



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS
INDUCIDOS POR EL DESPRENDIMIENTO
DE UN GRAN BLOQUE ROCOSO EN SAN
VICENTE DE LA BARQUERA (CANTABRIA)

EXPEDIENTE Nº

ORGANICA Nº	PROGRAMA Nº	CONCEPTO Nº	



Este estudio ha sido realizado por el siguiente equipo técnico:

- D. Francisco J. Ayala Carcedo.

* Ing. de Minas.

* Jefe del Area de Ingeniería
Geoambiental (I.T.G.E.).

- D. Alberto Gracia Bernal.

* Geólogo.

GEONOC, S.A.

- D. Miguel Pérez Picallo.

* Geólogo.

GEONOC, S.A.

I N D I C E

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- LOCALIZACION Y ACCESOS.
- 3.- MARCO GEOLOGICO.
 - 3.1. Estratigrafía.
 - 3.2. Tectónica.
- 4.- DESCRIPCION DE LA SITUACION.
- 5.- ANALISIS DE LA INESTABILIDAD.
 - 5.1. Introducción.
 - 5.2. Inestabilidad debida a la grieta.
 - 5.3. Inestabilidad por diaclasado. Cuñas inestables.
- 6.- CONCLUSIONES.
- 7.- MEDIDAS RECOMENDADAS.

A N E X O S

- I. PRESUPUESTO ESTIMATIVO A LAS MEDIDAS RECOMENDADAS.
- II. PLANO DE SITUACION - MEDIDAS DE ESTABILIZACION (E: 1/20).
- III. FOTOGRAFIAS.

1.- INTRODUCCION.

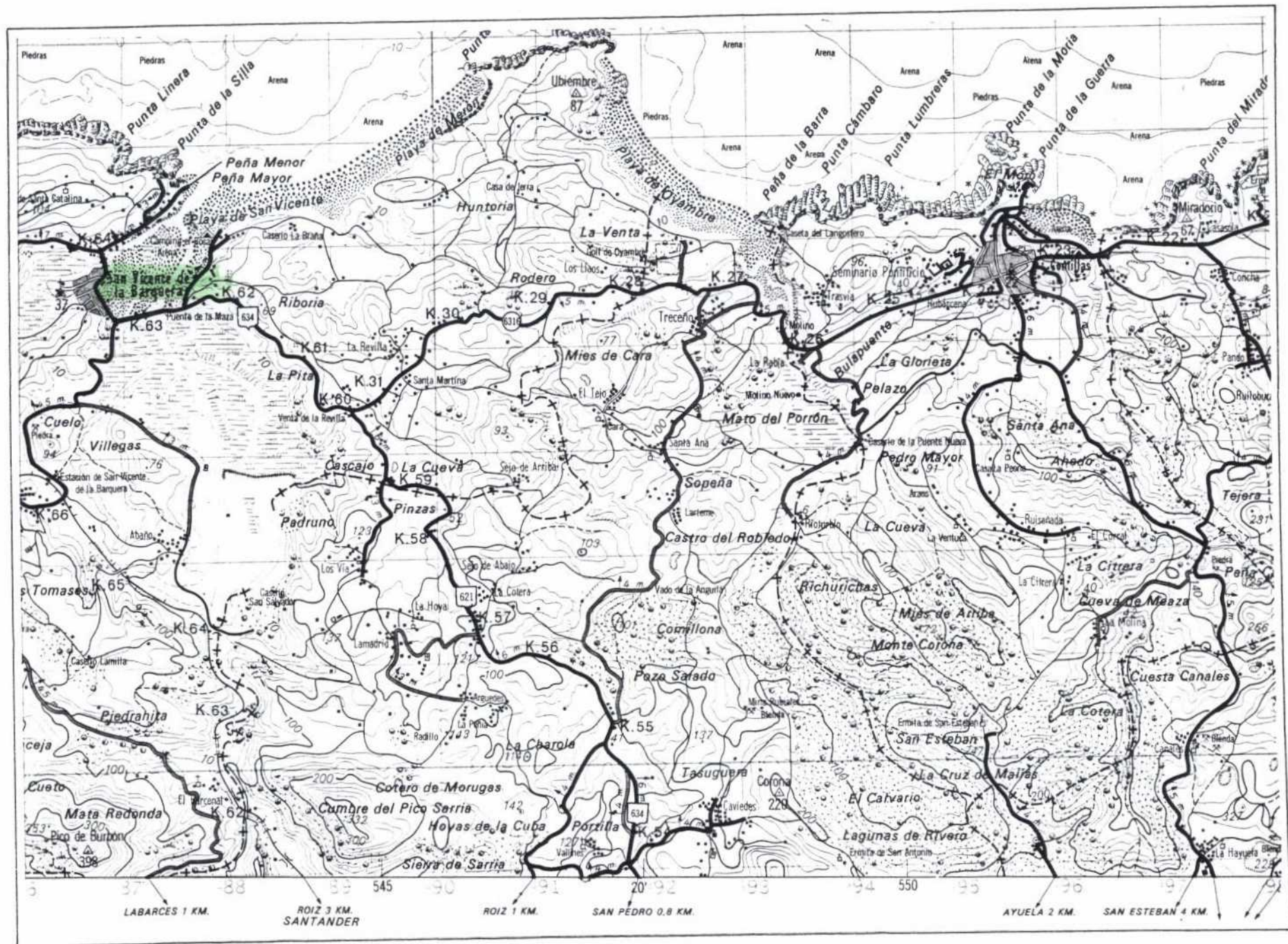
El INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (I.T.G.E.), ha realizado, con la colaboración de GEONOC, S.A., un estudio encaminado a determinar el riesgo que supone la presencia en la localidad de San Vicente de la Barquera (Cantabria) de un gran bloque rocoso que se encuentra en precario equilibrio, habiéndose desarrollado una gran grieta vertical que compromete la seguridad del mismo. El bloque forma parte de un promontorio rocoso sobre el que se asienta un castillo de época medieval que será objeto de recuperación y restauración por parte de la Consejería de Cultura del Gobierno Cántabro. De esta restauración se espera que pueda reconstruirse la antigua muralla del castillo, siendo parte de esta la que vaya a apoyarse directamente sobre el bloque objeto de este estudio.

El estudio realizado se enmarca dentro del convenio de colaboración y asistencia técnica entre el I.T.G.E. y la Diputación Provincial de Cantabria (Dirección de Industria, Transportes y Comunicaciones. Servicio de Recursos Mineros y Energéticos). El presente estudio parte de una primera fase de visitas a la zona seguido de recopilación de antecedentes y recogida de documentación. Posteriormente se lleva a cabo un minucioso estudio del promontorio rocoso y de la situación de estabilidad del bloque, y se aportan las recomendaciones técnicas que se adoptarán para la corrección del problema.

Con todo ello se ha elaborado la presente memoria técnica.

2.- LOCALIZACION Y ACCESOS.

La localidad de San Vicente de la Barquera se enmarca administrativamente en la Comunidad Autónoma de Cantabria. Los accesos a dicha localidad pueden realizarse por carretera desde la capital de la Comunidad Autónoma (Santander), mediante la carretera Nacional 611 Santander-Torrelavega, que enlaza en éste último municipio con la N-634, que une Torrelavega con San Vicente de la Barquera. Desde Santander hasta Torrelavega se puede acceder mediante un tramo de autovía que une ambas ciudades.



LOCALIZACION Y ACCESOS

-Mapa Militar de España-

Escala: 1/50.000

COMILLAS (Cantabria).

Hoja 17-4.

3.- MARCO GEOLOGICO.

San Vicente de la Barquera se sitúa geológicamente en la zona Oeste de la gran alineación montañosa que constituye la Cordillera Cantábrica (Véase figura 3.1.).

3.1. ESTRATIGRAFIA.

En la zona afloran materiales fundamentalmente Mesozoicos y Terciarios.

El Mesozoico está representado por areniscas y arcillas del Cretácico Inferior en facies Weald. Esta facies, muy común en toda el área, presenta características muy similares en casi todos los puntos. Se inicia con una potente serie de estratos de areniscas duras y micáceas de pátina rojiza oscura. Suceden lechos arenosos y arcillosos de colores claros, rojizos y negruzcos, seguidos de arenas, areniscas y arcillas, hasta las primeras margas con Orbitolinas. B. SANCHEZ (1.968) calcula una potencia entre los 500 y 600 m.; A. ALMELA y J.M. RIOS (1.957) calculan una potencia superior a los 600-700 m. para esta facies en la zona de Torrelavega. Por encima de esta serie aparecen, hacia el E. de la Ría de San Vicente, unos materiales carbonatados (calizas, margas y dolomías) datados como Cretácico Inferior (Aptense) fruto de una fase transgresiva que debió verificarse de una manera gradual ya que no se aprecia discontinuidad, discordancia, ni facies transgresiva.

El Terciario está representado en esta zona por depósitos atribuidos al Eoceno y Oligoceno. Los materiales Eocenos aparecen discordantes sobre el Cretácico. La base de la serie Eocena está constituida por calizas con Alveolinas, Nummulites y algas calcáreas ricas en Assilinas y a continuación unas calizas con Lamelibranquios, Equínidos y gran cantidad de Foraminíferos

del Luteciense Medio (MENGAUD, 1.920 y HOTTINGER, 1.960). El Luteciense Superior está representado por calizas arenosas y margas que coronan la serie Terciaria.

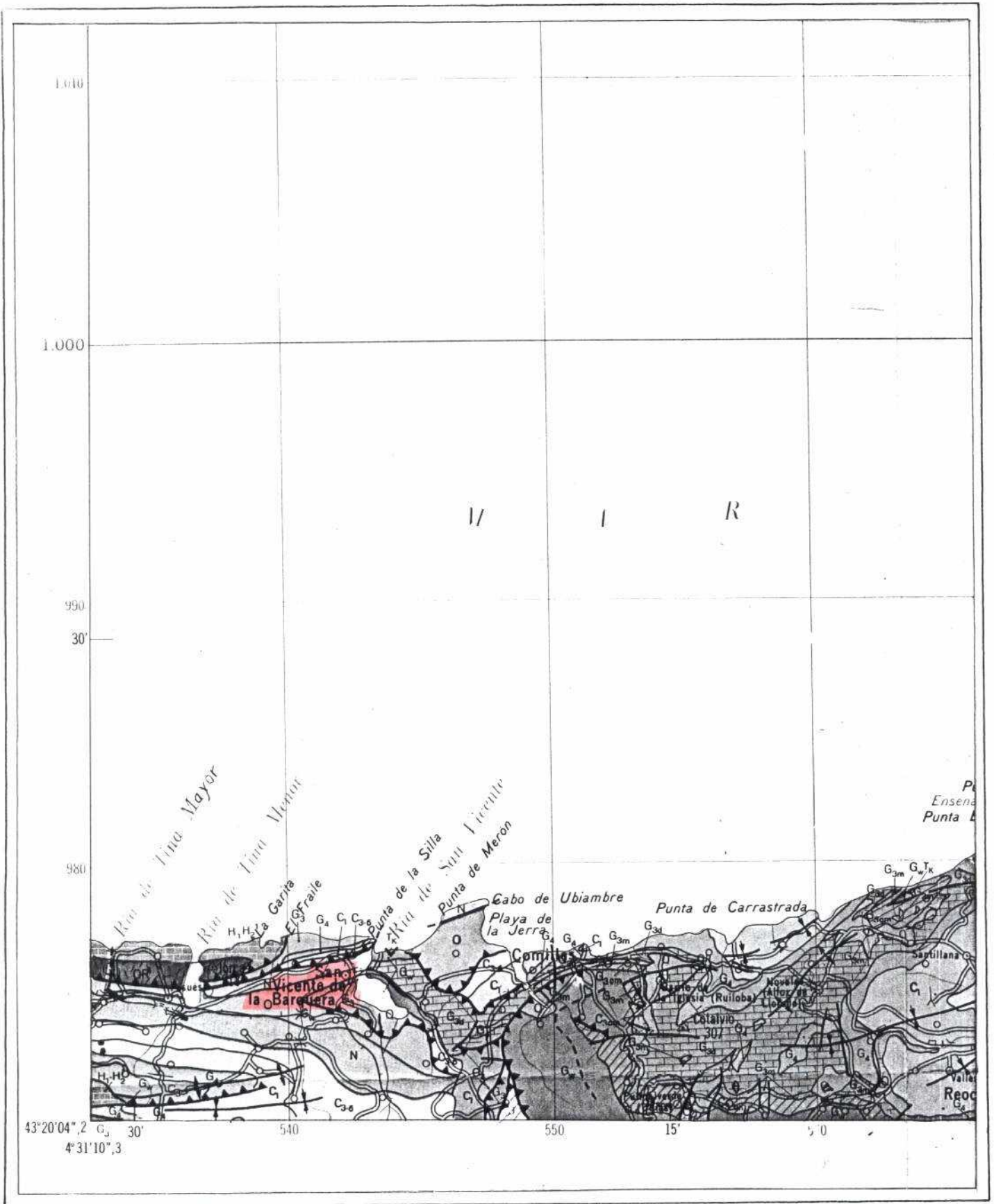
El Cuaternario de este sector presenta depósitos de carácter muy diverso, pudiéndose diferenciar: materiales correspondientes a terrazas marinas, depósitos fluviales y coluviales, depósitos periglaciares y sedimentos de cuevas. A lo largo de la costa existe una serie de superficies arrasadas (rasas costeras) a menudo con depósitos mal conocidos. El nivel más constante y más antiguo tiene; entre la Tina Mayor y el Sella, más de 220 metros, desapareciendo hacia el E., de tal modo que en San Vicente de la Barquera sólo aparecen los niveles más bajos y peor conservados.

3.2. TECTONICA.

La zona, como ya se ha mencionado, queda situada en la Región Cantábrica, en un país de pliegues alpinos, donde se ponen de manifiesto las relaciones estructurales existentes entre los materiales paleozoicos de la Cordillera Cantábrica (zona de Asturias) y los mesozoicos y terciarios de la zona de Santander, quedando patente la importancia que ha tenido la estructura herciniana preexistente al actuar sobre este conjunto de materiales la orogenia Alpina.

Los plegamientos mayores que han dado el carácter actual a la estructura cantábrica son de edad pirenaica (postlutecienses). Anteriormente han tenido sin embargo lugar algunos movimientos Aptenses, Albenses y Cenomanenses). Los accidentes hercínicos que se han dado en esta zona son los típicos de la Cordillera, produciéndose cabalgamientos que responden a una tectónica de escamas. También hay otros tipos de pliegues presentando una orientación común E-O. La mayoría de las fracturas alpidicas existentes en la zona son consecuencia de una removilización de otras ya preexistentes de edad herciniana.

Al SO. y NO. de San Vicente de la Barquera aparecen algunos pliegues y cabalgamientos bastante contínuos de estilo netamente pirenaico, en los que se reflejan en algunos puntos las directrices y características tectónicas de los plegamientos alpinos. En algunos puntos hacia el E., como en la zona de Comillas, se presenta una tectónica peculiar en la que se combinan los pliegues y las fallas, con profusión de estas últimas, y que no obedece más que secundariamente a las fuerzas alpinas, debiendo estar regida principalmente por el subsuelo herciniano, resultando como consecuencia una falta de nitidez en los rumbos de las directrices tectónicas; un rasgo peculiar en la zona es el de fallas cabalgantes que dan lugar a una serie de cobijaduras parciales (ver figura 3.1.).

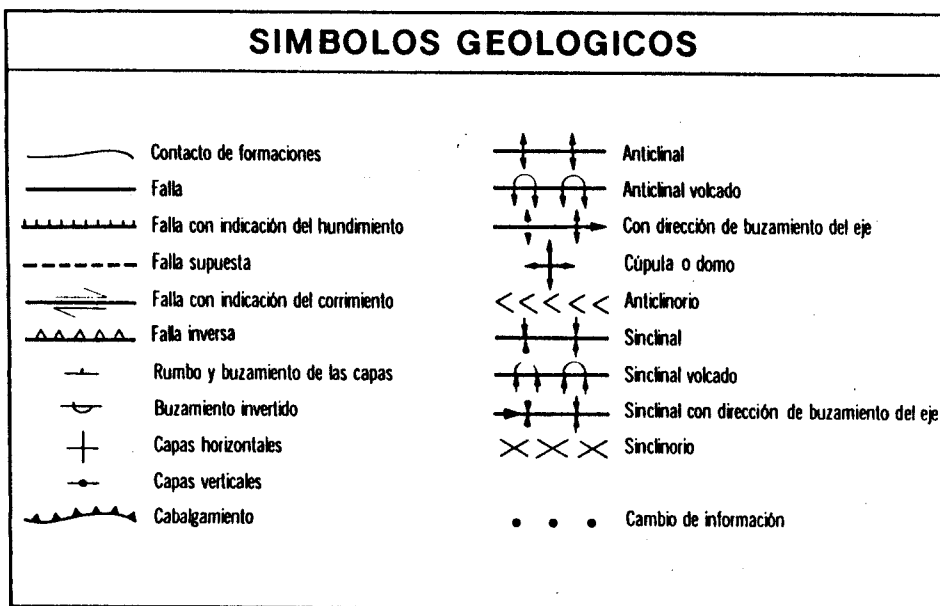
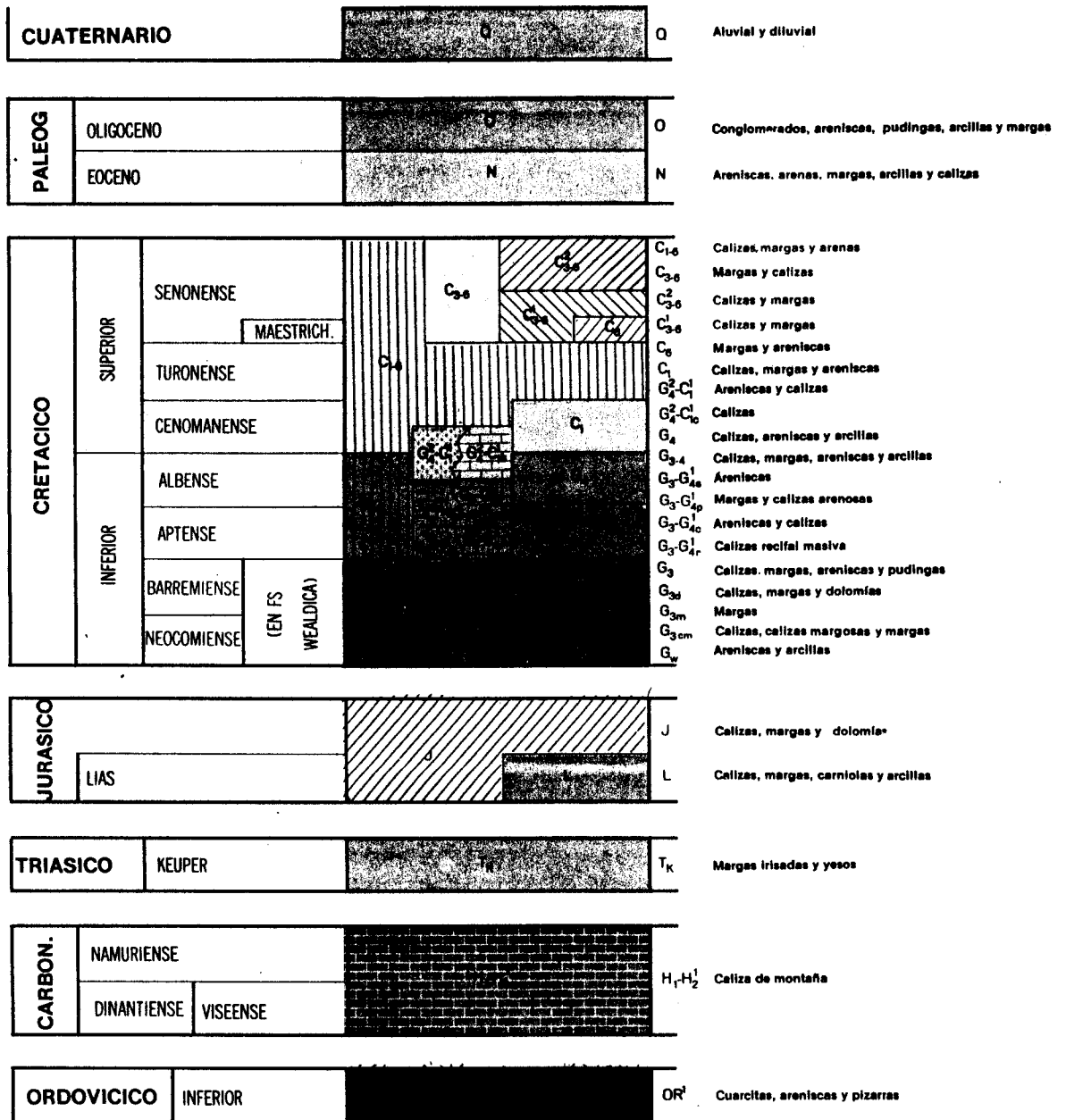


Sacado del MAPA GEOLOGICO

Escala: 1:200.000

- Santander - Hoja 4.

LEYENDA



4.- DESCRIPCION DE LA SITUACION.

En el castillo que existe en un alto sobre la población de San Vicente de la Barquera se ve un gran tramo de muralla caído. La causa original de su caída, en un tiempo no determinado, está en una gran grieta que afecta a la roca sobre la que se asienta el castillo. Esta individualiza un gran bloque de ≈ 600 Tm. que en su día basculó ligeramente deteriorando así la muralla. Es decir, el bloque objeto de este estudio ha sufrido ya movimiento.

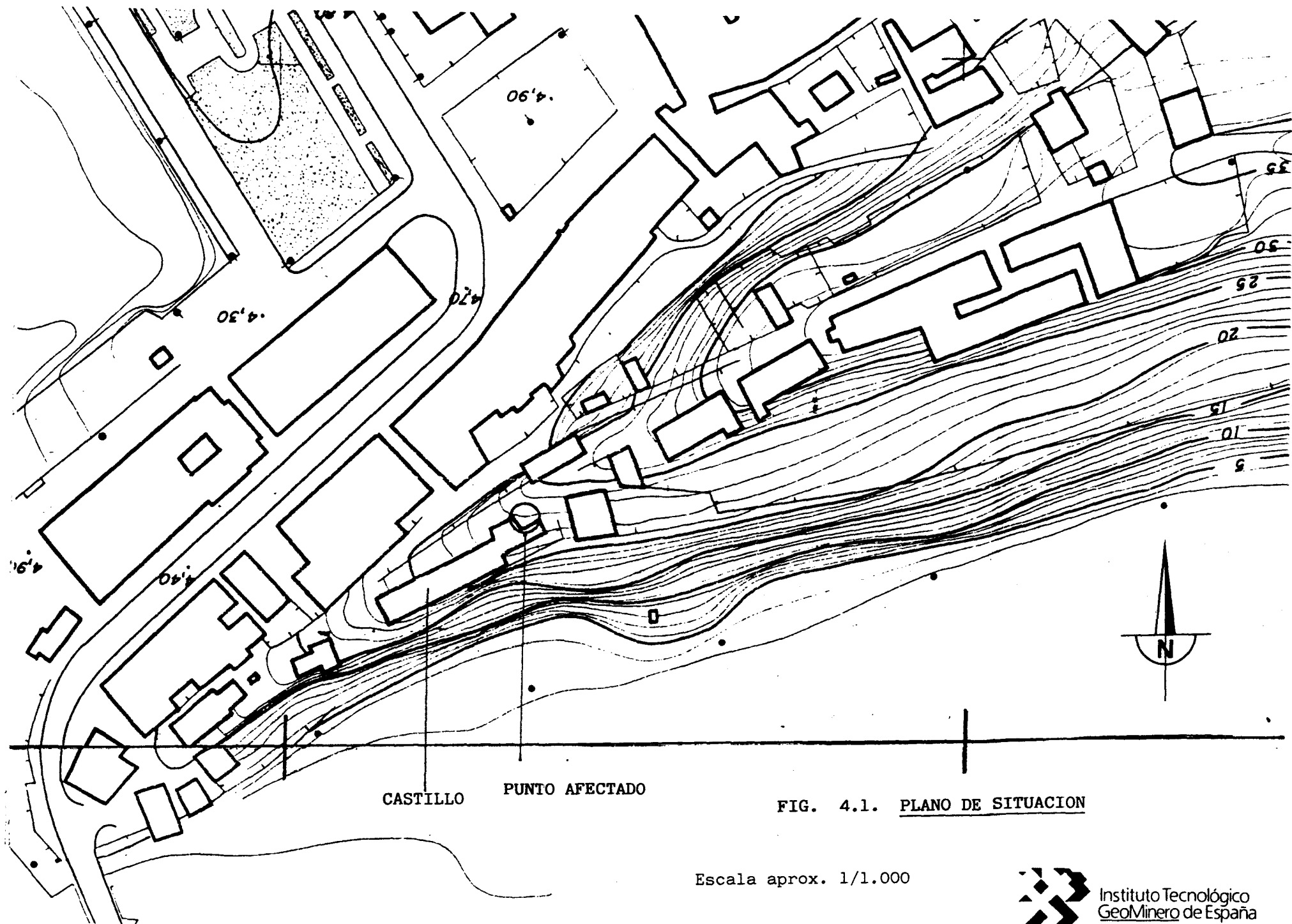
La grieta presenta un desarrollo vertical y mide entre 7,5 y 8,0 m. de profundidad. En su punto de máxima apertura relativa alcanza los 40 cm. Se encuentra parcialmente rellena hasta 1-1,5 m. de la superficie.

Su formación, en un primer análisis de la situación, se debe a la excentricidad del peso de un gran bloque rocoso individualizado a favor de un sistema de fracturas inherente a la propia roca y producto de la tectónica general de la zona.

La excentricidad del peso está producida por el descalce erosivo y progresivo del talud que forma la ladera Sur de este pequeño cerro: erosión diferencial de la formación infrayacente (margas calcáreas y arcillas de la formación 3; ver fotografías 9 y 10) respecto de los materiales situados encima (calizas y calcarenitas formaciones 1 y 2) que al ser más duros resisten mucho mejor la acción de los agentes erosivos.

La roca presenta una forma irregular y se encuentra actualmente recalzada por un muro de mampostería no drenado que soporta el peso, pero que hace sospechar de su eficacia.

No se aprecian movimientos relativos de la roca en la actualidad. Sin embargo, ante la necesidad de sobrecargarla para completar la muralla en las labores de reconstrucción del castillo se precisa establecer las condiciones de estabilidad en la nueva situación.



CASTILLO PUNTO AFECTADO

FIG. 4.1. PLANO DE SITUACION

Escala aprox. 1/1.000

5.- ANALISIS DE LA SITUACION DE INESTABILIDAD.

5.1. INTRODUCCION.

La situación de inestabilidad del macizo rocoso sobre el que se asienta el castillo se debe fundamentalmente a dos causas:

- a) Existencia de una gran grieta de tracción.
- b) Presencia de una importante red de diaclasado.

El primer aspecto es indudablemente el que mayor riesgo entraña siendo el segundo secundario, pero adquiriendo mayor notoriedad en función de las sobrecargas que tenga que soportar el macizo en el caso de que se decida la reconstrucción de la muralla del castillo.

A continuación se pasará a analizar las causas que provocan la situación inestable para, posteriormente, hacer las recomendaciones que se estimen más convenientes para la corrección del problema.

5.2. INESTABILIDAD DEBIDA A LA GRIETA.

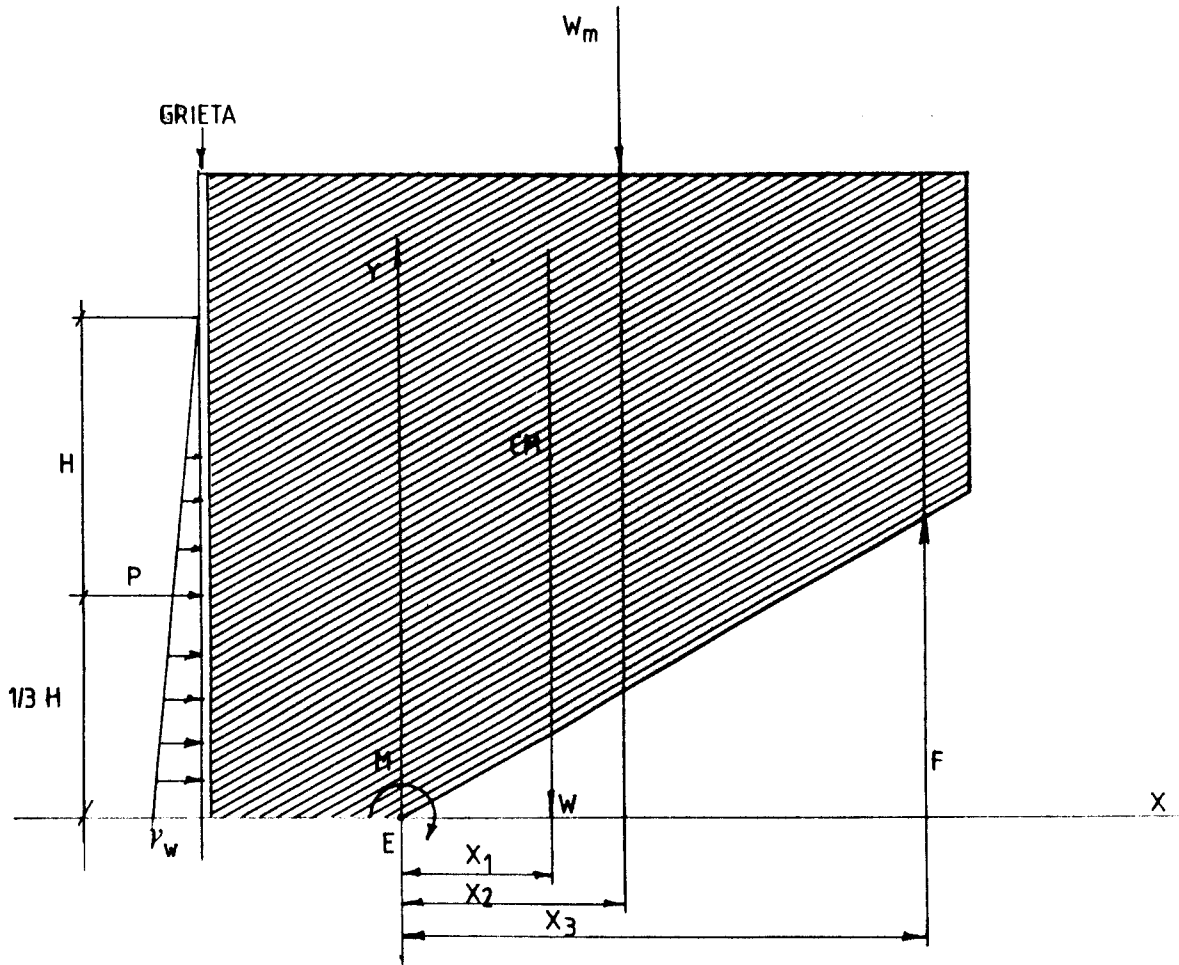
El macizo estudiado consta de dos litologías claramente diferenciadas en cuanto a su comportamiento geomecánico. En la base aparecen materiales de baja-media competencia, litológicamente representados por margas y arcillas. Sobre estos materiales aparecen unas calizas eocenas de mayor competencia que forman la parte más importante del promontorio.

Las diferencias de resistencia entre estos dos tipos de materiales son la causa de que, al actuar sobre ellos los agentes erosivos, hayan sido meteorizados de forma diferencial, lo que ha dado lugar a un fuerte descalce de las calizas superiores. Este descalce provoca una cierta "excentricidad" de la componente del peso del bloque que es la que origina un "momento volcador" aplicado en un punto "E" situado a pie del macizo (ver fotografía 4). Este "momento volcador" no ha sido convenientemente contrarrestado por el "muro de apeo" que existe al pie del promontorio (ver fotografías en los Anexos). Finalmente, se ha vencido la resistencia a la tracción de la roca según un plano de orientación N110E y buzamiento variable entre 90° y 80-85° NE, a veces en extraplomo, que es el plano correspondiente a la gran grieta que aparece en el macizo. Esta grieta permanece abierta, con una apertura media de ≈ 40 cm. medidos en la parte alta del macizo y decreciendo levemente hacia la base del mismo. La coincidencia y continuidad de las paredes de la grieta a ambos lados del plano de fractura, indican claramente la existencia de movimientos y separación entre los bloques (HOBBS, et. al., 1.981) con tendencia a la individualización de una parte del promontorio rocoso.

Para evitar el vuelco se construyó un muro de apeo de mampostería, no drenado, que no ofrece suficientes garantías de que soporte no sólo el propio peso del bloque, sino la suma de este y de la sobrecarga de la muralla que se piensa reconstruir.

A continuación se realiza un cálculo estimativo de la resistencia que debe ofrecer el muro en la nueva situación creada.

En la fig. 5.1. aparece idealizado el esquema de fuerzas que actúan sobre el bloque. Se ha añadido una fuerza W_m que es la carga adicional debida al peso estimado de la muralla a construir.



E = eje de pivotaje del bloque.

W = Peso del bloque.

W_m = Peso de la muralla a construir.

M = Momento volcador.

P = Empuje hidrostático suponiendo la grieta llena de agua hasta una altura $H = 6$ m.

γ_w = Peso específico del agua.

F = Fuerza de reacción debida al muro.

$X_1 = 1$ m.

$X_2 = 1,5$ m.

$X_3 = 3,5$ m.

CM = Centro de masas del bloque.

FIG. 5.1. Esquema de fuerzas que actúan sobre el bloque en la nueva situación.
(Sin escala).

Se supone, así mismo, que actúa un empuje hidrostático por la presencia de agua en la grieta hasta una altura de 6 m. En estas condiciones, para que el bloque quede en equilibrio estricto, la suma de los momentos de las fuerzas que actúan debe ser nula:

$$\Sigma M = 0$$

La expresión anterior se puede entender como:

$$\Sigma M \text{ volcador} = \Sigma M \text{ resistente (1)}$$

Es decir, la suma de todos los momentos de las fuerzas que tienden a volcar el bloque girando en torno al punto "E", debe ser exactamente compensada por el momento resistente que proporciona la fuerza F debida a la reacción del muro, con relación al mismo punto "E".

Si suponemos nula la cohesión en la grieta, la relación(1) puede entonces escribirse como:

$$\frac{1}{2} \gamma_w \cdot H^2 \cdot \frac{1}{3} H + W \cdot X_1 + W_m \cdot X_2 = F \cdot X_3 \quad (2)$$

De la expresión (2) puede obtenerse F, que es la fuerza resistente que debe oponer el muro para que el bloque esté en equilibrio estricto.

Aplicando los valores que aparecen en la Fig. 5.1. obtenemos que $F \approx 200$ Toneladas.

Este valor al haber supuesto la cohesión nula en toda la longitud de la grieta y considerar un valor elevado de P, queda del lado de la seguridad.

5.3. INESTABILIDAD POR DIACLASADO. CUÑAS INESTABLES.

El espaciamiento y número de familias de las discontinuidades son indicadores importantes del comportamiento del macizo frente a las posibles sollicitaciones a las que se ve sometido.

Se han detectado en el macizo una serie de discontinuidades que se han clasificado en dos grupos:

- Planos de estratificación.
- Diaclasas.

Las orientaciones medias de estas discontinuidades aparecen en la Tabla 1.

TABLA 1.

PLANOS DE ESTRATIFICACION	60 /35 ° NW
DIACLASAS	Familia I, (FI) 135 /68° SW
.....	Familia II, (FII)..(entre) 95 /82° S (2)
.....	75 /82° S (1)
.....	Familia III, (FIII)..(entre) 7 /80° E (4)
.....	5 /80° E (5)
DIRECCION MEDIA DEL TALUD	N 65° E
 <u>NOTA:</u> Las familias II y III vienen expresadas en dos intervalos medios dentro de la nube de puntos en cada caso	

Los valores de la Tabla 1 expresan las direcciones y buzamientos más frecuentes de entre los observados para cada tipo de discontinuidad, así como sus rangos de variación en el caso del diaclasado.

La situación de inestabilidad de la roca queda señalada en la representación estereográfica.

- La dirección general del talud es $N 65^{\circ} E$. coincidiendo con la dirección de la calle sobre la que se encuentra el SW termina formando esquina, tomando una dirección general, perpendicular a la anterior: NNW - SSE. Por ello, la familia de diaclasas n.º 2 (F II) aflora en este último. Junto a esta familia de diaclasas se han reconocido otras dos (F I y F III) que según el análisis, posibilitan la formación del bloque desgajado. La combinación de las tres familias y fundamentalmente de la F I y F III favorece el desplazamiento. Sobre las fotografías 7 y 8 se han señalado las dos familias reconocidas y como su interferencia mútua ha determinado la separación de la roca.

Esquemáticamente se ha señalado sobre las fotografías 7 y 8 la dirección de vuelco de la roca. Sobre la representación estereográfica se señala esta dirección obtenida (A) de una forma geométrica. Como se puede apreciar el desplazamiento del bloque obedece al juego de cuñas.

Sin duda la energía desestabilizadora proviene del proceso de descalce en la base, pero el desplazamiento, y sobre todo el principio del mismo, se ve determinado por el juego de diaclasas existente. Como se observa, la separación de la grieta, en su trasdós, es mucho mayor (del orden de 2-2,5 veces) donde interviene la familia I que en donde lo hace de forma mayoritaria la familia II. Por lo tanto el desplazamiento es fundamentalmente en dirección SW., en la dirección que señala la flecha A. Simplificando, se podría considerar el caso de una gran cuña diedral que descalzada en su base tiende a desplazarse-volcar a favor del sistema de fracturas señalado.

Sobre la misma representación estereográfica, se han señalado otras dos flechas: B y C que representan los juegos de cuñas reconocidos en las fotografías 9 y 10. Estos no representan, en este momento, un problema de estabilidad.

Las familias I y II son las más abundantes en el macizo, siendo mucho menos frecuente la familia III (véanse fotografías 7 y 8).

El espaciamiento medio de estas familias aparece en la Tabla 2.

Tabla 2

<u>Familia de Diaclasas</u>	<u>Espaciamiento medio</u>
I	12 cm.
II	20 cm.
III	100 cm.

Los planos de estratificación presentan espaciados irregulares, siendo de 30-40 cm. en la parte media-baja del macizo (Formaciones 2 y 3 de las fotografías 9 y 10) pasando a ser la estratificación prácticamente masiva en la zona alta (Formación 1 de las fotografías 9 y 10).

A partir de los datos de espaciado se pueden dar algunos valores cuantitativos de índices que sirven para caracterizar el grado de fracturación del macizo. Estos índices son:

- Índice de diaclasado (I)
- Índice de bloques (I_b)
- Índice J_v

La intensidad de diaclasado se define para cada familia de diaclasas y es la relación entre la frecuencia de las fracturas (F_f) y la frecuencia de los planos de estratificación (F_c). La frecuencia en cada caso vendrá dada por la inversa del espaciado. Los valores de intensidad de diaclasado para las diferentes familias aparecen en la Tabla 3.

Tabla 3

<u>Familia de diaclasas</u>	<u>Intensidad de Diaclasado</u>
I	2,66
II	1,66
III	0,33

Índice de bloques (I_b) es la dimensión media de los bloques que resultan de la interacción de las diferentes discontinuidades en el macizo. El índice de bloques se define (SERRANO, A., 1.985):

$$I_b = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_i}{n}$$

Siendo: n = n.º de familias de discontinuidades

S_i = espaciado modal de la familia i .

El I_b para esta zona del macizo es de ≈ 40 cm. siendo las dimensiones de los bloques bastante homogéneas y romboédrica la forma predominante.

El índice J_v es el n.º de discontinuidades por m^3 . Es un contador volumétrico que se define como:

$$J_v = \sum_{i=1}^n \frac{1}{S_{m_i}}$$

Siendo: $n =$ n.º de familias

$S_{m_i} =$ espaciamiento medio de la familia i

El J_v obtenido para el macizo es de 18 juntas/ m^3 . Atendiendo a los valores de la Tabla 4 (SERRANO, A. 1.985) podemos clasificar el macizo como de bloques pequeños. Para la formación 1 (más margosa) este cálculo no determina nada y en la formación 3 (superior) la fracturación se hace más confusa.

Por todo ello se considera un volumen medio de bloques entre 0,15 y 0,20 m^3 con formas paralelepípedicas (romboédricas) en la formación 2 y bloques mayores, en la formación 3 donde la forma de los bloques, aún teniendo el mismo control estructural, se presenta mucho más irregular.

Tabla 4.

<u>Clasificación</u>	<u>J_v</u>
Bloques masivos	menor de 1
Grandes bloques	1 - 3
Bloques tamaño medio	3 - 10
Bloques pequeños	10 - 30
Bloques muy pequeños	30 - 60
Roca machacada	mayor de 60

La correlación entre el índice J_v y el RQD para esta zona del macizo se obtiene de la expresión:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v; \text{ si } J_v \geq 4,5 \text{ (SERRANO; A. 1.985).}$$

El RQD obtenido es de 55,6 % lo que da una calidad del macizo mediana (Tabla 5).

Tabla 5

<u>Calidad del Macizo</u>	<u>RQD (%)</u>
Muy pobre	0 - 25
Pobre	25 - 50
Mediana	50 - 75
Buena	75 - 90
Selecta	90 - 100

La representación en un diagrama de RUHLAND del $\lg_{10} F_f$ (frecuencia de las fracturas) frente a $\lg_{10} F_c$ (frecuencia de los planos de estratificación), indica que no existe en el macizo relación sistemática entre la densidad del diaclasado y la estratificación.

Se han representado en proyección estereográfica las diferentes familias de discontinuidades observadas así como la orientación del talud obteniendo el diagrama de la figura 5.2.

El valor del ángulo de rozamiento φ de las diaclasas se puede estimar a partir de la fórmula de BARTON (1.974):

$$\varphi = \varphi_B + JRC \lg \frac{\sigma_c}{\sigma_n}$$

Siendo:

JRC = coeficiente de rugosidad de juntas (BARTON, 1.974)

φ_B = coeficiente de fricción básico (BARTON, 1.974)

σ_C = resistencia a compresión simple de la pared de la grieta.

σ_n = tensión normal a que está sometida la junta.

Los valores más frecuentes de algunos de estos coeficientes para materiales similares aparecen en la bibliografía, y así se puede tomar:

JRC = entre 5 y 10 -----(BARTON, 1.974) (1)

φ_B = entre 25° y 35° -----(BARTON, 1.974) (2)

σ_C = entre 100 y 200 Kg/cm³ -----(SERRANO, 1.985)

σ_n = entre 0,5 y 2,0 Kg/cm³ -----(estimado).

(1) La fluctuación del valor del coeficiente JRC en este caso se produce en función de observaciones en campo. Se han apreciado diferencias importantes según la dirección considerada.

(2) El coeficiente de fricción básico se toma siguiendo las recomendaciones del Boletín de la S.E.M.S. y C. de Julio - Agosto de 1.985.

Considerando estos datos, obtenemos para el talud:

$$\varphi = \begin{cases} 25 + 5 \cdot \log \frac{100}{0,5} = 36^\circ \\ 35 + 10 \cdot \log \frac{200}{2} = 55^\circ \end{cases}$$

El intervalo obtenido resulta ser excesivamente amplio por lo que se puede considerar un valor medio en torno a los 45°.

Dado que a partir de la representación estereográfica se obtienen valores de los ángulos de las líneas de intersección, a favor de las cuales deslizarían las cuñas o bloques de: A = 68°; B = 80°; C = 55°, y puesto que se ha considerado un ángulo de fricción medio de 45°, a priori sería posible el deslizamiento de estos bloques a favor de estas líneas; no obstante, al no haber sido considerados aspectos como la cohesión, la rugosidad, etc., es de suponer que la resistencia ofrecida por el material sea mayor de hecho no se ha observado ningún otro signo de inestabilidad.

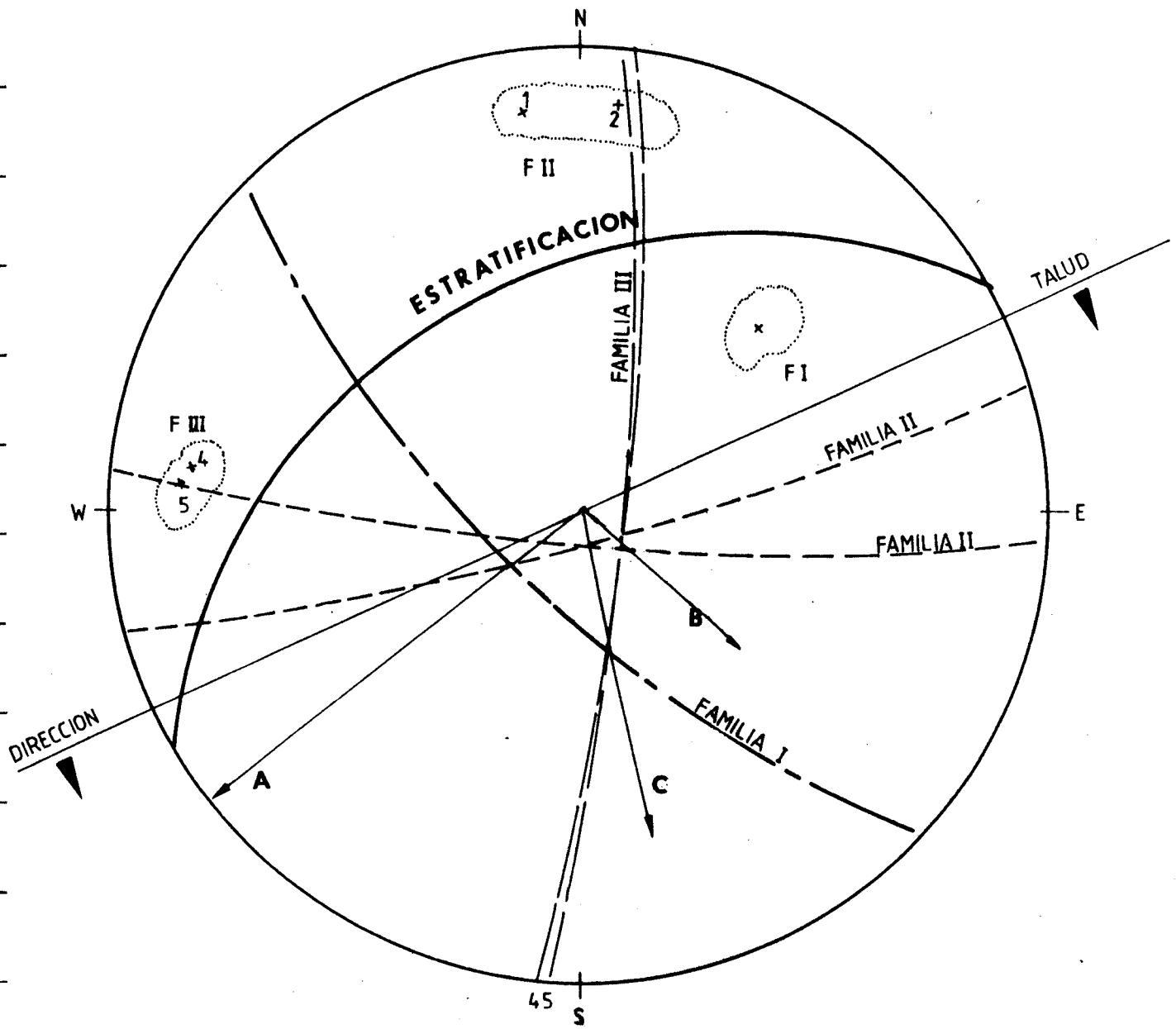


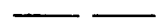





FIGURA 5.3 .- Representación estereográfica de los sistemas de fracturas medidos (sobre falsilla de WULFF.).

LEYENDA

	F I	Familia de diaclasas n.º 1
	F II	Familia de diaclasas n.º 2
	F III	Familia de diaclasas n.º 3
		Dirección y cara libre del talud
		Cuña inestable (dirección y sentido del desplazamiento)
		Polo n.º 1

6.- CONCLUSIONES.

A partir del análisis de la situación de inestabilidad se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1.- La inestabilidad del macizo rocoso sobre el que se encuentra el castillo se debe fundamentalmente a la presencia de una gran grieta de tracción que obedece al juego combinado de una importante red de diaclasado.

2.- La grieta, en su evolución, tiende a individualizar un bloque de unas 600 Tm. por la acción de un "momento volcador" suma de las diferentes fuerzas a las que se ve sometido dicho bloque. Este "momento volcador" no está siendo convenientemente contrarrestado por el muro de apeo que actualmente encontramos en la base del promontorio. En el caso de que se reconstruya la muralla, como se tiene previsto, este muro resultará claramente insuficiente si no se adoptan medidas de refuerzo.

3.- Tras el estudio estructural del sistema de fracturas existente se ha comprobado la dirección de máximo desplazamiento del bloque, provocado por el descalce erosivo en su base y el juego de diaclasas. Esta dirección coincide con la deducida de la separación de las fracturas observada, la dirección del máximo desplazamiento es SW., aunque una vez separado el bloque, tal y como se encuentra hoy, el control del movimiento vendrá dado por la excentricidad de la componente del peso del bloque y su "momento volcador" asociado.

4.- El gran número de discontinuidades existentes en el macizo, le proporciona una gran permeabilidad por fisuración. La presencia de agua en las grietas aumenta el grado de inestabilidad ya que rebaja el ángulo de fricción y se producen empujes hidrostáticos que vienen a sumarse a las fuerzas que actúan sobre el bloque y que tienden a provocar su vuelco. No obstante de las observaciones realizadas sobre el macizo rocoso se ha deducido la no presencia de otros bloques o cuñas inestables.

5.- Las actuaciones encaminadas a la estabilización se deberán realizar únicamente sobre el bloque objeto de este estudio.

7.- MEDIDAS RECOMENDADAS.

Como se recoge en las conclusiones de este trabajo la inestabilidad del bloque rocoso en las actuales condiciones es evidente. El muro inferior de sustentación, sin embargo, no presenta huecos de desplazamiento ni deformaciones aparentes. No obstante la gran grieta posterior evidencia un movimiento relativo de importancia.

Así pues, se considera preciso, ante la necesidad de cargar sobre la roca de forma importante, acometer obras de contención y sujeción de la misma. De ésta forma se conseguirá incrementar el nivel de seguridad sobre la calle y se asegurará, así mismo, la inversión realizada en la reconstrucción del castillo en este punto.

SE PROPONE:

a) La construcción de cuatro pilas de apoyo según esquema de la figura 7.1.

b) Reparación del muro ya existente en los puntos en los que se aprecia deterioro.

c) Realización de un sistema de drenaje como el que se contempla en la misma figura 7.1.

d) Sistema de grapas de anclaje para la fijación y sellado de la grieta en su parte superior según el esquema que se recoge en la figura 7.2.

LAS PILAS DE APOYO deben cimentarse sobre un sustrato suficientemente consistente que evite asentamientos. Para ello se propone excavar una zapata de sección en superficie de 1 m. x 1 m. y 0,5 m. de profundidad. Si al profundizar hasta 0,5 m. se aprecia un terreno blando tipo arcilla, limo o relleno no compactado se profundizará hasta encontrar un firme adecuado. El diseño de las pilas se ha realizado para una carga repartida de 5 Kg/cm^2 lo que da un margen muy amplio de seguridad.

El fuste de la pila tendrá una sección de 0,60 m. x 0,60 m. y se prolongará hasta la roca donde se realizarán labores de saneo garantizando así un apoyo efectivo.

Se realizará en hormigón armado con encofrado, al menos, de tres caras.

EL SISTEMA DE DRENAJE lo compone, en el punto más bajo del trasdós del muro de mampostería, un tubo poroso de sección entre 10 y 12 cm. que desagua al exterior en los puntos más bajos que se situarán en los intervalos entre pila y pila (3 salidas al exterior).

Se acomodará, el dren interior sobre una cama de hormigón que servirá de guía para el dren y evitará filtraciones hacia la base del muro.

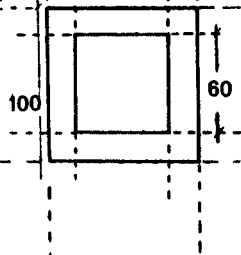
Sobre el dren se recomienda situar una capa de arena de 20-30 cm. como filtro de protección al tubo drenante.

En el trasdós del muro se puede rellenar con bloques o balasto no seleccionado que permita el fácil drenaje aunque esta medida no se considera necesaria si ya se ha realizado el dren inferior, y al ser el muro de mampostería.

RELLENO EN EL TRASDOS DEL MURO DE BLOQUES. BALASTO POROSO.

4 PILAS DE HORMIGON A INTERVALOS DE UN METRO (DESDE SU BASE).

SISTEMA DE DRENAJE LONGITUDINAL CON SALIDAS (UNA ENTRE PILAR Y PILAR) A TRAVES DEL MURO DE MAMPOSTERIA.



PLANTA (Sección)
(medidas en cm.)

FIG. 7.1. SECCION DE DETALLE DEL SISTEMA DE PILAS DE APOYO PARA LA SUSTENTACION SUFICIENTE DE LA ROCA Y CARGAS ADICIONALES PREVISTAS.

El SISTEMA DE ANCLAJE lo constituyen grapas de acero corrugado bien electro-soldadas o bien dobladas. Su sección mínima no será menor de 2 cm. y se colocarán a intervalos de 0,5 m.

Se instalarán tomadas con cementos especiales de gran adherencia y resistencia a la corrosión (Figura 7.2.).

SE RECOMIENDA el sellado de la grieta según el esquema de la figura 7.2. Rellenando con grava y dándole salida por los laterales a posibles filtraciones, con lo que se evitarán empujes hidrostáticos sobre el bloque.

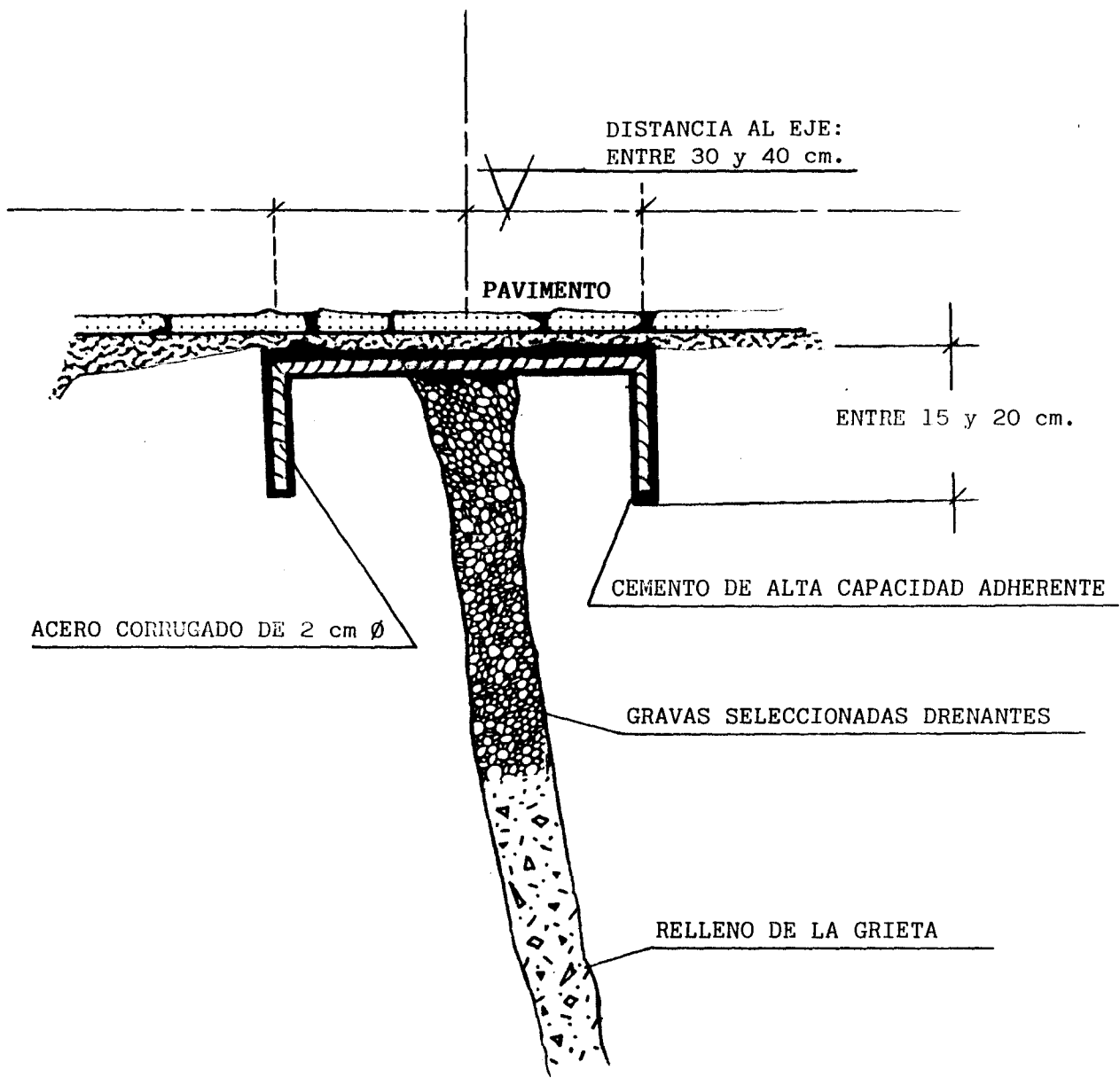
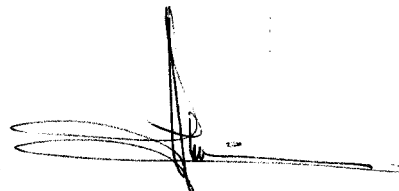


FIG . 7.2. SECCION DE DETALLE DEL SISTEMA DE GRAPAS PARA FIJACION Y SELLADO DE LA GRIETA.

Fdo.: Francisco Ayala Carcedo.

- Jefe del Area de Inge
nería Geoambiental.

I.T.G.E.



Fdo.: Alberto Gracia Bernal.

- Licenciado en Cien
cias Geológicas.

GEONOC, S.A.

A N E X O S

ANEXO I: PRESUPUESTO ESTIMATIVO A LAS
RECOMENDACIONES PROPUESTAS.

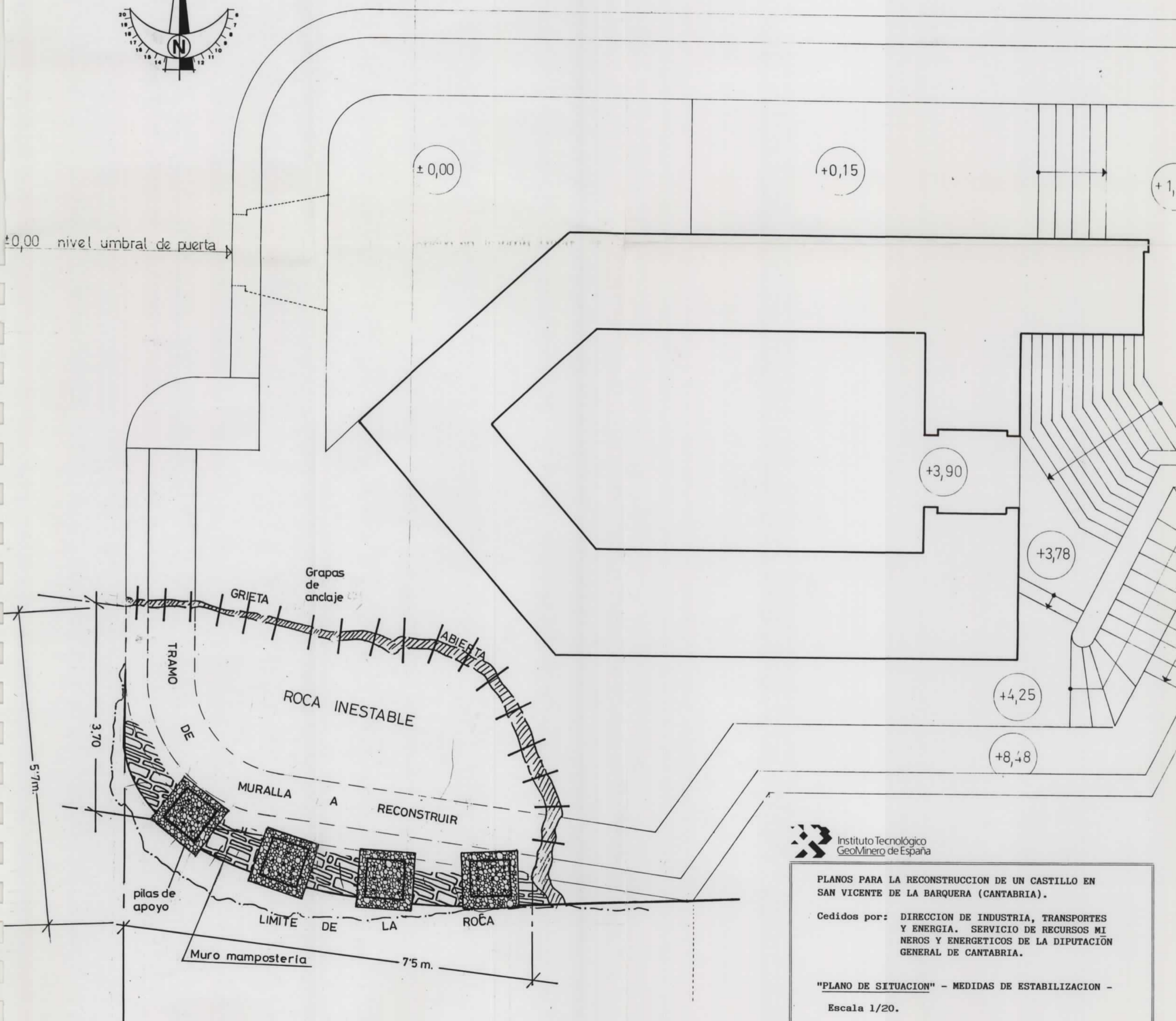
1.- PRESUPUESTO ESTIMATIVO A LAS RECOMENDACIONES PROPUESTAS

1) Transporte de maquinaria y acopio de materiales. Puesta en Obra aprox. 15 % Coste Seco			70.000 Pts.
2) PILAS DE REFUERZO:			
(72442) m ³ Excavación	7.944 Pts/m ³ (≈ 4 m ³)		31.776 Pts.
(72369) m ³ Limpieza	3.063 Pts/m ³ (≈ 4 m ³)		12.252 Pts.
Transporte manual (con carretilla) de tierras por Peón Ordinario.....	974 Pts/h. (≈ 8 h.)		7.792 Pts.
(74406) m ² encofrado	1.972 Pts/m ² (≈ 20 m ²)		39.440 Pts.
(73610) Kg. armadura	135 Pts/kg (≈ 200 Kg)		27.000 Pts.
(81041) m ³ hormigón (incl. vertido)	12.925 Pts/kg (≈ 5 m ³)		64.625 Pts.
3) DRENAJE:			
(72442) y (72469) excavación y limpieza en el trasdós del muro o acceso directo a través de este ...	7.944 Pts/m ³ (≈ 4 m ³)		31.776 Pts.
(93107) Instalación de Ml. de tubo de fibrocemento poroso para drenaje de Ø 10-12 cm.	5.200 Pts/ml. (≈ 10 m)		52.000 Pts.
Acondicionamiento de arena			20.000 Pts.
4) MURO:			
Obras de reparación y reacondicionamiento del muro			70.000 Pts.

5) SISTEMA DE FIJACION DE GRAPAS:

Ud. de limpieza, acondicionamiento y taladro con martillo-percutor ..	1.400 Pts/h. (0,5 h.)	700 Pts
Ud. de grapa de acero		450 Pts
Ud. de instalación con cementos es peciales	2.000 Pts/h. (0,5 h.)	1.000 Pts
	x 20 =	<u>43.000 Pts</u>
Relleno de grava en fractura (Incl. transporte).	1 m ³	22.000 Pts
Hormigón de sellado (Incl. vertido)	1 m ³	34.000 Pts
	COSTE SECO	455.661 Pts
		<u>70.000 Pts</u>
	COSTO EJECUCION MATERIAL	525.661 Pts
	30% Gastos Generales + Beneficios	157.699 Pts
	12% IVA	<u>63.080 Pts</u>
	<u>TOTAL COSTE EJECUCION OBRA</u>	<u>746.440 Pts</u>
	REDONDEO	<u><u>750.000 Pts</u></u>

ANEXO II: MAPA DE SITUACION.




 Instituto Tecnológico
 GeoMinero de España

PLANOS PARA LA RECONSTRUCCION DE UN CASTILLO EN
 SAN VICENTE DE LA BARQUERA (CANTABRIA).

Cedidos por: DIRECCION DE INDUSTRIA, TRANSPORTES
 Y ENERGIA. SERVICIO DE RECURSOS MI
 NEROS Y ENERGETICOS DE LA DIPUTACION
 GENERAL DE CANTABRIA.

"PLANO DE SITUACION" - MEDIDAS DE ESTABILIZACION -

Escala 1/20.

ANEXO III: FOTOGRAFIAS.



FOTOGRAFIA 1. Vista frontal desde el Paseo de San Vicente, de la roca inestable. Esta queda justo debajo del trcheo de la muralla derribada.

FOTOGRAFIA 2. Vista en perfil de la roca inestable. Se puede apreciar la grieta abierta en la parte posterior de la misma.

SV II. 1.

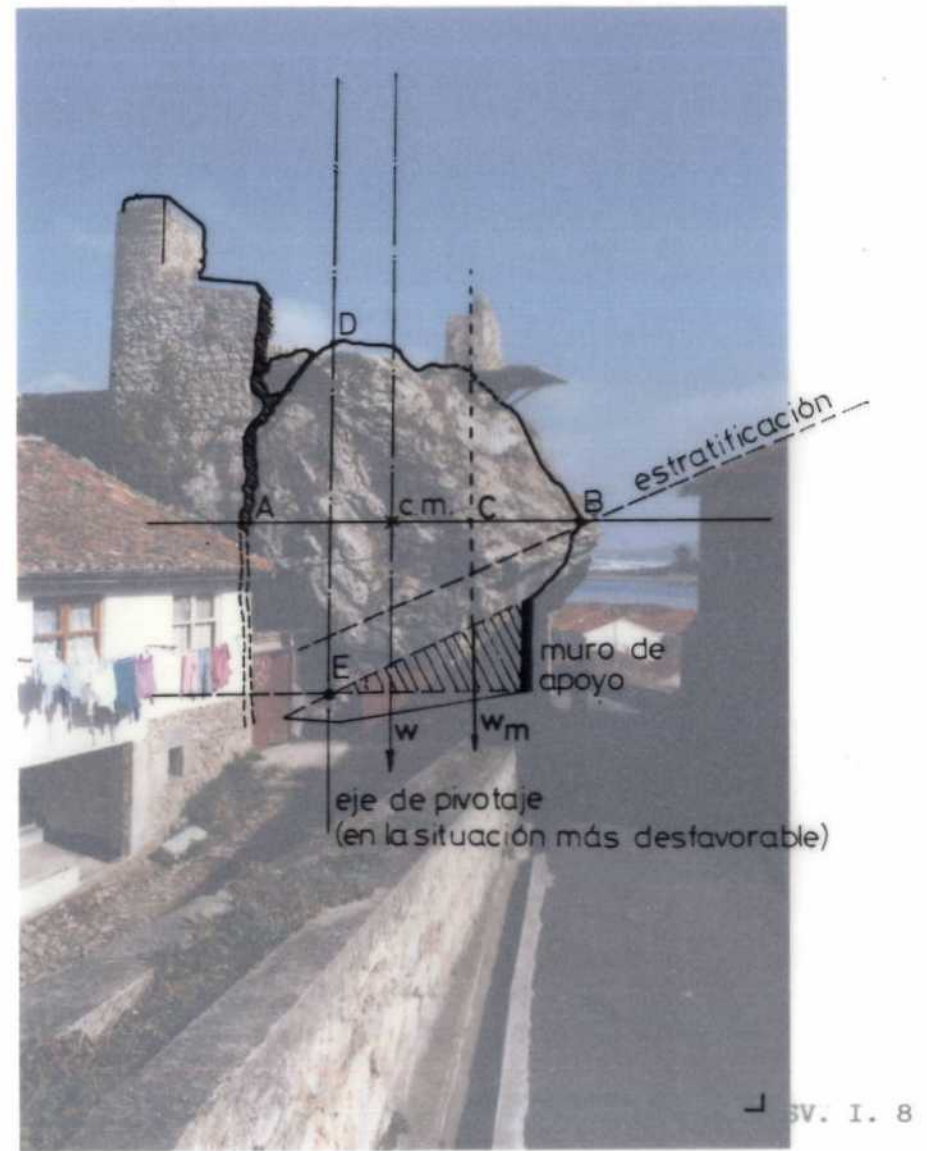




FOTOGRAFIA 3. Vista desde el ángulo opuesto a la anterior de la roca inestable.

A-c.m 4,5 m.
 c.m.-B 3,2 m.
 E-D 7,5 m.

SV. I. 13



FOTOGRAFIA 4. Perfil de la roca tomada para el análisis de la inestabilidad.

SV. I. 8

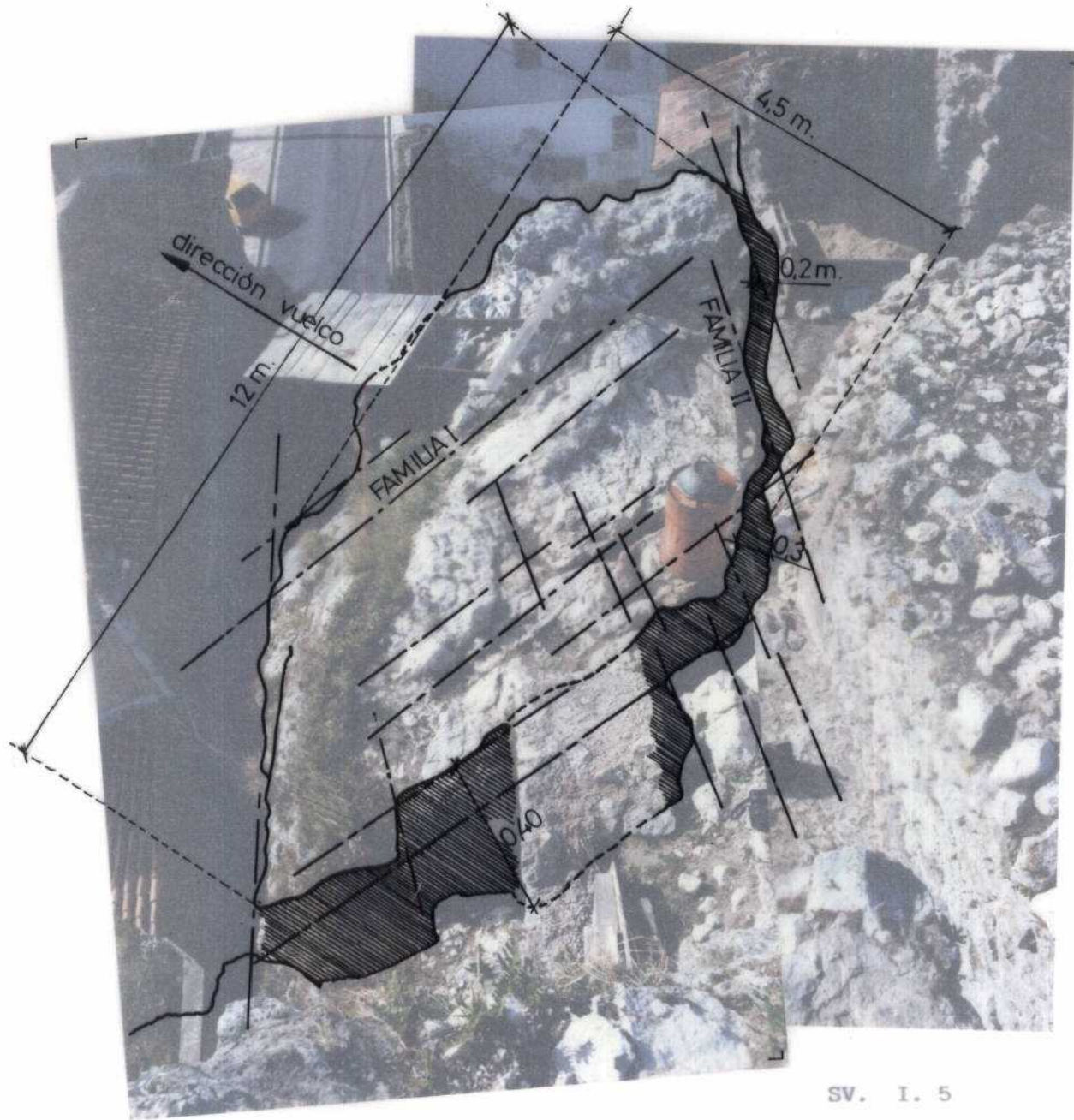
SV. I. 9

FOTOGRAFIA 5 y 6.

Detalle de la grieta de separación del bloque inestable del resto del macizo. Obsérvese que la muralla no continúa en el bloque movido. Ello nos lleva a pensar que el propio movimiento de la roca contribuyó a la destrucción de ese tramo de muralla.

SV. I. 10

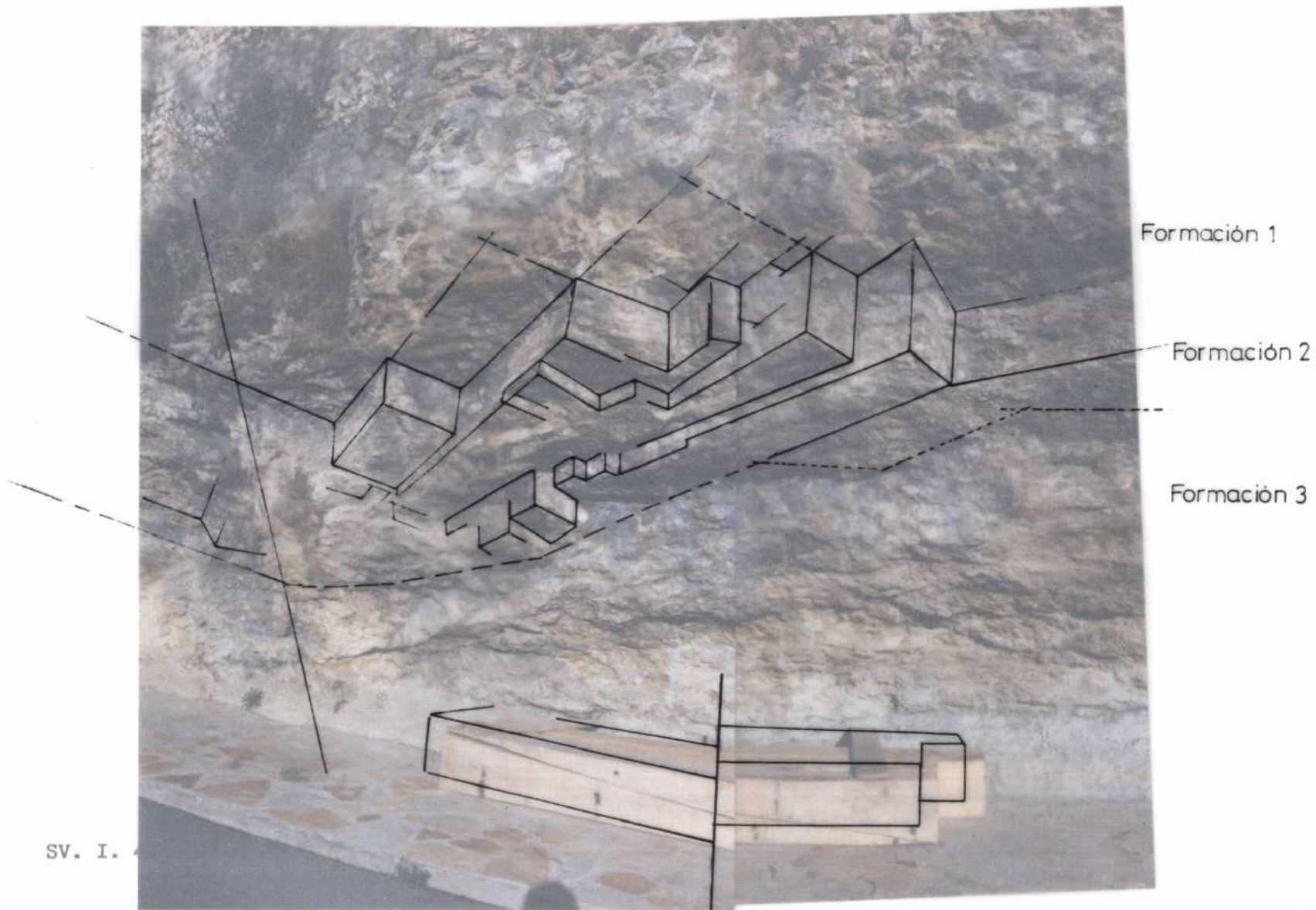




SV. I. 4

SV. I. 5

FOTOGRAFIA 7 y 8. Vista superior de la superficie de la roca inestable. Apréciase los juegos de fracturas (sobre el superponible) y como una combinación de éstos determina toda la grieta de separación.



SV. I.

FOTOGRAFÍAS 9 y 10: División de la roca en tres formaciones, según planos de estratificación. Formación 1: Calcarenita brechificadas, masivas. Formación 2: Calizas tableadas bien estratificadas. Formación 3: Margas calcáreas más blancas. Apréciase el juego de fracturas-cuñas aparecido sobre la Formación 2.