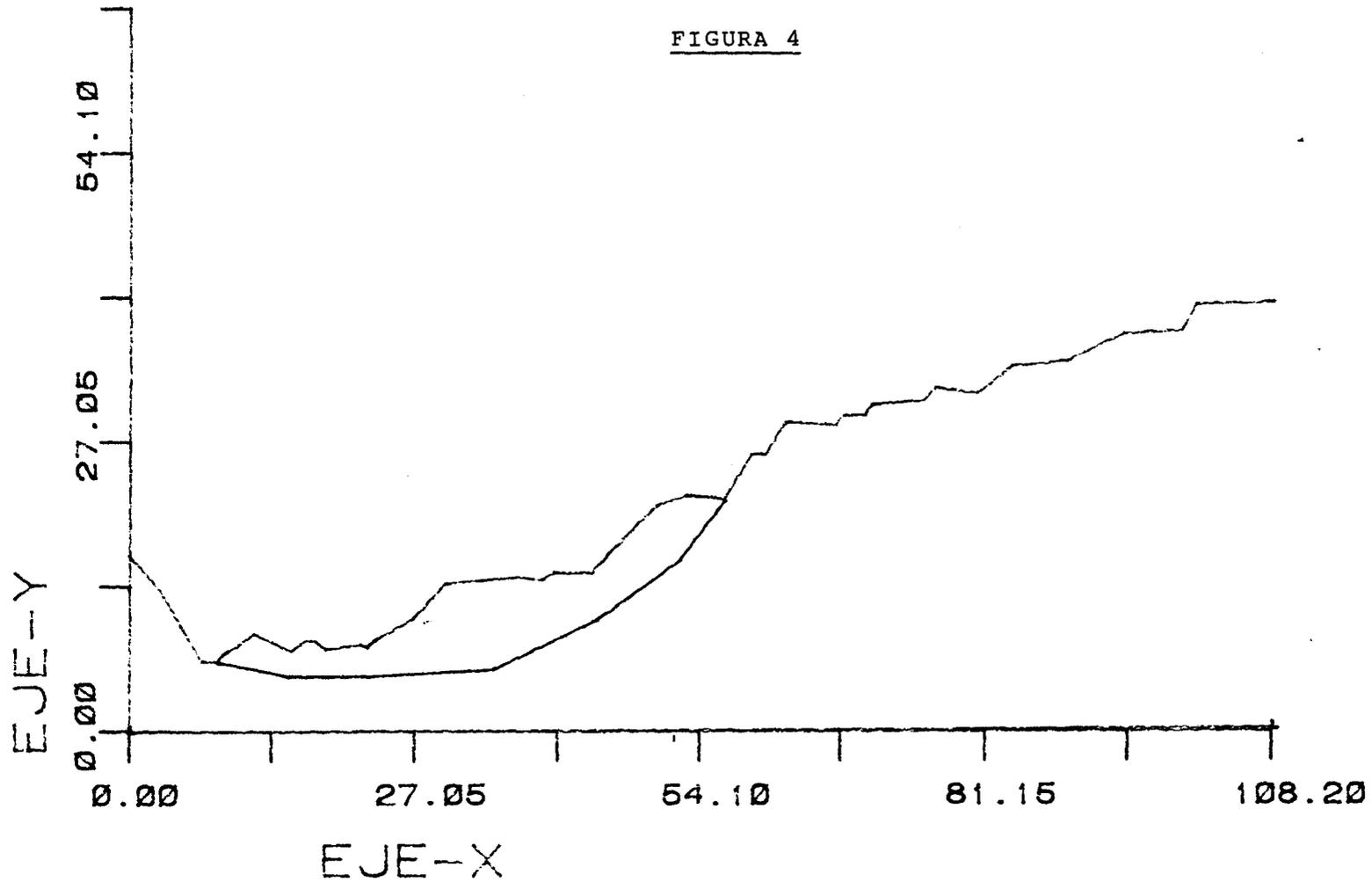
FIGURA 3



FAC. DE SEGURIDAD PARA SUPERFICIE DADA = 0.849

MODELO DE ROTURA B. $r_u = 0.5$

FIGURA 4

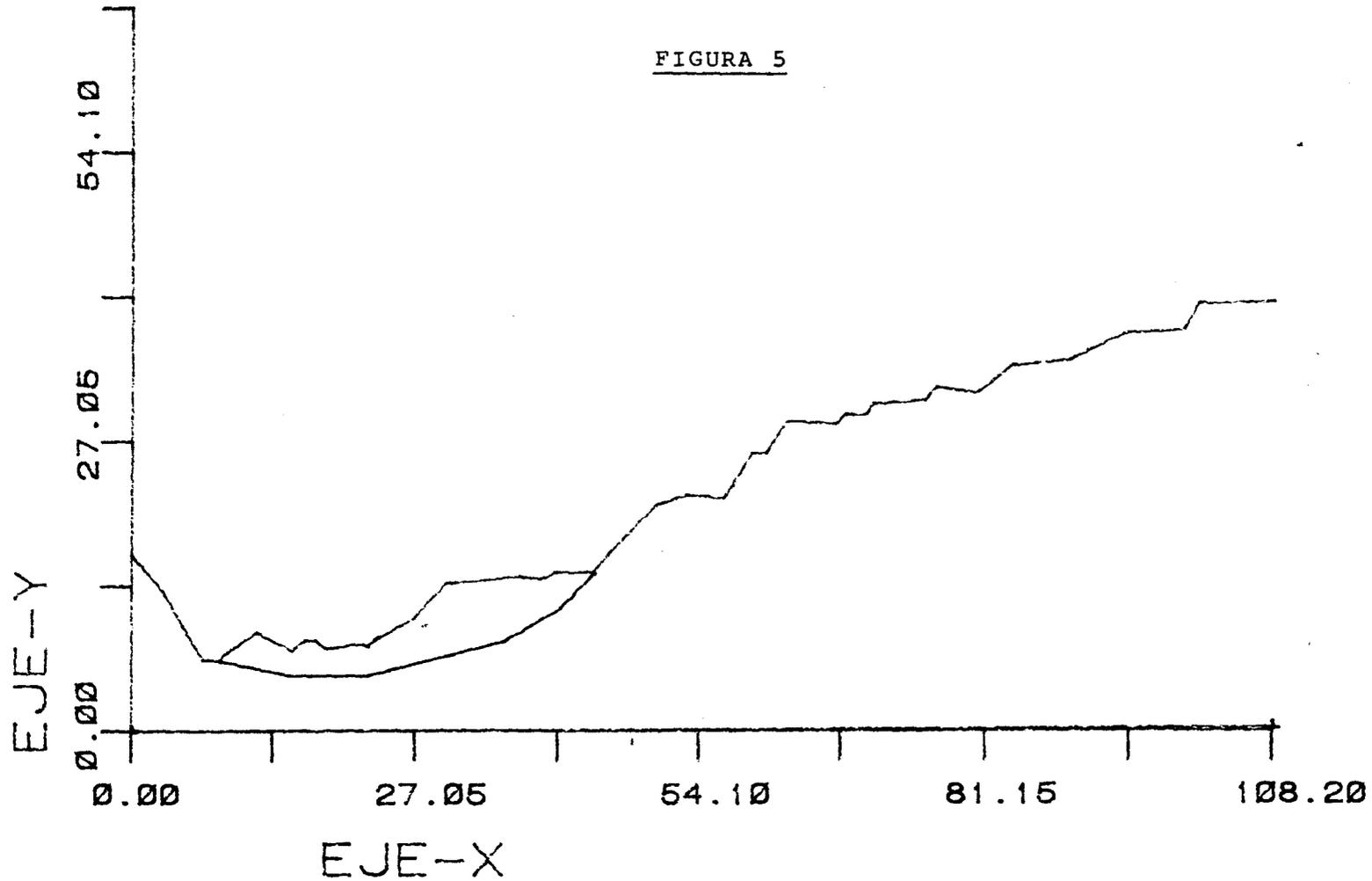


VILLAHERMOSA. ROTURA PARCIAL CURVA A PIE
DEL TALUD.

FAC. DE SEGURIDAD PARA SUPERFICIE DADA = 1.187

MODELO DE ROTURA C. $r_u = 0.5$

FIGURA 5

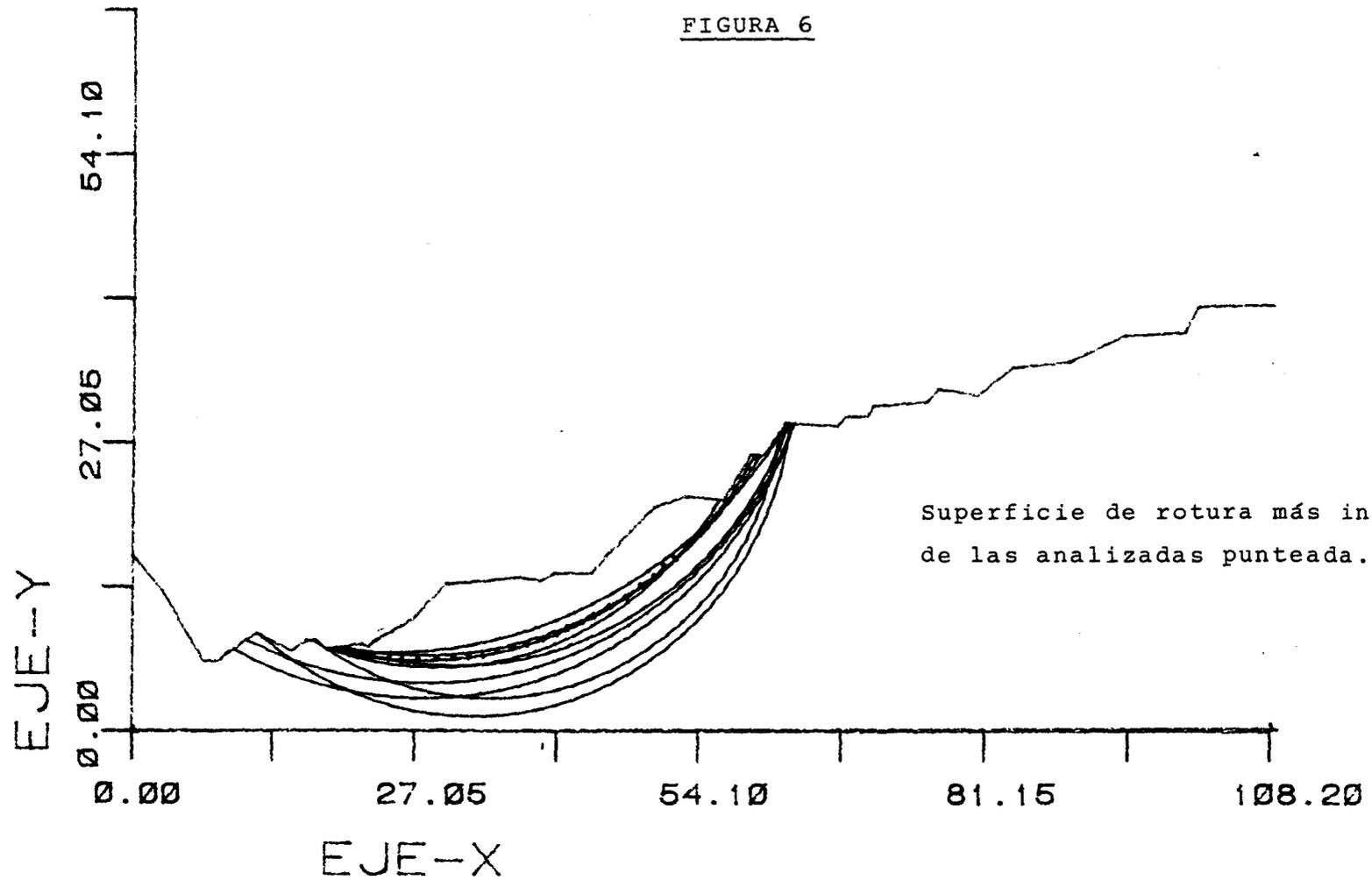


10 SUPERFICIES MAS CRITICAS

FACTOR DE SEGURIDAD MINIMO = 0.932

MODELO DE ROTURA B. $r_u = 0.3$

FIGURA 6

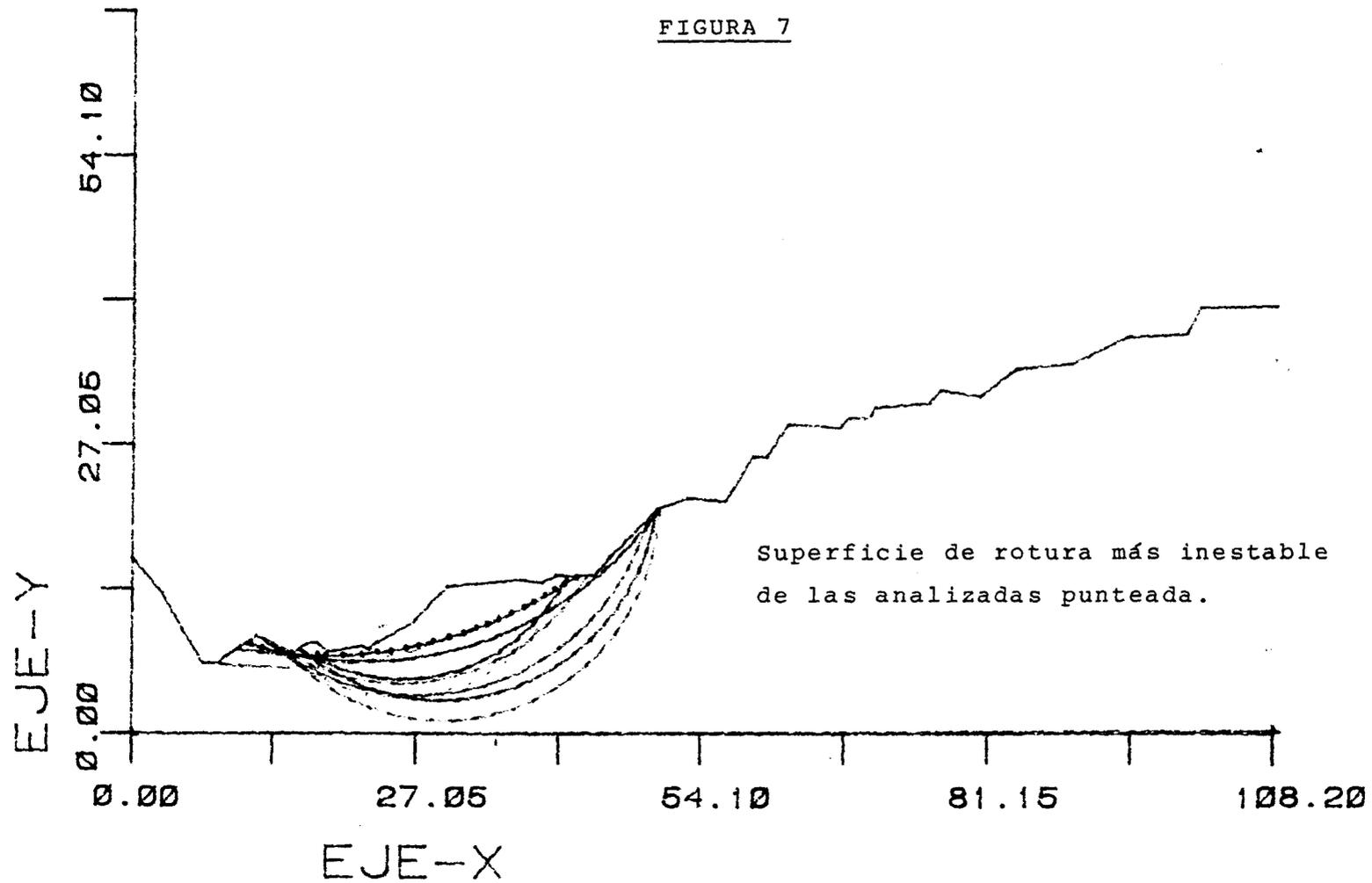


10 SUPERFICIES MAS CRITICAS

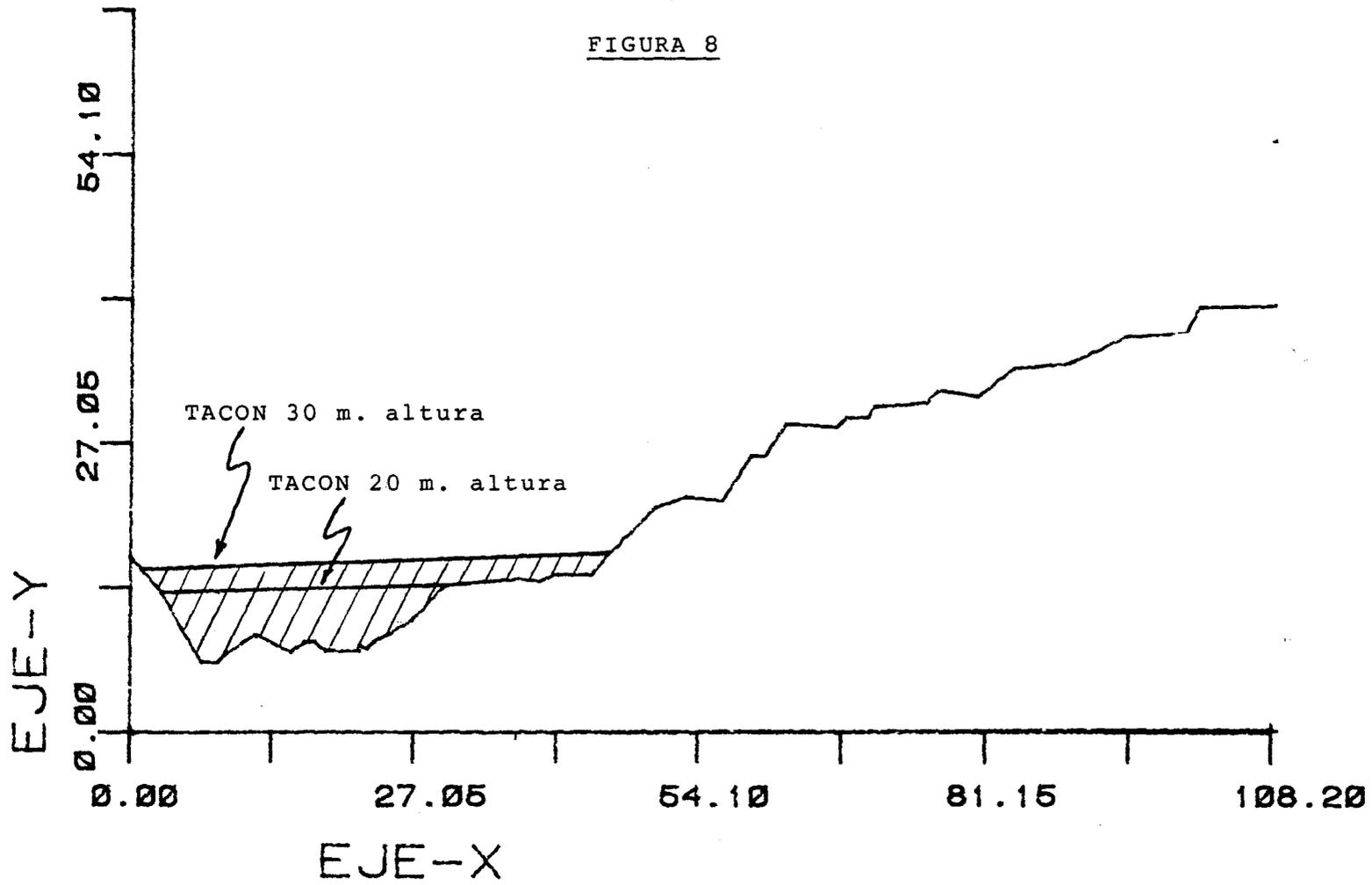
FACTOR DE SEGURIDAD MINIMO = 0.963

MODELO DE ROTURA C. $r_u = 0.4$

FIGURA 7



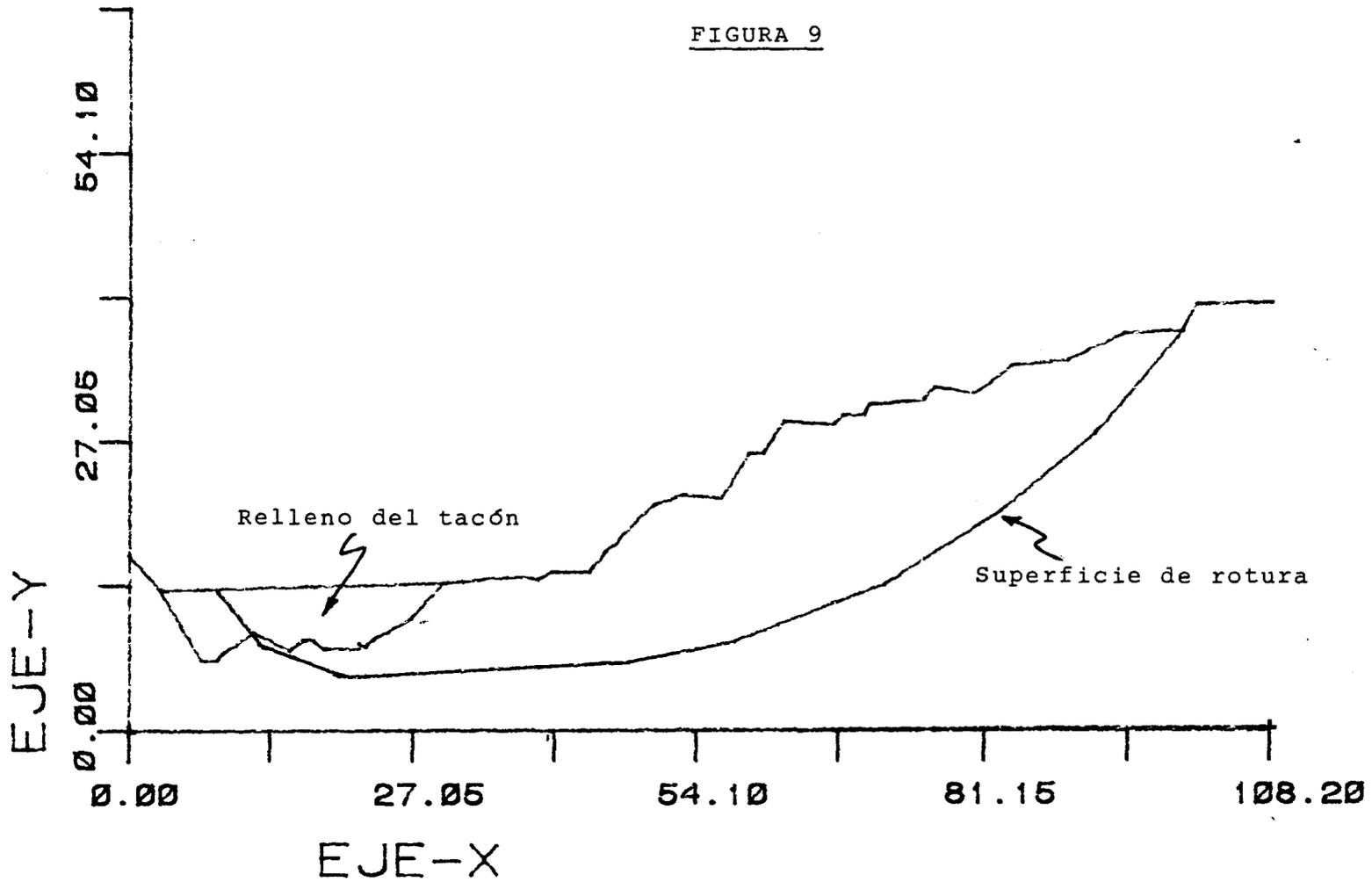
GEOMETRIA DEL TALUD CON LOS DOS TACONES ANALIZADOS



FAC. DE SEGURIDAD PARA SUPERFICIE DADA = 0.846

MODELO DE ROTURA A CON TACÓN DE 20 m. DE ALTURA. $r_u = 0.5$

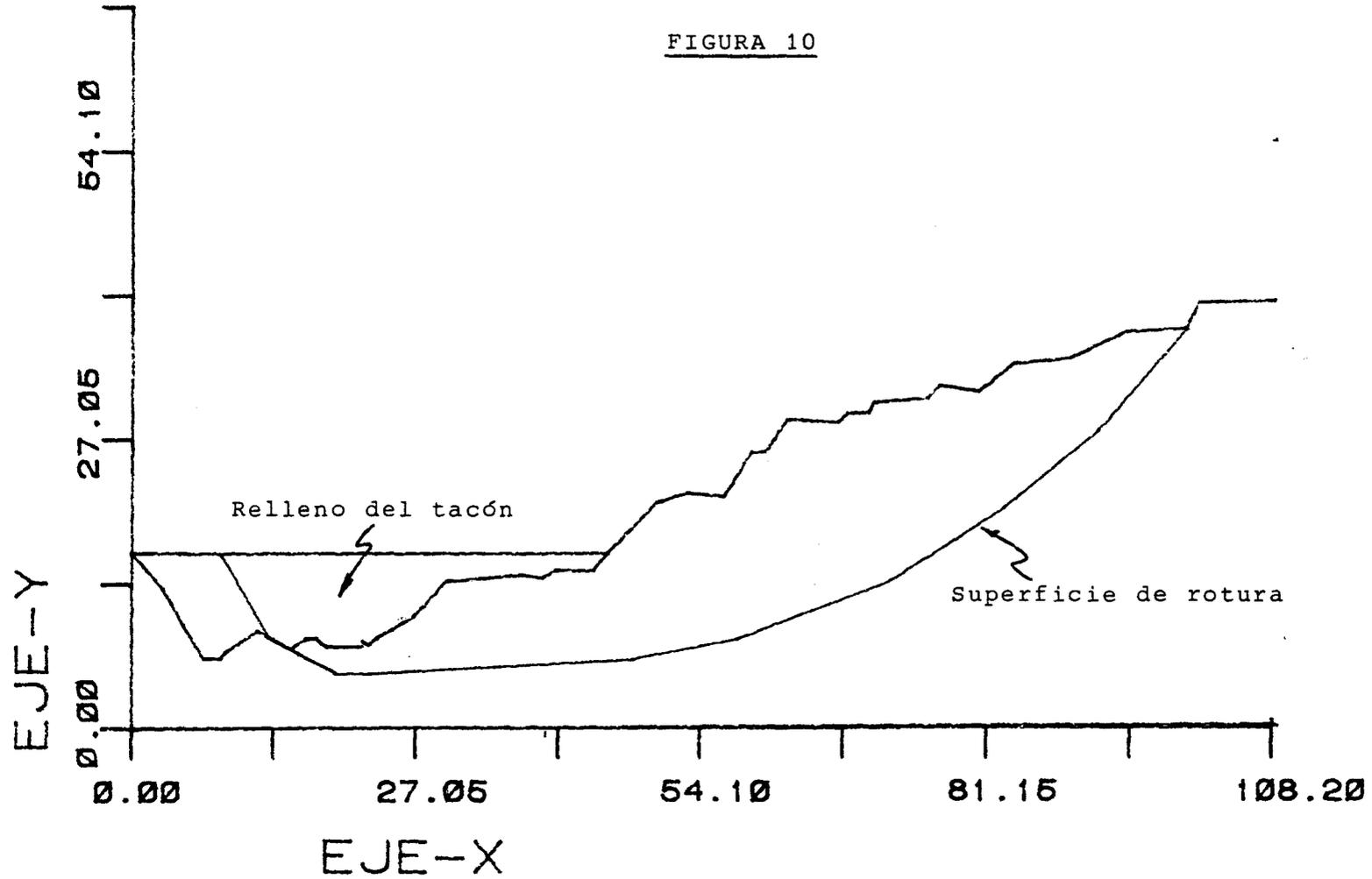
FIGURA 9



FAC. DE SEGURIDAD PARA SUPERFICIE DADA = 2.010

MODELO DE ROTURA A CON TACON DE 30 m. DE ALTURA. $r_u = 0.4$.

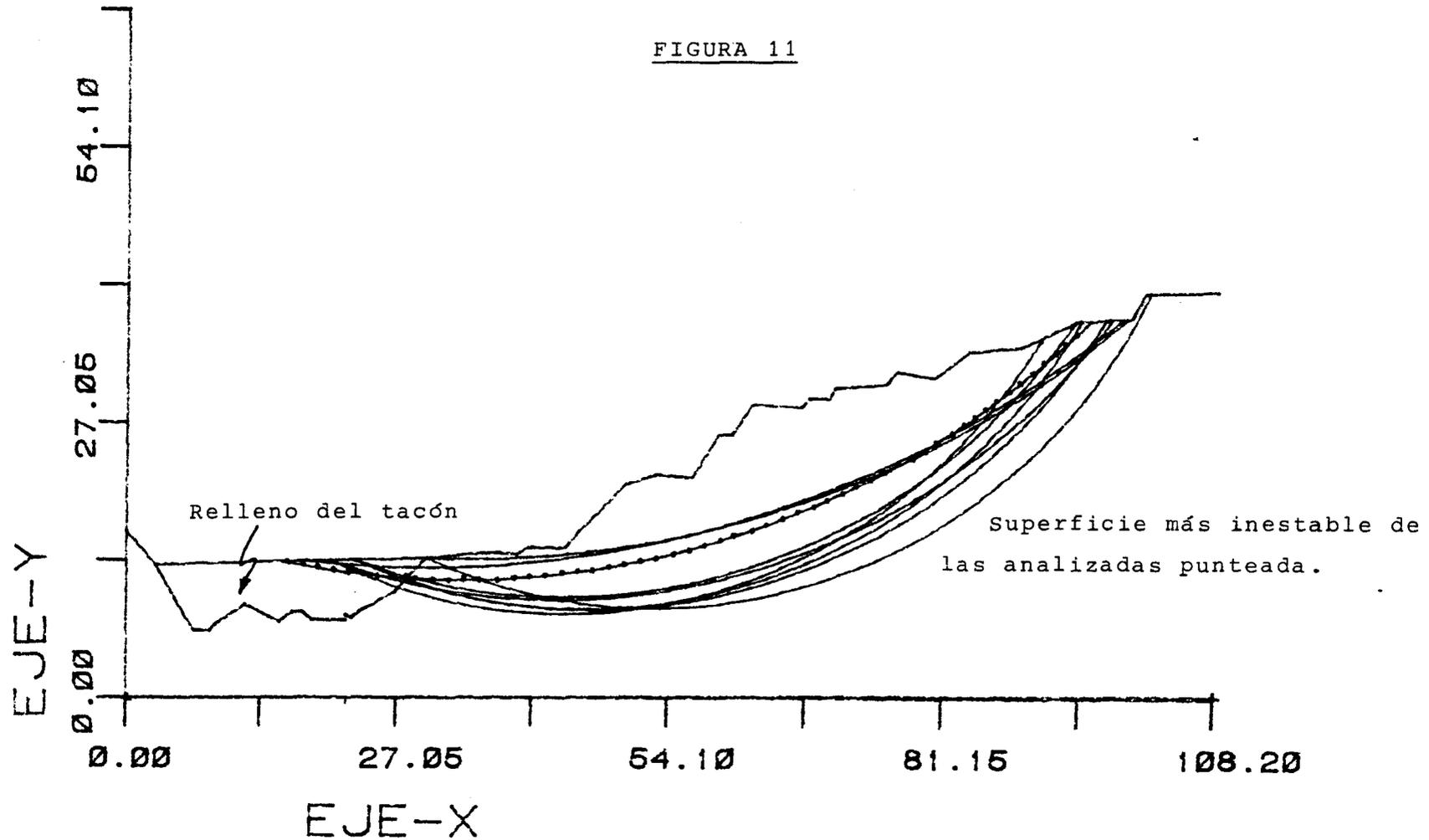
FIGURA 10



10 SUPERFICIES MAS CRITICAS
FACTOR DE SEGURIDAD MINIMO = 0.813

MODELO DE ROTURA A CON TACION DE 20 m. DE ALTURA. $r_u = 0.4$

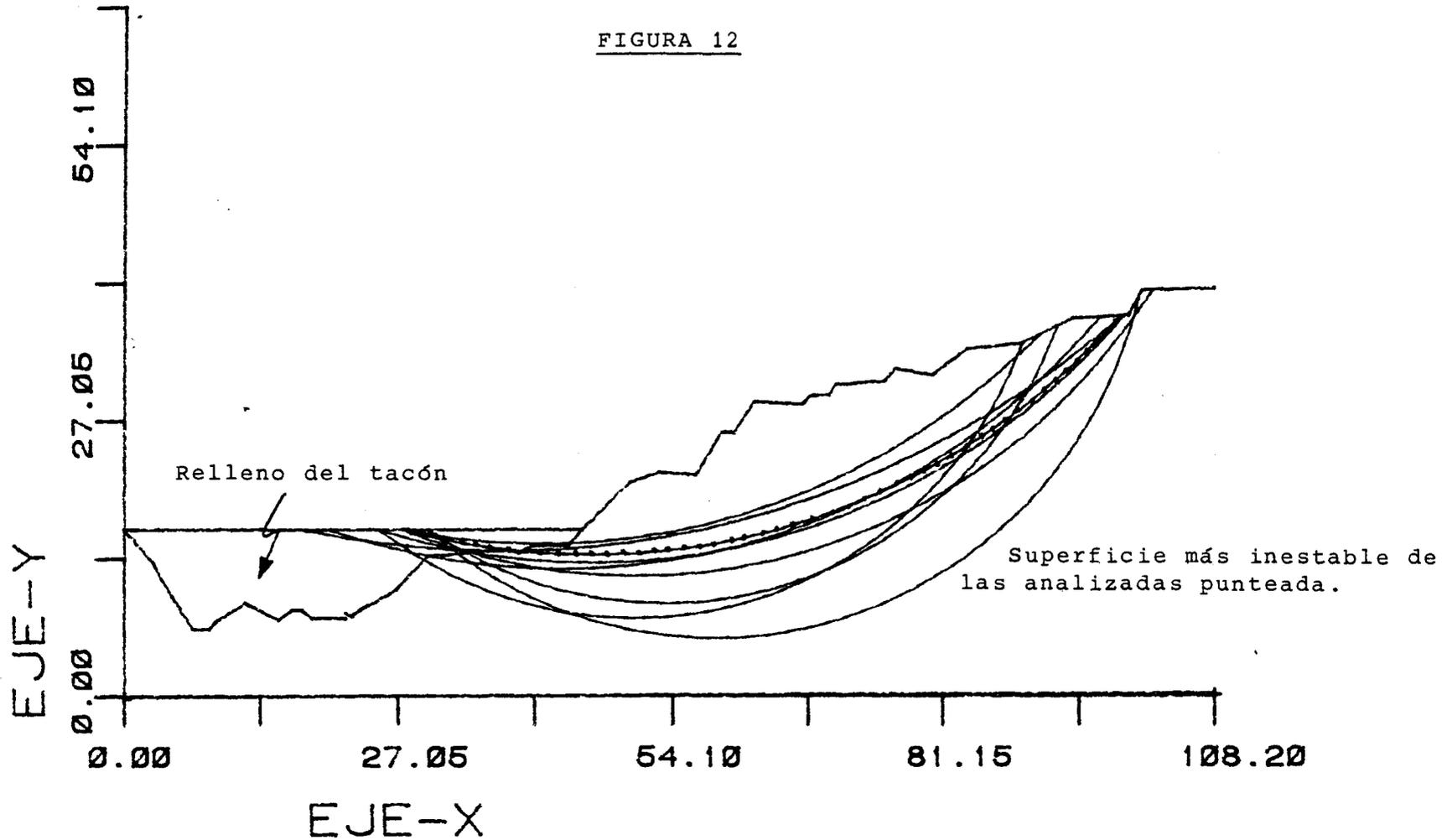
FIGURA 11



10 SUPERFICIES MAS CRITICAS
FACTOR DE SEGURIDAD MINIMO = 0.994

MODELO DE ROTURA A CON TACON DE 30 m. DE ALTURA. $r_u = 0.4$

FIGURA 12



7.- SOLUCIONES ALTERNATIVAS.

7.1. Construcción de un tacón de 20 m. de altura.

La primera solución al problema existente sería la construcción de una nueva carretera de nuevo trazado que salve la zona deslizada (ver plano en los "Anexos" con la nueva configuración). Asimismo habrá que mejorar el final del tramo, ya que se aprovecha la carretera que atraviesa el pueblo de Villahermosa del Río.

Como medida estabilizadora sobre la ladera afectada por el deslizamiento, se instalará un tacón de tierra de 20 m. de altura y en un tramo de 90 m. de longitud a lo largo del río. Tan sólo se compactarán las zonas próximas a las tuberías metálicas (ver figuras 7.1.1. (A), 7.1.1 (B) y 7.1.2.).

Figura 7.1.1. (A).

SOLUCION 1.-

(PERFIL TRANSVERSAL AL RIO, CORRESPONDIENTE AL TACON DE 20 m. DE ALTURA).

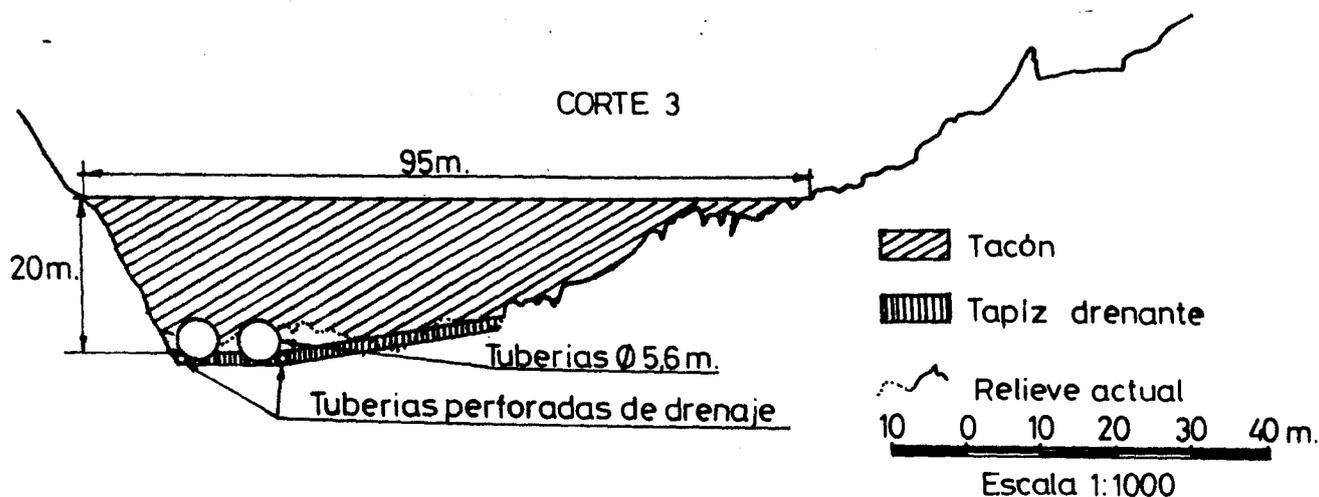


Figura 7.1.1. (B).

SOLUCION 1.-

(PERFIL TRANSVERSAL AL RIO, CORRESPONDIENTE AL TACON DE 20 m. DE ALTURA).

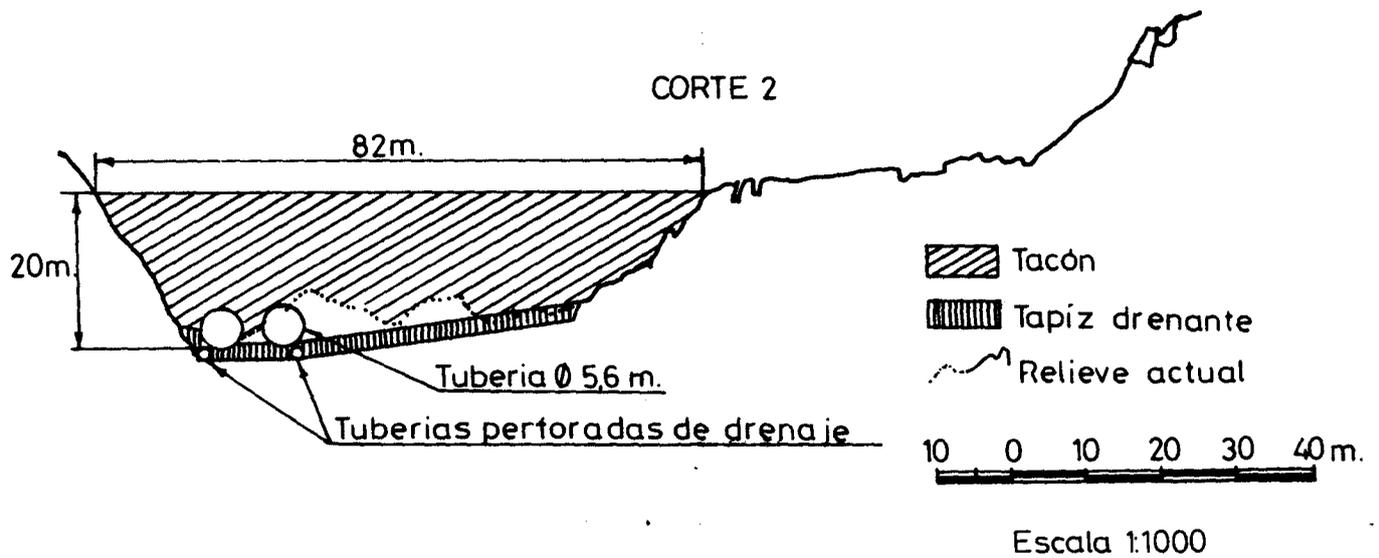
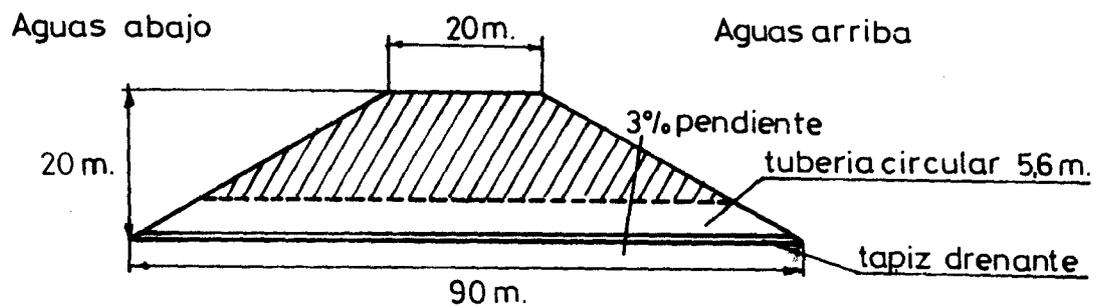


Figura 7.1.2.

SOLUCION 1.-

(PERFIL LONGITUDINAL AL RIO, CORRESPONDIENTE AL TACON DE 20 m. DE ALTURA).



El drenaje correspondiente al Río Vistabella se realizará mediante 2 tuberías de chapas estructurales de acero, corrugado transversalmente, montadas en obra y con un revestimiento asfáltico interior. Estos grandes conductos permitirían evacuar eficientemente el caudal aportado por el río durante la avenida de periodo de retorno de 500 años. Asimismo permitiría el paso de grandes árboles transportados por el río durante esta crecida, evitando así que se pudieran represar las aguas.

Las dimensiones de estos conductos serán:

- Diámetro 6,639 m.
- Espesor 7,112 mm.
- Corrugación 152,4 x 50,8 mm.
- N.º de chapas en la circunferencia 12
- Pendiente 3%
- Pernos por 0,305 m. 4 de 19 mm.

A la entrada y salida de la tubería se instalarán las estructuras apropiadas.

Se construirá un tapiz drenante (zahorra) de 0,60 m. de espesor, que actuará asimismo como terreno de cimentación de las grandes tuberías metálicas. Opcionalmente se podrá instalar un geotextil permeable que actúe como filtro entre el material del tapiz permeable y el del tacón. A ambos lados de las tuberías metálicas irán sendas tuberías perforadas de drenaje de 30 cm. de diámetro (dos en total). La salida de las mismas irán protegidas por una rejilla adecuada para evitar la entrada de roedores a la tubería.

Finalmente, se podrían revegetar los taludes del tacón para disminuir el impacto visual y proteger los taludes de la erosión. Esta labor se realizaría de forma opcional.

7.2. Construcción de un tacón compactado de 30 m. de altura.

Otra solución alternativa consistiría en la realización de un tacón de tierra compactada de mayores dimensiones: 30 m. de altura y 150 m. de longitud. (Ver figuras 7.2.1.(A), 7.2.1(B) y 7.2.2.).

Figura 7.2.1. (A).

SOLUCIÓN 2.-

(PERFIL TRANSVERSAL AL RIO, CORRESPONDIENTE AL TACON DE 30 m. DE ALTURA).

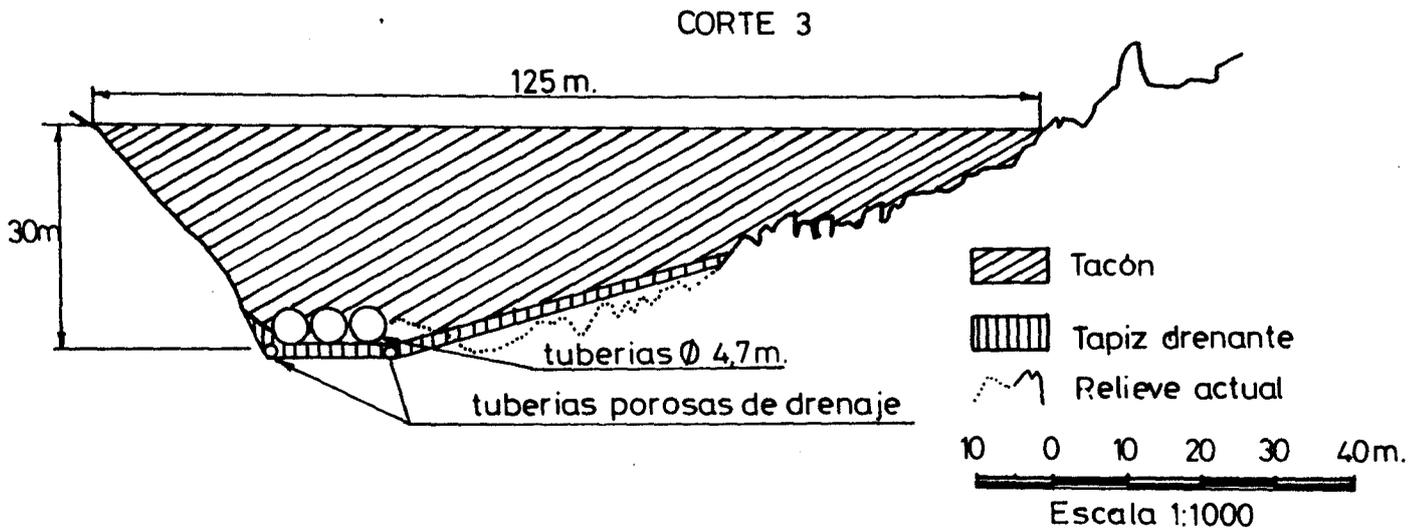


Figura 7.2.1. (B)

SOLUCION 2.-

(PERFIL TRANSVERSAL AL RIO, CORRESPONDIENTE AL TACON DE 30 m. DE ALTURA).

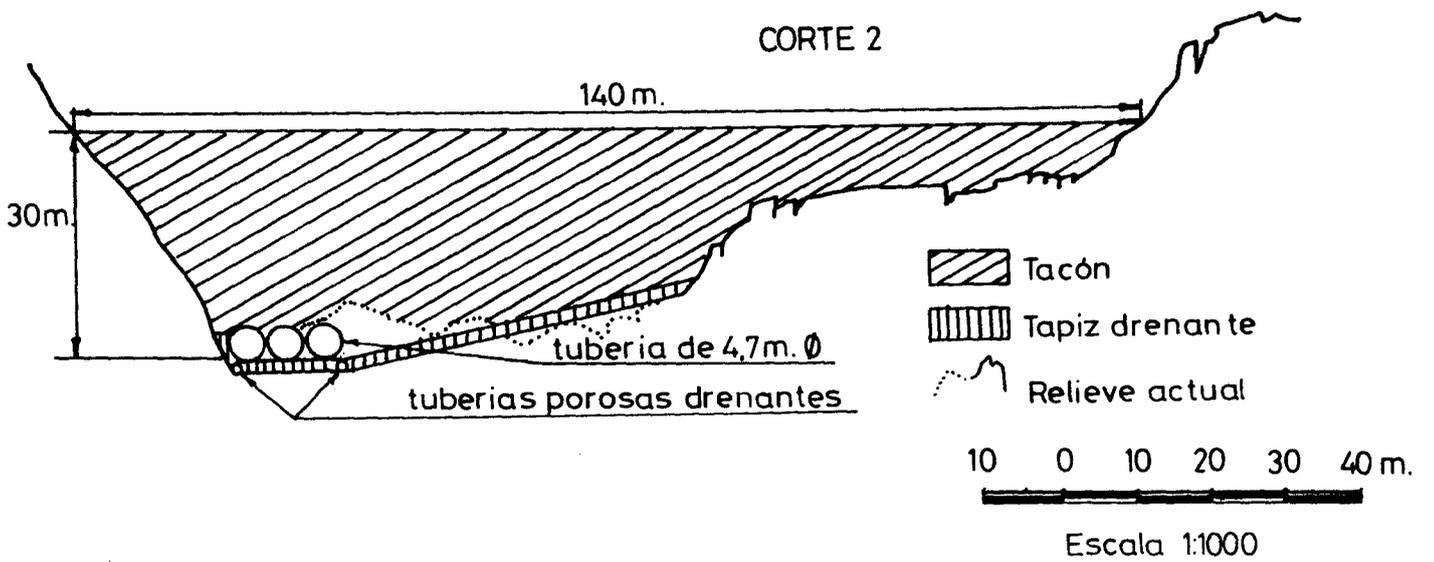
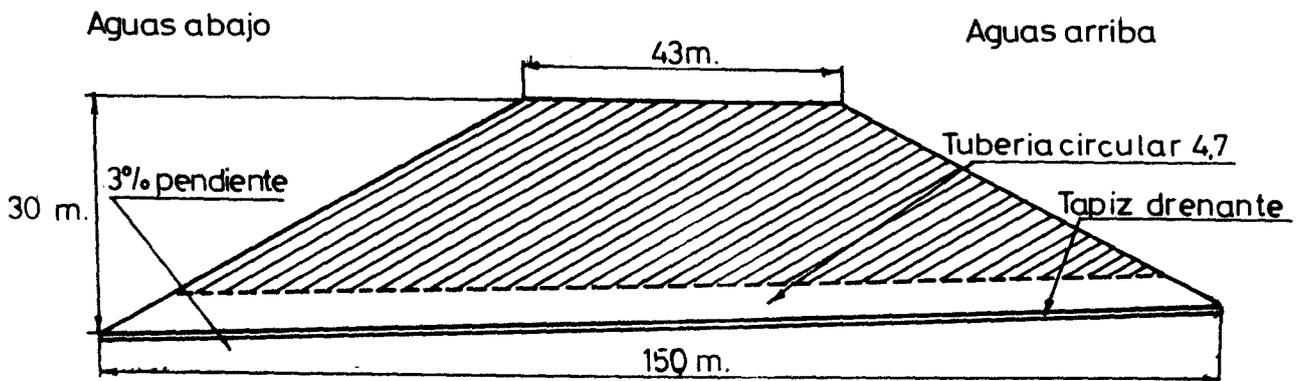


Figura 7.2.2.

SOLUCION 2.-

(PERFIL LONGITUDINAL AL RIO, CORRESPONDIENTE AL TACON DE 30 m. DE ALTURA).



- Una vez finalizado el tacón, se podría reconstruir la carretera con su actual trazado.

El tacón se realizaría con material de préstamo, compactado por tongadas de 0,5 m. (salvo en las proximidades de las tuberías metálicas, en donde las tongadas serán de 15 cm.).

El drenaje del Río Vistabella se realizará mediante 3 tuberías de chapas estructurales de acero corrugado transversalmente, montadas en obra y con revestimiento asfáltico interior. Estos grandes conductos permitirían evacuar eficientemente el caudal aportado por el río durante la avenida de periodo de retorno de 500 años, incluso si arrastra árboles procedentes de su cuenca de recepción.

Las dimensiones de estos conductos serán:

- Diámetro 4,724 m.
- Espesor 7,112 m.
- Corrugación ... 52,4 a 50,8 milímetros.
- N.º de chapas en la circunferencia = 10.
- Pendiente de la tubería 3 %.
- Pernos por 0,305 m. 4 de 19 milímetros.

A la entrada y salida de la tubería se instalarán las estructuras apropiadas.

Se construirá un tapiz drenante (zahorra) de 0,60 m. de espesor, que actuará asimismo como cimentación de las grandes tuberías metálicas. Opcionalmente se podrá instalar un geotextil permeable que actúe como filtro entre el material del tacón y el tapiz. A cada extremo irá una tubería perforada de drenaje de 30 cm. de diámetro (dos en total). La salida de la misma irá protegida con una rejilla.

Por último, y de forma opcional, se podrían revegetar los taludes del tación (por ejemplo mediante hidrosiembra), disminuyendo así el impacto visual y protegiendo las paredes contra la erosión.

8.- DISEÑO ESTRUCTURAL.

La construcción de un gran tacón, que favorezca la estabilización de la ladera, lleva consigo la instalación de grandes drenajes que permitan que el agua del Río Vistabella pase a través del terraplén.

Los grandes caudales del río en periodo de avenidas (ver apartado de Hidrología), así como la necesidad de conductos de grandes dimensiones (tuberías aprox. a los 5 m. de diámetro) y que sean fácilmente transportables, han conducido a la elección de tuberías de chapas estructurales de acero corrugado montadas en obra, como la opción más válida.

De entre las formas de los conductos corrugados se ha elegido la circular por su mayor resistencia ante terraplenes de gran altura.

8.1. Cálculo de las dimensiones de las tuberías.

El proceso de diseño estructural de dichos drenajes consiste en los pasos siguientes:

A) Determinación de la densidad del material para el terraplén.

Solución 1: Tacón de 20 m.

Para los fines proyectados, no es necesaria una compactación rigurosa del material del tacón; pues aunque se produzcan asientos en el terraplén (que serán más visibles en la coronación del mismo), no influirán en el buen funcionamiento del tacón. Si será de gran interés la compactación de los materiales que constituyan la cimentación de las tuberías y para el tapiz drenante.

El material para el tacón será de buena calidad, de manera que permita un ángulo de las pendientes de los taludes en torno a 30°.

La densidad del material es previsible que ronde los 1.800 Kg./m³.

Solución 2: Tacón compactado de 30 m.

Para esta opción será necesario compactar el material por tongadas, debido a las dimensiones del terraplén (tacón):

Si no se realizará esta operación, no verificarían las condiciones de resistencia estructural de las tuberías de chapas de acero corrugado.

En este caso la densidad del material del terraplén puede estimarse en 1,92 Tn/m³.

B) Presión para el diseño.

P_p = Presión de diseño

Fórmula:

P_p = Presión de diseño

$P_p = K \cdot CM$

K = Coeficiente de carga

CM = Cargas muertas.

Solución 1 (Tacón de 20 m.)

$$CM = 15 \cdot 1.800 = 27.000 \text{ Kg/m}^2$$

$$K = 1,2$$

$$P_p = 1,2 \cdot 27.000 = 32.400 \text{ Kg/m}^2$$

Solución 2: (Tacón compactado de 30 m.).

$$CM = 25 \cdot 1.922 = 48.050 \text{ Kg/m}^2$$

$$K = 0,86$$

$$Pp = 0,86 \cdot 48.050 = 41.323 \text{ Kg/m}^2$$

C) Compresión anular.

La compresión anular (C) es una carga axial que actúa en forma tangencial sobre la pared del conducto.

$$C = Pp \cdot \frac{D}{2}$$

C = Compresión anular.

Pp = Presión de diseño.

D = Diámetro de la tubería.

Solución 1: (Tacón de 20 m.).

$$C = 32.400 \cdot \frac{5,639}{2} = 91.351 \text{ Kg/m.}$$

Solución 2: (Tacón compactado de 30 m.).

$$C = 41.323 \cdot \frac{4,724}{2} = 97.604 \text{ Kg/m.}$$

D) Esfuerzo admisible para la pared.

Solución 1: (Tacón de 20 m.).

Para corrugaciones de 6 x 2 pulgadas y para una tubería de 5,64 m. de diámetro, le corresponde un esfuerzo máximo compresivo de 2.215 Kg/cm². Aplicando un factor de seguridad 2, tenemos:

$$fc = \frac{2.215}{2} = 1.107,5 \text{ Kg/cm}^2$$

Solución 2: (Tacón compactado de 30 m.).

Para corrugaciones de 6 x 2 pulgadas y para una tubería de 4,72 m. de diámetro, le corresponde un esfuerzo máximo compresivo de 2.320 Kg/cm². Aplicando un factor de seguridad 2, obtenemos:

$$f_c = \frac{2.320}{2} = 1.165 \text{ Kg/cm}^2$$

E) Espesor de la pared.

El área de la pared (A) necesaria se obtiene:

$$A = \frac{C}{f_c}$$

Solución 1: (Tacón de 20 m.).

$$A = \frac{91.315}{11,075} = 8.248 \text{ mm}^2/\text{m.}$$

El espesor de la pared será de 7,112 mm.

Solución 2: (Tacón compactado de 30 m.).

$$A = \frac{97.604}{11,60} = 8.414 \text{ mm}^2/\text{m.}$$

El espesor de la pared será de 7,112 mm.

F) Verificación de la rigidez para la manipulación.

En base a la experiencia se han establecido y formulado exigencias mínimas para la rigidez de la tubería para la manipulación práctica y la instalación sin que hagan falta cuidados especiales ni refuerzos. El coeficiente de flexibilidad resultante (CF) limita el tamaño de cada combinación de corrugación y espesor del metal.

$$CF = \frac{D^2}{E \cdot I}$$

E = Módulo de elasticidad = $211 \cdot 10^6$ Kg/cm²

D = Diámetro en cm.

I = Momento de Inercia de la pared, cm⁴ /cm.

Solución 1: (Tacón de 20 m.).

$$CF = \frac{(563,9)^2}{2,11 \cdot 10^6 \cdot 2717521} = 0,058 \text{ cm/kg.}$$

$$0,058 < 0,112$$

Podrá ser armada en obra con costuras empernadas.

Solución 2: (Tacón compactado de 30 m.).

$$CF = \frac{(472,4)^2}{2,11 \cdot 10^6 \cdot 2717521} = 0,03 \text{ cm/Kg.}$$

$$0,038 < 0,112$$

Podrá ser armada en obra con costuras empernadas.

G) Verificación de las costuras empernadas.

Se hace esta comprobación para la tubería de chapas estructurales con corrugaciones de 6 x 2 pulgadas con 4 pernos de 3/4 de pulgada (19 mm.) por 0,305 m.

Solución 1: (Tacón de 20 m.)

Resistencia admisible: 107.148 Kg/m.

Carga para el diseño: 91.351 Kg/m.

(Verifica)

Solución 2: (Tacón compactado de 30 m.).

Resistencia admisible: 107.148 Kg/m.

Carga para el diseño: 97.604 Kg/m.

(Verifica)

H) Diseño Hidráulico.

Pérdidas por fricción.

$$Q_1 = 225 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q_2 = 150 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$D_1 = 5,64 \text{ m}.$$

$$D_2 = 4,72 \text{ m}.$$

$n = 0,024$ (tubería corrugada transversalmente sin revestir).

- Para la tubería de $\varnothing = 5,64$ m. para un caudal de $225 \text{ m}^3/\text{s}$. le corresponde una pérdida de 0,02 m. por metro.

- A la tubería de 4,72 m. de diámetro, con un caudal de $150 \text{ m}^3/\text{s}$. le corresponde una pérdida de 0,028 m. por metro.

Solución 1: (Tacón de 20 m.).

$0,02 \times 90 = 1,8$ m. de pérdidas.

- Carga máx. disponible: 2,1 m.

Solución 2: (Tacón compactado de 30 m.).

$0,028 \times 150 = 4,2$ m. de pérdidas.

- Carga máx. disponible: 4,5 m.

En ambos casos la carga disponible es superior a la pérdida total, de manera que ambas tuberías son satisfactorias.

Asimismo, si se revistieran con asfalto las paredes de la tubería, se reducirían aún más las pérdidas por fricción.

8.2. Terminación de los extremos.

En las tuberías de acero corrugado, el propósito principal de las piezas para los extremos es la eficiencia hidráulica, para evitar la socavación de las entradas y salidas, y aumentar la capacidad.

El diseño de los extremos de una tubería flexible difiere en su análisis del proyecto del cuerpo de esa estructura. Si se cortan los extremos de una estructura corrugada para drenaje, para lograr un chaflán o una sesgadura conformada con los taludes del terraplén, se anula la capacidad de la parte extrema de la estructura para resistir la compresión anular. Los muros de cabecera, los taludes empedrados o los pavimentos en declive deben poder servir, en algunos casos, como rebordes de los extremos de la estructura para darles rigidez contra cualquier carga asimétrica del terraplén y la fuerza dinámica del agua. Estos

rebordes, cuando son necesarios, pueden variar desde semiduros de cabecera con muretes interceptores (sobre todo en el extremo de entrada), hasta complicados muros de cabecera que no sólo dan rigidez al extremo de la estructura para impedir daños debidos a la fuerza del agua, sino que mejoran la eficiencia hidráulica de la entrada.

Las estructuras de gran diámetro, y aquellas en que hay una combinación de sesgo y chaflán, presentan problemas de distorsión en el extremo. Por regla general no debe excederse un sesgo de 20° con chaflán de 2:1.

-En las figuras 8.2.1. y 8.2.2. aparecen diseños para la entrada y salida. En el extremo de entrada deberá asimismo protegerse de la erosión con escollero.

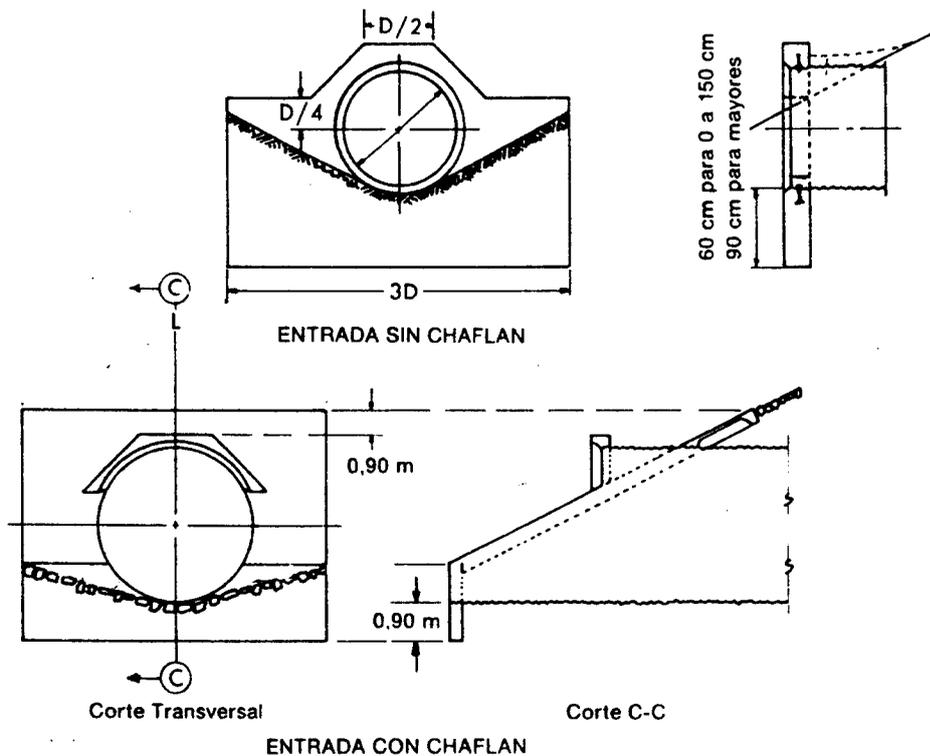


Figura 8.2.1. .: Terminación del extremo de entrada para grandes estructuras de acero corrugado.

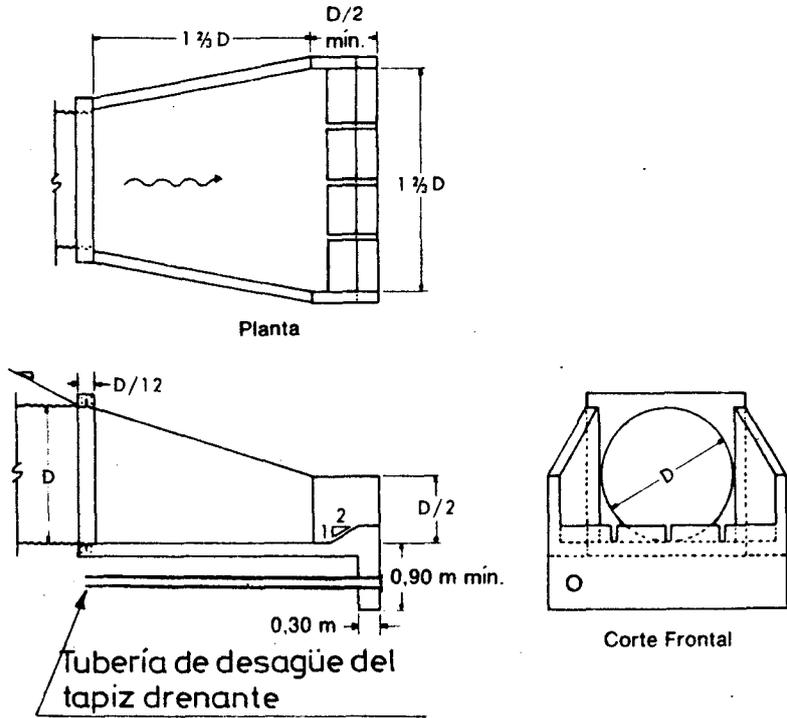


Fig. 8.2.2. Terminación del extremo de salida para grandes estructuras de acero corrugado.

El mayor problema hidráulico en el extremo de la salida es impedir la obstrucción causada por la sedimentación, el daño ocasionado por la socavación, y la erosión del cauce aguas abajo.

Los extremos cortados deben anclarse con pernos de cabeza. Puede ser necesario arriostrar temporalmente los extremos de las estructuras, generalmente en sentido horizontal, para evitar cualquier deformación desagradable. El voladizo del extremo del conducto cortado en sesgo o chaflán puede requerir apuntalamiento hasta completar la pavimentación del talud.

8.3. Terreno de cimentación. Tapiz drenante.

Una cimentación apropiada para un conducto subterráneo mantendrá la elevación y la pendiente del fondo de la estructura en la posición proyectada, con el conducto con la conformación transversal deseada, sin concentración de presiones en la cimentación que tienden a producir tensiones excesivas en el conducto. No debe prepararse jamás un "lecho duro" para la tubería ya que no amortiguaría el "golpe" de la carga (tacón).

Las rocas grandes o los lechos de roca deben reemplazarse por material apropiado.

En nuestro caso, deberemos extraer y reemplazar por relleno adecuado (zahorra) el terreno de cimentación (ver figura 8.3.1.).

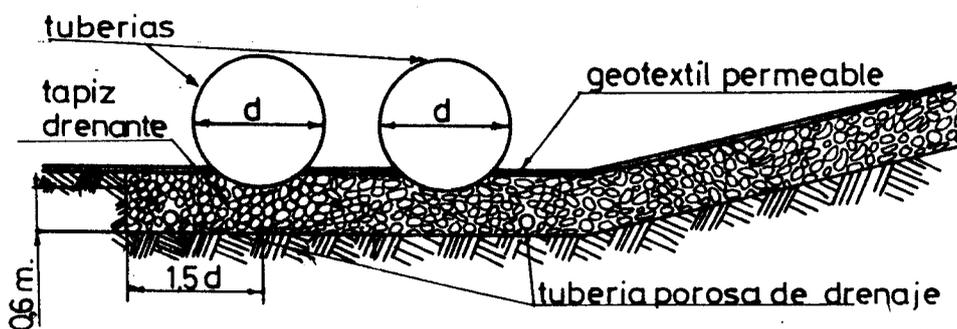


Fig. 8.3.1. Terreno de cimentación y tapiz drenante.

La capa de zahorra deberá continuarse por las laderas, (ver perfil transversal al río, capítulo 7) obteniendo así un tapiz drenante del tacón. Tendrá un espesor próximo al medio metro, y llevará dos tuberías perforadas de drenaje, de 30 cm. de diámetro (una a cada lado de los grandes conductos de acero corrugado).

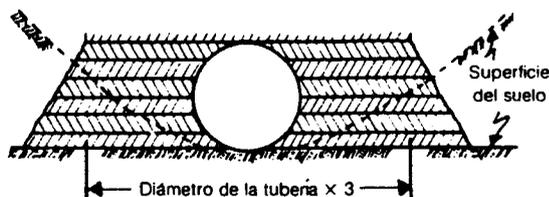
Opcionalmente se puede instalar un geotextil permeable entre el tapiz drenante y el material del tacón.

El tapiz drenante terminará a 15 m. del extremo de entrada de la tubería, para evitar filtraciones. El terreno de cimentación de las grandes tuberías estará formado en esa zona por zahorra con abundante arcilla (impermeable).

8.4. Material del tacón.

La estabilidad de un sistema con interacción entre la estructura y el suelo, requiere no solamente el diseño adecuado de la tubería de la estructura, sino que supone igualmente un relleno proyectado debidamente. El comportamiento del conducto flexible, que debe mantener tanto su conformación como su integridad estructural, dependerá en gran medida de la selección, la colocación y la compactación de la envoltura de tierra que rodeará la estructura, distribuyendo las presiones a las masas de tierra contiguas.

Las exigencias para la selección y colocación del material de relleno en torno o cerca de la tubería, son similares a las aplicables para un terraplén vial. La diferencia principal en las exigencias se debe al hecho de que el conducto puede generar presión lateral mayor que la presión que ejercería la tierra dentro del terraplén si no existiera la estructura.



Notas: Colocar el relleno en capas de 0,15 m uniformes y bien compactadas.
Mantener el relleno al mismo nivel a ambos lados de la tubería.

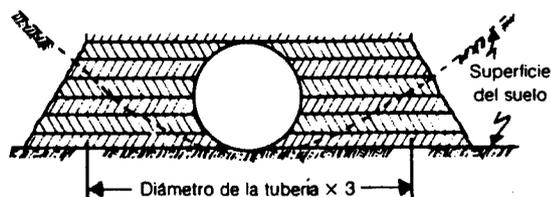
Fig. 8.4.1. El relleno debe colocarse en capas uniformes y bien compactadas de 0,15 m. a ambos lados de la estructura.

En la solución 1, que conlleva la construcción de un tacón de 20 m. de altura, será preciso compactar el relleno tan sólo en las proximidades (3 diámetros) de las tuberías (ver figura 8.4.1.).

8.4. Material del tacón.

La estabilidad de un sistema con interacción entre la estructura y el suelo, requiere no solamente el diseño adecuado de la tubería de la estructura, sino que supone igualmente un relleno proyectado debidamente. El comportamiento del conducto flexible, que debe mantener tanto su conformación como su integridad estructural, dependerá en gran medida de la selección, la colocación y la compactación de la envoltura de tierra que rodeará la estructura, distribuyendo las presiones a las masas de tierra contiguas.

Las exigencias para la selección y colocación del material de relleno en torno o cerca de la tubería, son similares a las aplicables para un terraplén vial. La diferencia principal en las exigencias se debe al hecho de que el conducto puede generar presión lateral mayor que la presión que ejercería la tierra dentro del terraplén si no existiera la estructura.



Notas: Colocar el relleno en capas de 0,15 m uniformes y bien compactadas.
Mantener el relleno al mismo nivel a ambos lados de la tubería.

Fig. 8.4.1. El relleno debe colocarse en capas uniformes y bien compactadas de 0,15 m. a ambos lados de la estructura.

En la solución 1, que conlleva la construcción de un tacón de 20 m. de altura, será preciso compactar el relleno tan sólo en las proximidades (3 diámetros) de las tuberías (ver figura 8.4.1.).

En la solución 2, que contempla la construcción de un ta
cón de 30 m. de altura, será necesario la compactación de todo
el terraplén ante las grandes dimensiones del mismo.

Hay una amplia variedad de terrenos que se pueden emplear
como material de relleno entorno a conductos.

El material de relleno debe ser preferentemente granular
para asegurar un buen desempeño estructural. Puede emplearse
también material del tipo cohesivo si se presta atención cu
idado a la compactación con proporción óptima de humedad. La grava
sin cribar o algún material similar, compactado, resulta ideal.

El material para relleno debajo de los cuartos inferiores
y entorno de la estructura debe colocarse en capas alternas de
0,15 m. a ambos lados de la tubería para permitir un buen apiso-
namiento. El relleno se coloca alternadamente para mantenerlo a
la misma altura a ambos lados de la estructura.

El apisonamiento puede efectuarse con equipo manual o me-
cánico, rodillos apisonadores o compactadores vibratorios, según
las condiciones en la obra. Más importante que el método es el
hecho de que el trabajo se efectúe con cuidado para asegurar un
relleno bien compactado.

8.5. Protección contra la abrasión de la tubería.

- Existen dos tipos de protección:

8.1. Revestimiento asfáltico solamente (sin pavimento).

Los revestimientos asfálticos son muy útiles para la protección de la tubería bajo muchas circunstancias. Sin embargo, el empleo de revestimientos solamente en el interior de la tubería es de utilidad limitada.

8.2. Revestimiento asfáltico y Pavimentación:

El revestimiento con asfalto y la pavimentación del fondo ofrecen una protección mucho mayor que el revestimiento de asfalto solamente.



Fig. 8.2.1. Corte del revestimiento bituminoso centrifugado sobre todo el perímetro interior de la tubería de acero corrugado.

Para las dos soluciones que se sugieren (tacón 20 y 30 m.), se recomienda un revestimiento asfáltico interior (que se ejecutará en obra con las chapas limpias y secas), y si fuera posible un pavimento interior de 3,2 mm. de espesor que protegerá contra la abrasión y el impacto de grava y cantos.

De éste modo se obtendrán entre 20 y 25 años de vida adicional para la estructura y se disminuirán las pérdidas por fricción.

9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- CONCLUSIONES.

1. El deslizamiento de Villahermosa del Río, a orillas del Río Linares constituye un acontecimiento ya conocido dentro de la región. Fenómenos parecidos, quizás no de la misma embergadura y espectacularidad, se han producido dentro del mismo valle; en las proximidades y en otro tiempo.

2. No cabe duda que las características geológicas-geomorfológicas constituyen un primer condicionante que ha favorecido el desarrollo del proceso.

a) El tipo de materiales sobre los que se ha producido el fenómeno.

b) Los claros antecedentes estructurales que como ya se ha analizado determinan un sistema de fracturas que han favorecido límites y planos del deslizamiento.

c) El progresivo encajamiento del Río Linares que, drenando una superficie cercana a los 200 Km². erosiona en este tramo el propio cauce incrementando así las pendientes y rebajando por lo tanto el factor de seguridad de los taludes.

3. El abancalamiento de toda la ladera constituye un factor negativo en todo el proceso pues: a) impide el natural drenaje de la ladera a través de sus primitivos barrancos y redes convergentes; actúa a la inversa, facilitando que esas escorrentías se acumulen, penetren y permanezcan en el terreno. b) Se realizan riegos artificiales mediante acequias conduciendo aquí nuevos aportes.

4. Sin duda (la gota que colma ...) las intensas precipitaciones, que como se recoge en el presente análisis, se han producido en tiempo precedente al deslizamiento combinadas con la especial morfología de la ladera (que como hemos mencionado ya presenta una tendencia a retener más que a drenar) son las que determinan el factor decisivo del movimiento.

5. Como conclusiones generales del análisis de estabilidad se pueden establecer:

- La configuración actual de la ladera resulta inestable ante roturas circulares no profundas y generales (abarcando a todo el talud analizado) a partir de valores de $r_u > 0,2$ aproximadamente, lo que equivale a una altura del nivel freático en el talud de unos 2/5 de la altura del talud considerado.

- Los análisis han sido realizados tomando una cohesión del material nula, es decir, considerando el estado residual del terreno como consecuencia de haberse producido ya la rotura, y en el caso más desfavorable al tener en cuenta solo la fricción; así pues, los factores de seguridad obtenidos son los menores que se pueden presentar en el talud, y por tanto, cabe considerarlos para obtener una idea del estado actual de equilibrio del talud.

- La construcción de un tacón drenado en la base del talud aumenta sensiblemente la estabilidad general de las posibles superficies generales circulares de rotura más inestables (tabla 4). Para un tacón de 20 m. de altura, el talud resulta inestable para $r_u \geq 0,3$ aproximadamente, mientras que para una altura de 30 m. la estabilidad ocurre para $r_u \geq 0,4$. La construcción del tacón con $H = 20$ m. sería eficiente en caso de mantener el talud drenado para que en ningún caso se alcanzase un nivel freático superior a 3/5 de altura del talud; en caso contrario, de no conseguirse el drenaje suficiente, habría que construir el tacón de mayor altura, manteniéndose éste siempre drenado.

RECOMENDACIONES.

- A la vista de todas las conclusiones en las que se analizan los factores que combinados han dado el deslizamiento y en virtud de las especiales características que reúne ahora el terreno y de la urgente necesidad de dar acceso hacia la provincia de Teruel desde esta comarca de Castellón, enumeramos aquí las actuaciones que a nuestro juicio, son las idóneas.

- Se considera que el problema a solventar es la comunicación por carretera de Villahermosa del Río (Castellón) con Puertomingalvo (Teruel).

- 1.- OPCION N.º1.

Variante de la carretera entre Villahermosa y Puertomingalvo y acondicionamiento de un "tacón" que eleve el factor de seguridad de la ladera.

1.1. La construcción de la nueva variante se intentaría ajustar al trazado realizado en el plano adjunto (línea de trazos). Esta variante se acercaría al terreno del deslizamiento haciendo allí una curva y retrocediendo y subiendo a ganar cota circunvalando el cerro que domina el propio pueblo de Villahermosa (852,00 m.). De ahí iría, ya arriba, a enlazar con un camino vecinal (ya asfaltado) que enlaza con la carretera original de Puertomingalvo.

1.2. Construcción del tacón de 20 m. (ver puntos 7 y 8).

- 2.- OPCION N.º 2.

Construcción de un tacón de 30 m. y rehabilitación del tramo de carretera destruido.

En esta opción el cálculo para el tacón y los condicionantes constructivos se recogen en los apartados 7 y 8.

Para la rehabilitación de la carretera se aconseja que la nueva no intente llevar el mismo trazado original sino que intente meterse más en la ladera; de lo contrario el terraplén que sería preciso fabricar constituiría un nuevo elemento de gran embergadura de la irregularidad de la pendiente.

- 3.- OPCION N.º 3.

Construcción de la variante.

Visto el gran costo económico de las dos primeras opciones como solución "pobre" y provisional necesaria si se quieren restablecer la comunicación.

- La construcción del tacón tanto en una u otra opción constaría de las siguientes fases:

1.º Saneamiento y voladura si ello fuese preciso del talud opuesto donde existen inestabilidades patentes, ya mencionadas, que harían peligroso el trabajo posterior sobre el eje del río.

2.º Nivelación del fondo del valle, ocupado en parte por la lengua del deslizamiento.

3.º Construcción del tapiz drenante (zahorra) de 60 cm. de espesor, con dos tuberías de drenaje de 30 cm. Ø (Ver figuras).

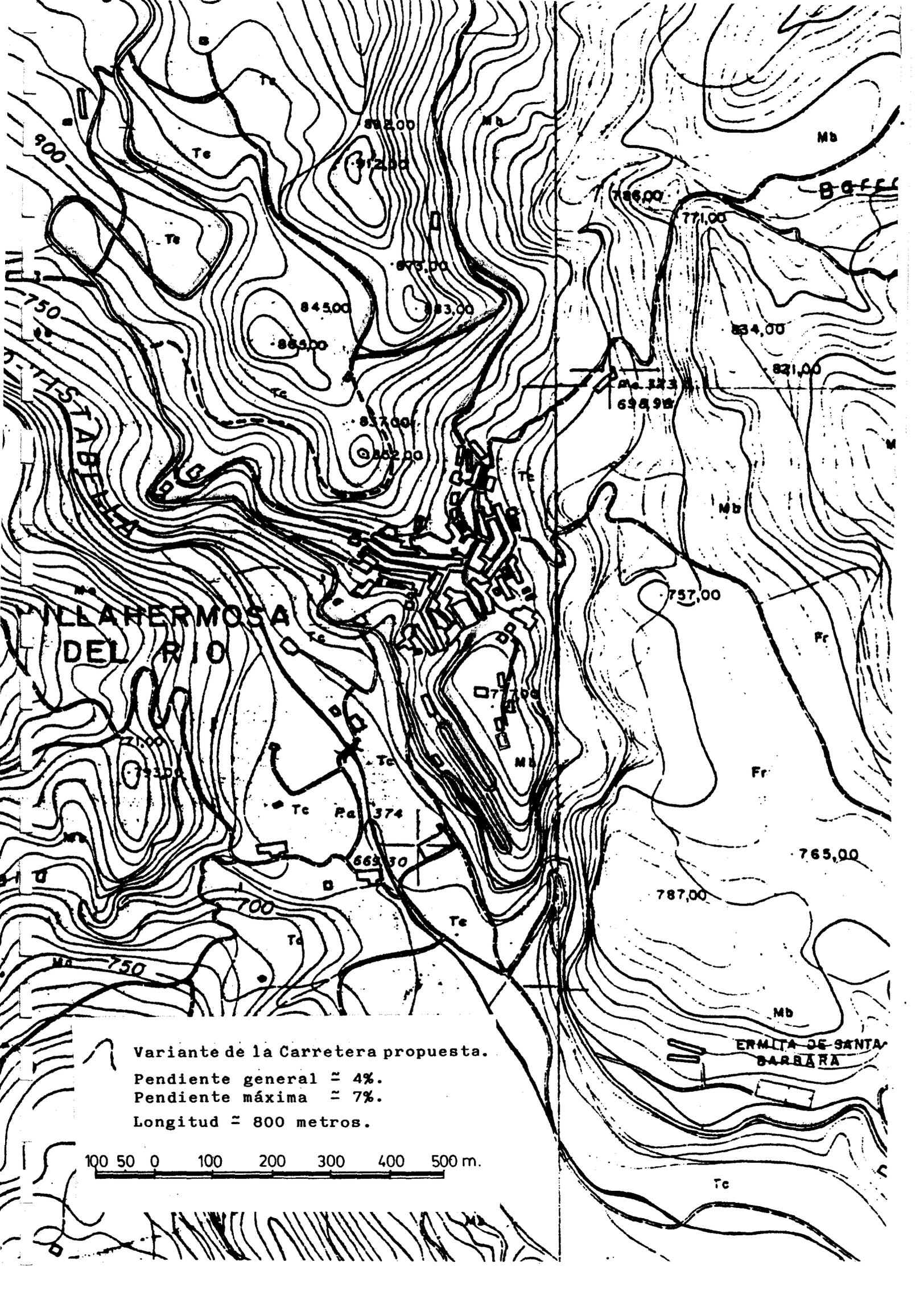
4.º Montaje de las dos (tres) tuberías metálicas por planchas estructurales de acero corrugado de 5,64 m. (4,60) de diámetro.

5.º Construcción del tacón de 20 m. (30 m.) de altura y 90 m. (150 m.) de longitud (en su base) con material de préstamo apto, compactado en tongadas de 15 cm. el terreno próximo a las tuberías metálicas.

6.º Terminaciones de la entrada y salida de las tuberías encauzando tanto un tramo de salida como de entrada del propio río con escollero para evitar erosiones.

7.º Opcionalmente la revegetación de los taludes (posterior y anterior) del tacón por ejemplo con hidrosiembra, disminuyendo así el impacto visual y protegiendo las pendientes contra la erosión.

- Por último en nuestra opinión la opción válida más equilibrada la constituiría la primera de las propuestas por ser ésta la que proporciona una relación precio/eficacia mejor.

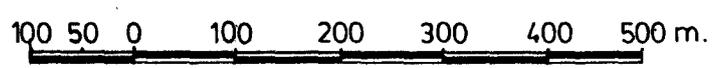


Variante de la Carretera propuesta.

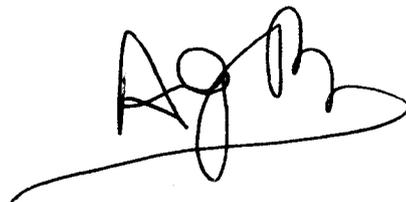
Pendiente general \approx 4%.

Pendiente máxima \approx 7%.

Longitud \approx 800 metros.



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

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'AGB', with a long horizontal flourish extending to the left.

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

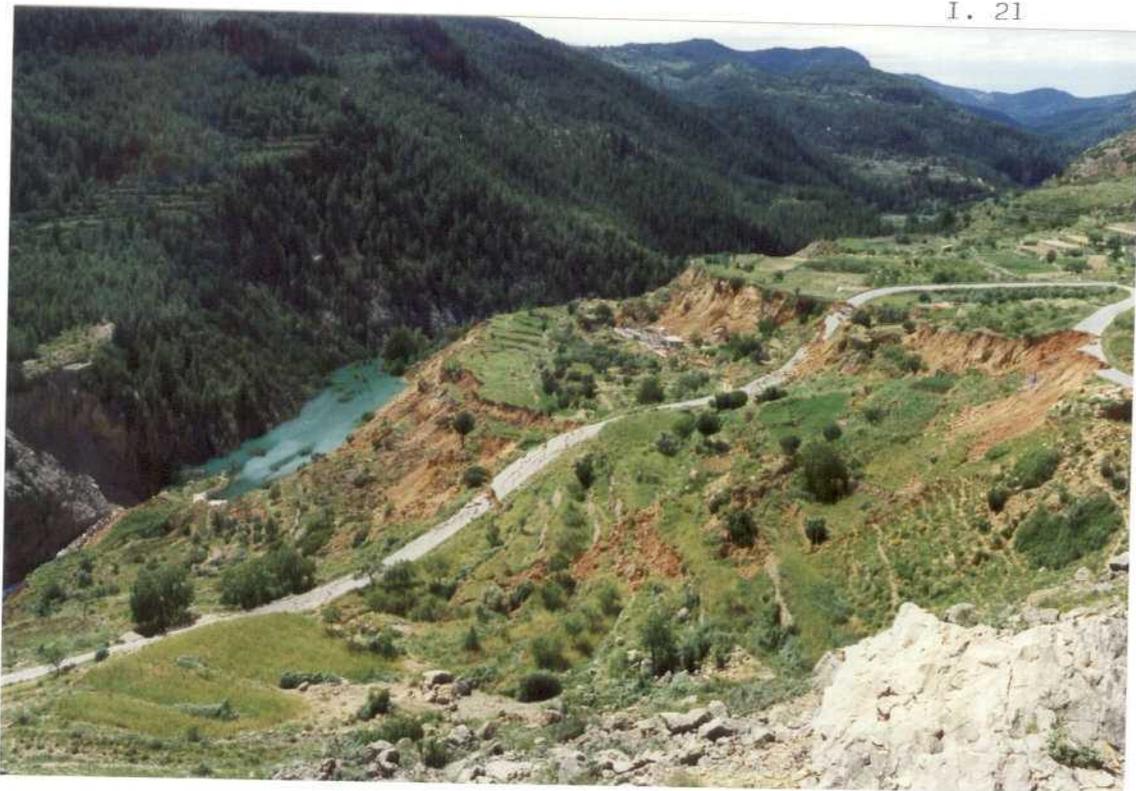
A N E X O S

I. Fotografías.



Fotografía n.º 1 .:

Estado en el que quedó la calzada perteneciente a la carretera local que une Villahermosa del Río con Puertomingalvo. El deslizamiento produjo descensos relativos más acusados en el centro del mismo.



Fotografía n.º 2 .:

Panorámica general del perfil del deslizamiento sobre un alto a la izquierda del mismo.



Fotografía n.º 3 .:

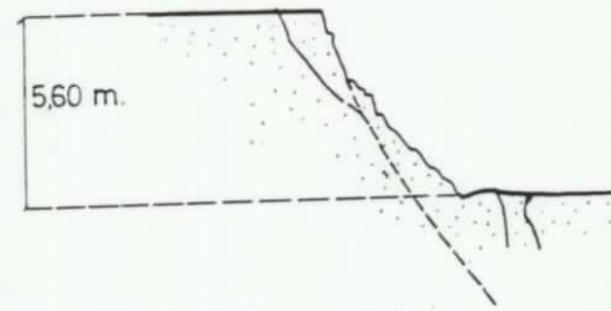
Panorámica general del deslizamiento desde la ladera de enfrente.



PANORAMICA N.º 1.

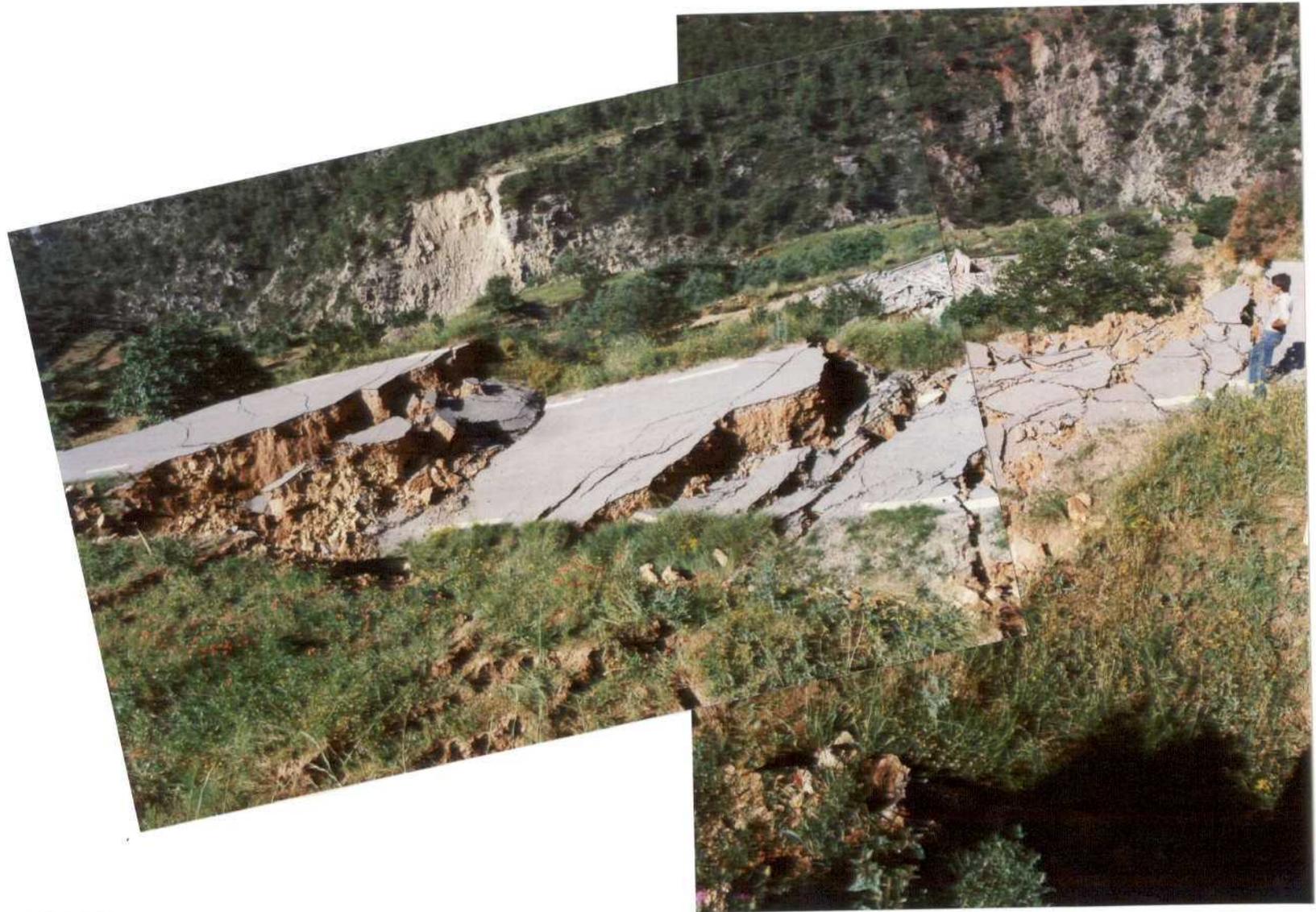
I. 10

I. 11



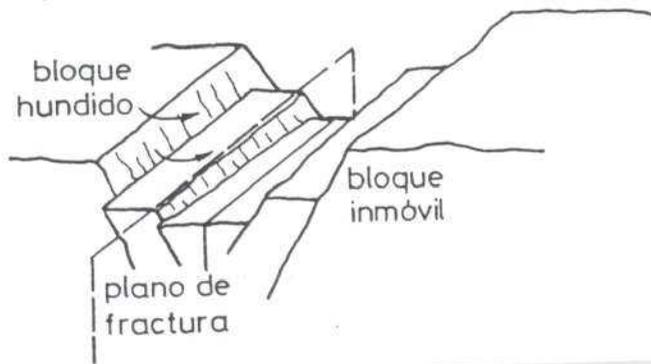
Desplazamiento horizontal 3,60 m.

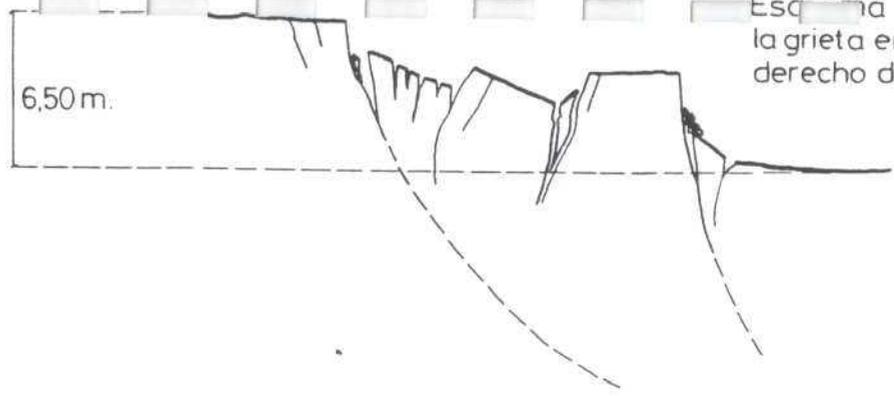




PANORAMICA N.º 2.

ESQUEMA





Esquema detallado de la grieta en el flanco derecho del deslizamiento.

I. 16



I. 18

PANORAMICA N.º 3.





ALINEACION DE ESTACAS

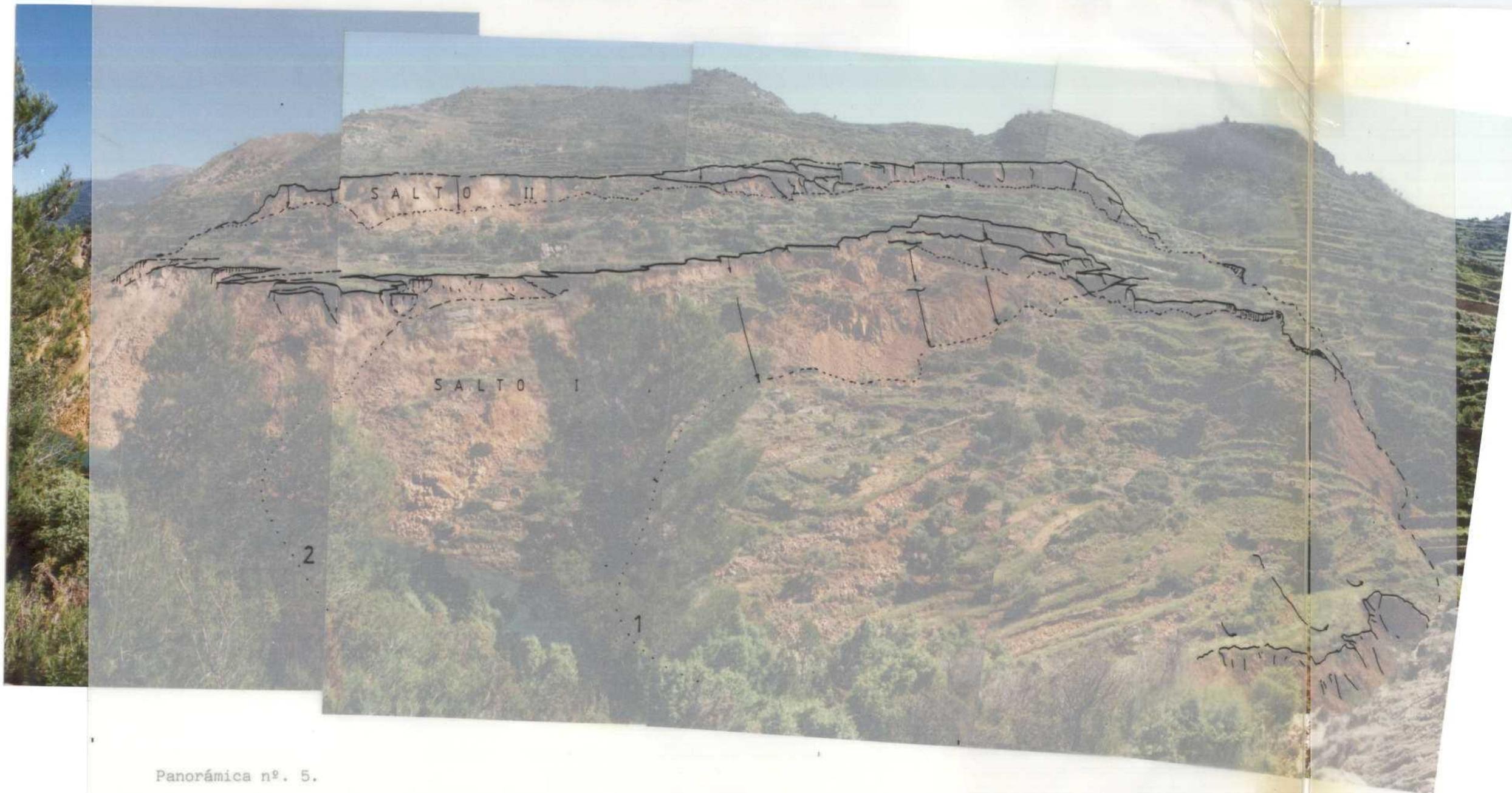
1

5

Panorámica n.º 4 .:

Panorámica general de todo el deslizamiento, desde un punto situado en un alto a la izquierda del mismo. Obsérvese dos conjuntos principales de grietas de cabecera: a) la superior que afecta a la carretera después de la curva, en su parte alta y que se pierde en el fondo de la fotografía, b) la que afecta al deslizamiento en su mitad, que también afecta a la carretera (en el centro de la panorámica).





Panorámica nº. 5.

Vista general, desde la ladera de enfrente del deslizamiento. Obsérvese las dos grietas principales: una en cabecera, en la parte superior y otra a mitad del deslizamiento.



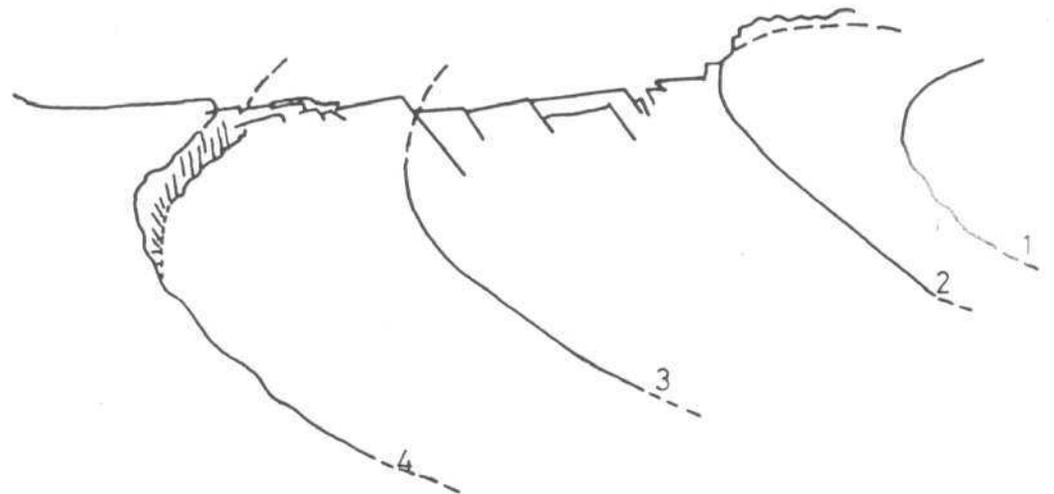
III. 8

III. 7



Panorámica n.º 7 .:

Vista general desde el ángulo más próximo al costado derecho del deslizamiento. Se aprecian de perfil los distintos planos de deslizamiento, que se mencionan en la anterior panorámica.





Fotografía n.º 4 .:

Situación inestable de los materiales en la ladera de enfrente donde fué a colisionar el frente del deslizamiento.

III. 3

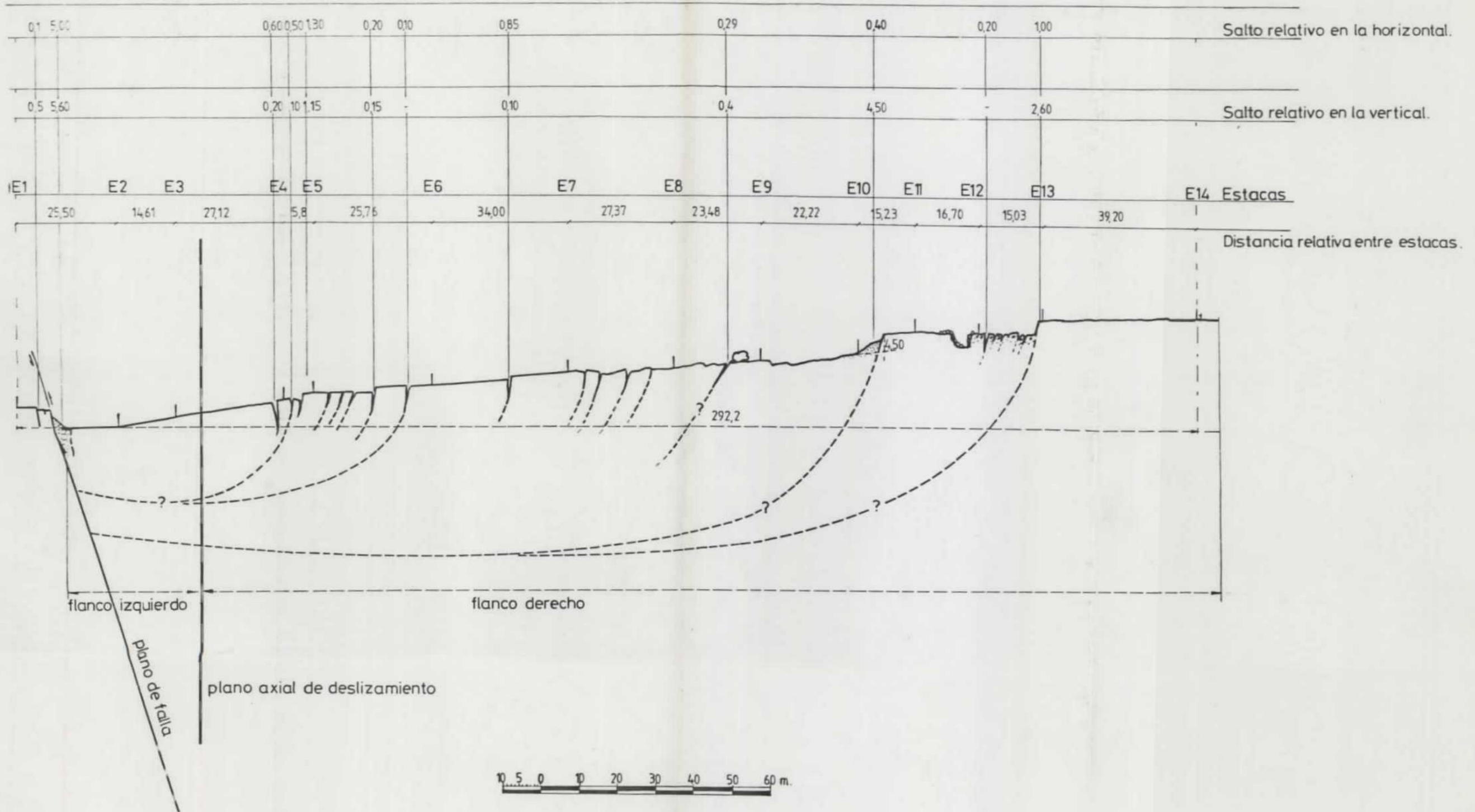


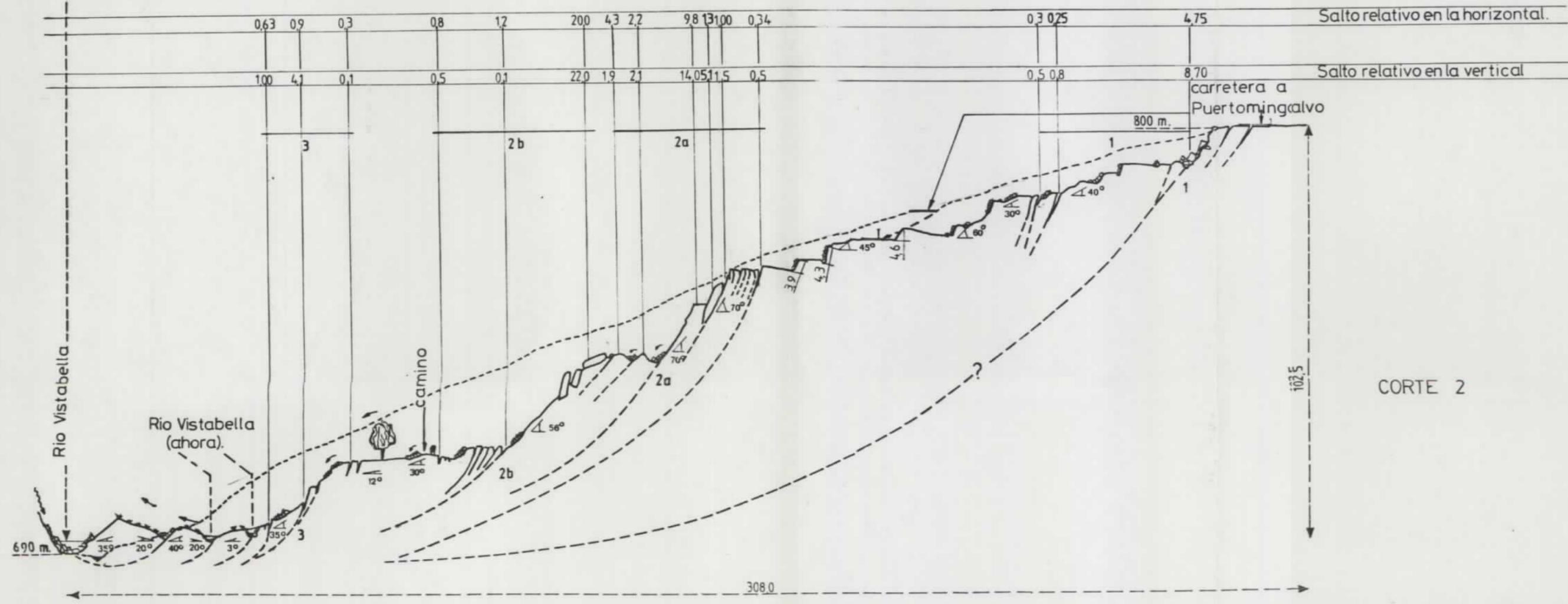
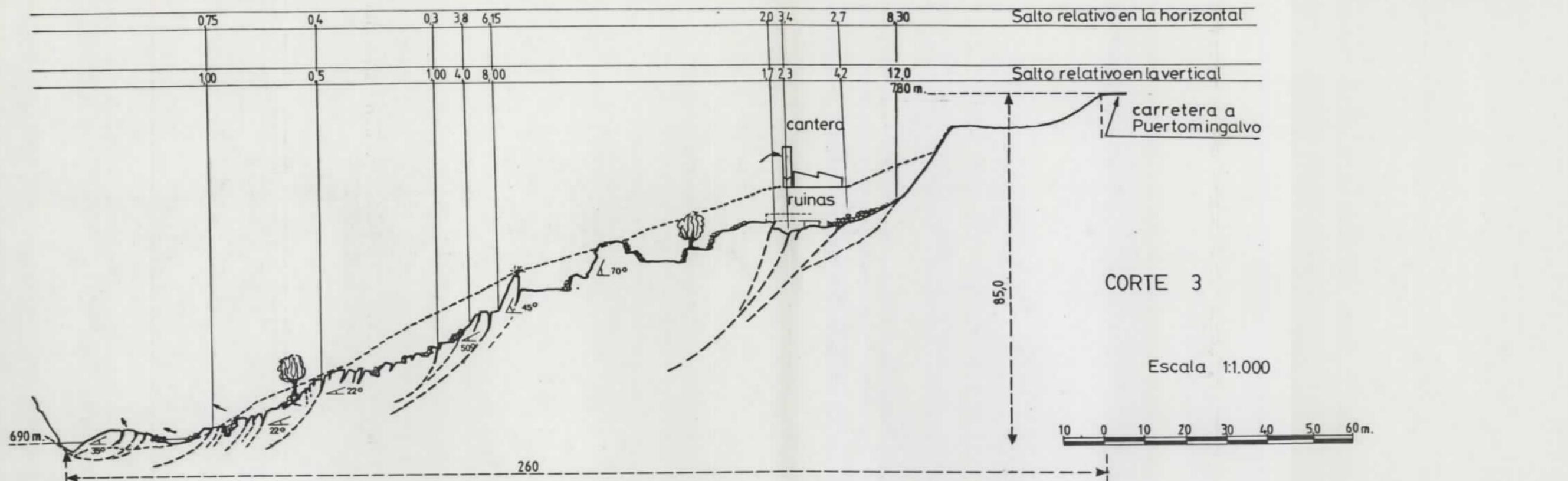
Fotografía n.º 5 .:

Vista desde el conjunto de rocas inestables de la ladera de enfrente del material desprendido sobre el cauce tras la colisión así como de la inestabilidad latente inducida.

II. Perfiles.

CORTE 1





III. Ensayos de Laboratorio.

CLIENTE: I.G.M.E.
Villahermosa del Río (Castellón).

Verificado

Dibujado

CUADRO GENERAL DE ENSAYOS DE LABORATORIO

SONDEO Nº														
MUESTRA Nº	1	2	3											
PROFUNDIDAD m														
U.S.C.S.														
W (%)														
δ (t/m ³)														
δ_d (t/m ³)														
δ_s (t/m ³)														
W _L (%)	31,3	29,-	39,8											
W _p (%)	16,5	11,8	16,8											
I _p (%)	14,8	17,2	23, -											
pasa T-200 (%)	24, 6	43,7	26,9											
retenido T-4 (%)	59,7	18,9	33,3											
C _c														
q _u (kg/cm ²)														
E (%)														
c (kg/cm ²)	0,4	0,7												
γ (°)	40°	25°												
Ph (kg/cm ²)														
E _h (%)														
PROCTOR	H. opt (%)													
	$\gamma_{m\acute{o}x}$ (t/m ³)													
LAMBE	Cambio potencial de volumen													
	Clasificación			Nugitico										
Mat org. (%)														
SO ₃ (%)	Exento	Exento	Exento											
CO ₃ Ca (%)														
K (cm/seg)														

CLIENTE I.G.M.E.
Villahermosa del Río (Castellón).

Verificado

Dibujado

DESIGNACION

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Curvas de rotura y línea de resistencia intrínseca

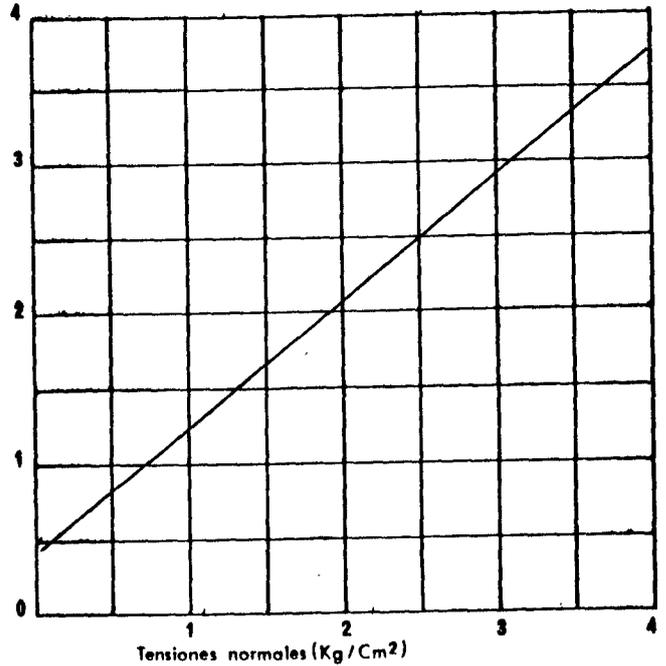
Sondeo nº

Profundidad

 Muestra
1

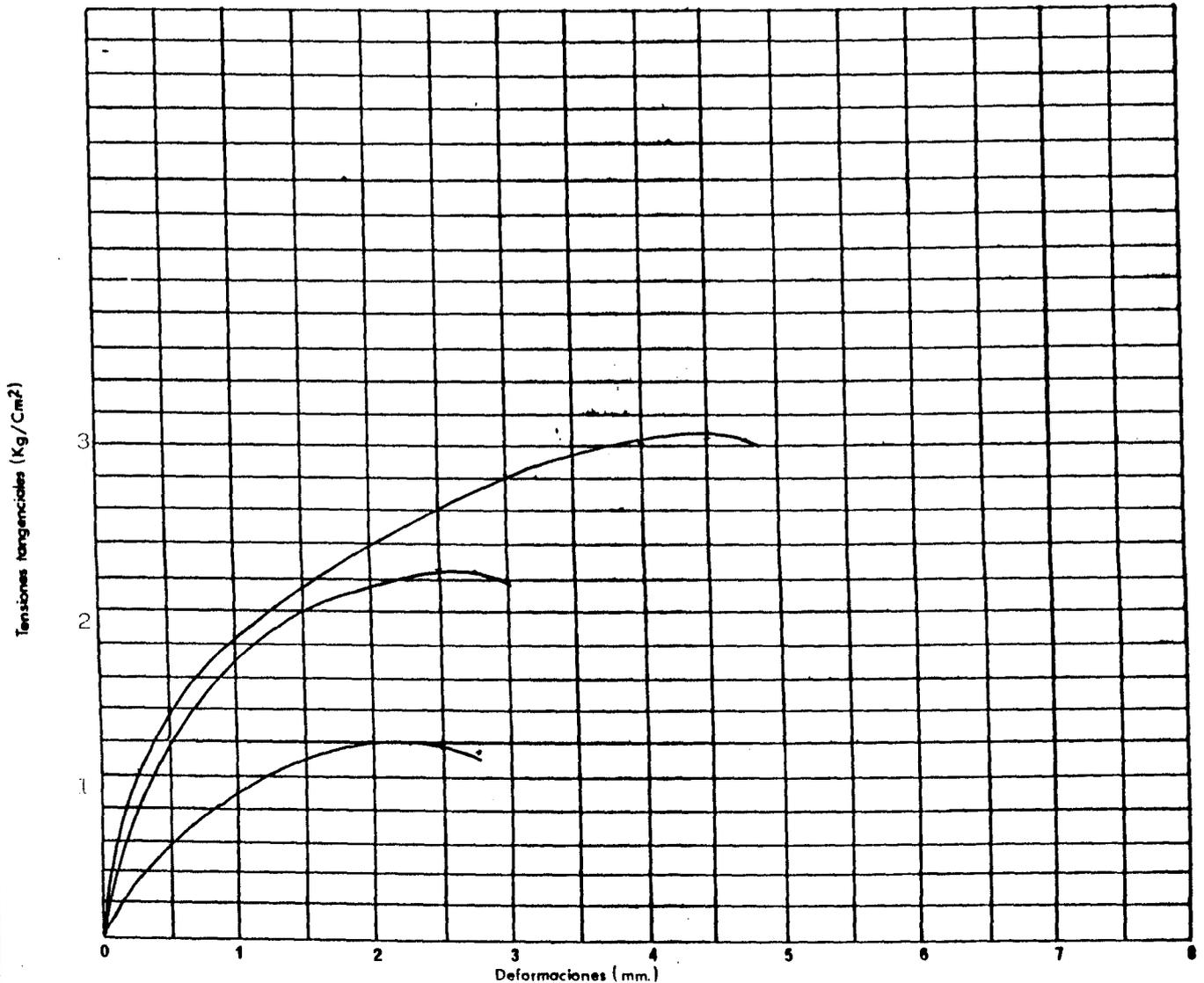
Superficial m.

Probeta nº	I	II	III
σ_v (Kg/Cm ²)	1,08	2,18	3,40
%Humedad inicial	11,4	11,3	11,8
%Humedad final	-	-	-
Tiempos de rotura	4'30"	5'	8'30"



$$\varphi = 40^\circ$$

$$C = 0,4 \text{ Kg/Cm.}^2$$



CLIENTE I.G.M.E.
Villahermosa del Río (Castellón).

Verificado

Dibujado

DESIGNACION

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Sondeo nº

Profundidad

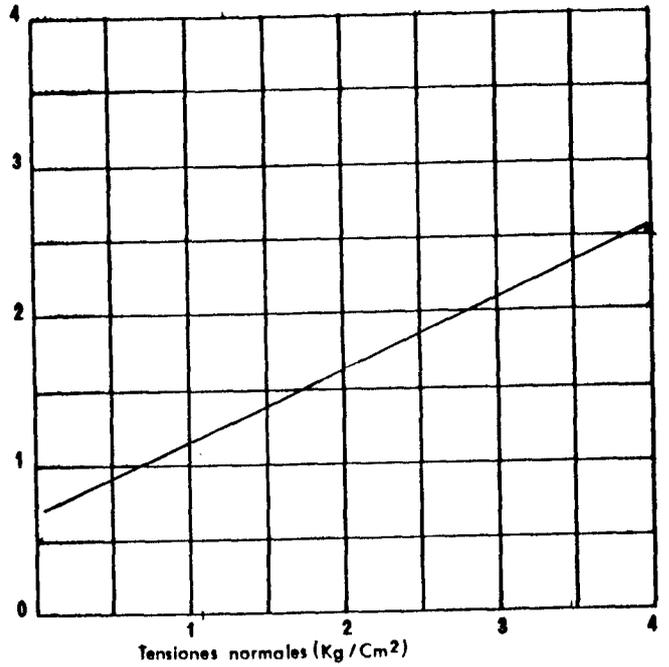
Curvas de rotura y línea de resistencia intrínseca

muestra

Superficial m.

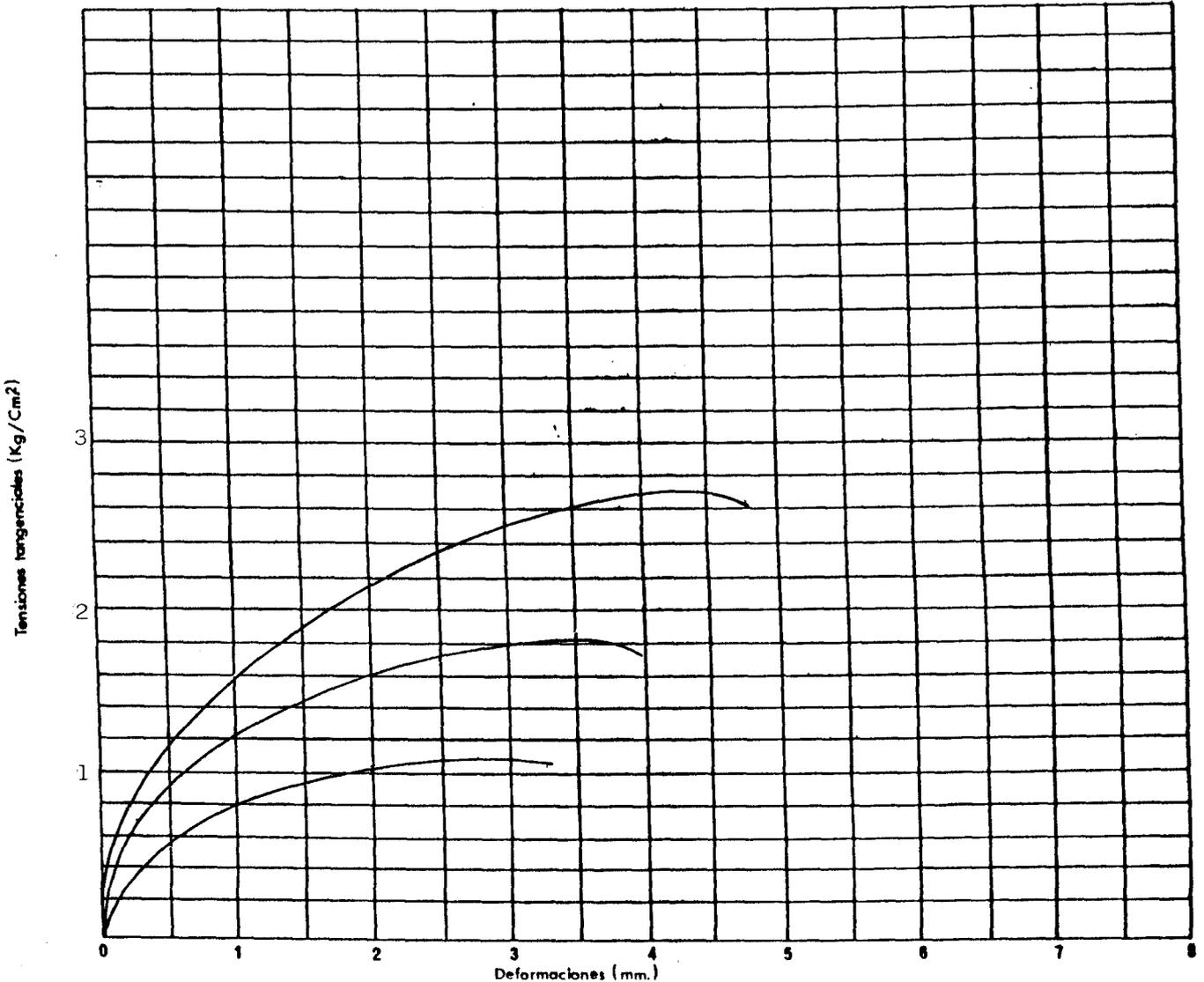
2

Probeta nº	I	II	III
τ_v (Kg/Cm ²)	1,09	2,24	3,45
%Humedad inicial	16,5	16,4	16,3
%Humedad final	-	-	-
Tiempos de rotura	5'30"	7'	9'



$$\varphi = 25^\circ$$

$$C = 0,7 \text{ Kg/Cm}^2$$

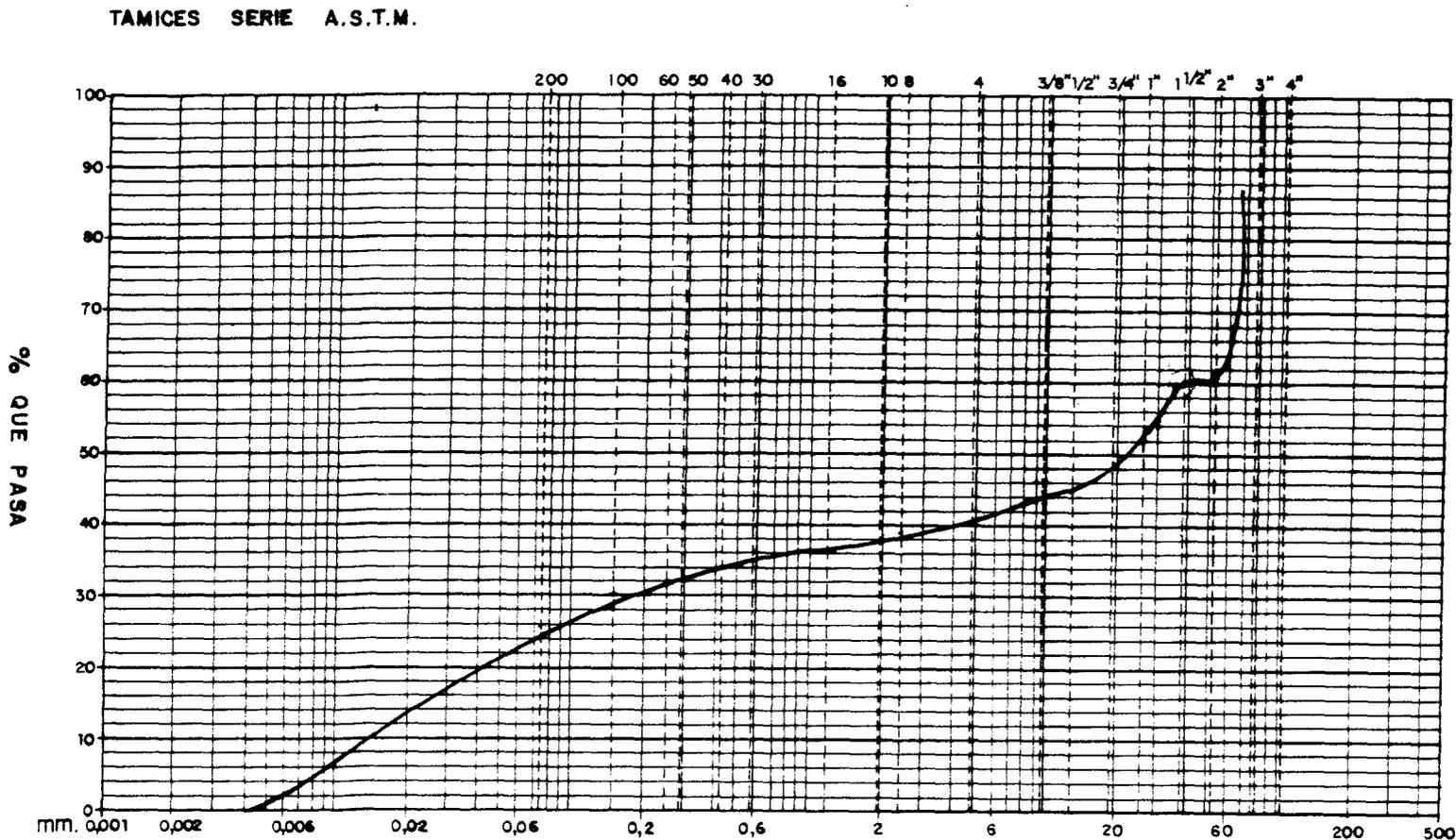


JEONOC SA

CLIENTE I.G.M.E.

Villahermosa del Río. (Castellón).

GRANULOMETRIAS



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

MUESTRA NUMERO	SONDEO N.º O CATA N.º	PROFUNDIDAD O COTA	U.S.C.S.
1		Casi Superficial	

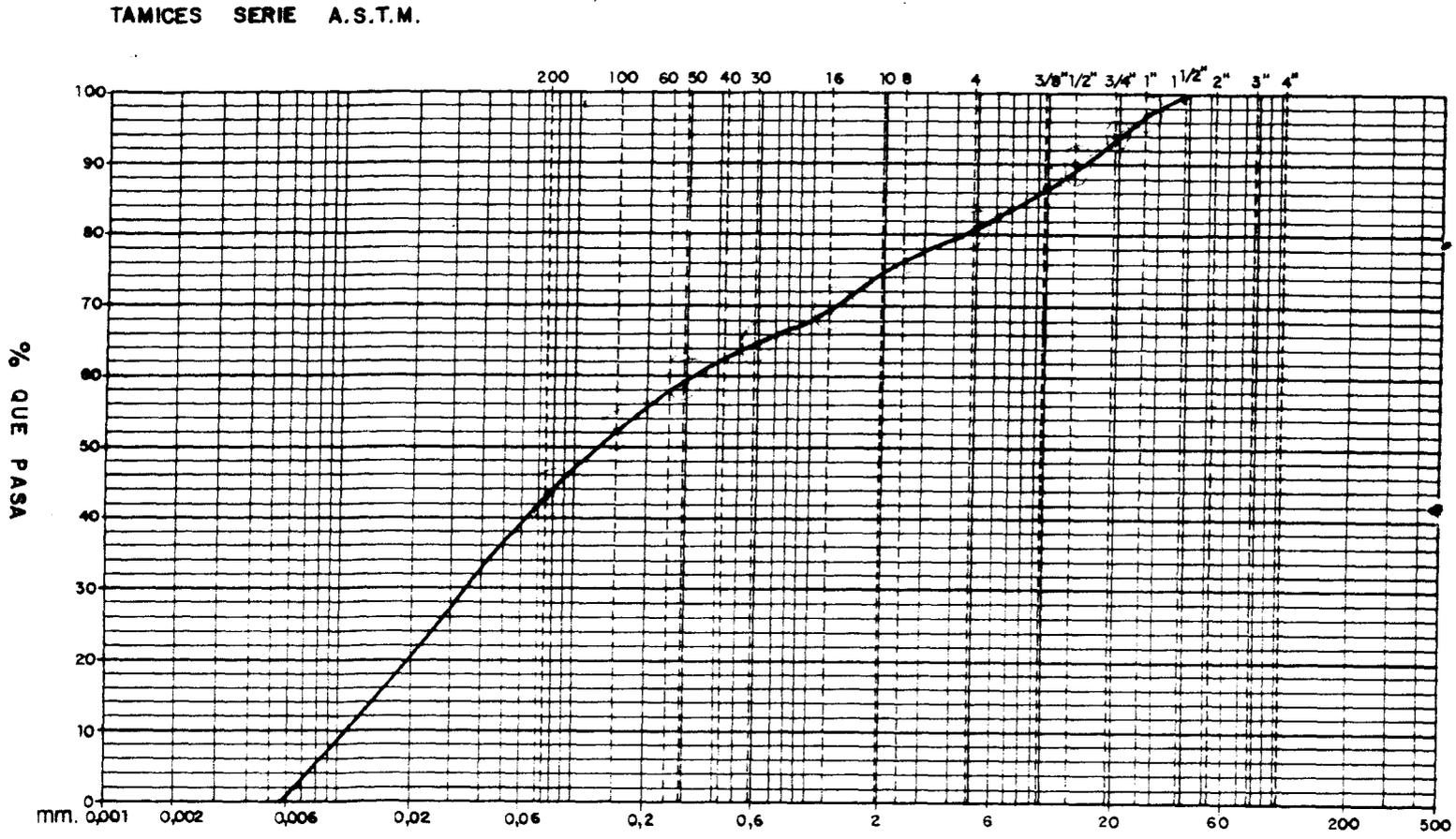
Plano n.º	Escala:
Verificado	SEMIOGARITMICA
Dibujado	

GEONOC S.A.

CLIENTE I.G.M.E.

Villahermosa del Río (Castellón).

GRANULOMETRIAS



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

MUESTRA NUMERO	SONDEO N.º O CATA N.º	PROFUNDIDAD O COTA	U.S.C.S.
2		Casi Superficial	

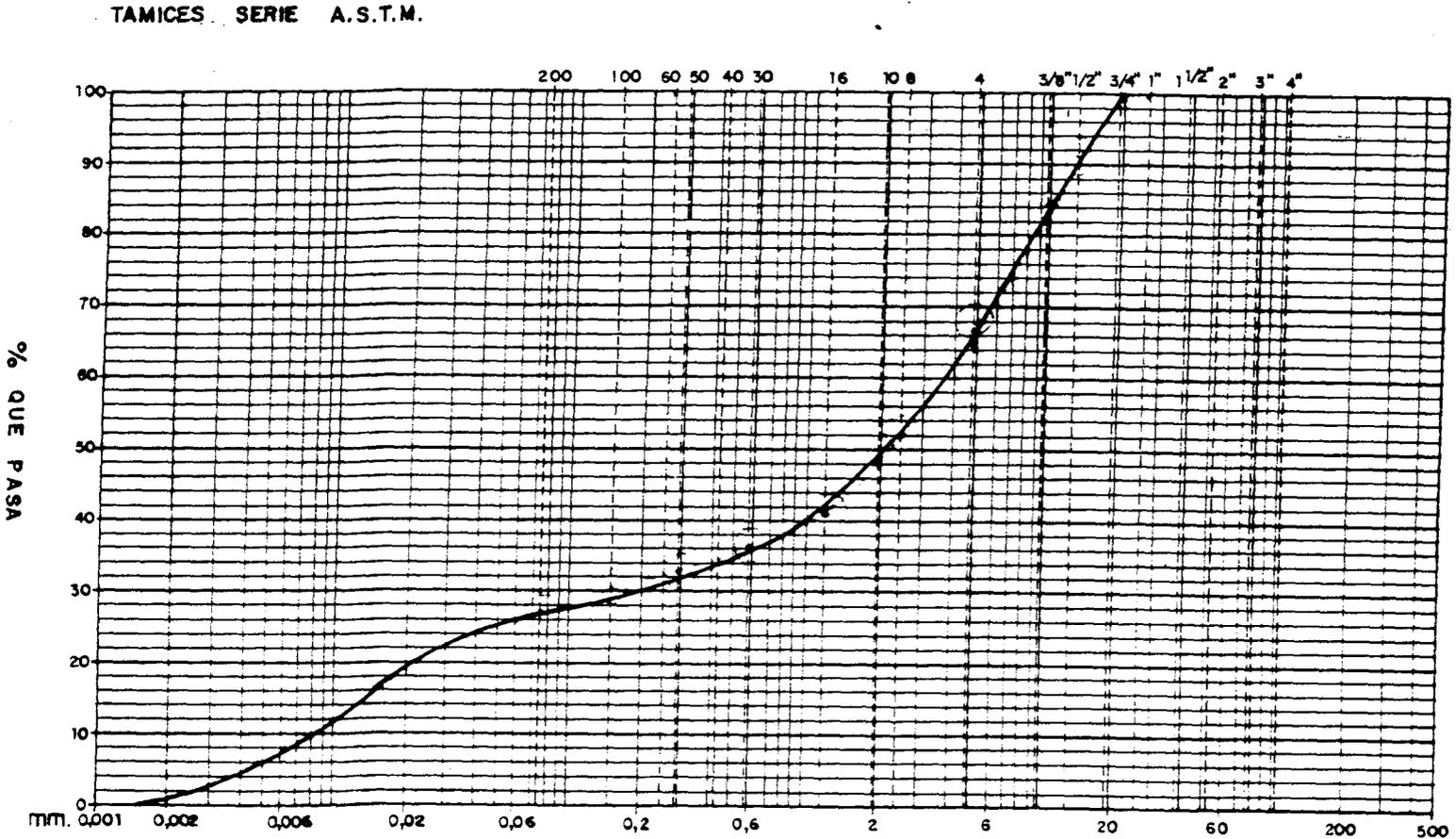
Plane nº	Escala:
SEMILOGARITMICA	
Verificado	
Dibujado	

GEONOC S.A.

CLIENTE I.G.M.E.

Villahermosa del Río (Castellón).

GRANULOMETRIAS



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

MUESTRA NUMERO	SONDEO N.º O CATA N.º	PROFUNDIDAD O COTA	U.S.C.S.
3		Casi Superficial	

Plano n.º	
Escola:	
SEMIOLOGARITMICA	
Verificado	
Dibujado	

IV. Noticias en Prensa.

Según las apreciaciones de un especialista del Instituto Geológico Minero

La lluvia y la erosión, causas del hundimiento de la montaña de Villahermosa

El geólogo Alberto Gracia, que desde el pasado lunes inspecciona sobre el lugar el hundimiento de una montaña en Villahermosa del Río, ha confirmado que las causas de este suceso se deben a las frecuentes e intensas lluvias y ha descartado que el deslizamiento revista peligro para la población.

S. Navarro / Castellón

Alberto Gracia, geólogo del Instituto Geológico y Minero, está inspeccionando desde el pasado lunes la zona de montaña de Villahermosa del Río, que se hundió espectacularmente el pasado sábado, con el fin de emitir un informe sobre las causas de este suceso y sus posibles repercusiones.

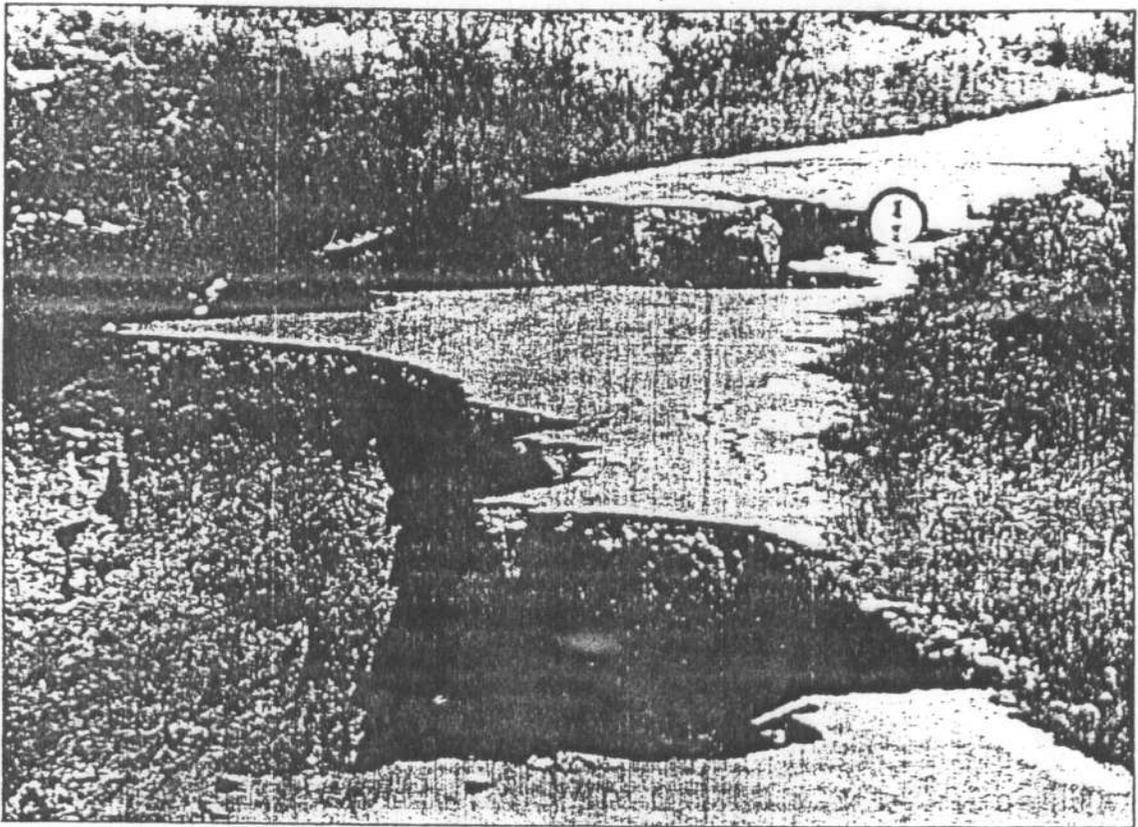
Gracia define así este suceso: «Se trata de un deslizamiento de ladera, con varios planos de deslizamiento, que viene a chocar con la ladera de enfrente y que acumula material de su frente, represándolo, en parte, el río».

Estacas

Los trabajos que está realizando son mediciones, para observar las pendientes que hay, número de fracturas y número de planos. «Hemos establecido un sistema de estacas alineadas de forma transversal al sentido del deslizamiento, para llevar un control de posteriores movimientos de la ladera».

«Las causas del hundimiento», añadía Alberto Gracia, «están, en primer lugar, de todos: fundamentalmente las abundantes precipitaciones habidas en los últimos tiempos que han elevado el nivel freático, lo que ha producido una plastificación de los materiales, en función de la cual se ha establecido un plano crítico de rotura, a través del cual se ha deslizado toda la ladera».

Alberto Gracia, señaló que el terreno donde se ha producido el deslizamiento no presenta características diferenciadas con el que le rodea. «El terreno es igual. Pero aquí es donde se han dado la circunstancias suficientes para que se estableciese un equilibrio inestable crítico que ha dado lugar, en el momento en el que las condiciones han sido lo suficientemente adver-



ANTONIO PRADAS

El deslizamiento de la montaña provocó el hundimiento de la calzada, cuyo desnivel supera ya los cinco metros en algunos puntos

sas, al deslizamiento».

Para el geólogo, la erosión ha sido uno de los factores determinantes en este suceso. «El río ha ido labrando su propio valle, un valle muy cerrado, que ha establecido pendientes muy abruptas».

En estos momentos el deslizamiento está estabilizado, el geólogo no se atrevió a pronosticar cómo va a evolucionar, «es aventurado dar una opinión en este sentido», matizó.

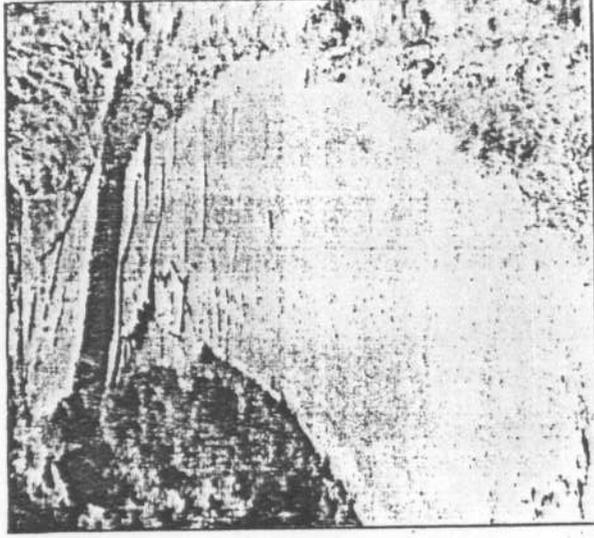
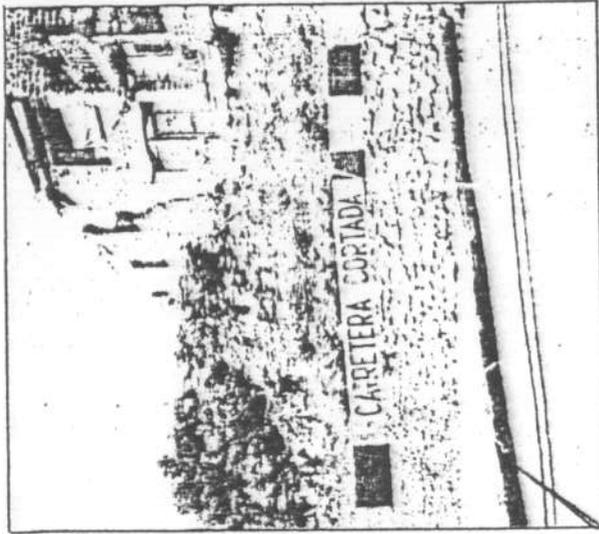
Asimismo Alberto Gracia restó importancia al embalse que se ha producido en el río como consecuencia del deslizamiento, «ya que el volumen de agua no es grande, pero podría serlo, si las circunstancias progresan, y si en otoño se produce alguna tormenta de intensidad. Entonces se produciría una avalancha que afectaría a las vegas

mas bajas, pero no sería algo peligroso».

Informe

Asimismo, descartó que existiese peligro para la población: «El hundimiento está perfectamente, y para nada afecta a los edificios, salvo la granja de conejos, que se encontraba dentro del área del deslizamiento».

En último término, Alberto Gracia indicó que con los datos recogidos durante la investigación que se prolongará durante la jornada de hoy, el departamento correspondiente realizará un informe de urgencia, si así lo requiere Gobierno Civil de Castellón, que contendrá las primeras recomendaciones sobre las medidas a tomar y, posteriormente, se dará un informe más detallado y profundo y en el que se aportarán posibles soluciones.



Un geólogo recogió ayer todos los datos necesarios para elaborar un informe preciso sobre las posibles actuaciones en esta zona de vialidad

Hasta dentro de dos meses no finalizará el estudio del IGME

La carretera de Villahermosa estará cortada al menos hasta septiembre

El geólogo del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Alberto García, informó que, después de los trabajos realizados sobre el deslizamiento de tierras en la carretera de Villahermosa del Ru en dirección a Puerto Mingalbo, tendrán que pasar al menos dos meses para saber los resultados sobre dicho accidente y actuar en consecuencia.

El técnico del IGME confirmó que se trata de un deslizamiento de la ladera conlugar que "afecta a unos materiales que son calizas, margosos, arcillosos, en general, materiales bastante blandos. Asimismo, como consecuencia de las persistentes lluvias que han caído sobre todo en el último mes de junio y también durante todo el año, ha ocasionado que el material se plastifique mucho más, creando una superficie de inestabilidad que ha dado lugar al deslizamiento".

Alberto García, del Departamento de Geología Ambiental y Geotécnica, puntualizó que esto es un diagnóstico de campo, es decir, en el lugar de los hechos, ya que a partir de ahora con los da-

tos obtenidos durante el día de ayer confeccionar un informe en base a distintos procedimientos de acuerdo con la caracterización geotécnica de los materiales en laboratorios homologados para cada sistema. También someter dichos datos a un estudio informático para poder determinar las superficies inestables y la posibilidad que hay de que vuelva a ocurrir o el riesgo posible.

A pesar de todo insistió el ingeniero del IGME que habrá que esperar hasta dentro de dos meses para tener una información más veraz del problema.

Dos meses antes de actuar

Preguntado sobre si hasta en-

tonces no se podrá iniciar algún tipo de actuación para permitir el acceso de Villahermosa con la provincia de Teruel, Alberto García afirmó que "habitualmente el Gobierno Civil recoge las valoraciones y recomendaciones del IGME de emergencia dirigidas a resolver aquellos factores que de alguna manera preocupen más".

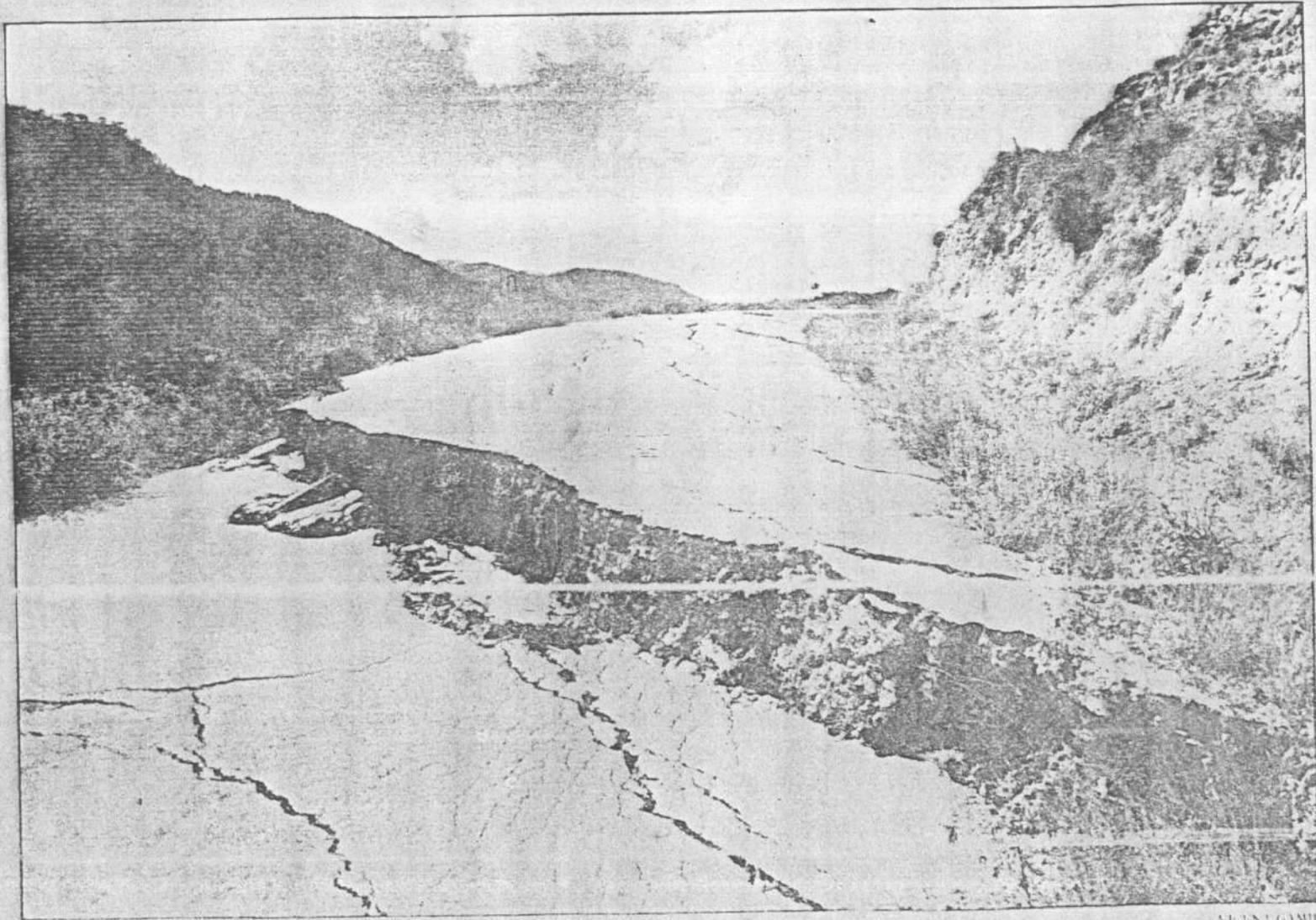
Este geólogo que lleva cerca de dos años dedicado exclusivamente a riesgos geológicos y concretamente a deslizamientos y derrumbamientos de ladera, indicó que siempre hay que esperar al resultado del estudio para optar por alguna solución para recuperar la carretera.

Por otro lado, nos informó que mientras se realiza el citado estudio en la sede madrileña del IGME, se ha colocado una alineación de estacas -en sentido perpendicular al deslizamiento- para establecer durante una temporada un servicio de vigilancia y ver si en función de estas 15 estacas

Cesó el peligro, de momento

Recordamos que desde hace unos días permanece cortada el camino vecinal tras la brecha de 6 metros abierta a poca distancia de la población del Alto Mijares que además destruyó una granja de agua de riego a cien áreas de explotación agrícola. Ayer ya informábamos que el corrimento podía darse por finalizado además de que no existía riesgo de otros deslizamientos en los accesos a Villahermosa desde Castellón como en un principio se había temido por parte de los vecinos. Sin embargo tampoco se puede decir con absoluta certeza de que este deslizamiento no vaya a continuar y por ello se han colocado las citadas 15 estacas para realizar seguimiento.

Peligroso hundimiento de una montaña en Villahermosa del Río



VICENTE GAMIR

El hundimiento de la montaña en Villahermosa del Río ha ocasionado el hundimiento de la carretera que une Villahermosa con Puertomingalvo y ha destruido una granja cunicola

El hundimiento continúa

Un corrimiento de tierras amenaza el término de Villahermosa del Río

Un espectacular hundimiento de parte de una montaña acaecido en la mañana de ayer ha conmocionado a la tranquila localidad castellanense de Villahermosa del Río. Las causas del mismo están aún por determinar.

Doménech Miguel/ Castellón

La noche del viernes algunos vecinos ya habían advertido la presencia de algunas grietas en el firme. Pero fue ayer a las 9 de la ma-

trascurre, comenzaba a hundirse.

La carretera, que recorre los últimos extremos de nuestra geografía provincial, comunicaba la mencionada localidad con la de Puertomingalvo, ésta ya en la provincia de Teruel.

Nadie se atreve a confirmar cuáles han sido las causas del siniestro aunque entre los habitantes del pueblo se especula con varias. Unos afirman que es posible que existieran algunas cuevas inmediatamente debajo de la zona siniestrada. Otros se remiten a una leyenda popular que cuenta que alguna vez hace muchos años aconteció algún fenómeno geológico similar.

Aun no se sabe nada, sin embar-

dimientos son continuos. De momento la carretera se ha hundido. El desnivel entre una parte y otra es de aproximadamente unos 4 metros.

Ahora los temores de la población son que la calzada y con ella la montaña sigan hundiéndose y que al final les acompañen en su movimiento otros trozos de montaña y que resulte amenazado el pueblo que está en la otra ladera de ésta.

Posibles inundaciones

Justo debajo de la calzada, el río forma un pequeño embalse que tiene su origen en un desprendimiento que obstruyó el cauce natural de agua. Ahora las continuas

un embalse. Este podría inundar las huertas y algunas casas que hay en el valle de la montaña.

Ahora se tendrá de determinar quién es el responsable de la catástrofe. Si es un error humano en la construcción de la carretera en la que no se realizó ningún estudio geológico, habrá que reclamar responsabilidades al organismo com-

petente en la materia. Si se trata de un movimiento imposible de predecir, habrá que tomar las precauciones necesarias para el futuro.

De momento Gabriel Guillamón, alcalde del pueblo, piensa dictar un bando para que nadie se acerque al lugar del siniestro y los servicios de Protección Civil vigilarán continuamente la zona por lo que se recomienda a curiosos abstenerse de visitarla. Para este evento se nos ha asegurado que se actuará por el procedimiento de urgencia. Quizá no hubiese sido necesario si se hubiesen atendido con anterioridad las peticiones de los habitantes de esa zona para que se mejorara el estado del firme.

Por ahora los habitantes de Villahermosa siguen consternados ante la magnitud del acontecimiento y a la espera de soluciones lo más inmediatamente posible.

El desnivel de la carretera ha alcanzado los seis metros desde primeras horas del sábado hasta primeras horas de la tarde del domingo

El embalsamiento del río ha destruido las conducciones de riego

Sigue aumentando el desnivel de la carretera de Villahermosa a Teruel

El deslizamiento de una ladera del monte situado en la zona conocida como la Quebrada, en Villahermosa del Río, ha destruido las dos acequias que constituían el único suministro de agua para el riego de las 1000 áreas de explotación agrícola del municipio, con lo que la cosecha de este año podría perderse en su totalidad.

Maribel Amoriza

Todos los vecinos de Villahermosa siguen con expectación pero también con temor el proceso de desprendimiento de la ladera del monte denominado de la Quebrada, sobre el río que da nombre al municipio y que por el momento, mantiene al pueblo incomunicado con Teruel. El deslizamiento que se inició en la mañana del pasado viernes, además de arrastrar a su paso una granja de explotación cunicula, ha formado un embalse con apenas salida de agua y ha destruido las dos acequias que suministraban agua para el riego de 1000 áreas de explotación agrícola que constituyen el medio de vida de los 580 vecinos de Villahermosa.

Las acequias iniciaban su trazado en el mismo punto donde ahora el río está en proceso de embalsamiento, lugar en el que ya existía un pantano que según el alcalde, Gabriel Guillamón "se formó hace aproximadamente 15 años como consecuencia de un desprendimiento de piedras y tierra sobre el río, y ahora, con el deslizamiento del monte, las acequias que nacen del mismo pantano han quedado totalmente inservibles, y la cosecha de este año podría perderse. Para evitar que se arruine toda la cosecha de patata y hortaliza, principales cultivos en este municipio, el Ayuntamiento intentará instalar dos motores para la extracción de agua que puedan cubrir el regadío

El deslizamiento que inició su avance en la mañana del pasado viernes ha incomunicado además a Villahermosa con la provincia de Teruel como consecuencia del hundimiento de la carretera, cuyo desnivel había alcanzado los seis metros a primera hora de la tarde de ayer.

de las dos partidas de quintas áreas cada una que se han visto afectadas. Más adelante, cuando el proceso de deslizamiento se haya detenido y la situación real se conozca con más detalle, construiremos dos nuevas conducciones para el abastecimiento de todas las explotaciones agrícolas de Villahermosa".

En cuanto al desarrollo de este deslizamiento, comenzó su avance a primera hora de la mañana del viernes, aunque de forma muy lenta, y la alarma no cundió hasta las ocho horas del sábado, cuando varios vecinos percibieron que una grieta comenzaba a aparecer en la carretera que se dirige a Teruel a la altura de la Quebrada.

A partir de este momento, el avance del terreno se aceleró de manera que hacia las cuatro de la tarde del mismo sábado la brecha de la carretera medía ya un metro, para alcanzar a las nueve de la noche un desnivel de más de cuatro metros, momento en el que la velocidad de avance del deslizamiento empezó a disminuir lentamente, no sin antes alcanzar la brecha, en el punto de la carretera que pudo ser medido, la altura de seis metros.

Muchas pérdidas

Las consecuencias de este deslizamiento-hundimiento de la ladera del monte que pueden determinarse por el momento son tres: en primer lugar, el corte de la carretera que comunica Villahermosa con Teruel a causa del desplazamiento de varios tramos de la misma carretera hacia el río con la

granja de explotación cunicula valorada en siete millones y medio de pesetas, propiedad de un vecino que ha resultado destruida en su práctica totalidad, y por último, se ha producido un progresivo embalsamiento del río Villahermosa que a su vez ha destruido las dos acequias que surtían de agua para el regadío las explotaciones agrícolas con lo que podría perderse la cosecha.

Un motivo de preocupación constante, tanto para los vecinos como para el alcalde es, precisamente, el mencionado embalsamiento del río, ya que en un periodo de lluvias intensas podría romperse el dique formado por el desprendimiento, cuyos materiales no se encuentran asentados, y resultar destruida toda la zona agrícola y las serranías ubicadas en la zona.

Para hoy lunes, se espera en Villahermosa del Río la llegada de un geólogo de la Administración central quien a través de un estudio minucioso de la situación, pueda determinar las causas del deslizamiento-hundimiento del terreno que las autoridades

Un geólogo del MOPU inspeccionará hoy la zona.

Remite el ritmo del desprendimiento de la montaña de Villahermosa

El desprendimiento de una montaña en el término municipal de la localidad del Alto Mijares Villahermosa del Río, que se detectó a primeras horas de la mañana del sábado, proseguía en la jornada de ayer, pero a un ritmo más lento, por lo que ha disminuido el riesgo de peligro para los vecinos.

S. Navarro / Castellón

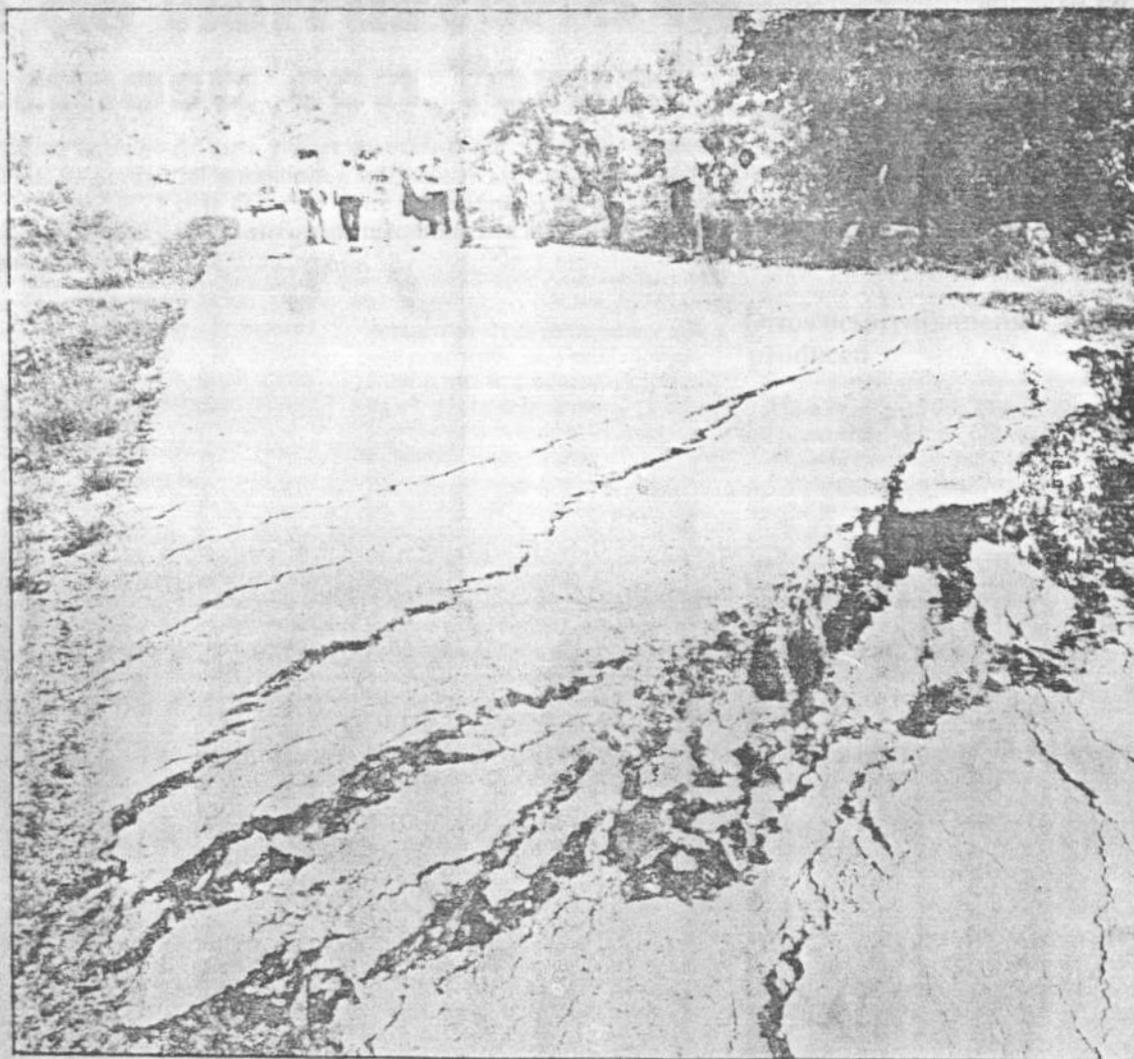
Por el momento, se ha disipado el peligro para la población de Villahermosa del Río derivado de corrimiento de una montaña del término municipal de esa localidad, a consecuencias de las últimas lluvias. Según informaba ayer a esta redacción el alcalde de ese municipio, Gabriel Guillamón, durante toda la jornada del domingo continuaban los desprendimientos de tierra de la montaña, «pero a un ritmo muy lento, por lo que no ha

crecido al preocupación entre el vecindario, si bien todo el mundo está a la expectativa sobre las últimas consecuencias de este suceso».

El alcalde confirmó que durante la mañana de ayer estuvieron, de nuevo, inspeccionando la zona técnicos de la dirección provincial de Protección Civil. Asimismo, Guillamón indicó que probablemente durante el día de hoy se persone ante el lugar de los hechos un geólogo del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (MOPU) con el fin de realizar un análisis científico del fenómeno y poder dar un avance del alcance del mismo.

Carretera

Por otra parte, el alcalde señaló que el corte de la carretera, que como consecuencia del desprendimiento se ha producido en el kilómetro 16, se hizo ayer más pronunciado, con un desvín que llega ya hasta los cinco metros. Por ese punto de la carretera, evidentemente, el tráfico rodado se haya cortado, si bien la población no está totalmente aislada, ya que man-



VICENT GAMIR

El desprendimiento de la montaña ha ocasionado también el hundimiento de un tramo de la calzada

tiene un punto de conexión a través de una pista con la población turolesense de Puerto Mingalvo.

El suceso fue detectado hacia las 9 de mañana del pasado sábado

cuando algunos vecinos se dieron cuenta de que la carretera junto al trozo de montaña por el que transcurre comenzaba a hundirse. El desprendimiento podría provocar

también un pantano, ya que justo debajo de la calzada, el río forma un pequeño embalse que tiene su origen en un desprendimiento que obstruyó el cauce natural del agua.

V. PRESUPUESTOS.

Presupuesto 1.-

(Tacón de 20 m. de altura).

UNIDADES	CONCEPTOS	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
500	- M ² de saneo de la ladera contraria al deslizamiento.....	300,-	150.000,-
50	- Hora de excavadora incluido su transporte	4.000,-	200.000,-
2.700	- M ³ de zahorra	1.950,-	5.265.000,-
55.000	- M ³ de material transportado para el tación . aido a 3 Km. máximo).....	695,-	38.225.000,-
15.000	- M ³ de material compactado en tongadas por medios mecánicos	950,-	14.250.000,-
150	- Ml. de tubería perforada de drenaje de Ø 30 cm. incluido su transporte e instalación	3.800,-	570.000,-
180	- Ml. de tubería metálica corrugada de chapas estructurales de 5,6 m. de Ø y 7,11 mm. de espesor.....	270.000,-	48.600.000,-
2.000	- M ² de escollero para protección de los cauces	6.000,-	12.000.000,-
0,8	- Km. de carretera de nuevo trazado...	40.000.000,-	32.000.000,-
0,6	- Km. de mejora y ampliación de carretera preexistente.....	20.000.000,-	12.000.000,-
200	- Ml. de cuneta revestida de hormigón con excavación mecánica	4.000,-	800.000,-
10 %	- Imprevistos	-	16.500.000,-
	SUMA		180.560.000,-
	12 % IVA		21.667.200,-
	TOTAL ::::::::::::::::::::::::::::		202.227.200,-

OPCIONAL:

9.000	- M ² de Geotextil permeable	450,-	4.050.000,-
6.500	- M ² revegetación de los taludes	780,-	5.070.000,-

Presupuestos 2.

(Tacón compactado de 30 m. de altura).

UNIDADES	CONCEPTOS	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
500	- M ² de saneo de ladera contraria al deslizamiento	300,-	150.000,-
70	- Hora de excavadora (incluido su transporte	4.000,-	280.000,-
4.500	- M ³ de zahorra	1.950,-	8.775.000,-
225.000	- M ³ de material transportado para el tacón (Traido de 3 Km. máximo).....	695,-	156.375.000,-
230.000	- M ³ de material compactado en tongadas por medios mecánicos	950,-	218.500.000,-
270	- Ml. de tubería de 30 cm. Ø, perforada de drenaje, incluido transporte e instalación	3.800,-	1.026.000,-
450	- Ml. de tubería metálica corrugada de chapas estructurales de 7,11mm. de espesor y Ø 4,7 m. (incluido transporte e instalación).....	210.000,-	94.500.000,-
1.600	- M ² . de escollero para encauzamiento del río	6.000,-	9.600.000,-
0,6	- Km. de reparación de carretera existente	30.000.000,-	18.000.000,-
200	- Ml. de cuneta revestida de hormigón con excavación mecánica	4.000,-	800.000,-
10 %	- Imprevistos	-	50.000.000,-
	SUMA		558.006.000,-
	12 % I.V.A.		66.960.720,-
	SUMA TOTAL ::::::::::::::		624.966.720,-
OPCIONAL:			
15.000	- M ² geotextil permeable	450,-	6.750.000,-
15.000	- M ² de revegetación de los taludes	780,-	11.700.000,-

Presupuesto 3.-

UNIDADES	CONCEPTOS	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
0,8	- Km. de carretera de nuevo trazado..	40.000.000,-	32.000.000,-
0,6	- Km. de mejora y ampliación de carre tera preexistente	20.000.000,-	12.000.000,-
200	- Ml. de cuneta revestida de hormigón	4.000,-	800.000,-
10 %	- Imprevistos	-	4.500.000,-
	SUMA		49.300.000,-
	12 % I.V.A.		5.916.000,-
	SUMA TOTAL :::::::::::::::		<u>55.216.600,-</u>

TUBERIAS POR PLANCHAS DE ACERO CORRUGADO

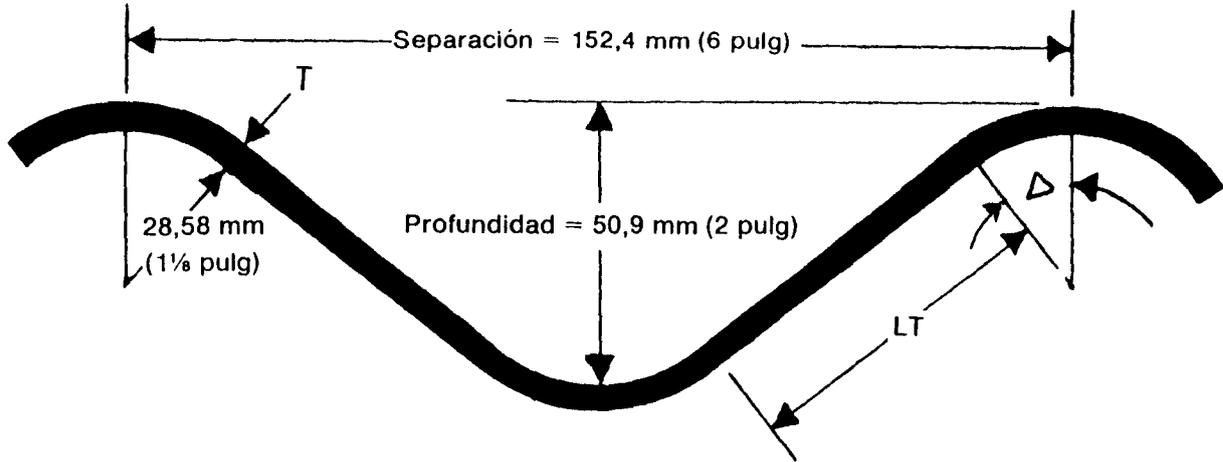


Tabla Propiedades de la Sección Transversal de las Planchas de Acero Corrugado
 Por Metro de Ancho de las Sección, con Corrugaciones de
152,4 x 50,9 mm (6 x 2 pulg)
 Radio de Curvatura: 28,58 mm (1 1/8 pulg)

Espesor Especificado en mm	Espesor Sin Revestimiento E en mm	Area del Corte Transv. A mm ² /m	Longitud de la Tangente LT en mm	Angulo de la Tangente Δ en Grados	Momento de Inercia (a) I mm ⁴ /m	Módulo de la Sección (a) S mm ³ /m	Radio de Giro r mm	Factor de Ancho Desarrollado (b)
2,77	2,657	3293,5	48,082	44,47	99005,17	37042,91	17,323	1,240
3,51	3,416	4239,7	47,269	44,73	128092,20	47257,94	17,374	1,241
4,27	4,176	5183,7	46,431	45,00	157588,91	57311,68	17,424	1,242
4,78	4,669	5797,6	45,898	45,18	176980,26	63817,04	17,475	1,242
5,54	5,448	6771,2	45,034	45,47	207978,13	73978,30	17,526	1,243
6,32	6,226	7742,8	44,145	45,77	239524,22	33978,27	17,577	1,244
7,11	7,005	8718,6	43,231	46,09	271752,11	94032,01	17,653	1,245

(a) Por cm. de proyección alrededor del eje neutro.
 (b) El Factor de Ancho desarrollado mide el aumento en el largo del perfil debido a la corrugación.
 Las dimensiones están sujetas a las tolerancias de fabricación.

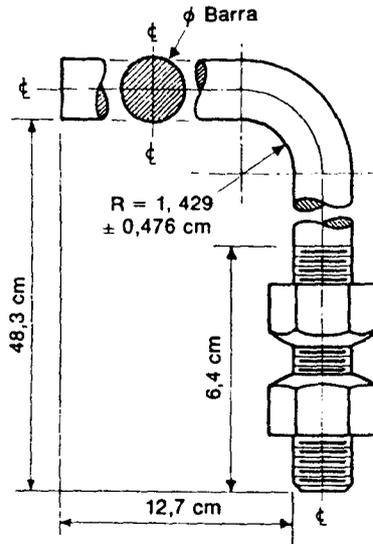


Fig. . Pernos con gancho y tuercas para empotrar en los muros de cabecera.

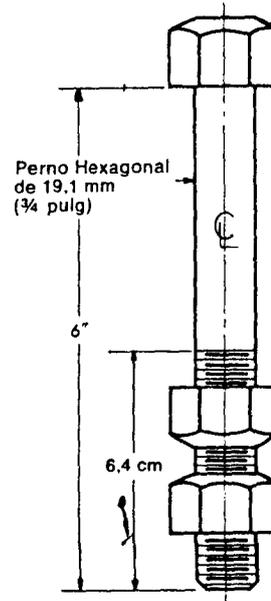


Fig. . Ejemplo de perno recto para anclaje.

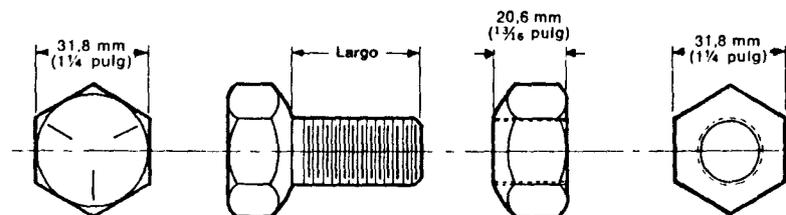


Fig. Dimensiones de los pernos y las tuercas para las chapas estructurales. Se proveen pernos en largos de 1/4, 1/2, 3/4 y 2 pulg (31,8, 38,1, 44,5 y 50,8 mm). Los envases y la cabeza de los pernos pueden venir con marcas de colores individuales distintos para facilitar la identificación.