

00299

MAPA GEOTECNICO GENERAL

TORTOSA



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**MAPA GEOTECNICO GENERAL
E:1/200.000**

TORTOSA

HOJA 8-5/41

SERVICIO PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA

El presente estudio ha sido realizado por la
Empresa Nacional ADARO de Investigaciones
Mineras, S.A. (ENADIMSA), en régimen de con-
tratación con el Instituto Geológico y Minero de
España.

Servicio de Publicaciones - Ministerio de Industria - Claudio Coello, 44 - Madrid-1

Depósito Legal: M. 16.296-1975

AUGESA - Reprografía - km 12.200 Ctra. de Burgos. Madrid

INDICE

	pág
1. INTRODUCCION	1
2. DESCRIPCION DE FACTORES CON INCIDENCIA GEOTECNICA	3
2.1. Características fisiográficas	3
2.2. Bosquejo geológico	7
2.3. Criterios de división. Características generales de las áreas	10
2.4. Formaciones superficiales y sustrato	17
2.5. Características geomorfológicas	23
2.6. Características hidrológicas	26
2.7. Características geotécnicas	30
3. INTERPRETACION GEOTECNICA DE LOS TERRENOS	35
3.1. Introducción	35
3.2. Terrenos con condiciones constructivas favorables	35
3.3. Terrenos con condiciones constructivas aceptables	36
3.4. Terrenos con condiciones constructivas desfavorables	36
3.5. Terrenos con condiciones constructivas muy desfavorables	36
BIBLIOGRAFIA	37

1. INTRODUCCION

El estudio del comportamiento mecánico del subsuelo constituye hoy una técnica muy desarrollada, investigadora de las tensiones y deformaciones que el suelo experimenta bajo estados de carga. No puede decirse lo mismo de la cartografía geotécnica, ya que, dada la complejidad de los posibles problemas a considerar, resulta difícil su representación en un número limitado de documentos gráficos. Esta es la razón por la que no se ha llegado a establecer en el mundo una sistemática para la confección de mapas geotécnicos.

Ante esta situación ha sido preciso establecer una metodología para la confección de mapas geotécnicos en nuestro país, para la que se ha tenido presente los resultados de dos estudios realizados:

- Cartografía geotécnica que se realiza en el mundo, sus finalidades, sus métodos y sus resultados.
- Problemas geotécnicos derivados del desarrollo inmediato en nuestro país.

Se han establecido los criterios de clasificación de los terrenos. Dado que esta clasificación hay que obtenerla a partir de innumerables datos de tipo geológico y mecánico, se ha establecido el tratamiento que es necesario dar a aquéllos para llegar a resultados utilizables.

Se consideran factores principales para la confección de mapas de aptitud de terrenos, la topografía y morfología; las formaciones litológicas blandas y consolidadas, así como sus características mecánicas; niveles freáticos y posibilidades de drenaje. Los factores secundarios serán los que se refieren a la climatología, sismología y la existencia o no de recursos naturales (agua, vegetación, arbolado, materiales rocosos para construcción).

La cartografía geotécnica es, pues, aquella rama de la geotecnia que mediante estudios de investigación de la estructura tectónica de la corteza terrestre, composición de

las rocas que forman la parte más superficial de la misma, análisis de los fenómenos geológicos actuales —aguas subterráneas y geomorfología—, y con las experiencias habidas en otras zonas geológicas y geográficas similares, establece una distribución de las condiciones geotécnicas de la corteza terrestre, explica el carácter zonal y regional de la distribución de los procesos y fenómenos geotécnicos, descubre los factores que rigen las condiciones geológicas para la construcción, y predice los cambios que en las condiciones geotécnicas pueden producir esas construcciones.

Los mapas geotécnicos serán mapas geológicos en los que se incluyen las características geotécnicas necesarias para el cálculo de estructuras industriales y urbanas, diferenciándose de aquéllos por suministrar datos cualitativos y cuantitativos del terreno, que podrán ser de aplicación inmediata en obras de construcción e ingeniería civil.

El fin de estos mapas será determinar las propiedades técnicas de cada unidad de clasificación y qué límite extensional, según los cambios de las mismas.

Los mapas "Generales" facilitarán, dentro de las limitaciones que impone la escala 1:200.000, las características físicas y mecánicas de los terrenos y sus límites de variación según varíen sus condiciones geológicas, hidrogeológicas, geomorfológicas, geodinámicas y geotécnicas.

Los resultados obtenidos durante la realización de los mismos se incluyen de forma sintetizada en el presente documento, quedando el conjunto de datos barajados para su elaboración archivados de forma sistemática en este Organismo, encargado, aparte de esta primera fase de confección, de su actualización en el tiempo a medida que se perfeccionen las técnicas de investigación, valoración y representación.

2. DESCRIPCION DE FACTORES CON INCIDENCIA GEOTECNICA

2.1. CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS

Se comentan someramente la situación,,el relieve y la red fluvial.

La Hoja 5-8 está situada en la área nororiental de la Península. Más exactamente queda encuadrada entre los paralelos $40^{\circ} 40' 04''$, $4 - 41^{\circ} 21' 04''$, 3, y los meridianos $0^{\circ} 31' 10''$, $6 - 0^{\circ} 48' 49''$, 4 (longitud referida al meridiano de Greenwich, Datum Europeo). Desde el punto de vista administrativo, el territorio pertenece fundamentalmente a las provincias de Tarragona, Teruel y Zaragoza, aunque abarca asimismo tres retazos de otras tres provincias; en el borde norte quedan englobadas dos puntas de las provincias de Huesca y Lérida y en el borde opuesto, una banda estrecha de la de Castellón.

El relieve presenta una enorme desigualdad dentro de lo que podría llamarse una orografía de relieves medios. Así por el sector occidental de la provincia de Tarragona, el territorio corresponde a los elevados macizos de la Sierra de Cardó (914 m) y de los llamados Puertos de Tortosa o de Beceite (Monte Caro, 1.447 m) que constituyen el extremo de la Cordillera Prelitoral Catalana. Esta enlaza ya con la Cordillera Ibérica, formando un amplio arco montañoso que se inflexiona hacia el noroeste. Por el norte, dicho arco montañoso limita la gran plataforma elevada del Maestrazgo, dominando desde considerable altitud la comarca del Bajo Aragón, con las llanuras terciarias de Alcañiz y Caspe.

En la parte central de este sector tortosino, la Cordillera Prelitoral se desdobra en dos alineaciones que dejan en medio un amplio óvalo deprimido, la Hoya o cubeta de Mora, de unos 200 m de altitud y una anchura de 12 km, la cual separa las dos ramas en que se divide el sistema montañoso: la interna, elevada entre 400-600 m, y la externa, más

ancha y cercana al mar, que se eleva hasta alrededor de 900 m. El sector meridional está formado por el macizo de los Puertos de Tortosa, de unos 20 km de anchura, en los que se originan relieves del tipo de plataformas estructurales o "muelas" como las de Fedes, Caro, etc.

Todo ese conjunto de macizos montañosos está intensamente plegado, dejando zonas relativamente menos abruptas ligadas fundamentalmente a los materiales blandos, en los que se abren valles del tipo bray, estrechos y ciegos, rodeados de abruptos murallones calcáreos y dolomíticos, que forman también el anfiteatro terminal, y aislando la Depresión del Ebro del Mediterráneo.

Por su lado NO la Cordillera entra en contacto con los materiales paleógenos y neógenos de la Depresión del Ebro, horizontales o poco movidos. Estos terciarios forman una llanura estructural, situada entre 350 y 450 metros, en la que aparece el relieve de Puig Moreno de 465 m.

Dentro de la red fluvial de la Hoja, el Ebro es el mayor receptor, con un caudal de 561 m³/sg (media anual en Tortosa). Recibe el Ebro las aguas procedentes de las vertientes nororiental de la Cordillera Ibérica y Occidental de la Cordillera Prelitoral. El caudal de los afluentes es casi exclusivamente de origen fluvial.

La hidrografía de la Hoja corresponde a una pequeña parte del tramo medio del Ebro, en el que las aportaciones son escasas, de pluviosidad ínfima y muy elevada evapotranspiración, y del tramo final, de gran caudal por las aportaciones del Cinca y Segre (fuera de la Hoja).

Los principales afluentes del Ebro enmarcados dentro de la zona de estudio son Martín, Regallo, Guadalupe, Matarraña y Ciurana, éste, por la margen izquierda. Como características principales de estos ríos se pueden citar: a) Caudal muy escaso; b) Irregularidad interanual propia de la alimentación fluvial no oceánica; c) Crecidas modestas; d) Estiajes verdaderamente indigentes que llegan a la sequedad en varias fechas de Agosto y Septiembre; e) Variaciones estacionales de tipos más o menos mediterráneos con influencia variable de la innivación y del factor cárstico. En general, ejercen escasa influencia en el Ebro. Las características de las subcuencas más importantes del área de estudio se exponen en el cuadro nº 1.

Cuadro 1
CARACTERISTICAS DE LAS SUBCUENCIAS

Subcuenca	Precipitación total (hm ³)	Caudal total circulante (hm ³ /año)	Coeficiente de escorrentía
Martín	992	139	0,14
Regallo	180	27	0,15
Guadalupe	2.102	84	0,04
Matarraña	591	136	0,23
Ciurana	376	86	0,23

Existen en la zona varias obras de aprovechamiento y regulación hidráulica, de las cuales las más importantes, junto con sus características, se dan en el cuadro nº 2.

Cuadro 2
DATOS DE LOS EMBALSES

Nombre	Ubicación	Lugar	Capacidad útil (hm ³)	Caudal medio útil (m ³ /s)	Caudal mínimo útil (m ³ /s)	Estaje (m ³ /s)
Flix	Ebro	Flix (Tarragona)	4,17	684,00	88,00	
Santolea	Guadalope	Castellote (Teruel)	40,00	2,08	0,46	
Gallipuén	Guadalopillo	Berge y Alcorisa (Teruel)	3,55	0,12	0,00	
Pena	Pena	Valderrobres (Teruel)	18,50	1,60	0,00	
Estanca de Alcañiz	Guadalope (en derivación)	Alcañiz (Teruel)	8,50	-	3,05	
Mequinenza	Ebro	Mequinenza (Zaragoza)	1.530,00	-	-	

CLIMATOLOGIA Y METEOROLOGIA

Los esquemas que han servido para el breve comentario que sigue se han obtenido, fundamentalmente, de las observaciones procedentes del observatorio de Tortosa, dentro del marco de la Hoja, así como de los observatorios de Tarragona, Teruel y Zaragoza, por tener estas provincias una gran representatividad dentro de la área de estudio. Así mismo, se ha hecho uso de las referencias oficiales que constan en diversas publicaciones de los Ministerios del Aire, Obras Públicas y Agricultura.

Los datos generales que a continuación se incluyen han sido desglosados en cuatro apartados: Temperaturas, Precipitaciones, Vientos e Índices Climáticos.

Temperatura

La temperatura media anual determinada por la información proporcionada para un período de 30 años varía de 11-17° C en la zona occidental y de 14-17° C en la zona costero-mediterránea.

La oscilación media de las temperaturas medias mensuales varía en la zona occidental entre 4-9° C en enero y 22-25° C en agosto, en tanto que, en la zona costero-mediterránea, dicha variación oscila entre 8-10° C en enero y 24-25° en julio, observándose el efecto regulador del mar.

El número de horas de insolación es de 2.800 h en la zona costero-mediterránea y de 2.500-2.800 h en la zona occidental.

Precipitaciones

Tomando como base el mismo período que en el apartado anterior, podemos observar que en la zona de montaña aumenta la precipitación con relación a las zonas llanas. La media de la precipitación anual en mm oscila entre 400 y 500. La zona costero-mediterránea tiene una precipitación mayor que la zona occidental, siendo la más alta la que corresponde a Tortosa, con un valor de 700 mm. Tales precipitaciones se reparten entre 60 y 80 días al año, presentando un máximo en Primavera y un pequeño mínimo en los meses de julio y agosto.

Los diagramas ombrotérmicos y de evapotranspiración potencial confeccionados para Flix, Tortosa, Tivisa y Andorra, nos muestran que, en la zona costero mediterránea, cuatro meses al año pueden considerarse como áridos, y que la evapotranspiración potencial es muy elevada, sobre todo en la franja costera, en donde la aridez, condicionada por estos factores, está además potenciada por la torrencialidad de la precipitación.

El número de días de heladas es muy importante y variable dentro del ámbito de la Hoja. Su variación es de 5 a 15 días en la zona costera y de 80 días en la zona montañosa, concentrándose fundamentalmente en los meses de diciembre, enero y febrero.

Vientos

El desarrollo de este apartado se ha basado en los datos proporcionados por la estación meteorológica de Tortosa, elaborados estadísticamente entre 1960 y 1970.

Las direcciones predominantes de los vientos son N. y S. En Otoño e Invierno predomina el viento N y en Verano y Primavera el viento S. La mayor violencia corresponde al viento N durante los meses de diciembre, febrero y marzo.

Índices climáticos

Resulta interesante determinar los coeficientes medios anuales climatológicos de reducción para cada clase de obra. Para ello se ha supuesto a lo largo de los 365 días del año, y a estos repartidos en los 12 meses con arreglo a la tabla siguiente en la que no se han tenido en cuenta los días festivos.

Enero	0,0849	Julio	0,0849
Febrero	0,0767	Agosto	0,0849
Marzo	0,0849	Septiembre	0,0822
Abril	0,0822	Octubre	0,0849
Mayo	0,0849	Noviembre	0,0822
Junio	0,0822	Diciembre	0,0849

Multiplicando el cuadro anterior por los coeficientes de reducción correspondientes al mes y sumando los productos parciales de los 12 meses se han obtenido los coeficientes medios anuales.

Coeficientes medios anuales para la obtención del número de días útiles de trabajo a partir del número de días laborables

CLASE DE OBRA

Provincia	Hormigón	Explanaciones	Aridos	Riegos y Tratamientos	Mezclas Bituminosas
TARRAGONA	0,975	0,941	0,956	0,651	0,832
TERUEL	0,701	0,657	0,955	0,368	0,527
ZARAGOZA	0,933	0,870	0,974	0,530	0,718

Interpretación de los datos climáticos

De lo dicho anteriormente se deduce que la región posee en general un clima de tipo semiárido que presenta caracteres gradacionales, desde una dinámica climática típicamente mediterránea en la zona costero-mediterránea, hasta un clima de tipo continental en la zona occidental, en donde el cerramiento entre montañas determina el aislamiento del territorio frente a la posible influencia marina. Esta consideración se traduce en una mayor diferenciación estacional, sobre todo en la zona occidental, donde las temperaturas son extremadas, con inviernos fríos y veranos calurosos.

Cabe decir que, no obstante todo esto, la especial configuración topográfica de la zona costero-mediterránea tiene gran influencia, localmente, y debe tenerse en cuenta. Un análisis más detallado pondría posiblemente de manifiesto la existencia de microclimas de personalidad peculiar dentro del ámbito general. Este es el caso, por ejemplo, del sector montañoso y la Hoya de Mora.

La variación de temperatura no puede considerarse en principio como suficiente para ser considerada como factor morfogenético de interés, salvo en el caso de las zonas altas donde, en la época interestacional, los fenómenos ligados al hielo-deshielo con ciclos repetidos a escala diurna juegan un importante papel en la formación de fracturas en las masas rocosas.

Asimismo, la aridez del medio, interrelacionada y potenciada por el carácter torrencial de las precipitaciones, ejercen una marcada influencia en los procesos de modelado, ya que, en ausencia de una cubierta vegetal suficientemente densa, los mecanismos de arroyada y deslizamiento alcanzan considerable desarrollo en los materiales susceptibles de sufrirlos, al tiempo que los materiales carbonatados (poco afectados por estos procesos), son prácticamente inmunes, dando con ello lugar a una morfología diferencial muy neta que caracteriza gran parte de la región.

2.2. BOSQUEJO GEOLOGICO

Se trata en este apartado de hacer una síntesis muy breve y somera de los caracteres geológicos cuya consideración y conocimiento son básicos y resultan indispensables para la interpretación del comportamiento de los materiales en cuanto interesa a este trabajo.

2.2.1. El medio litológico

Los materiales que afloran en la Hoja son fundamentalmente sedimentarios. Las rocas metamórficas, ígneas y volcánicas tienen muy escasa representación y están limitadas a una zona muy reducida del cuadrante NE de la Hoja.

GRANITO Y ROCAS METAMORFICAS

En el ojal abierto por la erosión en la cubierta mesozoica asoma el zócalo paleozoico, además de varios afloramientos de granito, el más importante de los cuales se halla en los alrededores de Falset.

Las aureolas metamórficas están escasamente desarrolladas y afectan al Carbonífero, formado éste por una serie detrítica muy potente, que consta de capas de areniscas, conglomerados y pizarras arenosas replegadas que en su base pasan a pizarras silíceas.

ROCAS SEDIMENTARIAS

Ocupan prácticamente toda la Hoja.

Paleozoico

Materiales carboníferos, descritos anteriormente, no afectados por el metamorfismo.

Mesozoico

- Margas y arcillas abigarradas, areniscas rojas, calizas, dolomías y yesos. Constituyen el Trías. Afloran fundamentalmente en ambas ramas de la Cordillera Prelitoral, bordeando la Hoya de Mora.
- Calizas, dolomías y calizas margosas jurásicas y cretácicas en sentido amplio. Forman la mayor parte de la Cordillera Prelitoral y diversos afloramientos del arco montañoso de la Cordillera Ibérica y Macizo del Maestrazgo. Forman un conjunto litológico de carácter complejo con continuos cambios de facies.
- Margas y margocalizas del Jurásico y Cretácico en sentido amplio. Integran la mayor parte del arco montañoso de la Cordillera Ibérica y Macizo del Maestrazgo y borde sur de la Cordillera Prelitoral.

Terciario

Tiene su mayor representación en la Depresión del Ebro y en la Hoya de Mora.

- **Terciario de la Hoya de Mora.**— Formado por capas de arcillas rojas, areniscas y conglomerados con escasa intercalación de arcillas.
- **Terciario de la Depresión del Ebro.**— Constituido por un conjunto muy complejo de materiales entre los que cabe distinguir fundamentalmente: arcillas, margas

amarillentas, conglomerados y areniscas que constituyen la llamada Formación de Caspe en un sentido amplio. Hacia Maella, la formación detrítica de Caspe pasa lateralmente a la calcárea de Mequinenza. En el cuadrante NO afloran los niveles integrados fundamentalmente por yesos y limos yesíferos.

Plioceno.- Están representados por las tres facies:

- Conglomerados de origen local depositados al pie mismo de la cordillera y formados por cantos calizos mal rodados.
- Conglomerados de origen fluvial, con cantos de origen piriniano.
- Margas y areniscas marinas.

Sus afloramientos fundamentalmente bordean el Ebro en la llamada depresión de Tortosa.

Cuaternario

Pertenecen a este terreno extensos afloramientos en toda la Hoja, que se localizan principalmente a lo largo de la costa y en el interior de la Hoya de Mora. Genéticamente se reconocen los siguientes tipos: terrazas fluviales, depósitos de piedemonte, limos eólicos y costra de caliche, derrubios de pendientes y conos de deyección, formación del Delta del Ebro, depósitos marinos antiguos y playas actuales.

2.2.2. El medio estructural

Desde este punto de vista pueden diferenciarse dos grandes unidades: el zócalo paleozoico, cuya tectónica fué determinada por la orogénesis herciana, y la estructura de la cobertura producida por plegamientos alpídicos.

Dentro del zócalo hercíniano sólo alcanzan alguna extensión los afloramientos del Priorato. El Carbonífero, discordante sobre su yacente, muestra un sistema de pliegues bastante amplios, vergentes al SO.

Las unidades tectónicas comprendidas en la presente Hoja son, de N a S, las siguientes:

- a) Depresión del Ebro
- b) Cordillera Prelitoral
- c) Llanura Costera y Delta del Ebro

En la Cordillera Prelitoral cabe distinguir, por un lado, la estructura de los puertos de Beceite, en los que los pliegues van dirigidos con mucha regularidad de NE-SO, constituyendo un sistema bastante apretado en número de 6 a 8 ejes anticlinales. El conjunto constituye un sistema tectónico de simetría bilateral con una rama septentrional más desarrollada y fuertemente vergente hacia la Depresión del Ebro, y otra rama meridional menos importante y vergente hacia el Mediterráneo. Por otro, la estructura de dicha Cordillera, al E del Ebro, en la que la Cordillera interior constituye un robusto anticlinal, desdoblado en dos o aún tres repliegues secundarios fuertemente vergentes hacia la Depresión del Ebro. Acusándose de O a NE un cambio progresivo de estilo tectónico. La rama exterior muestra, por el contrario, ejes de plegamiento de dirección dominante NE-SO, pero a medida que avanzan hacia el NE se inflexionan hasta adquirir durante un buen trecho la E-O, que es la más generalizada en este sector de la Cordillera.

La Hoya de Mora es de estructura compleja, todavía mal precisada, por lo menos en lo que se refiere a su zócalo y a su relleno. Los ejes del plegamiento que la encuadran son continuación de los existentes en los Puertos de Tortosa y llegan al Ebro, según se ha visto, con la alineación NE-SO propia de la Cordillera. Pero al acercarse a la depresión, los

que forman las sierras del lado meridional se inflexionan hasta tomar la dirección E-O.

En cuanto a las estructuras del sector de las Cadenas Ibéricas, del Bajo Aragón y Maestrazgo, las primeras están integradas en dos pisos estructurales superpuestos: el zócalo y la cobertura. El primero no ha reaccionado de un modo homogéneo en el momento de producirse los esfuerzos y se ha fraccionado en compartimentos según fallas de desgarrre y cobijaduras, dando lugar a movimiento de bloques. El revestimiento, por su lado, no constituye un nivel estructural homogéneo, pudiéndose distinguir un "tegumento" sedimentario adherido al zócalo, sin posibilidad de ser arrancado por esfuerzos tectónicos del resto de la cobertura, separado del primero por un nivel plástico y lubricante constituido por los niveles arcillosos del Trías. Esta unidad tectónica, constituida por el Jurásico, Cretácico y Paleógeno, debido a su mayor competencia, se ha plegado con independencia del zócalo, dando lugar a estructuras de cobertura caracterizada por una importante desarmonía entre zócalo y cobertura.

En el Maestrazgo y Bajo Aragón llama la atención el gran "plateau" central urgaptense. Casi horizontal, sólo está afectado por débiles ondulaciones y fracturas de poca montaña. En cambio, en todo su alrededor la tectónica adquiere gran intensidad, apreciándose pliegues de componente norte-sur y NO-SE, que van inflexionándose hacia el este para colocarse ya el Alcorisa en dirección O-E, para empalmar con las Cordilleras Costeras Catalanas.

2.3. CRITERIOS DE DIVISION, CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS AREAS

El objeto de este capítulo es quizás el punto más delicado a resolver dentro de los objetivos del presente trabajo. La razón es obvia: a la escala que se hacen las consideraciones, la enorme diversidad de materiales y formas que caracterizan la área en estudio, propone problemas cuya resolución no puede abordarse sin hacer simplificaciones que incluso pueden parecer excesivas. Es por tanto el objeto de esta introducción recordar y advertir que, dentro de la directriz general establecida, todas las disquisiciones efectuadas tienen un marcado sentido de síntesis y avance orientativo, que en ningún caso pretende sustituir a estudios más precisos en escala e intensidad, necesarios cuando se trate de acciones que normalmente tienen carácter puntual o muy localizado.

El esquema de desarrollo que sigue precede a unos capítulos de análisis descriptivo y diferenciativo, que al final se consideran en conjunto, para tratar de concluir de forma muy general sobre las condiciones constructivas en la Hoja.

2.3.1. Criterios de División Geotécnica

Se han distinguido, en función de caracteres fácilmente perceptibles, dos regiones y diez áreas, cinco en la primera y otras cinco en la segunda.

Región I

Comprende el conjunto de materiales pertenecientes a las unidades geológicas de la Cordillera Prelitoral Catalana y Arco montañoso de la Cordillera Ibérica y Macizo del Maestrazgo.

Las rocas más antiguas que afloran en ella pertenecen al Carbonífero. Constan de sedimentos que se han alterado en grados diversos, debido a las intrusiones post-carboníferas de granito que tuvieron lugar en esta zona. De este modo, las grauwakas y

cuarcitas se han endurecido y, en algunos casos, transformado en cornubianita, esquistos y otras típicas de una aureola metamórfica.

Los límites con la región adyacente suelen ser muy netos, en función precisamente del contraste litológico existente. El conjunto dominante es el sustrato.

Dentro de esta región se han distinguido cinco áreas cada una con un grupo de materiales cuyas características litoestructurales muestran un comportamiento diferencial respecto a los mecanismos morfogenéticos. Son las siguientes:

Área I₁

Para los materiales carboníferos, el granito y las aureolas metamórficas.

Área I₂

La integran predominantemente los materiales de la llamada facies de Utrillas: arenas, arcillas, etc.

Área I₃

Ocupada por materiales predominantemente carbonatados, jurásicos y cretácicos.

Área I₄

Comprende materiales fundamentalmente margosos del Jurásico y Cretáceo.

Área I₅

Están comprendidos en ella todos los materiales del Trías.

Región II

Comprende toda la área ocupada por los materiales terciarios de la Depresión del Ebro y de la Hoya de Mora, y por los materiales, fundamentalmente cuaternarios, de la Llanura costera. Los materiales que la integran son de tipo sedimentario y ocupan una extensa zona de la Hoja. El relieve que presenta está formado, de modo primordial, por zonas planas.

El conjunto dominante es el sustrato, aunque las formaciones superficiales tienen un desarrollo relevante dentro de la región. Al igual que en el caso anterior ésta región se ha subdividido en varias áreas, cinco en total, y asimismo en función de un criterio similar.

Área II₁

Ocupada por los materiales cuaternarios predominantemente y por los materiales pliocenos.

Área II₂

Se integran en ella, fundamentalmente, los materiales arcillosos y margosos, con presencia minoritaria de materiales detriticos.

Área II₃

Ocupada dominantemente por materiales arcillosos, y en los que la presencia de formaciones detriticas, calcáreas y margosas es relevante.

Área II₄

La integran aquellos materiales en los que la presencia de margas y, fundamentalmente, yeso, es muy significativa.

Área II₅

Ocupada exclusivamente por margas y calizas.

2.3.2. Características generales de las áreas

Área I₁

Integran esta área el conjunto de materiales del Carbonífero, el granito y las aureolas metamórficas. Sus afloramientos se ciñen a una zona relativamente reducida localizada en el borde NE de la Hoja.

Como consecuencia del plegamiento de las rocas carboníferas los sedimentos poseen una fractura aguzada y han sufrido un elevado grado de alteración, lo que ha favorecido los mecanismos de ablación, proporcionando un conjunto topográfico eminentemente plano.

En general, esta área está considerada como impermeable, por lo que la posibilidad de la existencia de acuíferos es muy reducida. No obstante cabe la posibilidad de una permeabilidad ligada a la tectonización, que en principio puede relacionarse con una circulación de agua. El drenaje, de tipo escorrentía superficial, es aceptable como consecuencia lógica de lo moderado del relieve.

La competencia de los materiales comprendidos en esta área se ha considerado como buena, tanto en cuanto a la no existencia de asientos como a la capacidad de carga alta. No obstante, cabe hacer una importante salvedad para el caso de que exista una zona de fuerte tectonización local o bien una zona de descomposición de potencia considerable, cosas ambas que ocurren frecuentemente.

Desde el punto de vista de la explotación industrial, son los granitos los que cobran interés. El granito se ha utilizado para pavimentación durante tiempo considerable y ha sido exportado en grandes cantidades desde la zona. En la actualidad no existe una explotación amplia en estas canteras de granito, pero se extrae una pequeña cantidad a mano. El inconveniente principal para la explotación es la profundidad variable de la zona de descomposición y la aparición esporádica en él de grandes xenolitos de sedimentos paleozoicos.

Área I₂

Este tipo de depósitos tiene muy poco desarrollo dentro de la región y están localizados, en su mayor parte, en el borde SO de la misma.

Se incluyen en ella, fundamentalmente, los materiales que constituyen la llamada Formación de Utrillas: arenas muy lavadas heterométricas silíceas, con matriz caolinítica, teñidas por óxidos de hierro; cantos de cuarzo y cuarcita; arcillas e intercalaciones ligníticas.

La topografía es intermedia en general, aunque existen zonas abruptas que favorecen la posible aparición de deslizamientos. El arroyamiento tiene desarrollo diverso y, localmente, se presentan formas de abarrancamiento.

Las características hidrológicas de este conjunto litológico se han considerado, a grandes rasgos, como semipermeables y, con un drenaje, en general, aceptable, aunque puede, donde la morfología no colabore, pasar a deficiente.

Como características geotécnicas presenta esta área una capacidad de carga media y asientos de magnitud media, aunque los materiales plásticos deben merecer atención preferente. Así mismo, la proximidad del nivel freático puede dar lugar a que se desarrollen presiones intersticiales de considerable magnitud, que pongan en peligro la estabilidad de las estructuras.

Área I₃

La extensión de sus afloramientos es muy extensa dentro de su región. Comprende gran parte de la masa rocosa de la Cordillera Prelitoral y arco montañoso de la Cordillera Ibérica y Macizo del Maestrazgo, y afloramientos de considerable envergadura en toda la banda costera.

Los materiales que la ocupan son fundamentalmente los carbonatados jurásicos y cretácicos, que oscilan entre calizas, de muy diversa índole y dolomías blancas porosas (jurásicas) y masivas (cretácicas). Las dolomías presentan mucho menor desarrollo que las calizas.

Este tipo de materiales presentan una morfología muy variable, aunque, en general, es acusada y energética, estando ligadas las zonas planas a la banda costera. El perfil acusado es debido a que, en el medio climático actual, es prácticamente inmune a todos los mecanismos de modelado que actúan. El relieve tiene, pues, un carácter estructural neto y presenta un contraste marcado con el correspondiente a los materiales de otras áreas.

Dado el carácter de los materiales presentes en esta área, la hidrología debiera ser netamente cárstica. No obstante, el desarrollo de la forma propia de este modelado no es completo, ni todo lo informe que sería de suponer, probablemente esto último, en función de la aptitud estructural que muestran en cada lugar y de la aridez climática, presentándose en consecuencia una hidrología cárstica con desarrollo muy variable. Los materia-

les, en función de lo anterior y de la intensa fracturación que han sufrido en algunos casos, se han caracterizado, a grandes rasgos, como semipermeables y permeables, y un drenaje que oscila entre aceptable y favorable. Es muy posible la existencia de grandes reservas de agua ligadas a estas formaciones. En cuanto a las características geotécnicas se ha considerado esta área con capacidad de carga alta e inexistencia de asientos, aunque la posibilidad de materiales blandos en profundidad y la intensa fracturación de la masa rocosa en algunas zonas obligan a su consideración.

La explotación en cantera de estos materiales, tanto para áridos como en bloques para la construcción, está muy desarrollada, fundamentalmente en la banda costera.

Área I₄

La constituyen los materiales más blandos, fundamentalmente margosos, y los indiferenciados del Jurásico y del Cretácico.

Normalmente, dentro de su contexto topográfico, los espacios ocupados por esta área, de menor extensión que la I₃, son zonas relativamente más deprimidas en función de su mayor susceptibilidad a toda clase de mecanismos de ablación, aunque puede observarse asimismo la presencia de relieves energéticos. Existe una cierta complicación tectónica, lo que ha favorecido la aparición de deslizamientos o despegues de los materiales.

Los materiales se han considerado, en conjunto, como semipermeables, en función de la complicación tectónica y de la presencia de extensas áreas de indiferenciados (probablemente calizos). El drenaje, por otra parte, se ha estimado como aceptable. La existencia de niveles acuíferos no parece probable, al menos de forma generalizada.

La capacidad de carga se ha considerado para la zona sana como alta y con inexistencia de asientos, aunque en el caso de recubrimientos sueltos y depósitos de acumulación estas características deben ser menores e incluso puede producirse asientos de magnitud media.

Área I₅

La constituyen fundamentalmente series de tipo calizo y margoso del Trías, de las cuales cabe considerar con especial atención los elementos propios de la facies Keuper que constienen yesos. Sus afloramientos se extienden por ambas ramas de la cordillera Prelitoral y bordean, en general, la Hoya de Mora, en una extensión relativamente importante.

Su contexto topográfico está formado por zonas de relieve energético, ligado fundamentalmente a la rama interna de la Cordillera Prelitoral, y, por zonas planas, ligadas, por el contrario, a la rama externa o banda costera de dicha cordillera. La complicación tectónica es evidente dentro de esta área.

Los materiales, en su conjunto, se han considerado como semipermeables en función de la complicación tectónica aludida y la influencia de esta en las calizas y dolomías del Muschelkalk, de gran representatividad dentro de la área, lo que hace suponer la posibilidad de masas de agua ligada a esos niveles. Por su parte, el drenaje se ha considerado como aceptable: por percolación y escorrentía superficial.

Las características geotécnicas de los materiales se han estimado, en su conjunto, con capacidad de carga media y, asimismo, asientos medios. Debe, no obstante, merecer especial atención el Keuper por su contenido en yesos, considerados éstos como desfavorables o muy desfavorables, ya que cabe la posibilidad de hundimientos bruscos por disolución así como por el papel corrosivo ejercido por las aguas seleníticas contra los aglomerantes hidráulicos ordinarios.

Área II₁

Los materiales que la integran están representados fundamentalmente por considerables depósitos fluviales, derivados de las rocas locales. Estos depósitos se observan perfectamente a lo largo de las márgenes fluviales y de las vertientes de la masa montañosa de la zona. A lo largo de las márgenes del Ebro se observan otros depósitos, pliocenos, pero de menor desarrollo. Todos estos depósitos presentan diversas escalas de tamaño de material, estando superimpuestos en diversos horizontes, cada uno de los cuales es de una extensión relativamente limitada. La extensión del conjunto de materiales que integran esta área es relevante dentro de la región, localizándose con mayor representatividad en la banda costera.

Así pues, los materiales que la integran responden casi exclusivamente a formaciones superficiales de muy diferente formación y naturaleza. En efecto, se incluyen en ella terrazas fluviales, depósitos de piedemonte, limos eólicos y costra de caliche, derrubios de piedemonte y conos de deyección, formación deltática del río Ebro y depósitos marinos antiguos y playas actuales. En general se trata de depósitos de limos, conglomerados, arenas, gravas y arcillas, asociadas localmente con capas travertínicas.

El propio carácter geológico de esta área implica una morfología llana, sin más accidente que los abarrancamientos producidos por el propio encajamiento de los ríos o arroyos.

El drenaje, dependiendo de la zona, varía en general entre aceptable y favorable, aunque en puntos muy localizados pueda producirse un drenaje deficiente, debido a lo suave de la morfología y a la localización del nivel freático, caracteres a los cuales ha debido estar ligada sin duda la génesis de las formaciones travertínicas aludidas. Los materiales se han considerado, en general, como permeables, aunque esta propiedad puede quedar disminuida allí donde sea mayor la presencia de las fracciones finas (limos y arcillas). En general existe agua a escasa profundidad, ligada a la existencia de acuíferos en zonas de elevada porosidad intergranular.

El comportamiento mecánico de los materiales aquí comprendidos es muy variable a tenor de los componentes litológicos que estén representados en cada caso y la situación del nivel freático (n.f.). A grandes rasgos se ha considerado que la capacidad de carga debe oscilar entre media y baja y, asimismo, los asientos pueden mostrar bastante variabilidad, en general, de tipo medio, mucho más elevado donde dominen los materiales plásticos, y donde esté próximo el n.f.

El aprovechamiento industrial consiste fundamentalmente en la extracción de áridos para la construcción y fabricación de tejas y ladrillos.

Área II₂

Se incluyen en ella los materiales fundamentales arcillosos y margosos con presencia, en menor grado, de formación detrítica: conglomerados y arenisca. Sus afloramientos cubren una extensa zona dentro de la región y localizada en la mitad sur de la misma.

Su contexto topográfico está formado fundamentalmente por zonas planas, y en el que se presentan pequeñas parcelas de relieves intermedios asociados a los sistemas montañosos. Aparentemente no presenta grandes problemas geomorfológicos, aunque los fenómenos de arroyada y de deslizamiento de masas de material a favor de la pendiente pueden existir en puntos muy localizados, en los que el relieve favorezca su desarrollo.

La permeabilidad de los materiales se ha considerado que oscila entre semi-permeable e impermeable, por lo que la existencia de acuíferos en la área se considera

muy limitada. Por su parte, el drenaje se estima como aceptable en función, fundamentalmente, de una escorrentía superficial variable, que hacia el O presenta características activas.

En cuanto a las características geotécnicas, los materiales, en conjunto, se han considerado con capacidad de carga media y con asientos de magnitud media. No obstante, a pesar de unos I.P., en general, muy bajos pueden localmente encontrarse materiales con elevada plasticidad, lo que necesitaría de especial consideración.

En cuanto a explotación industrial, su mayor utilización radica en su aplicación para la fabricación de materiales refractarios. Existen asímismo explotaciones de yeso en puntos muy localizados (Calanda y Valderrobres).

Área II₃

Comprende esta área los materiales fundamentalmente arcillosos, pero en los que la presencia de formaciones detríticas, calcáreas y margosas es relevante, así como, en un grado muy pequeño, niveles yesíferos. Sus afloramientos abarcan una extensa zona, mitad N de la Hoja y borde NE de la misma, siendo sin duda la más desarrollada dentro del ámbito de la zona en estudio.

Las características topográficas responden casi exclusivamente a zonas planas, aunque pueden observarse, asímismo, zonas de relieve intermedio o energético ligadas fundamentalmente a los sistemas montañosos. Es muy frecuente la aparición de deslizamientos a favor de la pendiente topográfica, siendo este mecanismo, junto con el arroyamiento, el de mayor transcendencia geomorfológica.

El drenaje ha sido considerado en función principalmente de la energía del relieve, ya que los materiales se han considerado, principalmente, como impermeables. En general, oscila entre aceptable y deficiente según las zonas. La existencia de niveles acuíferos no parece probable, al menos de forma generalizada, a causa de la impermeabilidad mencionada.

Al igual que en la área II₂, la capacidad de carga se ha considerado como media, y los asientos de magnitud media. No obstante, los ensayos de Laboratorio muestran que estos materiales presentan, en general, mayores I.P. que los materiales de la área II₂ por lo que debe prestársele una mayor atención. Atención que debe extremarse en el caso de presencia de materiales muy plásticos o de yesos, de ocurrencia localizada.

Asimismo, la explotación industrial es, como en la área II₂, para la fabricación de materiales refractarios. También se explotan ciertos niveles margocalizos para la fabricación de cemento.

Área II₄

Abarca esta área una reducida zona situada en el extremo NO de la Hoja y pequeñas parcelas localizadas a lo largo del contorno N de la misma y borde interno de la Cordillera Prelitoral. Los materiales que la integran son margas, calizas, arcillas y, fundamentalmente, yesos y límos yesíferos.

Normalmente, dentro de su contexto topográfico, los espacios ocupados por esta área son zonas que oscilan entre relieves intermedios y zonas planas, siendo estas últimas las más predominantes. Es frecuente la aparición de deslizamientos a favor de la pendiente en aquellas zonas en las que la energía del relieve presta su colaboración; este mecanismo, junto con el arroyamiento, al igual que en las áreas II₂ y II₃, es el de mayor transcendencia geomorfológica.

Los materiales aquí englobados se han considerado, en su conjunto, como impermeables. El drenaje, considerado en función de la energía del relieve, oscila entre nulo, deficiente o aceptable; este último ligado a una escorrentía superficial activa, y, el primero, el de mayor ocurrencia dentro de la área y localizado en el extremo NO de la Hoja.

El comportamiento mecánico de los materiales aquí comprendidos es muy variable, a tenor de los componentes litológicos que tengan mayor representatividad en cada caso. Se ha considerado que la capacidad de carga puede quedar representada, de un modo general, como de características medias y que, asimismo, la magnitud de los asientos puede responder a valores medios. No obstante, dada la especial constitución de los materiales presentes en esta área, debe prestársela especial atención cuando se la requiera para soportar estructuras.

El principal producto objeto de explotación industrial lo constituye el yeso, si bien tiene un carácter poco transcendente. Existen asimismo explotaciones de alabastro en Azaila.

Área II₅

Está exclusivamente representada en el cuadrante NE de la Hoja.

La constituyen fundamentalmente series de tipo margoso y calizo. Se trata, a partes iguales, de rocas del Oligoceno y del Mioceno, entre las que las series margosas tienen mayor representatividad.

Este tipo de materiales presenta una morfología que oscila entre relieves intermedios y zonas planas, ambas con un desarrollo muy similar.

Los despegues de material, fundamentalmente al nivel de las margas, se presentan con relativa frecuencia; y junto con el arroyamiento son los mecanismos de mayor transcendencia geomorfológica.

Los materiales se han considerado, de un modo general, como impermeables, y el drenaje, por su parte, como aceptable. La existencia de niveles acuíferos no parece probable, al menos de forma generalizada, a causa de la impermeabilidad mencionada.

La capacidad de carga se ha considerado para la roca sana como alta, aunque en el caso de recubrimientos sueltos y depósitos de acumulación debe ser menor e incluso puede producirse la aparición de asientos de elevada magnitud.

Se explotan ciertos niveles margo-calizos para la fabricación de cementos.

2.4. FORMACIONES SUPERFICIALES Y SUSTRATO

Se describen en este apartado los principales tipos de rocas aflorantes en la Hoja, agrupados según sus características litológicas en el sentido más amplio, y con la intención de evitar subdivisiones de más detalle basadas en ulteriores criterios petrográficos, situacionales o en diferenciaciones tectónicas.

En el mapa que acompaña a este apartado, en cambio, se ha procurado hacer un hincapié especial en la diferenciación de estos tipos en dos grandes grupos: por una parte: las Formaciones Superficiales, y por otra, el Sustrato. En la primera se incluyen los depósitos cuaternarios, de extensión y potencia variable; y en la segunda, el grupo de rocas más o menos consolidadas que integran el basamento de las anteriores.

En lo que sigue, para el desarrollo de la descripción, se parte de las unidades ya definidas en el apartado anterior.

Área I₁

La complejidad litológica es aquí grande. Para simplificar, de acuerdo con la escala, tan sólo se describirán los dos tipos dominantes de materiales, englobados los primeros bajo el apelativo de Granito y Pizarras y Grauwakas.

Granito (γ)

Se trata de un granito normal biotítico, generalmente de grano fino y color gris, muy descompuesto por acción meteórica. Por debajo de la zona de descomposición es duro y rompe de forma adecuada. El inconveniente es que esta zona de descomposición alcanza diferentes potencias según las zonas. A veces encierra grandes xenolitos de sedimentos paleozoicos.

SEDIMENTOS

Pizarras y grauwakas (P_{11, 101})

Con este símbolo se han agrupado una serie de materiales carboníferos y rocas metamórficas. Consta de pizarras arcillosas, grauwakas, cuarcitas y conglomerados, así como de esquistos y otras rocas metamórficas típicas de una aureola metamórfica.

Área I₂

Muy reducida, y enmarcada fundamentalmente en el cuadrante SO de la Hoja, incluye principalmente los materiales de la llamada Formación de Utrillas.

Arcillas, arenas y limos (S_{5, 3, 4})

Se incluye bajo este símbolo una serie de materiales formados por arcillas, limolitas y arenas abigarradas, con intercalaciones ligníticas, de facies continental fluvial y de potencia muy variable.

Las características son, en esencia: arenas muy lavadas, heterométricas y silíceas, con matriz caolinítica, teñidas por óxidos de hierro, en tanto que las arcillas y limos presentan, en general, características plásticas muy acusadas.

Área I₃

Calizas masivas litográficas, dolomías y margas (S_{12, 13, 105})

Sus afloramientos están distribuidos a lo largo de la Cordillera prelitoral catalana y del Arco montañoso de la Cordillera Ibérica y Maccizo del Maestrazgo. Los materiales son en este caso de componente dominante carbonatada (calizas, dolomías), jurásicos y cretácicos. Están representadas múltiples variedades, entre las que son esenciales calizas litográficas de grano fino con buena estratificación, caliza lacustre, calizas grises, calizas

dolomíticas, dolomías blancas porosas y, minoritariamente, margas. El grado de tectonización es variable en cada caso. Su aprovechamiento está muy desarrollado tanto en forma triturada para áridos, como en bloques para construcción.

Área I₄

Han sido agrupados aquí esencialmente los tramos de componente dominante mente margosa o margocaliza y los indiferenciados del Jurásico y Cretácico.

Margas, Margocalizas y Areniscas (S_{12, 105})

Los afloramientos están distribuidos fundamentalmente en el cuadrante SO de la Hoya y borde S de la Cordillera Prelitoral.

Están representadas una considerable variedad de rocas, todas ellas pertenecientes a la serie margoso-carbonatada, con mucha menor representación de las areniscas.

Se trata, en general, de calizas margosas blanquecinas, margas grises y rosadas, y margas con areniscas subordinadas.

Área I₅

Se incluyen en ella todos los materiales del Trías. Sus afloramientos se distribuyen por ambas ramas de la Cordillera Prelitoral Catalana y bordean, en general, la Hoya de Mora.

Calizas, Dolomías y Yesos (S_{12, 13, 14})

Están representadas una considerable variedad de rocas, de las que cabe destacar las calizas y dolomías del Muschelkalk y los yesos, margas y arcillas abigarradas del Keuper.

Área II₁

Depósitos de conglomerados de edad Plioceno-Cuaternaria (T₇) (O)

La distribución de estos depósitos se observa perfectamente sobre las vertientes costeras de las masas montañosas. A lo largo de las márgenes del Ebro se observan otros depósitos, pero de menor desarrollo. El material está formado fundamentalmente a expensas del material depositado principalmente durante los períodos fluviales y derivados de las rocas locales. Todos estos depósitos presentan diversas escalas de tamaño de material, estando superimpuestos en diversos horizontes, cada uno de los cuales es de una extensión relativamente limitada. En la zona superior suelen existir costras (taperots o tapisots) de 0,5-2 m de potencia.

La recementación ha afectado a estos depósitos en distintas medidas. El tamaño de los cantos, así como su constitución, también varían de un sitio a otro. Asimismo, según las zonas donde se encuentren, están más o menos consolidados.

Depósitos coluviales y conos de deyección (Q_c)

Su distribución está, en general, en relación estrecha con formas enérgicas de relieve. En general tiene escaso desarrollo, a excepción de los macizos montañosos más importantes de la Cordillera Prelitoral. Estos depósitos, por lo general pedregosos, presentan sin embargo, en el centro de los valles, características de suelo más maduro y tienden a tener un ligero contenido de arcilla. Estos suelos sobre el cuaternario son ligeramente plásticos y su espesor es variable.

Terrazas fluviales (Q_t)

Su distribución se centra en el río Ebro y alguno de los afluentes más importantes del sector Este de la cordillera. Sólo hay tres pequeños asomos de terrazas antiguas en los alrededores de Cherta y Tivenys. El único sector donde se hallan bien desarrolladas las terrazas del río es la Hoya de Mora y la Depresión del Ebro. Generalmente están formadas por gravas y limos plásticos o por arenas, gravas y arcillas de poca o ninguna plasticidad.

Depósitos fluviales (Q_f)

Estos depósitos, distribuidos de forma muy irregular por toda la Hoja, están formados por gravas, arenas y limos (escasa representación); arenas y limos, y arenas y arcillas de baja o ninguna plasticidad y, por último, limos y arcillas de poca plasticidad. Su mayor representatividad se encuadra en el Delta del río Ebro, en donde el material es de origen reciente y ocupa una gran extensión. Los materiales del delta son de grano fino, derivándose de la descomposición de los limos arrastrados por el río Ebro. El cultivo, la irrigación y la extracción de las arcillas plásticas y turberas han modificado en cierto grado las características naturales de los depósitos del delta. Casi toda la área del delta está compuesta por limos plásticos pobemente drenados y algunas arcillas con gran contenido orgánico.

Depósitos travertínicos (Q_k)

La distinta medida en que la recementación ha afectado a los depósitos de conglomerados (Q) hace que, donde esos depósitos han recementado, tengan la apariencia de un conglomerado calizo; y podrían llamarse travertínicos por el aspecto que toman en la superficie al desintegrarse por la acción atmosférica, aunque en realidad son caliche o calicreta.

Depósitos marismales (Q_{ma})

Están localizados en el Delta del Ebro. Son suelos marismales formados por arenas y arcillas o arenas y limos. En ambos casos hay gran contenido orgánico. Bajo estos suelos marismales suelen encontrarse capas de turba de varios metros de espesor.

Depósitos marinos (O_m)

Se extienden a lo largo de la zona costera del delta, y particularmente en la desembocadura del Ebro.

Están formados fundamentalmente por arenas o por arenas y arcillas. Las arenas se han mezclado con los limos de las zonas próximas, por la acción del viento. Junto a la costa, en las zonas donde no se extienden los limos, hay pequeñas dunas arenosas. En las zonas donde las corrientes marinas han depositado las gravas de las desembocaduras de los ríos, las playas están formadas, además, por cantos.

Área II₂

Arcillas y margas ($T_5, 105$)

Ocupan prácticamente toda la área que se distribuye por la mitad sur de la región en las que están comprendidas.

Estos materiales pertenecen al Oligoceno de la Depresión del Ebro, y consisten en una serie de potencia variable de arcillas, margas, conglomerados y areniscas. En algunos sectores existen también presencia de yesos (Calanda, Valderrobles). Todo el tramo es, en general, fácilmente erosionable.

Margas y Calizas ($T_{105}, 12$)

Ocupan zonas muy reducidas dentro de los sedimentos anteriormente descritos. Pertenece al Mioceno y están localizadas en la zona de Monroyo. Así mismo, son también fácilmente erosionables.

Conglomerados (T_7)

Son un conjunto de conglomerados oligocenos que se distribuyen en el cuadrante NE de la Hoya, bordeando la rama interna de la Cordillera Prelitoral Catalana. Su extensión, al igual que las margas y calizas descritas anteriormente, es muy reducida.

Área II₃

Está formada por materiales de la Depresión del Ebro, muy similares a los de la área II₂, pero en los que las formaciones detríticas presentan gran relevancia. Así mismo, la presencia de yesos presenta carácter significativo, aunque se localiza fundamentalmente en el contorno con la área II₄. La extensión ocupada por los materiales ($T_5, 105 + T_7, 8, 14 + T_5, 8, 7$) que integran la área es sin duda la de mayor envergadura, localizándose en la mitad norte de la Hoja, y bordean la zona interna de la Cordillera Prelitoral y parte del arco montañoso de la Cordillera Ibérica y Macizo del Maestrazgo. En general se tratade sedimentos oligocenos de la Depresión del Ebro.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS LITOLOGICAS
I	I ₁	Constituido en lo esencial por granito, pizarras y grauwakas, además de esquistos y otras rocas típicas de una aureola metamórfica. Coloración variable dominantemente oscura. Elevado grado de alteración.
	I ₂	Incluye los materiales de la llamada Formación de Utrillas. Arcillas, limos y arenas abigarradas. Fácilmente erosionable.
	I ₃	Rocas carbonatadas: Calizas y dolomías dominantemente. Colores grises a blancos. Ocupan grandes zonas. Resistentes a la erosión.
	I ₄	Litología dominante mente margosa. Colores blancos, grises y rosados. Muy susceptibles a la erosión aunque esta propiedad está disminuida en razón del contenido en carbonato.
	I ₅	Calizas, dolomías y yesos. También localmente arcillas y abigarradas conglomerados, areniscas y margas. Regularmente distribuida en ambas ramas de la Cordillera Prelitoral.
II	II ₁	Depósitos de conglomerados, a veces poligénicos y entonces de coloración rojiza, gravas, arenas, arcillas y limos, por lo general, de baja plasticidad, a excepción de la zona deltática en donde los limos tienen características plásticas.
	II ₂	Arcillas y margas dominante mente. En general de muy baja plasticidad. También localmente conglomerados, areniscas y calizas. Fácilmente erosionable.
	II ₃	Arcillas y margas dominante mente, pero la presencia de niveles detríticos (conglomerados y areniscas) y calcáreos es relevante. Presencia de yesos significativa. Plasticidad baja pero superior a la II ₂ .
	II ₄	Yesos, limos yesíferos y margas. Localizada fundamentalmente en el cuadrante NO y borde interno de la Cordillera Prelitoral. Elevada plasticidad.
	II ₅	Margas y calizas. Situada en el cuadrante NE de la Hoja. Principalmente los niveles margosos son fácilmente erosionables.



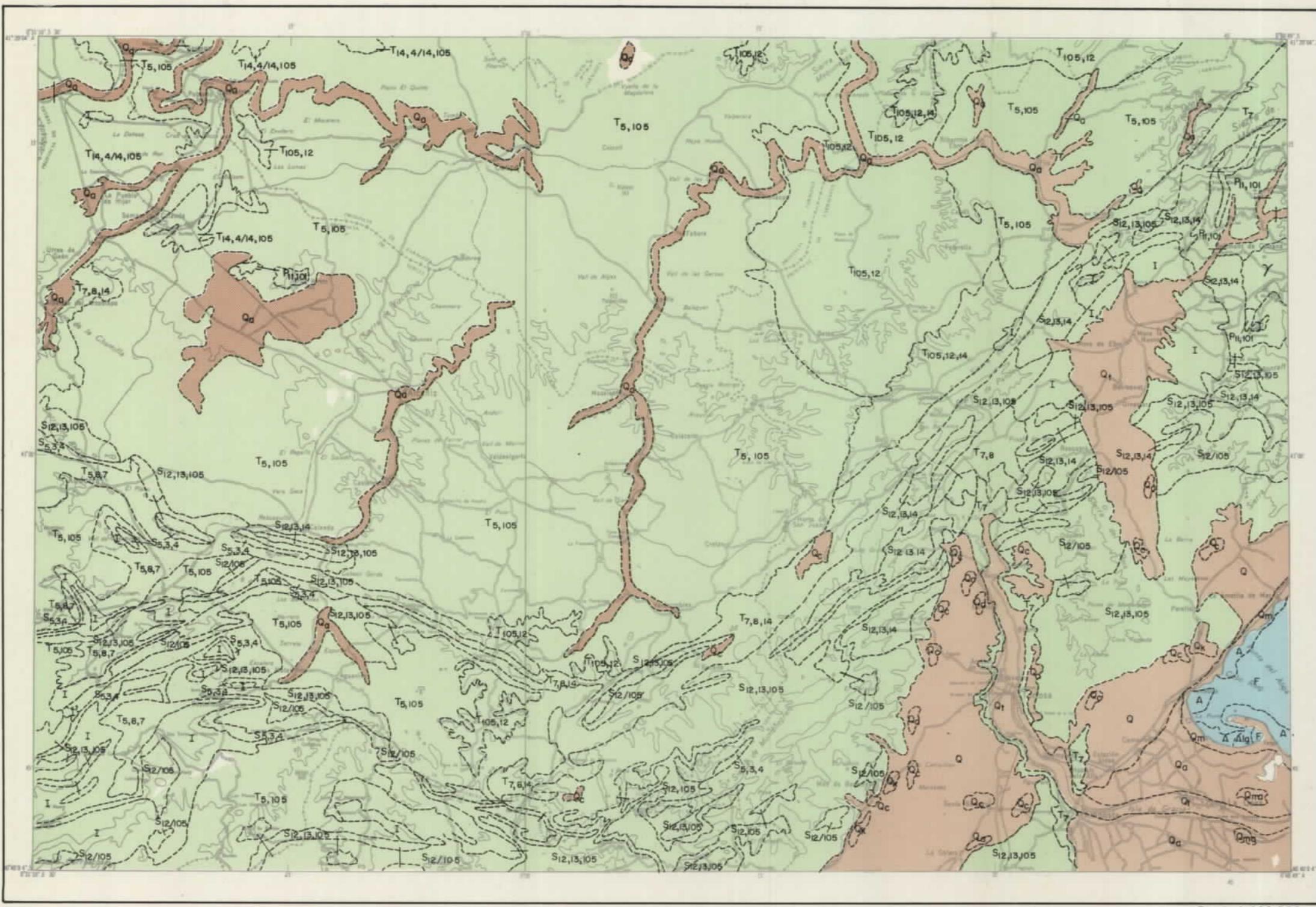
MAPA GEOTECNICO GENERAL

FORMACIONES SUPERFICIALES Y SUSTRATO

TORTOSA

41

8-5



Escala 1:400.000

FORMACIONES SUPERFICIALES

Qa	Depósitos de origen fluvial	Qm	Depósitos marinos	Qt	Depósitos terrazas
Qc	Depósitos coluviales	Qmo	Depósitos marismales	Q	Conglomerados cuaternarios
Qk	Suelos y capas travertínicas				

FONDOS MARINOS

- A Fondos de arena
- Alg Fondos de algas
- F Fondos de fangos

Area II₄

Yesos, limos yesíferos y margas ($T_{14}, 4/14, 105$)

Ocupa esta área parte del cuadrante NO de la Hoja y algunas parcelas del borde N de la misma y contorno interior de la Cordillera Prelitoral. Los materiales que la integran son fundamentalmente yesos, limos yesíferos y margas, todos ellos sedimentos Miocenos de la Depresión del Ebro. Todo el tramo es, en general, fácilmente erosionable.

Area II₅

Margas y Calizas ($T_{105}, 12$)

Se distribuyen en una zona muy localizada del cuadrante NE de la Hoja. Son sedimentos oligocenos y miocenos de la Depresión del Ebro y en los que, en general, con frecuencia se producen desprendimientos en los niveles márgicos.

2.5. CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS

En este apartado se tratará de precisar la influencia de la morfología y de los mecanismos responsables de su modelado en las condiciones constructivas, y el comportamiento en general del suelo con respecto a las acciones ejercidas sobre él.

El análisis tendrá como base las consideraciones del comportamiento particular de cada clase de roca o grupo de rocas, ante condiciones naturales o más o menos forzadas por la intervención humana.

El apartado se completa con la inclusión de un mapa de características geomorfológicas y una ficha-resumen, que sintetizan los resultados generales.

Area I₁

De morfología eminentemente llana. En estas condiciones la estabilidad está notablemente favorecida a pesar de que los materiales presentes en ella muestran un grado de alteración superficial elevado.

Area I₂

De morfología intermedia a abrupta; esta área presenta, en general, un modelado intermedio en su conjunto.

Su estabilidad es desfavorable bajo esfuerzos inducidos y aceptable bajo condiciones naturales.

En relación con la litología pueden aparecer fenómenos de deslizamientos en favor de la pendiente topográfica en aquellos puntos en los que el relieve sea enérgico.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS
I	I₁	Morfología eminentemente llaná. Grado de alteración superficial elevado. Estable en condiciones naturales y aceptable bajo la acción del hombre.
	I₂	Zona de relieve fundamentalmente intermedio. Estabilidad desfavorable bajo la acción humana y aceptable bajo condiciones naturales.
	I₃	Zona de morfología enérgica o frecuentemente abrupta. Formas de tipo estructural neto. Sin problemas de estabilidad. Localmente influida por discontinuidades. Desarrollo de formas cárticas.
	I₄	Morfología de grado intermedio en general. En condiciones naturales tan sólo inestable localmente. Inestable bajo la acción humana. Deslizamientos.
	I₅	Morfología fundamentalmente enérgica. Estable bajo condiciones naturales e inestable sometida a la acción humana.
II	II₁	Zona de relieve eminentemente plano. Estabilidad variable, quedando representados los tres tipos de clasificación establecidos. Tendencia a abarrancamiento.
	II₂	Morfología típicamente llana. Considerada en general como estable en condiciones naturales e inestable bajo la acción humana. Deslizamientos en puntos localizados.
	II₃	Zona de morfología suave o frecuentemente llana. Grado de estabilidad muy similar al de la área II ₂ .
	II₄	Zona de morfología plana. En general inestable en condiciones cualesquiera. Aparición de hundimientos en puntos localizados.
	II₅	Zona de morfología plana e intermedia a partes iguales. Estable bajo condiciones naturales e inestable sometida a la intervención humana.



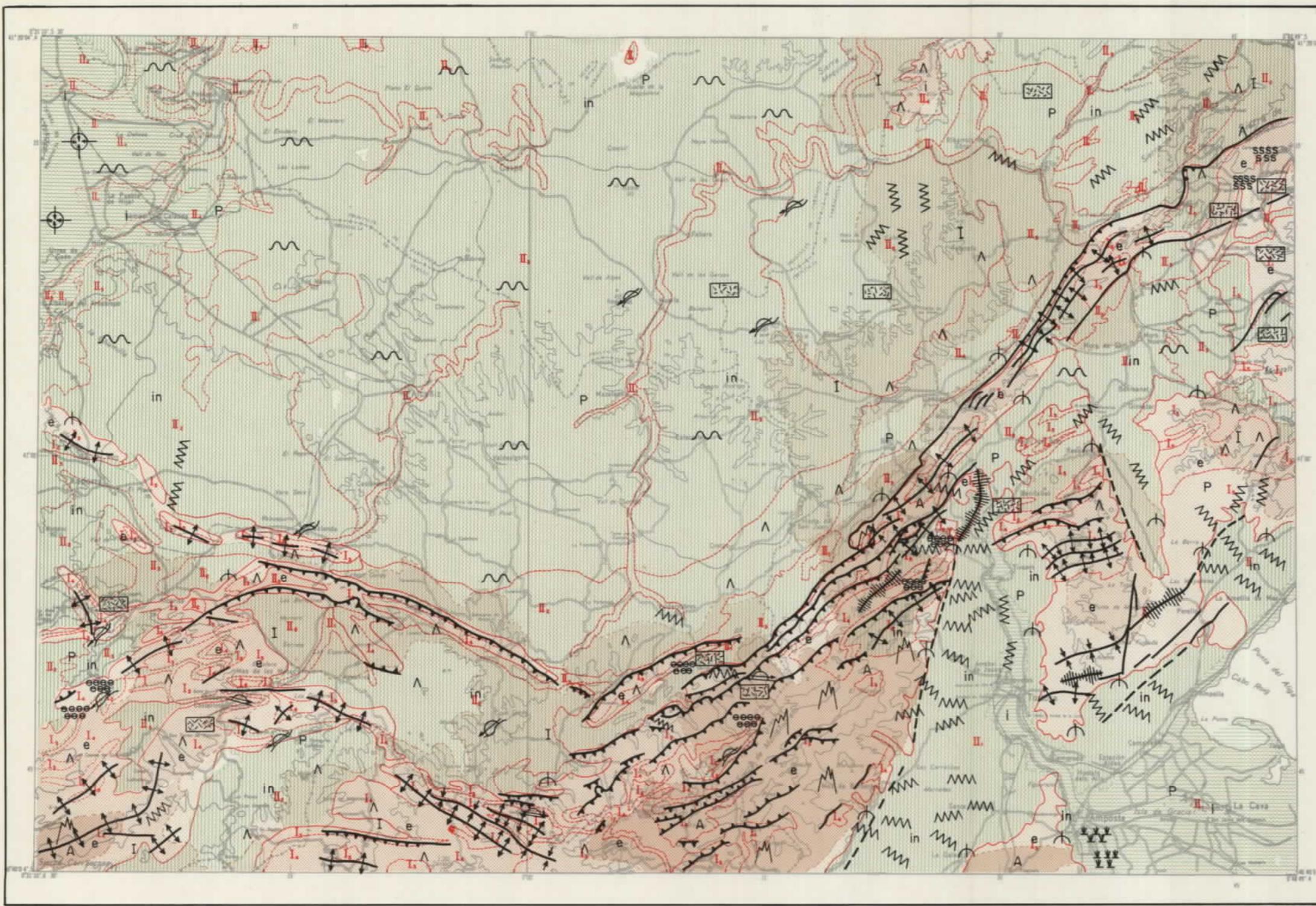
MAPA GEOTECNICO GENERAL

CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS

TORTOSA

41

8-5



Escala 1:400.000

FENOMENOS GEOLOGICOS ENDOGENOS

- Cabalgamiento
- Falla o zona de falla
- - - Falla supuesta
- Zona influenciada por fracturas
- ↔ Anticlinal
- ↓↑ Sinclinal

SIMBOLOGIA

- | | |
|------|--------------------------------|
| SSSS | Recubrimiento |
| SSS | Areas de erosión muy activa. |
| eee | Areas cársticas |
| eee | Formas de relieve alomado |
| XXX | Turberas |
| XXX | Formas de relieve muy acusadas |

FENOMENOS GEOLOGICOS EXOGENOS

- ↗ Deslizamiento a favor de la dirección de tectonización.
- ↘ Deslizamiento en potencia a favor de la pendiente natural.
- Abarrancamiento.
- Formas de relieve acusadas.
- Taludes de materiales sueltos
- Hundimientos.

DIVISION ZONAL

- Límite de separación de Regiones
- - - Límite de separación de Areas
- I₂ Designación de un Area

INTERPRETACION DEL MAPA TOPOGRAFICO

- | | |
|---|---|
| P | Zonas planas, pendientes del 0 al 7 por ciento. |
| I | Zonas intermedias, pendientes del 7 al 15 por ciento. |
| A | Zonas abruptas, pendientes del 15 al 30 por ciento. |
| M | Zonas montañosas, pendientes superiores al 30 por ciento. |
- Límite de separación de Zonas.

SEPARACION DE ZONAS SEGUN SU GRADO DE ESTABILIDAD

- | | |
|----|---|
| e | Zonas estables bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre. |
| in | Zonas estables bajo condiciones naturales e inestables bajo la acción del hombre. |
| i | Zonas inestables bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre. |
- Límite de separación de Zonas.

Area I₃

La morfología que presenta es heterogénea y variada, en función de la diversa competencia de los terrenos calizos-dolomíticos comprendidos. En general oscila entre intermedia y abrupta, de manera que este último tipo es el más representativo y está sobre todo representado en la Cordillera Prelitoral.

La forma de erosión más desarrollada tiene carácter lineal y la morfología característica presenta un desarrollo favorable en función de la topografía y disposición geométrica en cada caso. En general, la circulación de aguas es de tipo subterráneo.

La estabilidad de los terrenos es muy alta, y puede considerarse como poco susceptible a reacciones de ningún tipo al verse sometida a cargas o estados tensionales diversos. Tan sólo rebaja esta consideración la posible existencia de problemas en zonas de tectonización local, o fallos del basamento, donde pueden ocurrir desprendimiento de bloques y otros fenómenos correlacionados.

Area I₄

Aunque la morfología que presenta esta área es heterogénea y variada, en función de la diversa competencia de los terrenos margo-calizos comprendidos, la tónica general es de grado intermedio.

Se considera este ámbito como inestable bajo la acción humana. Los fenómenos de deslizamiento se presentan con relativa frecuencia, en relación con pendientes acusadas y ruptura de las mismas por taludes artificiales. La estabilidad tenderá a aumentar donde la roca predominante posea una componente carbonatada mayor y, por tanto, se incremente la compacidad de la misma.

Area I₅

Área semejante en su morfología a la I₃, estando ligadas las zonas intermedias a la banda costera de la Cordillera Prelitoral.

Dada la naturaleza litológica de los materiales que integran la área, se la ha considerado, en su conjunto, como estable bajo condiciones naturales e inestables bajo la acción del hombre.

Area II₁

De morfología eminentemente llana, con pendiente inferior en general al 3 por 100. Aparecen, sin embargo, pequeñas zonas de morfología intermedia, que están ligadas, principalmente, a los sistemas montañosos. Bajo la primera condición la estabilidad está notablemente favorecida, a pesar de que la compacidad de los materiales y su heterogeneidad, en general, no colabora en el mismo sentido.

Su estabilidad es muy variable, quedando representados los tres tipos de clasificación establecidos: estables bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre, estables bajo condiciones naturales e inestables bajo la acción del hombre, inestables bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre. La primera queda representada por los depósitos de conglomerados cuaternarios, la segunda se ajusta a los depósitos cuaternarios de la Depresión del Ebro y de la Hoya de Mora y la tercera se localiza en la zona deltática, en donde la posible influencia de factores, fundamentalmente hidrológicos, hacen que sea considerada como tal.

En relación con la litología aparecen, frecuentemente, fenómenos de abarrancamiento.

Área II₂

De morfología típicamente llana, aunque con pequeñas parcelas de relieve intermedio localizadas o incrustadas en los sistemas montañosos y, en otros casos, ligadas a los materiales detriticos.

Dada la naturaleza de los materiales se la ha considerado, en su conjunto, como de estabilidad deficiente bajo la acción del hombre. No presenta, en general, grandes problemas geomorfológicos y, únicamente, en puntos muy localizados, quedan representados los fenómenos de arroyamiento y deslizamiento a favor de la pendiente topográfica.

Área II₃

Área semejante en su morfología a la II₂, aunque en este caso tienen también su representación los relieves energéticos.

En cuanto a la estabilidad de la área puede decirse que es asimilable todo lo expuesto para la área II₂.

Área II₄

Relieves de energía muy parecida a las dos anteriores. La naturaleza litológica de los materiales aquí incluidos condiciona el que la estabilidad sea deficiente incluso bajo condiciones naturales. En puntos muy localizados aparecen pequeños hundimientos como consecuencia de la disolución de los materiales yesíferos.

Área II₅

A partes iguales, la morfología de esta área se divide en zonas planas y de relieve intermedio. Los deslizamientos son frecuentes a nivel de las margas; su producción, además, no está tan sólo ligada a la acción del hombre, sino que, en condiciones naturales y en relación a la fenomenología climática (lluvias intensas), se producen profusamente, aunque su importancia y desarrollo son en este caso menores.

La área, en su conjunto, se ha considerado como estable bajo condiciones naturales e inestables bajo la acción del hombre.

La área, en su conjunto, se ha considerado como estable bajo condic ales

2.6. CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

Este apartado trata de analizar, aunque sólo sea de un modo somero, la incidencia que, en cuanto a condiciones constructivas, poseen los caracteres relacionados con el drenaje.

El análisis se ha efectuado considerando las propiedades hidrológicas particulares de cada material, permeabilidad sobre todo, y su interacción con la morfología y disposición estructural, de modo que se puedan aislar los casos en que puedan surgir problemas en relación con la dinámica del agua en los terrenos.

Completa el capítulo de un mapa síntesis y una ficha-resumen en la que constan los puntos de más interés.

Area I₁

Se ha considerado en su totalidad como impermeable, aunque cabe considerar una circulación de agua ligada a discontinuidades de origen tectónico.

La percolación natural puede decirse que es nula, pese a lo cual las condiciones de drenaje pueden considerarse como aceptables a consecuencia de una escorrentía superficial de cierta importancia.

La posibilidad de aparición de niveles acuíferos de cualquier tipo es nula, haciendo la salvedad ya aludida de la existencia de circulación ligada a la red de discontinuidades estructurales.

Area I₂

A pesar de que, en función del carácter litológico dominante, la permeabilidad puede presentar una gran variabilidad, el conjunto se ha considerado como semipermeable.

El drenaje puede sin duda considerarse como aceptable a causa de las características del relieve, lo cual condiciona una escorrentía superficial ágil, coadyuvada por otra de tipo interno, desarrollado en mayor o menor grado según la naturaleza litológica de los materiales presentes.

La existencia de acúferos en relación con estos materiales es en cierto grado probable, condicionada sobre todo por la escorrentía interna mencionada.

Area I₃

A pesar de que el carácter litológico de los materiales aquí dominantes no sea en sí mismo permeable, se ha considerado que, en conjunto, puede definirse como semipermeable en función de las características litoestructurales; aparecen pequeñas zonas que pueden considerarse como permeables.

El drenaje oscila entre aceptable y favorable. La fuerte energía del relieve condiciona la existencia de una escorrentía superficial muy ágil, a la que va unida otra de tipo interno que, según las zonas, parece bien desarrollada en general.

La existencia de masas de agua en relación con estos materiales es muy probable, condicionada fundamentalmente por la escorrentía interna aludida.

Area I₄

Se ha considerado al conjunto como semipermeable. Así mismo, en función de las características litológicas, aparecen zonas que pueden considerarse como impermeables.

La calidad del drenaje es muy variable, y está totalmente en función de la morología y del grado en que ésta favorezca la escorrentía superficial. Oscila entre deficiente y favorable, de modo que las zonas con esta característica se sitúan preferentemente en la Cordillera Prelitoral, donde el relieve es más enérgico. A pesar de dicha variabilidad, el conjunto de la área se ha considerado como aceptable.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS
I	I ₁	Formada por materiales impermeables aunque con posibilidad de circulación ligado a discontinuidades estructurales. Drenaje aceptable por escorrentía superficial. Posibilidad de acuíferos prácticamente nula.
	I ₂	Considerada como semipermeable en su conjunto. El drenaje por escorrentía superficial aceptable. Existencia de masas de agua condicionada por la escorrentía interna.
	I ₃	Zona considerada, en general, como semipermeable. El carácter del drenaje variado, oscilando entre aceptable y favorable. Existencia de agua ligada a fenómenos de tipo fundamentalmente cárstico.
	I ₄	Considerada, en general, como semipermeable. Drenaje variable en función de la morfología, oscilando entre deficiente y favorable según la escorrentía superficial. Existencia, muy limitada, de niveles acuíferos.
	I ₅	Materiales considerados en su conjunto como semipermeables. Calidad de drenaje variable: aceptable-favorable, en función de la energía del relieve. Posibilidad acuíferos ligados a la fisuración. Contaminación del agua por sulfatos.
II	II ₁	Depósitos considerados como permeables en general. Drenaje variable por percolación natural de carácter que oscila entre aceptable y favorable, localmente muy deficiente donde la evacuación sea difícil. Por lo general, aparece agua a escasa profundidad en acuíferos bien definidos.
	II ₂	Materiales de carácter semipermeable-impermeables, considerados en su conjunto como impermeables. Drenaje de carácter heterogéneo considerado, en conjunto, como aceptable. Posibilidad muy limitada de niveles acuíferos.
	II ₃	Considerados como impermeables en general. El drenaje oscila entre deficiente y aceptable, el último en función de una escorrentía superficial activa. Posibilidad limitada de existencia de niveles acuíferos.
	II ₄	Considerado totalmente impermeable. Drenaje entre nulo y aceptable. La posibilidad de la existencia de acuíferos es nula. Debe considerarse la contaminación de agua por sulfatos.
	II ₅	Zona considerada como impermeable en general. Drenaje aceptable en función de las características morfológicas. Posibilidad muy limitada de existencia de niveles acuíferos.



MAPA GEOTECNICO GENERAL

CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

TORTOSA

41

8-5



Escala 1:400.000

SIMBOLOGIA

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

- Límite de cuenca hidrográfica
- Límite de subcuenca hidrográfica
- Red de drenaje

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

- (A) Zonas con acuíferos aislados
- (B) Zonas con acuíferos en formaciones permeables por porosidad intergranular
- (C) Zonas sin acuíferos
- (D) Zonas con acuíferos en formaciones permeables por fisuración

FACTORES HIDROLOGICOS VARIOS

- Agua a escasa profundidad

DIVISION ZONAL

- Límite de separación de Regiones
- Límite de separación de Áreas
- I_z Designación de un Área

CONDICIONES DE DRENAJE

- Zonas con drenaje Nulo
- Zonas con drenaje Deficiente
 - D₁- Drenaje por percolación
 - D₂- Drenaje por escorrentía superficial
 - D₁₋₂- Drenaje mixto
- Zonas con drenaje Aceptable
 - A₁- Drenaje por percolación
 - A₂- Drenaje por escorrentía superficial
 - A₁₋₂- Drenaje mixto
- Zonas con drenaje Favorable
 - F₁- Drenaje por percolación
 - F₂- Drenaje por escorrentía superficial
 - F₁₋₂- Drenaje mixto

Límite de separación de Zonas

PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES

- Materiales Permeables
- Materiales Semipermeables
- Materiales Impermeables

Límite de separación de los distintos materiales

Area I₅

En conjunto se ha considerado como semipermeable, aunque la naturaleza litológica de algunos de los materiales presentes en la área tenga carácter impermeable.

La calidad del drenaje es variable, oscila entre aceptable y favorable, en función de la litología encontrada y energía del relieve.

Es importante considerar que el agua ligada a los yesos del Keuper, bien por escorrentía superficial o interna, está contaminada con iones de sulfato, con las repercusiones perjudiciales que de este hecho puedan producirse en relación a los aglomerantes hidráulicos normales.

En general se considera como limitada la posibilidad de acuíferos ligados a esta área.

Area II₁

Estos depósitos, de carácter y distribución complejos, se han considerado en general como permeables, aunque con una tendencia general a la semipermeabilidad, en función sobre todo de la proporción de fracciones más finas.

El drenaje, dado que en general la escorrentía superficial no está favorecida, está ligado a la percolación y oscila en su calidad entre deficiente y favorable, estando el primero localizado en la zona del Delta del Ebro, en donde incluso tal característica puede pasar a muy desfavorable en dirección hacia el mar. Existe la posibilidad de que se produzcan encharcamientos, sobre todo en relación a precipitaciones de tipo concentrado.

Es normal la aparición, a profundidad variable, de niveles acuíferos definidos de cota variable en cada caso, pero en general no muy profunda.

Area II₂

El carácter de este complejo de materiales oscila entre semipermeables e impermeables, siendo estos últimos los más representativos. El drenaje muestra así mismo un carácter heterogéneo, pero en general puede considerarse como aceptable, en función principalmente de una escorrentía superficial ágil.

La posibilidad de niveles acuíferos ligados a estos materiales es muy limitada.

Area II₃

Las características de los materiales que integran esta área son similares a las del área II₂; sin embargo, las zonas en las que los materiales permeables hacen su aparición tienen mayor representatividad dentro de la área. En conjunto se han clasificado como impermeables.

El drenaje muestra así mismo un carácter muy heterogéneo por causa de la distribución y disposición irregular de estos materiales. Oscilan entre aceptable, allí donde la percolación y/o escorrentía está favorecida, hasta deficiente en alguna zona, como es el caso del cuadrante NO de la Hoja.

La posibilidad de existencia de acuíferos es limitada.

Area II₄

Se ha considerado totalmente impermeable, si se hace abstracción de las intercalaciones calcáreas que limitan el borde interno de la Cordillera Prelitoral.

El drenaje por escorrentía superficial oscila entre nulo (borde SO de la Hoja) y aceptable (límite de la Cordillera Prelitoral). Debe considerarse, al igual que en la I₅ y en función de la aparición de yesos, la presencia de agua contaminada por iones sulfato y sus efectos perjudiciales.

La posibilidad de existencia de acuíferos ligados a esta formación es prácticamente nula.

Area II₅

Se ha considerado en general como impermeable, en función de la mayor presencia de los niveles margosos.

Por su parte, el drenaje se ha considerado como aceptable, en función de las características morfológicas de la zona y de una escorrentía superficial activa.

La posibilidad de existencia de niveles acuíferos ligados a esta formación es muy limitada.

2.7. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

Pretende este apartado dar una apreciación del posible comportamiento mecánico de los materiales, cuando se ven solicitados por las acciones implicadas en toda actividad constructiva.

Fundamentalmente, dicha apreciación se centra en las características resistentes y deformacionales, siempre desde un punto de vista sintético y general, en el que se ha tratado de tener en cuenta cualquier factor que directa o indirectamente pudiese matizar las interpretaciones en algún sentido.

Como en capítulos anteriores, este va completado con un mapa y una ficha-resumen que facilita una comprensión más rápida. También en este apartado se incluye la consideración somera del carácter sísmico de la Hoja, siguiendo la pauta marcada por la Norma Sismorresistente.

Por otra parte, el comportamiento deformacional de los materiales dependerá de un conjunto de factores, entre los que se encuentra su propia característica resistente, difícil de cuantificar, aunque sólo sea de un modo esquemático a la escala de este trabajo. Por ello —insistimos en este punto— exponemos únicamente una apreciación general del posible comportamiento del material.

Area I₁

El comportamiento de los materiales de esta área parece que deba ser complejo y, por tanto, se opone a un tratamiento sintético del tipo que se intenta. En general, parece que pueda considerarse la capacidad de carga como media, al considerarlos como material rocoso, aunque debe prestarse especial atención a los fenómenos de tectonización local y/o cambios de litología. Así, el granito, por debajo de su zona de descomposición presenta buenas características resistentes, en tanto que las pizarras, esquistos, etc, mues-

tran claramente una menor resistencia de la roca sana, disminuida más aún en su conjunto por la presencia de discontinuidades naturales en los macizos rocosos.

Sin embargo, en cuanto a sus características deformacionales, no parece probable la aparición de asientos en la cimentación de estructuras que transmitan una carga normal. No obstante, debe prestarse atención a la presencia de contornos libres en la proximidad de la estructura, ya que ésto podría ocasionar la inestabilidad de la misma, no por falta de capacidad portante, propiamente dicha, del material, sino por una orientación desfavorable de las discontinuidades estructurales del macizo rocoso respecto a esos contornos y posterior deslizamiento de la masa rocosa según los planos de discontinuidad. Una consideración de este tipo debe necesariamente hacerse como base a cualquier intento de acción puntual, y se resiste a ser estudiado globalmente a causa de su propia variabilidad y complejidad.

Área I₂

El conjunto de estos materiales: arcillas, limos y arenas fundamentalmente, se han considerado con capacidad de carga media. Sin embargo, las arcillas y limos suelen presentar cierta plasticidad que hace suponer la posibilidad de asientos de magnitud media. En ello puede colaborar así mismo la posibilidad de un n.f. muy próximo.

Área I₃

La clase de material dominante aquí no impone reservas de ninguna clase acerca de su comportamiento mecánico. La capacidad de carga debe ser muy alta y muy limitada la posibilidad de aparición de asientos. No obstante, éstas últimas pueden acarrear problemas, siempre en función de la naturaleza de la estructura, si no se tienen en cuenta la naturaleza y comportamiento mecánico de las discontinuidades presentes en los macizos rocosos, presencia de agua en dichas discontinuidades, proximidad de contornos libres y orientación de los planos de debilidad respecto a los mismos, etc. Como quiera que esta posibilidad puede detectarse fácilmente y suele estar muy localizada, puede decirse que esta área presenta buenas condiciones desde el punto de vista que nos interesa.

Área I₄

Las características de los materiales de esta área son, por su propia constitución, más deficientes que las de la área I₃; sin embargo, el menor grado de fracturación existente en estos materiales hace que sean considerados con capacidad de carga alta. Así mismo, la posibilidad de aparición de asientos se ha considerado despreciable, aunque la plasticidad debe merecer especial atención.

Cabe mencionar en esta área la posible presencia de recubrimientos, cuyo carácter puede dar lugar a características muy diferentes a las de la roca sana.

Área I₅

Son complejas las consideraciones sobre el comportamiento de esta área. Por un lado, las calizas y dolomías pueden considerarse con capacidad de carga alta, por otro, los yesos y margas yesíferas deben considerarse con capacidad de carga media. Todo ello,

unido al estado de fracturación existente en la zona, ha hecho que la área, en su conjunto, sea considerada con capacidad de carga media. Las consideraciones expuestas, así como las características hidrológicas y geomorfológicas hacen que, en esta área, los asientos se consideren como de magnitud media. Deben, sin embargo, prestarse especial atención a los yesos y margas yesíferas presentes en la área, cuando estos materiales sean requeridos como elementos soportes de una estructura.

Área II₁

Los depósitos que constituyen esta área no tienen un comportamiento uniforme. Por un lado, los depósitos de conglomerados presentan características resistentes bastante buenas; sin embargo, las variaciones laterales de facies que pueden observarse en ellos (capas de arcilla y de arena) y la variabilidad de la cementación hacen que pueda tropezarse con dificultades en lo que respecta a cimientos seguros, como consecuencia de la influencia que pueden ejercer los horizontes más blandos subyacentes a horizontes resistentes.

Por otra parte, los depósitos aluviales, de gran representatividad dentro de la Hoja, por la naturaleza de los materiales que los forman, pueden considerarse con capacidad de carga que varía de alta a media y posibilidad de aparición de asientos de magnitud media, a excepción de la zona del delta en la que estos depósitos, eminentemente plásticos y pobemente drenados, hacen suponer que sea muy probable la aparición de asientos de magnitud elevada. De cualquier forma, en todos ellos, y dadas las características especiales que van unidas a su formación, parece bastante probable la presencia de un n.f. muy próximo a la superficie de carga, hecho que condicionaría en gran medida el diseño de la cimentación.

Área II₂

Los materiales que constituyen esta área, arcillas y margas fundamentalmente, pueden considerarse, dentro de su grupo litológico, con capacidad de carga media y en los que la aparición de asientos de magnitud media parece lo más susceptible. No parece probable la presencia de n.f. próximo a la superficie, reduciéndose por tanto las dificultades a la hora de proyectar una cimentación.

Área II₃

De carácter semejante a II₂, pero en la que la presencia de materiales detríticos y carbonatados tiene cierta relevancia. Por un lado, las arcillas, aunque algo más plásticas que las presentes en la II₂, pueden considerarse con capacidad de carga media. Por otro, las margas, areniscas y calizas pueden así mismo considerarse con capacidad de carga media dentro de su grupo, aunque no debe olvidarse la posible presencia de recubrimientos cuyo carácter puede ser, fundamentalmente en el caso de las margas, muy diferente al de la roca sana.

En general se ha considerado que la aparición de asientos de magnitud media es la más susceptible y que la posibilidad de un n.f. próximo a la superficie de carga es prácticamente nula.

Area II₄

En general debe esperarse que la capacidad de carga de los materiales que constituyen esta área sean de características medias, en tanto que sus características deformacionales pueden ser muy complejas. Así, si existe la posibilidad de la presencia de agua en contacto con los materiales que constituyen esta área, cabe esperar que se produzcan hundimientos más o menos bruscos, en relación con la dilución de los sulfatos.

Area II₅

Las características de esta área son en general medias desde un punto de vista geomecánico. Constituida esencialmente por margas y calizas, y en la que la presencia de las primeras es la más significativa. Parece igualmente probable la aparición de asientos de magnitud media.

Como epílogo de este apartado, y tal como se indicó al empezarlo, se analizarán ahora las características sismorresistentes de la Hoja.

Siguiendo las especificaciones establecidas en la Norma Sismorresistente P.G., S-1 (1968) Parte A, toda la Hoja se encuentra dentro de la zona "A", poseyendo una intensidad macrosísmica, según la escala (MSK), $G < VI$, y por consiguiente, no debe esperarse en ella la aparición de fenómenos sísmicos que produzcan efectos perjudiciales para la construcción, por lo cual podrá realizarse la ejecución de cualquier tipo de edificación sin prever en ella las normas dictadas por el Gobierno en la publicación antes mencionada.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I ₁	Aunque en general no cabe esperar problemas de capacidad de carga o asentamientos, deben tenerse en cuenta los factores: tectonización, orientación microestructural y naturaleza de las discontinuidades..
	I ₂	Capacidad de carga media. Posibilidad de aparición de asientos de magnitud media. Posibilidad de un n.f. próximo a la superficie de carga.
	I ₃	Constituido por materiales que no presentan problemas de carga o asentamiento. Influencia de las discontinuidades, naturaleza, orientación, presencia de agua, etc.
	I ₄	Capacidad de carga alta y escasa posibilidad de aparición de asientos. Características negativas de los recubrimientos.
	I ₅	Características, en general, medias tanto en lo que respecta a su capacidad de carga como a la posibilidad de aparición de asientos. Atención especial merecen los yesos y margas yesíferas.
II	II ₁	Características variables. La capacidad de carga es en general media y posibilidad de aparición de asientos de magnitud que oscila entre nula y elevada. Presencia del n.f. próximo a la superficie de la carga.
	II ₂	Características, en general, medias tanto respecto a capacidad de carga como a la posibilidad de aparición de asientos.
	II ₃	Características similares a las del área II ₂ , aunque en general presenta características más consistentes.
	II ₄	Capacidad de carga media y asientos de magnitud media. Posibilidad de aparición de asientos bruscos: hundimientos.
	II ₅	Capacidad de carga media y posibilidad de aparición de asientos de magnitud media.



MAPA GEOTECNICO GENERAL

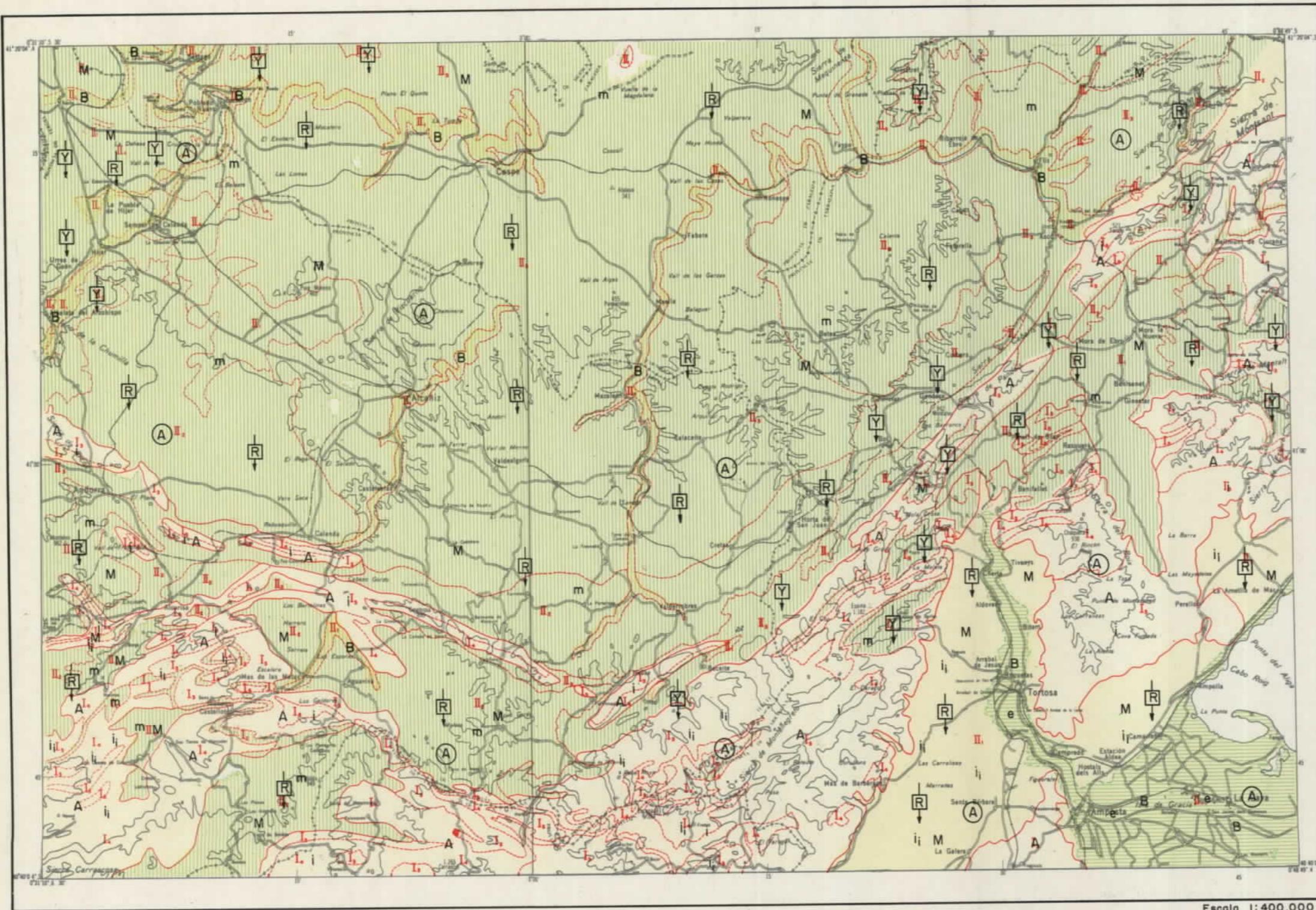
DIRECCION GENERAL DE MINAS

CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

TORTOSA

41

8-5



CAPACIDAD DE CARGA

- A** Zonas de capacidad de carga Alta.
 - M** Zona de capacidad de carga Media.
 - B** Zonas de capacidad de carga Baja o muy baja.
- Límite de separación de Zonas.

ASIENTOS PREVISIBLES

- i** Zonas con inexistencia de asientos.
 - ii** Posible aparicion de asientos a profundidad de cimentación elevada
 - m** Zonas con posibilidad de aparicion de asientos de magnitud media.
 - e** Zonas con posibilidad de aparicion de asientos de magnitud elevada
- Límite de separación de Zonas

GRADO DE SISMICIDAD

- (A)** Bajo $G \leq VI$
- (B)** Medio $VI < G \leq VIII$
- (C)** Alto $G > VIII$

Escala internacional macrosismica (M.S.K)
Límite de separación de Zonas

SIMBOLOGIA

FACTORES GEOTECNICOS VARIOS

- Y** Yesos
- R** Recubrimiento

DIVISION ZONAL

- Límite de separación de Regiones
- - - Límite de separación de un Area
- I₂** Designación de un Area

3. INTERPRETACION GEOTECNICA DE LOS TERRENOS

3.1. INTRODUCCION

Todos los caracteres analizados en capítulos anteriores, son sintetizados en este apartado, que trata de resumir el carácter geotécnico de la Hoja.

Las conclusiones se presentan siempre de forma indicativa, con consideraciones acerca de los factores que conducen a hacer la diferenciación y clasificación de las diversas zonas. Esta clasificación está basada en un desglose con los siguientes apartados:

- Terrenos con condiciones constructivas Favorables
- Terrenos con condiciones constructivas Aceptables
- Terrenos con condiciones constructivas Desfavorables
- Terrenos con condiciones constructivas Muy Desfavorables

3.2. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS FAVORABLES

Están constituidos fundamentalmente por el conjunto de formaciones carbonatadas que afloran en la área I₃, las formaciones que integran la área I₁ y las formaciones calizo-margosas y margosas de la área I₄.

En el caso de la área I₃, la única dificultad, frente a su capacidad de carga alta e inexistencia de asientos, se deriva de la energía morfológica, mostrada con frecuencia, que obligaría en algún caso a labores preparatorias. Así mismo, las características estructurales, así como la disgregación producida por fenómenos de gelificación o gelivación, son facto-

res que quedan englobados dentro de los problemas geomorfológicos y que pueden también crear problemas en puntos localizados.

Las áreas I_1 y I_4 se han considerado con problemas de tipo litológico, como consecuencia de la naturaleza de los materiales que en ellas afloran.

3.3. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES

Las áreas que han sido englobadas dentro de este apartado ocupan la mayor parte de la Hoja.

En general, se trata de zonas que contienen una diversidad de problemas, cuyo desarrollo es variable, y puede modificar esta clasificación en algún punto. A esta escala, no obstante, se hace necesaria alguna simplificación que no permite consideraciones más precisas de orden cualitativo. Los problemas dominantes, y cuya existencia puede presumirse, están expresados en el mapa de interpretación adjunto.

3.4. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES

Quedan aquí representadas las zonas cuya problemática en algún sentido presenta problemas serios de consideración ineludible en cuanto a la construcción en general se refiere.

Estas zonas, cuya situación está fundamentalmente ligada a las áreas I_2 y II_4 , obligan sobre todo, como puede verse en el mapa y en las disposiciones anteriores, a reservas de tipo geotécnico, a una litología lo suficientemente plástica como para inspirar prevenciones en orden a la aparición de asientos, deslizamientos y otros problemas derivados.

Cuando localmente se presentan problemas de tipo geomorfológico y/o hidrológico, como ocurre frecuentemente, las condiciones se hacen aún más delicadas, con lo que se justifica la calificación.

3.5. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS MUY DESFAVORABLES

Unicamente se incluye aquí la área ocupada por los materiales que forman el Delta del Río Ebro y una estrecha franja que bordea al mismo hasta la localidad de Cherta. Por un lado, la naturaleza de estos materiales, y, por otro, el drenaje extremadamente deficiente, condicionan esta atribución.

BIBLIOGRAFIA

- I.G.M.E.: **Mapa Geológico de España 1:200.000. Hoja 41. Tortosa.** Madrid (1972)
- I.G.M.E.: **Mapa de síntesis de acuíferos de España Peninsular, Baleares y Canarias.** Madrid (1971)
- Inst. Hidr. de la Marina: **Cartas Marinas**
- Inst. Meteo.: **Datos climáticos**
- Llopis Lladó, N.: **Contribución al conocimiento de las Morfoestructuras de las Catalánides.** C.S.I.C. Barcelona (1947)
- Ministerio del Aire: **Boletín mensual climatológico**
- M.O.P.: **Datos climatológicos para carreteras (1964)**
- M.O.P.: **Informe Asesoría Geológica sobre el Plan de Aprovechamiento del Bajo Ebro (1960)**
- M.O.P.: **Informe Geológico sobre el Embalse de Paüls-Barranco de las Fuentes.** Paüls (Tarragona) (1972)
- M.O.P.: **Estudios Previos de Terrenos.** Memoria de las Hojas 521, 522, 523, 546, 547, 471, 472, 497, 498
- M.O.P.: **Informe Geológico sobre el Reconocimiento, Toma, Túnel y Central de B. de Cherta.**
- Saavedra, J.L.: **Informe sobre la posible cerrada de Paüls.** M.O.P.