

00300.

MAPA GEOTECNICO GENERAL  
**TUDELA**



**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

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

**TUDELA**

**HOJA 7-3 / 22**

El presente estudio ha sido realizado por Ibérica  
de Especialidades Geotécnicas, S.A. (IBERGESA)  
en régimen de contratación con el Instituto Geoló-  
gico y Minero de España

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

Depósito Legal: M-39.605 - 1975

AUGESA - Reprografía - km 12,200 Ctra. de Burgos. Madrid

## INDICE

	pág.
<b>1. INTRODUCCION</b>	1
<b>2. DESCRIPCION DE FACTORES CON INCIDENCIA GEOTECNICA</b>	3
2.1. Características físico-geográficas	3
2.2. Bosquejo geológico	6
2.3. Criterios de División. Características generales de las Areas	9
2.4. Formaciones superficiales y sustrato	16
2.5. Características geomorfológicas	24
2.6. Características hidrológicas	27
2.7. Características geotécnicas	31
<b>3. INTERPRETACION GEOTECNICA DE LOS TERRENOS</b>	37
3.1. Terrenos con condiciones constructivas muy desfavorables	37
3.2. Terrenos con condiciones constructivas desfavorables	39
3.3. Terrenos con condiciones constructivas aceptables	41
3.4. Terrenos con condiciones constructivas favorables	43
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	45

## **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 FISICO-GEOGRAFICAS**

Se considera la situación geográfica, el relieve y la red fluvial.

La Hoja estudiada corresponde a la designada con la numeración 7-3 del Mapa Topográfico Nacional a E 1:200.000 y se sitúa aproximadamente al NNE de la cuadrícula de Hojas que tapizan la Península Ibérica. Su demarcación geográfica viene definida por:

Longitud: O - 1° 51' 10", 5 - 0° 31' 10", 5

referida al Meridiano de Greenwich dato Europeo, y

Latitud:N-42° 00' 04", 3 - 42° 40' 04", 1

Desde el punto de vista administrativo, la superficie de la Hoja objeto de este estudio pertenece a las provincias de Navarra, Zaragoza y Huesca, que poseen una representación más o menos equivalente. Al O se introduce, en forma de cuña, un retazo de la provincia de Logroño.

Los terrenos pertenecientes a la provincia de Navarra ocupan toda la franja occidental e incluyen, como núcleos de población más importantes, Tudela, Corella, Tafalla y Sangüesa; el área de influencia de la provincia de Zaragoza se sitúa en la zona central y sus poblaciones más destacadas son Ejea de los Caballeros y Sos del Rey Católico; en la franja oriental se emplaza parte de la provincia de Huesca, con Jaca como población más importante. La provincia de Logroño tiene una representación superficial muy pequeña, pero en ella se sitúa una población de bastante importancia, Alfaro.

La densidad demográfica no es uniforme y disminuye, progresivamente, hacia el E. Sus valores varían entre los 41 h/km<sup>2</sup> de la provincia de Navarra y los 14 h/km<sup>2</sup> de Huesca. En la provincia de Zaragoza la densidad media es de 40 h/km<sup>2</sup>, pero este dato

hay que tomarlo con muchas reservas al referirnos a la área que, de esta provincia, entra en el presente estudio, ya que se trata de una zona muy despoblada, cuya densidad media debe ser sensiblemente inferior a la provincial.

El desarrollo industrial en el ámbito de esta Hoja puede situarse, casi exclusivamente, en el área ocupada por las provincias de Navarra y Logroño, puesto que en las zonas pertenecientes a Zaragoza y Huesca el desarrollo es únicamente de tipo agrario. Dentro del concierto nacional, Navarra, por su producción bruta, ocupa el puesto 16, con un volumen de 41.935 millones de pesetas, de las que el 41,7 por ciento pertenece al sector industrial y minero, el 15,8 por ciento al sector agrario y el 13 por ciento a las transacciones comerciales.

La morfología es muy variada y presenta diferentes tipos de relieves. Las zonas llanas, que predominan al S y SO, van siendo interrumpidas cada vez con mayor frecuencia por pequeños cerros que, progresivamente, dan lugar a relieves alomados, los cuales al NE originan las formas acusadas y abruptas de las sierras, entre los que destacan las de Leyre, Los Angeles, San Juan de la Peña, Salinas y Loarre, estas tres últimas con alturas superiores a los 1.500 m. El accidente orográfico más importante es el Pico Oroel, con 1.769 m de altitud.

La red hidrográfica de esta Hoja es importante. Pertenece toda ella a la cuenca del Ebro, río cuyo cauce discurre por el ángulo SO y al que afluyen, como caudales más representativos, los ríos Aragón y Gállego. El curso del Aragón recorre la Hoja desde su tramo más alto, en la Sierra de los Angeles, hasta la confluencia con el Ebro, al S de Milagro. El curso alto del río Gállego discurre por la zona oriental en dirección N-S.

## CLIMATOLOGIA Y METEOROLOGIA

Para el estudio de las condiciones climáticas de la Hoja se han consultado, aparte de una serie de datos generales del Servicio Meteorológico Nacional y del Ministerio de Obras Públicas, los puntuales de las estaciones pluviométricas de Embalse de Yesa, Tudela, Olite, Marcilla, Javier, Caparroso, Sos del Rey Católico, Luesia, Ejea de los Caballeros, Alfaro, Embalse de la Sotonera, Jaca y Almudévar.

La elección de estas estaciones estuvo condicionada al hecho de que los datos en ellas recogidos cubren un amplio período de tiempo y, por consiguiente, las series estadísticas confeccionadas con ellos tienen un mayor grado de fiabilidad.

Los datos que a continuación se insertan hacen referencia a: Temperaturas, Precipitaciones e Índices Climáticos.

### *Temperaturas*

Las temperaturas medias anuales, en un período de 30 años (1931-60), varían desde 7º C sobre el NE de la Hoja a 14º C en la banda SE. En este mismo período, las máximas absolutas pasaron de 42º C al S a 36º C al NE y las mínimas absolutas fueron de -20º C en el ángulo NE y de 10º C en toda la zona OSO.

El número de horas de sol osciló anualmente desde 2.200 en el ángulo SO y 2.300 en la banda N, hasta 2.800 sobre el ángulo SE (zona de Almudévar).

### *Precipitaciones*

Las precipitaciones medias anuales, para un período de tiempo similar al anterior, oscilaron de 1.100 mm sobre las sierras de Leyre, Orba, Dos Ríos, Luesia y Los Angeles al N, a 400 mm en el ángulo SO (Cintruénigo y Embalse de la Nava). Estas precipitaciones se reparten en el borde NO a lo largo de 110 días y en el ángulo SE durante 80; en el resto de la Hoja el número medio anual de días de lluvia oscila entre 90 y 100.

Las medias mensuales no presentaron grandes diferencias, si nos fijamos en la región SSO, en la que la amplitud máxima de variación a lo largo del año ha sido de 30 mm (de 20 a 50 mm/mes); en cambio, en la zona NNE, las diferencias entre los valores medios en precipitación mensual son muy grandes, situándose los valores extremos en los meses de diciembre (120 mm) y julio (40 mm).

### *Índices Climáticos*

Del análisis comparativo de los índices de evapotranspiración según Thornwaite y de la pluviometría media mensual se deduce que el período seco se va ampliando progresivamente a lo largo de la diagonal NE-SO, de tal forma que empieza abarcando los meses comprendidos entre junio y septiembre y termina por extenderse desde el 15 de marzo al 1 de diciembre.

Los valores máximos de la evapotranspiración son de 110 mm/mes para el ángulo NE y de 140 mm/mes en el SO.

Unido a este último punto, es interesante reseñar los coeficientes medios anuales de reducción climatológica para cada clase de obra. Para ello se ha supuesto que cada obra se reparte uniformemente a lo largo de los 365 días del año, y éstos a su vez en 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 a cada mes y sumando los productos parciales de los meses, se han obtenido los siguientes coeficientes medios anuales de las provincias de Navarra, Zaragoza y Huesca.

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

#### *CLASE DE OBRA*

Provincias	Hormigón	Explanaciones	Aridos	Riegos y Tratamientos	Mezclas Bituminosas
NAVARRA	0,861	0,768	0,931	0,417	0,595
ZARAGOZA	0,933	0,870	0,974	0,530	0,718
HUESCA	0,835	0,788	0,943	0,442	0,643

## **2.2. BOSQUEJO GEOLOGICO**

Si bien la finalidad del mapa se aparta de lo que normalmente se entiende por una cartografía geológica, su ejecución precisa una base de este tipo, por lo que conviene, antes de analizar otros puntos más concisos y prácticos, dar un esbozo de la geología de la Hoja. Para ello, se pasará revista, por una parte a las rocas existentes, dando su cronoestratigrafía, distribución y naturaleza, y por otra a la tectónica sufrida, que dará razón de su situación relativa y su jerarquización dentro del conjunto total.

### **ROCAS**

Predominan en el ámbito de la Hoja los materiales cenozoicos y cuaternarios. Los terrenos mesozoicos tienen una reducida representación superficial y su aparición va siempre íntimamente relacionada con una serie de accidentes tectónicos, como pliegues anticlinales, fracturas inversas y escamas.

#### **A. MESOZOICO (S)**

##### **A<sub>1</sub>) Triásico**

Los afloramientos del Trías se sitúan en los núcleos anticlinales de las Sierras de Oscenses y tienen siempre un cierto carácter diapírico. Los materiales predominantes son las margas evaporíticas típicas del Keuper que engloban, de modo desordenado, importantes masas o barras calcáreo-dolomíticas que se han asimilado al Muschelkalk.

##### **A<sub>2</sub>) Cretácico**

En la Sierra de Oscenses, el Cretácico está directamente transgresivo sobre el Trías y, aparentemente, concordante con él. La serie comprende el Santonense, Campanense y quizá el Maestrichtense. En las Sierra de Loarre y Santo Domingo, el Santonense está reducido a un banco de calizas detríticas; las calizas de rudistidos campanenses poseen una potencia de unos 50 m. En las Sierras de Leyre (Navarra) y Orba (Zaragoza) se observan, entre las calizas cretácicas, intercalaciones margosas.

#### **B. CENOZOICO (T)**

##### **B<sub>1</sub>) Eoceno**

Los materiales del Terciario Inferior afloran en las Sierras de Loarre, Salinas y Santo Domingo, así como a lo largo de una franja que, situada al N de la Hoja, va desde Lumbier (Navarra) hasta el S del Pico Oroel (en Huesca).

Los materiales predominantes son calizas y margas. En algunas zonas de la franja N, entre las calizas, se intercalan bancos de calcoesquistos y, en la Sierra de Orba, se observa un depósito margo-calizo tipo Flysch.

Es interesante destacar la existencia de una formación margosa, bastante fosilífera, de edad Luteciense-Biarritziense (todavía no bien determinada) que, en las Sierras de Loarre y Santo Domingo, se apoya en aparente discordancia sobre las calizas de Alveolinás.

El paso de estas formaciones marinas al Oligoceno continental se realiza a través de una facies de transición, de litología muy variable, que alcanza su máxima potencia en el sinclinal de Oroel, donde los materiales depositados son de tipo deltaico.

### B<sub>2</sub>) Oligoceno

Comprende toda la serie continental que descansa sobre las facies de transición y que tiene como techo las capas basales de la discordancia progresiva de Biel-Gallipienzo. Constituye el núcleo del sinclinorio del Guarga.

La sedimentación es de tipo fluvial, con áreas de conglomerados en Pico Oroel y San Juan de la Peña. Hacia el O se pasa a las facies de tipo lacustre de Navarra.

La serie, debido a la carencia de fósiles, está por datar, y probablemente comprenda una parte basal eocena Ludiense. Margas, yesos, conglomerados y areniscas son los materiales más representativos de este Oligoceno.

### B<sub>3</sub>) Mioceno

Tanto en Navarra (Barbarín, Estella) como en Aragón (Riglos, Biel, Santa Cilia), el Aquitaniense o base del Mioceno se halla en el borde N de la depresión del Ebro, discordante sobre las formaciones más antiguas, atribuidas al Oligoceno.

La serie que se desarrolla por encima de esta discordancia, englobaría la totalidad del Mioceno, hasta las calizas tabulares continentales que coronan los Montes de Luna, Muela de Borja y las Bárdenas. El Mioceno Inferior comprende el Vindoboniense, y el Mioceno Superior engloba el Vindoboniense Superior y el Pontiense. Es preciso tener presente que, hasta ahora, el Pontiense no ha sido identificado paleontológicamente en la cuenca del Ebro. Unicamente pueden ser datadas las formaciones calcáreo-margosas superiores del Centro y Sur de la Depresión del Ebro, si admitimos una correlación con las equivalentes de la depresión de Calatayud, perfectamente datadas, con abundante fauna de mamíferos.

En esta zona, la litología del Mioceno presenta las variaciones normales de facies del borde N de la Depresión del Ebro. De los conglomerados de la formación de Uncastillo (conglomerados masivos de Biel, Luesia, Uncastillo, Sos) se pasa, según un sistema de cuñas, a areniscas conglomeráticas y a margas alternando con areniscas en paleocanales que se van perdiendo hacia el interior de la cuenca. Al S de la depresión Mélida-Ejea de los Caballeros-Almudévar, las margas, con pocos intervalos areniscosos, se enriquecen en bancos de calizas lacustres, especialmente importantes en la parte alta de la serie, y éstos, a su vez, pasan lateralmente a las formaciones yesíferas, de centro de cubeta, que aparecen, en esta Hoja, en Gurrea de Gállego, al pie de la Loma Negra y de los Montes de Castejón.

## C CUATERNARIO (Q)

### Las Terrazas del Aragón

Es importante el estudio del Cuaternario de la Canal Berdún porque en él se puede apreciar, con cierta claridad, el enlace entre morrenas glaciares y las terrazas fluviales relacionadas con ellas.

El glaciar del Aragón, terminaba cerca de Castiello de Jaca (al N de esta población); cinco arcos morrénicos importantes, bastante bien conservados, cortan transversalmente

el valle. Por su relación con dos terrazas, situadas a alturas distintas, se interpretan generalmente dichas morrenas como pertenecientes a dos glaciaciones diferentes.

Por lo que respecta a las terrazas, se pueden distinguir en ellas cinco niveles, claramente diferenciados:

- El nivel superior, 100 m por encima del cauce actual, se conserva en escasos lugares.
- El nivel principal, situado entre 50 y 60 m sobre el río, alcanza una gran extensión.
- El nivel medio y bajo comprende tres terrazas: la más alta se presenta de 15 a 20 m por encima del nivel del río, la intermedia se sitúa a unos 7-10 m sobre este nivel, y la más baja es la que sirve de cauce actual al río Aragón, el cual discurre por las gravas sin llegar a dejar descubierto el sustrato margoso. Lateralmente, estas gravas están recubiertas de limos de aporte lateral. Es la vega actual del Aragón, aunque, en circunstancias favorables, el regadío puede alcanzar terrazas más altas.

### **Las Terrazas del Gállego**

Pertenecen, como la mayor parte de las de la depresión del Ebro, a la categoría de terrazas-glacis. Es decir, una terraza "sensu stricto", revestida por un manto de gravas y glacis laterales, extensos planos inclinados recubiertos con elementos de procedencia local, formados bajo condiciones climáticas que dieron lugar a escorrentía en manto difuso. El cuaternario del Gállego se distingue del perteneciente al río Aragón por la presencia de cantos de granito.

Se distinguen en este cuaternario cinco niveles de terrazas, acompañadas de los correspondientes glacis, especialmente desarrollados aguas abajo de Riglos.

El cuaternario del río Arba (Cinco Villas) no posee gravas de origen pirenaico, sino sólo las que se han podido remover, en segundo ciclo de erosión, de los conglomerados de la formación de Uncastillo. Los limos desempeñan un papel importante en toda la zona. Los fondos de valle han ido colmatándose en época histórica, hasta el punto de que antiguas construcciones se han visto aterradas por los derrumbios recientes.

## **TECTONICA**

De acuerdo con los estudios realizados por Miguel Soler Sampere y Cayo Puigdefábregas, en la área de esta Hoja se superponen tres fases tectónicas.

### **Primera Fase**

Se le atribuye una edad post-Luteciense. Afecta a los materiales del Cretácico Superior, a los paleocenos y, también, a los del Sinclinorio Oligoceno. Provoca esta fase la aparición de pliegues de vergencia S, con rumbo ONO-ESE o NO-SE, que dan anticlinales y sinclinales en posiciones aberrantes, pudiendo llegar a la inversión total.

### **Segunda Fase**

Origina una serie de pliegues muy apretados, volcados al SSO, con frecuentes despegues internos, lo que dificulta extraordinariamente el estudio estratigráfico. Estos pliegues

son contemporáneos de una esquistosidad, cuyo frente S se extiende desde Salvatierra a Esca, hasta la Foz de Biniés. Dicha esquistosidad corta las estructuras de la primera fase. La edad de esta segunda fase está comprendida entre el Eoceno Alto y el Oligoceno, y a ella se asocian una serie de fallas de desgarre, de dirección NNE-SSO.

Esta fase de deformación provoca también la torsión de los ejes de los pliegues de la fase anterior y la aparición de cabalgamientos en su frente S (Leyre, Biniés, Javierregay).

Probablemente los conglomerados de Oroel y San Juan de la Peña, con fuertes discordancias progresivas, corresponden a los movimientos de esta edad.

### Tercera Fase

De menor importancia que las anteriores, ha existido al menos una tercera fase que ha afectado al conjunto, ya que el cabalgamiento de la Foz de Biniés está plegado en Javierregay y se observan deformaciones de la esquistosidad en varios puntos.

El Aquitaniense está apoyado sobre el Oligoceno en discordancia angular; pero, además, dentro de la serie miocena, especialmente en la base y en el Oligoceno Alto, se observan discordancias progresivas que denotan una serie de fases de plegamiento pertenecientes al Oligoceno Superior y al Mioceno Inferior.

La parte de la depresión del Ebro no presenta, para los terrenos miocenos, muchas complicaciones tectónicas. El río se sitúa en el eje de un sinclinal muy tendido. Los tres anticlinales, con núcleo Oligoceno, de Arguedas, Marcillas y Tafalla, constituyen tres grandes estructuras con núcleo yesífero diapírico, arrumbadas todas ellas ONO-ESE y vergentes al S. El diapirismo que afecta a estas estructuras no ha cesado aún.

## 2.3. CRITERIOS DE DIVISION. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS AREAS

Si bien en el capítulo 1 se enumeran una serie de objetivos a cubrir con el presente mapa, resulta evidente que el fin primordial del mismo será el de definir, siempre con las limitaciones que presenta la E 1:200.000 las condiciones constructivas de los terrenos.

Para alcanzar este fin, el proceso operativo se inicia con la división zonal de la Hoja, se continúa con el análisis individual de una serie de características del terreno, observándolas en aquellos aspectos que pueden influir, favorable o desfavorablemente, a la hora de su aprovechamiento como base de sustentación de las diversas obras técnicas y se finaliza con el tratamiento conjunto de todos los datos anteriores para, partiendo de ellos, definir cualitativamente sus condiciones constructivas.

### CRITERIOS DE DIVISION GEOTECNICA

Siguiendo los criterios prescritos para realizar las posibles divisiones zonales dentro de esta escala, así como las correspondientes subdivisiones, se han delimitado, dentro de la zona estudiada, dos Regiones y catorce Areas, tres en la Región II y once en la Región III.

Por ser la zona objeto de este estudio parte integrante de un proyecto más amplio, los criterios elegidos para la división zonal son generales y, por tanto, no es de extrañar que, en la relación que aquí se detalla, falten algunas Areas y Regiones.

En la Región II se incluyen todos los terrenos mesozoicos que se distribuyen al N y E de la Hoja y dan origen a relieves acusados, como las Sierras de Leyre, Orba, Loarre, Salinas y Santo Domingo. La Región III engloba los terrenos terciarios y cuaternarios que ocupan la mayor parte de la superficie de la Hoja.

Para la delimitación de las unidades de segundo orden (Areas) dentro de las Regiones anteriormente señaladas, nos apoyaremos en la diferente homogeneidad macrogeomorfológica de sus terrenos.

El proceso seguido para ello ha tenido como base el estudio de las diferentes formas de relieve, los tipos de rocas, su resistencia a la erosión y su comportamiento mecánico ante los distintos movimientos tectónicos que han actuado sobre ellas a través de su historia geológica.

Así, ha sido posible individualizar, dentro de la Región II, tres Areas: la II<sub>1</sub>, II<sub>3</sub> y II<sub>3'</sub>, y dentro de la Región III, once, la III<sub>1</sub>, III<sub>1'</sub>, III<sub>1IV</sub>, III<sub>1V</sub>, III<sub>1VI</sub>, III<sub>2</sub>, III<sub>2'</sub>, III<sub>3</sub>, III<sub>4</sub>, III<sub>5</sub> y III<sub>6</sub>.

En la Area II<sub>1</sub> se incluyen los terrenos mesozoicos, no triásicos en los que la litología predominante está constituida por rocas carbonatadas. La Area II<sub>3</sub> reúne los terrenos triásicos en los que no aparecen yesos, y la II<sub>3'</sub>, aquellos en cuya litología figuran materiales yesíferos.

Dentro de la Area III<sub>1</sub> se agrupan aquellos depósitos conectados actualmente al cauce de los ríos. Presentan un relieve de formas totalmente llanas. En la Area III<sub>1'</sub> se incluyen los depósitos cuaternarios de materiales granulares (más o menos groseros) y de origen coluvial, las terrazas, glaciares y los conos de deyección.

Las Areas III<sub>1IV</sub>, III<sub>1V</sub> y III<sub>1VI</sub> engloban los depósitos cuaternarios de origen eluvial, glacial y lacustre respectivamente. Todos estos depósitos dan formas de relieve llanas.

La Area III<sub>2</sub> reúne los depósitos terciarios en los que predominan los materiales pelíticos y la III<sub>2'</sub>, aquellos en que los materiales detríticos son los más importantes.

Los depósitos cenozoicos con predominio de materiales carbonatados se agrupan en la Area III<sub>3</sub>, así como los que presentan materiales yesíferos lo hacen en la III<sub>4</sub>. En la Area III<sub>5</sub>, se incluyen los depósitos terciarios en los que predominan los materiales pelíticos y detríticos (en proporciones similares). Los depósitos terciarios tipo flysch se reúnen en la Area III<sub>6</sub>. Las formas de relieve que originan estos depósitos son muy variadas e incluyen desde formas llanas hasta relieves abruptos.

## CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS AREAS

### **Area II<sub>1</sub>**

Se sitúa, en una serie de pequeños afloramientos, en las Sierras de Leyre y Orba (al N de la Hoja) y también al E, formando franjas estrechas y alargadas en las alineaciones montañosas de Loarre, Salinas y Santo Domingo.

En la litología de esta Area predominan los materiales carbonatados. Casi siempre son calizas, pero en algunos afloramientos éstas pueden alternar con margas.

Su morfología presenta relieves acusados y abruptos, y la pendiente topográfica se mantiene siempre por encima del 15 por ciento, alcanzando, en muchos casos, valores superiores al 30 por ciento, especialmente en la Sierra de Loarre.

Los únicos problemas geomorfológicos van ligados a la disyunción, en bloques, que sufren las calizas; bloques que se desprenden y desplazan a favor de la pendiente natural.

Sus materiales se han considerado impermeables, pero admitiendo, en áreas grandes, un cierto grado de permeabilidad ligado a la tectonización. Las condiciones de drenaje se han definido como favorables, por escorrentía muy activa y percolación a través de fracturas.

La existencia de aguas en profundidad, está ligada a las zonas de fracturación y a aquellas que presentan un carst desarrollado.

Sus características mecánicas (capacidades de carga y magnitud de los posibles asentamientos) se consideran favorables (elevadas las primeras y nulos los segundos); los únicos problemas geotécnicos se relacionan con las áreas cársticas, que pueden presentar algún asentamiento brusco o hundimiento. No obstante, hay que resaltar el hecho de que, en esta zona, el carst no está excesivamente desarrollado.

### **Área II<sub>3</sub>**

Se distribuye en tres pequeños afloramientos a lo largo del eje de las Sierras de Loarre y Santo Domingo.

Los materiales predominantes son calizas dolomíticas, pero también se encuentran, intercalados, niveles de arcillas.

Su morfología presenta formas de relieve muy acusadas y las pendientes topográficas superan, casi siempre, el 30 por ciento.

Las características hidrológicas y geotécnicas de esta Área son idénticas a las de la II<sub>1</sub>.

### **Área II<sub>3'</sub>**

Forma franjas estrechas y muy alargadas en las Sierras de Loarre, Salinas y Santo Domingo. También existe un pequeño afloramiento en el ángulo NO de la Hoja.

La litología es la característica del Keuper, en facies germánica, es decir, arcillas abigarradas, margas y yesos.

Presenta una morfología acusada y abrupta en la zona de las Sierras, con pendientes superiores al 15 y al 30 por ciento. Al NO de la Hoja, en cambio, las formas de relieve son más alomadas y suaves, con ángulos de pendientes no superiores al 7 por ciento.

Se considera zona inestable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.

Los materiales que conforman la Área son impermeables y las condiciones de drenaje (que se realiza por escorrentía) aceptables o favorables, en función de las formas de relieve.

Los problemas hidrológicos que se presentan son importantes, puesto que las aguas se cargan de iones sulfato y su poder corrosivo, frente a los aglomerantes hidráulicos ordinarios, es muy elevado. La posibilidad de que existan acuíferos en profundidad es nula.

Sus características mecánicas se consideran desfavorables, tanto bajo el aspecto de su capacidad de carga (media o baja), como en el de posibles asentamientos (de magnitud media).

### **Área III<sub>1</sub>**

Se emplaza, principalmente, al S. de la Hoja, donde ocupa zonas muy extensas (depósitos de los ríos Ebro, Aragón, Arba de Biel y Gállego).

Su litología es compleja y se compone de gravas (a veces cementadas), arenas, limos y arcillas. Normalmente en esta Hoja predominan las gravas o las arcillas; las arenas se presentan en menor proporción.

Posee una morfología de formas llanas con pendientes topográficas siempre inferiores al 7 por ciento. En los puntos donde la potencia erosiva de los ríos es importante y éstos aparecen encajados en sus propios depósitos, dando paredes laterales verticales, es frecuente observar desmoronamientos debidos a la acción del río en la base de dichas paredes.

Los materiales que la forman son semipermeables, lo que unido a una morfología llana, condiciona un drenaje deficiente, con abundancia de zonas propensas a encharcamientos.

En los depósitos de gravas el drenaje es favorable.

Es normal la existencia de acuíferos y la aparición de agua a escasa profundidad.

Su capacidad de carga oscila de media a alta, dándose esta última en los aluviales de gravas. Las magnitudes de los asentamientos son, por lo general, de tipo medio, aunque es preciso hacer notar que, en los aluviales de gravas, no se producen asientos.

Los problemas geotécnicos estarán siempre relacionados con las rápidas variaciones litológicas en profundidad, que darán lugar a asentamientos diferenciales.

### **Área III<sub>1</sub>**

Su distribución superficial está siempre relacionada con la de la Área III<sub>1</sub>, a la que generalmente bordea.

Su composición litológica es, exclusivamente, de materiales granulares, entre los que predominan las gravas que, en algunos casos, están cementadas. La fracción fina (limosa o arcillosa) se dispone en lentejones de poca potencia entre las gravas, o bien se presenta diseminada a manera de matriz.

Las formas de relieve que originan estos materiales son llanas o con pendientes muy ligeras, en ningún caso superiores al 7 por ciento, excepción hecha del caso de los conos de deyección, en los que la pendiente puede tener un porcentaje superior a esa cifra. Diríase, por tanto, que no existen problemas geomorfológicos, pero es de resaltar el hecho de que, normalmente, el tránsito de esta Área a la adyacente va acompañado de una ruptura brusca de pendiente.

Se han considerado permeables las litologías de gravas y semipermeables aquellas que poseen, también, fracción arcillosa. Las condiciones de drenaje varían de favorables a deficientes, en función del menor o mayor porcentaje de arcillas. No es rara la aparición de acuíferos definidos o de bolsadas aisladas de agua.

Sus características mecánicas son variables y dependen, en un elevado porcentaje, del contenido en arcilla. Las capacidades de carga pueden ser altas o medias, y los asentamientos que, a consecuencia de ellas, se originen, inexistentes o de magnitud media.

### **Área III<sub>1IV</sub>**

Se encuentra representada, al E de la Hoja, en un grupo de pequeños afloramientos.

Su composición litológica es, generalmente, de tipo arenoso-arcilloso, variando mucho los porcentajes relativos de una y otra fracción, hasta llegar a depósitos de tipo arenoso-limoso o arcilloso exclusivamente.

Su morfología, totalmente llana, presenta pendientes inferiores al 7 por ciento.

Es normal que la red de drenaje se presente encajada en este tipo de depósitos.

La estabilidad es elevada.

A consecuencia de la morfología llana y del carácter semipermeable de los materiales, las condiciones de drenaje son deficientes.

Sus características mecánicas, tanto bajo el aspecto de capacidad de carga, como en el de la magnitud de los posibles asentamientos que aquéllas produzcan, se consideran de tipo medio.

### **Área III<sub>1</sub>V**

Solamente aparece, en dos pequeños afloramientos, al N de Castiello de Jaca.

Está formada por materiales granulares, muy heterométricos, con tamaños que oscilan desde el de grandes bloques hasta el de finos limosos.

A pesar de su reducida extensión superficial, por emplazarse en la inflexión de una ladera, estos depósitos presentan una variada morfología, con formas de relieve abruptas, acusadas y llanas.

Sus materiales poseen una elevada permeabilidad, siendo las condiciones de drenaje muy favorables.

La capacidad de carga es de tipo medio y los asentamientos que pueden producirse son diferenciales, y también de magnitud media.

### **Área III<sub>1</sub>VI**

Se sitúa en un solo afloramiento al N del Embalse de Sotonera.

Su litología está compuesta de materiales muy finos, de tipo limoso y arcilloso. La morfología es completamente llana. Los problemas hidrológicos que presenta la zona son muy importantes, puesto que, debido a la impermeabilidad de los materiales y al relieve llano, las condiciones de drenaje son nulas y la Área se mantiene encharcada durante todo el año.

Las características mecánicas son muy desfavorables, debido a la baja capacidad de carga y a la aparición de asentamientos de elevada magnitud.

### **Área III<sub>2</sub>**

Se reparte desigualmente en la Hoja, situándose los afloramientos más importantes en la región de las Bardenas, en la Canal de Berdún y en la alineación de sierras exteriores (Loarre, Salinas y Santo Domingo).

Su litología es muy variada y en ella predominan las margas, pero pueden aparecer también areniscas, areniscas calcáreas, calizas arenosas y arenas, siempre alternando con margas.

La morfología puede presentar formas de relieve llanas, alomadas, acusadas y abruptas.

Los problemas geomorfológicos que se presentan son numerosos, muy especialmente en las litologías compuestas exclusivamente de margas, zonas inestables en las que se observan importantes fenómenos exógenos (abarrancamientos, acción erosiva intensa, deslizamientos).

Los tramos en que las margas alternan con materiales competentes son más estables, pero la aparición de fenómenos exógenos puntuales puede disminuir localmente, dicha estabilidad.

Sus materiales se consideran impermeables, con drenaje deficiente, aceptable o favorable en función de la morfología. Se observan algunas zonas de encharcamientos.

Sus características mecánicas, tanto bajo el aspecto de capacidad de carga, como en el de magnitud de los posibles asentamientos que aquéllas produzcan, se consideran de tipo medio.

### **Área III<sub>2</sub>**

Sus afloramientos se alinean, siguiendo la dirección ESE-ONO, en el cuadrante NE de la Hoja.

La litología es compleja, con predominio de conglomerados, brechas y areniscas y, en menor porcentaje, margas y calizas.

La morfología es muy variada, con formas de relieve llanas, alomadas y muy acusadas. En general son zonas estables aunque, localmente, esta estabilidad puede ser disminuida, debido a la aparición de problemas puntuales, como abarrancamientos y acción erosiva intensa.

Las litologías de conglomerados (materiales semipermeables) presentan un drenaje favorable, con posible existencia de acuíferos en profundidad. El resto de los materiales son impermeables, y las condiciones de drenaje favorables o aceptables en función de la morfología.

Sus capacidades de carga oscilan de altas a medias, dándose las primeras en las litologías que incluyen conglomerados. Los asentamientos, cuando existen, son de magnitud media.

### **Área III<sub>3</sub>**

Ocupa la zona de las Sierras del Norte y del Este y, al S, se sitúa en la Loma Negra y Sierra de Luna.

En su litología predominan las calizas que alternan con margas y, en algunas zonas concretas, presentan una ligera esquistosidad.

Las formas de relieve, normalmente, son acusadas y muy acusadas, con pendientes superiores al 15 por ciento. Se observan en algunos puntos deslizamientos activos y potenciales, así como otra serie de fenómenos exógenos, que localmente, pueden disminuir la natural estabilidad de la Área.

Sus materiales son impermeables, pero, ligado a la tectonización, se admite un cierto grado de permeabilidad. El drenaje es favorable y la presencia de acuíferos está reducida a las zonas de fracturación.

Las características mecánicas son favorables, con elevadas capacidades de carga e inexistencia de asentamientos.

### **Área III<sub>4</sub>**

Es una de las zonas con mayor representación superficial en la Hoja. Tiene una repartición desigual, pero se puede decir que sus afloramientos más importantes se sitúan al N y al O.

La característica litológica más importante es la constante presencia de materiales yesíferos, acompañados de margas, areniscas, calizas y, en menor proporción arenas y arcillas.

No hay ningún tipo de relieve característico en esta Área, puesto que se presentan formas desde llanas hasta muy acusadas, pasando por todas las morfologías intermedias.

Existen gran cantidad de recubrimientos de alteración, abarrancamientos, áreas de erosión intensa, deslizamientos etc., factores estos que, localmente, pueden originar serios problemas de tipo geomorfológico.

Las condiciones de drenaje, en estos materiales (impermeables), pueden variar de deficientes a favorables, en función de la morfología. La presencia de aguas selenitosas y las frecuentes zonas de encharcamiento hacen que las características hidrológicas sean desfavorables.

Sus características mecánicas son de tipo medio, tanto en lo que se refiere a las capacidades de carga como a los posibles asentamientos, pudiendo realizarse éstos, de manera brusca, por disolución de yesos.

### **Área III<sub>5</sub>**

Se emplaza en una franja de gran amplitud que recorre la Hoja en dirección aproximada NO-SE, y también en un afloramiento, de regulares dimensiones, que se sitúa en el ángulo SO.

La pauta litológica viene marcada por una característica alternancia de margas y areniscas, entre las que, en ocasiones, se interestratifican niveles de arcillas.

Desde el punto de vista morfológico, predominan las formas alomadas y llanas aunque, en algunas zonas, pueden aparecer pendientes topográficas superiores al 15 por ciento.

Se observan gran cantidad de recubrimientos por alteración, bloques caídos, abarrancamientos, resaltes de capas duras y, localmente, deslizamientos y desmoronamientos, fenómenos exógenos que disminuyen, notablemente, la natural estabilidad de la Área.

Sus materiales son impermeables y las condiciones de drenaje deficientes, aceptables o favorables, según las distintas formas de relieve.

Tanto las capacidades de carga como los posibles asentamientos condicionan unas características mecánicas de tipo medio.

### **Área III<sub>6</sub>**

Se sitúa, formando una estrecha franja, en el borde S y SE de la Sierra de Orba, al N de la Hoja.

Litológicamente, está formada por una rápida alternancia de margas y calizas, distribuidas en bancos de reducida potencia.

Desde el punto de vista morfológico, presenta formas de relieve acusadas y abruptas.

Las fuertes pendientes y la composición litológica, se conjugan para dar a la Área una acusada inestabilidad, puesto que, en potencia, pueden desarrollarse un sinnúmero de deslizamientos.

Se admite que sus materiales (impermeables) poseen una cierta permeabilidad, en relación con el grado de tectonización. Las condiciones de drenaje son favorables.

La capacidad de carga y los posibles asentamientos son de tipo medio. Hay que destacar que esta Área posee unas condiciones constructivas muy desfavorables.

## **2.4. FORMACIONES SUPERFICIALES Y SUSTRATO**

En este apartado se incluirán los principales tipos de rocas encontradas en la Hoja, agrupándolos según sus características litológicas en el sentido más amplio y evitando subdivisiones más finas, basadas en criterios petrográficos, situacionales o en diferenciaciones tectónicas.

De cada conjunto definido se precisarán sus características físicas y mecánicas, así como su resistencia ante los agentes de erosión externos.

En el mapa adjunto se encuadran todos los tipos aparecidos en dos grandes unidades de clasificación: las Formaciones Superficiales y el Sustrato Rocoso. En la primera se incluyen aquellos depósitos poco o nada coherentes, de extensión y espesor variables, acumulados desde el Villafranquiano hasta la actualidad, y en la segunda el conjunto de rocas más o menos consolidadas, depositadas en el resto de la historia geológica. Dicho mapa se acompaña de una ficha resumen en la que se exponen las características litológicas más destacables de cada unidad de clasificación de segundo orden (Areas).

En lo que sigue, se partirá de las catorce unidades ya definidas, especificando para cada una de ellas sus diferentes litologías. Este criterio se mantendrá en los apartados sucesivos, de tal forma que, a partir de ahora, referiremos a las Areas el conjunto de características de la Hoja. Unicamente en el último capítulo se dejará este criterio para poder ejecutar la interpretación geotécnica de los terrenos de forma más precisa.

### **Área II<sub>1</sub>**

#### ***Calizas – S<sub>12</sub>***

Se distribuyen en franjas, poco potentes y alargadas, que discurren paralelas al eje de las Sierras de Loarre, Salinas y Santo Domingo.

Presentan tonalidades grisáceas y yacen en bancos, de considerable potencia y resistencia a la erosión, que dan lugar a la aparición de acusados resalte.

#### ***Calizas y margas – S<sub>12-105</sub>***

Se sitúan exclusivamente en las Sierras de Leyre y Orba y al N del pueblo de Unzué.

Son calizas grisáceas que, en corte fresco, muestran tonalidades ocres y rojizas; se presentan con aspecto masivo, muy fracturadas y con un incipiente carst de desarrollo.

Alternan con niveles poco potentes de margas arcillosas, pardo-rojizas, cuya alteración origina recubrimientos, de tipo arcilloso, que engloban fragmentos de rocas calizas.

### **Área II<sub>3</sub>**

#### ***Calizo-dolomías y arcillas – S<sub>12/7-5</sub>***

Se muestran en tres pequeños afloramientos, situados en las Sierras de Loarre y Salinas.

Las calizo-dolomías son de grano fino y muy resistentes a la erosión; dan fuertes

relieves y presentan tonalidades grisáceas y parduzcas. Entre ellas se intercalan niveles de arcillas abigarradas.

### **Área II<sub>3</sub>**

#### *Arcillas, margas y yesos – S<sub>5-105-14</sub>*

Afloran en el ángulo NO de la Hoja y en los núcleos anticlinales de las Sierras de Loarre y Salinas, siempre con un cierto carácter diapírico.

Es la litología típica del Keuper, con arcillas y margas evaporíticas, abigarradas, entre las que aparecen cristales y nivellitos de yeso. Son materiales que ofrecen una débil resistencia frente a la erosión.

### **Área III<sub>1</sub>**

Se agrupan en este apartado el conjunto de materiales poco o nada consolidados, conectados al cauce actual de los ríos.

#### *Arcillas arenosas y gravas (Depósitos aluviales) – Q<sub>a</sub>*

Están formados estos depósitos por acumulación de materiales finos arcillosos (en ocasiones, también, limosos), que engloban arenas y entre los que se disponen delgados horizontes de materiales gruesos (gravas). La potencia es muy variable, predominando la de tipo medio, excepción hecha de los aluviales del Ebro y del Aragón, cuyos espesores son considerables.

#### *Gravas con niveles de arcillas (Depósitos aluviales) – Q<sub>a/2</sub>*

En este tipo de aluviales, los materiales que predominan son las gravas, que suelen presentarse bastante homométricas y, probablemente, tengan distinto origen, pues algunas de ellas procederán de los conglomerados de la Sierra. Aparece también arcilla, bien en nivellitos o diseminada entre las gravas a manera de matriz.

### **Área III<sub>1'</sub>**

#### *Gravas y lentejones de arcillas (Depósitos de terraza, glacis y conos de deyección) – Q<sub>t</sub>*

Depósitos de gravas, bastante homométricas, en muchos casos cementadas, especialmente en los primeros metros; entre ellas se intercalan niveles lentejonares de arcillas, bastante plásticas y de tonos rojizos.

En los glacis, que enlazan lateralmente con las terrazas, adquieren gran importancia los limos.

Los materiales de los conos de deyección, también granulares, son más heterométricos y forman depósitos en los que aparecen mezclados desordenadamente.

## **Área III<sub>1</sub>IV**

### ***Arcillas y arenas (Depósitos eluviales) – Q<sub>e</sub>***

Son depósitos en los que la proporción relativa arena/arcilla es muy variable. Sus tonos suelen ser beiges o amarillentos y la potencia media o escasa. Las arenas son heterométricas, pero con predominio de los tamaños gruesos.

Es frecuente que las arcillas vayan acompañadas de una fracción limosa.

## **Área III<sub>1</sub>V**

### ***Bloques, cantos y gravas (Depósitos de origen glacial) – Q<sub>g</sub>***

Son depósitos morrénicos, formados por una desordenada acumulación de materiales detriticos muy heterométricos, con bloques, cantos, gravas e, incluso, una fracción fina limosa.

Se sitúan en tres pequeños afloramientos, al N de Castiello de Jaca.

## **Área III<sub>1</sub>VI**

### ***Limos y arcillas (Depósitos de origen lagunar) – Q<sub>l</sub>***

Existe un solo afloramiento, situado al S de la Hoja, junto al Embalse de Sotonera. Se trata de un depósito formado por materiales muy finos (limos y arcillas interestratificados) que, debido a su carácter impermeable, dan origen a una zona de encarcamiento.

## **Área III<sub>2</sub>**

### ***Margas – T<sub>105</sub>***

Se sitúan, formando franjas alargadas, en la zona de la Canal de Berdún y bordeando las Sierras de Loarre, Salinas y Santo Domingo.

Son margas de tonos azulados, bastante fosilíferas y distribuidas en bancos muy finos. Hacia el E, esta formación adquiere un carácter detritico.

Estos materiales ofrecen escasa resistencia a la erosión y se presentan muy abarrancados.

### ***Margas y areniscas calcáreas – T<sub>105-8/6</sub>***

Aparecen en la zona de Lumbier y Yesa.

En realidad, es una prolongación de la formación anterior, pero aquí, entre las margas, se incluyen bancos (de regular potencia) de unas areniscas que poseen tonalidades beiges y grisáceas y cuya matriz es carbonatada.

Estos afloramientos de areniscas son de pequeños tamaños y de forma lentejonar.

#### *Margas con intercalaciones de bancos calizos – T<sub>105-12</sub>*

Esta litología aflora, al S de la Hoja, en la zona de Loma Negra y Sierra de Luna.

Son margas arcillosas, de tonos claros, normalmente beiges o azulados, que se disponen en bancos muy finos. Alternan con unas calizas tableadas, subhorizontales, que se fracturan con facilidad y dan colores grisáceos claros; se disponen, también, en bancos de escasa potencia.

#### *Margas con intercalaciones de areniscas y calizas – T<sub>105-8-12</sub>*

Describen un arco de amplio radio en la comarca de las Bárdenas.

Predominan las margas, que dan tonos claros amarillentos o verdosos. Entre ellas se disponen bancos de regular potencia, de unas areniscas pardo-grisáceas muy fracturadas, que alternan con calizas muy similares a las descritas en el apartado anterior.

#### *Margas, arenas y areniscas – T<sub>105-3-8</sub>*

Esta litología se sitúa en los alrededores de Tudela.

Dan, en conjunto, tonalidades muy variables, parduzcas, amarillentas o rojizas. Las arenas, normalmente de grano grueso, alternan con las margas; y las areniscas, menos abundantes, se disponen en los tramos intermedios y altos de los relieves, fracturándose con facilidad y dando lugar a bloques que se desprenden.

#### *Margas con intercalaciones de calizas arenosas – T<sub>105-12/3</sub>*

Se sitúan, al O de la Hoja, en los alrededores de Miranda de Arga.

Predominan las margas, que son de tonos claros, y entre ellas, a tramos, se intercalan unas calizas tableadas de colores grisáceos.

### **Área III<sub>2'</sub>**

#### *Arenas, margas y calizas – T<sub>8-105-12</sub>*

Ocupan una estrecha franja, de dirección O-E, situada al S de la Canal de Berdún, y adquieren un espesor considerable en el sinclinal de Oroel donde la facies es deltaica.

Las areniscas, de colores parduzcos, se presentan en bancos de relativa potencia y se fracturan con facilidad; alternan con margas de tonos claros. Las calizas, que desaparecen hacia el techo, son coralinas y presentan abundante fauna.

#### *Areniscas y margas – T<sub>8-105</sub>*

Esta formación, juntamente con la anterior, constituye el tránsito de la facies marina a la continental. Sus características son, por tanto, muy similares, con la diferencia de que, aquí, desaparecen las calizas. Las areniscas son de tipo playa.

### *Conglomerados, margas y areniscas – T<sub>7-105-8</sub>*

Afloran en los alrededores de Bermés y en el sinclinal de Oroel.

Los bancos de conglomerados suelen ser bastante potentes y se presentan, aislados, entre unas margas abigarradas que alternan con areniscas.

### *Conglomerados y brechas – T<sub>7-6</sub>*

Sus afloramientos se alinean, en dirección NO-SE, desde la zona de Sos del Rey Católico hasta la de Loarre. En San Juan de la Peña aparece un afloramiento, aislado, de gran importancia.

Son conglomerados y brechas heterométricos, con cantos y fragmentos que pueden alcanzar considerables tamaños.

Poseen aspecto masivo y gran potencia (en especial los de San Juan de la Peña), dando lugar a fuertes relieves. Su forma de erosionarse en grandes obeliscos es típica.

### *Conglomerados, calizas y margas – T<sub>7-12-105</sub>*

Se sitúan en el ángulo SO de la Hoja.

Los conglomerados son de cantos heterométricos, muy resistentes a la erosión, y suelen dar resaltes. Alternan con margas y calizas tableadas.

## **Área III<sub>3</sub>**

### *Calizas con intercalaciones margosas – T<sub>12-105</sub>*

Esta litología se presenta en todas las zonas de Sierra de la Hoja.

Son calizas de tonos grisáceos, distribuidas en bancos de relativa potencia que, a tramos, alternan con niveles más finos de margas. En las sierras del N y del E se presentan replegadas, mientras que al S yacen en posición subhorizontal.

### *Calizas – T<sub>12</sub>*

Se sitúan en estrechas franjas dispuestas paralelamente al eje de los pliegues de las Sierras Oscenses.

Estas calizas se distribuyen en bancos muy potentes y poco numerosos que, por su elevada resistencia a la erosión, dan lugar a agudos resaltes. En las Sierras de Loarre y Salinas se presentan con buzamiento casi vertical.

### *Calizas y calcoesquistos – T<sub>12</sub> & C*

Se emplazan exclusivamente al N, en las Sierras de Leyre, Orba y Dos Ríos.

Las calizas que en unos tramos poseen aspecto masivo, en otros se distribuyen en bancos, los cuales progresivamente van perdiendo potencia y adquiriendo una cierta hojaldad hasta pasar a calcoesquistos.

## **Area III4**

La Area que a continuación se describe agrupa un elevado número de litologías, algunas de las cuales poseen similares características, diferenciándose solamente, en ocasiones, por el porcentaje relativo de unos materiales respecto a los otros o por la selectiva aparición zonal de un determinado tipo de roca. Por estas razones, y para mayor sencillez del trabajo, algunas litologías serán descritas en conjunto.

### ***Margas yesíferas, arenas y calizas – T<sub>105/8-8-12</sub> Margas yesíferas, calizas y areniscas – T<sub>105/8-12-8</sub> Margas yesíferas y calizas – T<sub>105/8-12</sub>***

Poseen una amplia repartición superficial por toda la Hoja.

Las margas, que son el material dominante, se presentan en bancos muy finos, poseen tonalidades claras y se alteran con facilidad. Entre ellas, y de manera discontinua, se intercalan nivelillos de yeso que adoptan sus tonalidades y, en los recubrimientos de alteración, forman unas esflorescencias blanquecinas.

Las areniscas, de colores parduzcos o grisáceos, presentan una clara disyunción en bloques o lajas que se desprenden con facilidad. Cuando están plegadas dan lugar a resalte en zonas relativamente llanas.

Las calizas se disponen en bancos poco potentes, de tonos gris-azulados y, normalmente, están fracturadas.

### ***Margas yesíferas con niveles de areniscas – T<sub>105/8-8</sub>***

Afloran al S de Tudela. Este grupo se parece mucho a los anteriormente descritos, pero hay que destacar que las margas son más arcillosas y plásticas; las areniscas se presentan en bancos aislados de reducida potencia.

### ***Yesos masivos – T<sub>14</sub>***

Aparecen en la zona de Valtierra y Caparroso, al O de la Hoja.

Potentes masas de yesos que adoptan variadas tonalidades y poseen normalmente aspecto sacaroideo. Aguantan muy bien taludes de fuertes pendientes e incluso verticales.

### ***Yessos y margas – T<sub>14-105</sub> Yesos, areniscas y margas – T<sub>14-8-105</sub>***

Se disponen ambos grupos en los bordes S y O de la Hoja respectivamente.

Los porcentajes de yesos y margas son muy parecidos, siendo más esporádica la aparición de bancos de areniscas.

### ***Margas yesíferas y arenas – T<sub>105/8-3</sub>***

Se sitúan en la comarca de las Bardenas, dando un afloramiento de forma de herradura.

Las margas se presentan en bancos finos, entre los que se incluyen nivelillos de yesos; dan tonalidades claras. Alternan con lentejones de arenas, bastante compactadas, entre las que destacan los tamaños gruesos.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS LITOLOGICAS
II	II <sub>1</sub>	Calizas masivas o dispuestas en bancos de considerable potencia. De color grisáceo, muestran tonos ocres y rojizos en corte fresco. Son resistentes a la erosión. Se intercalan niveles, poco potentes, de margas arcillosas pardo-rojizas.
	II <sub>3</sub>	Calizo-dolomías de grano fino, muy resistentes a la erosión y de tonalidades grisáceas y parduzcas. Entre ellas se intercalan niveles de arcillas abigarradas.
	II <sub>3'</sub>	Se mezclan, desordenadamente, arcillas y margas evaporíticas abigarradas, entre las que aparecen cristales y níquellos de yeso.
III	III <sub>1</sub>	Se agrupan aquí los materiales, poco o nada consolidados, conectados al cauce actual de los ríos. Se trata, principalmente, de arcillas arenosas y gravas.
	III <sub>1'</sub>	Predominan las gravas con lentejones de arcillas (depósitos de terraza). Las gravas suelen ser homométricas y pueden estar cementadas.
	III <sub>1IV</sub>	Son depósitos de tipo eluvial en los que la proporción relativa arena/arcilla, es muy variable.
	III <sub>1V</sub>	Depósitos morrénicos, formados por una desordenada acumulación de bloques, cantos, gravas y fracción limosa.
	III <sub>1VI</sub>	Depósitos de origen lagunar, formados por materiales muy finos, límos y arcillas.
	III <sub>2</sub>	Predominan las margas; materiales fácilmente erosionables se distribuyen en bancos muy finos; sus tonos son claros o azulados. Alternan con bancos de calizas, areniscas, areniscas calcáreas y calizas arenosas. A veces también se encuentran niveles de arenas gruesas.
	III <sub>2'</sub>	Se pueden distinguir dos litologías: aquélla en que predominan las areniscas y la de conglomerados. En la primera aparecen también margas y calizas; los conglomerados suelen ir acompañados de brechas, margas, areniscas y calizas.
	III <sub>3</sub>	Bancos potentes de calizas que pueden dar lugar a resaltes por su resistencia a la erosión. Alternan, en algunos tramos, con niveles finos de margas. En las sierras del N aparecen también calcoesquistos.
	III <sub>4</sub>	La característica común a todas las litologías de la Área es la presencia de yesos, bien masivos o en niveles, o simplemente diseminados en margas. Calizas, areniscas, arcillas y arenas, acompañan a los yesos y a las margas yesíferas.
	III <sub>5</sub>	Alternancia de margas de tonos claros, muy alterables, con areniscas. A veces, se intercalan niveles de arcilla.
	III <sub>6</sub>	Flysch margo-calizo.



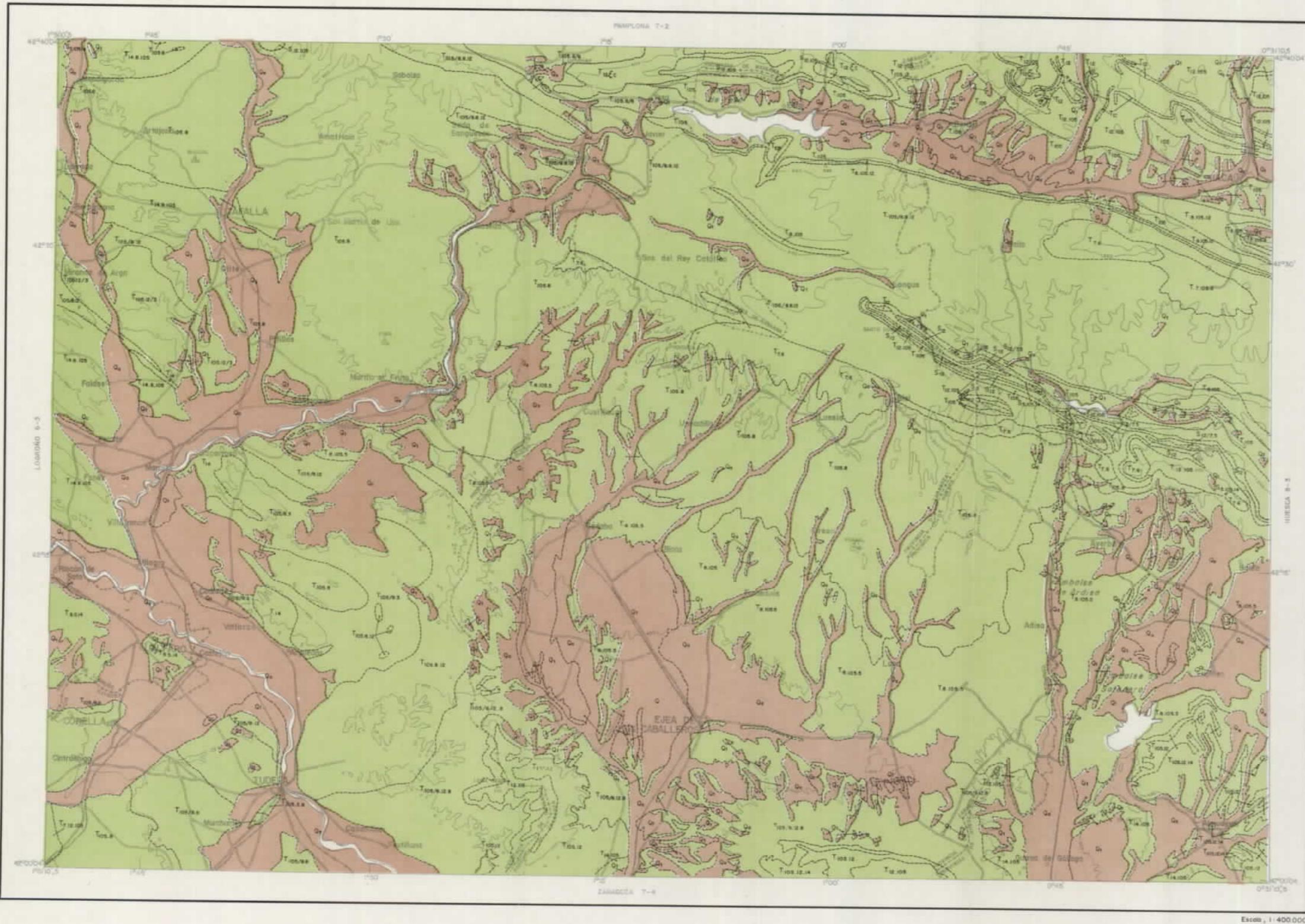
## MAPA GEOTECNICO GENERAL

## FORMACIONES SUPERFICIALES Y SUSTRATO

TUDELA

7 - 3

21



## FORMACIONES SUPERFICIALES



Arcillas arenosas y gravas (Depósitos aluviales)



Gravas con niveles de arcillas (Depósitos aluviales)



Gravas y lentejones de arcillas (Depósitos de terraza, glaciolos y conos de deyección)



Arcillas y arenas (Depósitos eluviales)



Bloques, cantos y gravas (Depósitos de origen glaciar)



Limos y arcillas (Depósitos de origen lagunar)

## SUSTRATO

S <sub>12</sub>	Calizas
S <sub>12-105</sub>	Calizas y margas
S <sub>12/7-5</sub>	Calizo-dolomías y arcillas
S <sub>5-105-14</sub>	Arcillas, margas y yesos
T <sub>105</sub>	Margas
T <sub>105-8/6</sub>	Margas y arenas calcáreas
T <sub>105-12</sub>	Margas con intercalaciones de bancos calizos.
T <sub>105-8-12</sub>	Margas con intercalaciones de arenas y calizas.
T <sub>105-3-8</sub>	Margas, arenas y arenas
T <sub>105-12/3</sub>	Margas con intercalaciones de calizas arenosas.
T <sub>8-105-12</sub>	Arenas, margas y calizas
T <sub>8-105</sub>	Arenas y margas
T <sub>7-105-8</sub>	Conglomerados, margas y arenas
T <sub>7-6</sub>	Conglomerados y brechas
T <sub>7-12-105</sub>	Conglomerados, calizas y margas
T <sub>12-105</sub>	Calizas con intercalaciones margosas
T <sub>12</sub>	Calizas
T <sub>12-5-C</sub>	Calizas y calcoesquistos
T <sub>105/8-8-12</sub>	Margas yesíferas, arenas y calizas
T <sub>105/8-12-8</sub>	Margas yesíferas, calizas y arenas
T <sub>105/8-12</sub>	Margas yesíferas y calizas
T <sub>105/8-8</sub>	Margas yesíferas con niveles de arenas.
T <sub>14</sub>	Yesos masivos
T <sub>14-105</sub>	Yesos y margas
T <sub>105/8-3</sub>	Margas yesíferas y arenas
T <sub>8-5-14</sub>	Arenas y arcillas con niveles de yesos.
T <sub>105-12-14</sub>	Margas con niveles de calizas y yesos
T <sub>105-8</sub>	Margas y arenas
T <sub>8-105-5</sub>	Arenas, margas y arcillas
T <sub>105-12</sub>	Flysch margo-calizo
T <sub>14-8-105</sub>	Yesos, arenas y margas

#### *Areniscas y arcillas, con niveles de yesos — T<sub>8-5-14</sub>*

Afloran al O de la Hoja, en la zona de Alfaro.

Predominan las arcillas, que poseen un aceptable índice de plasticidad, y alternan con bancos de areniscas, pardas y grisáceas, de regular potencia. Entre estos materiales se incluyen nivelillos de yeso.

#### *Margas con niveles de calizas y yesos — T<sub>105-12-14</sub>*

Los afloramientos de este grupo se sitúan en los alrededores de Almudévar, ángulo SE de la Hoja.

En margas de tonos claros, se presentan débiles bancos de calizas tableadas grisáceas y yesos diseminados.

### **Área III<sub>5</sub>**

#### *Margas y areniscas — T<sub>105-8</sub>*

Afloran a lo largo de una ancha franja que, en dirección NO-SE, recorre prácticamente toda la Hoja.

Las margas son de tonos claros y se alteran con facilidad, dando abundantes recubrimientos. Las areniscas yacen en bancos de regular potencia y se presentan muy fracturadas, formando lajas y bloques que se desprenden con facilidad; suelen ser de grano grueso.

Al N de una línea imaginaria que uniría Castiliscar con el Frago, los bancos de areniscas se hacen menos frecuentes, pero aumentan considerablemente de potencia, dando, al fracturarse, bloques de gran tamaño.

#### *Areniscas, margas y arcillas — T<sub>8-105-5</sub>*

Se sitúan al S de la formación anterior, en contacto con ella.

Las características de esta litología son, prácticamente, iguales a la que se acaba de describir; la diferencia estriba en que aquí, entre las margas, se intercalan niveles de arcilla.

### **Área III<sub>6</sub>**

#### *Flysch margo-calizo — T<sub>105-12</sub>*

Aparece en una estrecha franja que rodea el borde SE de la Sierra de Orba.

Calizas grisáceas, distribuidas en bancos, alternan rítmicamente con niveles finos de margas de la misma tonalidad.

## **2.5. CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS**

En este apartado se analizarán los principales rasgos morfológicos, viendo qué repercusión tienen o pueden tener sobre las condiciones constructivas de los terrenos.

Este análisis tendrá como base las características y comportamiento de las diferentes familias de rocas ante las condiciones ambientales, resaltando aquellos problemas que surjan en el terreno, bien por causas puramente naturales, bien al ser trastocado su equilibrio bajo la acción directa del hombre.

Se completará con un mapa y una ficha resumen en la que se incluirán las características geomorfológicas más interesantes de cada unidad de clasificación de segundo orden.

### **Areas II<sub>1</sub> y II<sub>3</sub>**

Presenta una morfología con formas de relieve acusadas y abruptas; las pendientes topográficas superan, casi siempre, el 15 por ciento, pudiendo alcanzar los 1.500 m de altitud.

En general, toda ella se considera estable, tanto bajo condiciones naturales como al actuar fuerzas provocadas por la actividad del hombre.

No obstante, localmente la estabilidad de estos materiales puede verse disminuida por la alteración química de las aguas (fenómenos de disolución) o por la acción del hielo (heladididad) que fractura las calizas, dando bloques que se desprenden con facilidad.

Hay que añadir que, en los bordes de los afloramientos, han actuado una serie de fenómenos geológicos endógenos (cabalgamientos y fracturas inversas), contribuyendo al cuarteo de los materiales.

### **Area II<sub>3'</sub>**

Presenta una morfología acusada y abrupta en la zona de las Sierras, con pendientes superiores al 15 y al 30 por ciento. Al NO de la Hoja, en cambio, las formas de relieve son más alomadas y suaves, con ángulos de pendiente no superiores al 7 por ciento.

Sus materiales son muy erosionables, abarrancándose con facilidad y dando lugar a deslizamientos y hundimientos bruscos por disolución de yesos. Se consideran, por tanto, inestables.

### **Area III<sub>1</sub> y III<sub>1'</sub>**

Su morfología es, exclusivamente, de formas llanas, con pendientes topográficas siempre inferiores al 7 por ciento, excepción hecha del caso de los conos de deyección, en los que la pendiente puede tener un porcentaje superior a esa cifra.

Pese a estar constituidas por materiales sueltos, fácilmente erosionables, la inexistencia de formas acusadas hace que la acción de los agentes erosivos esté poco marcada, observándose únicamente pequeños fenómenos exógenos (abarrancamientos y rupturas bruscas de pendiente) en el contacto con las Areas que las circundan.

Su grado de estabilidad natural es elevado, mayor en III<sub>1'</sub>, que en III<sub>1</sub>, y únicamente se ve afectado por las eventuales acciones de los cursos de agua que las atraviesan y que pueden crear zonas puntualmente inestables.

## **Areas III<sub>1</sub>IV y III<sub>1</sub>VI**

Ambas presentan formas de relieve completamente llanas, con pendientes inferiores al 7 por ciento.

La estabilidad natural de estas Areas es elevada, pero hay que reseñar el hecho de que, en los eluviales que poseen la red de drenaje muy encajada, se pueden originar problemas de inestabilidad puntual.

## **Area III<sub>1</sub>V**

Aunque esta Area posee una reducida representación superficial, por emplazarse en la inflexión de una ladera, presenta una morfología variada, con formas de relieve abruptas, acusadas y llanas.

La estabilidad natural de la Area es elevada.

## **Area III<sub>2</sub>**

La morfología es muy variada, pudiendo presentar formas de relieve llanas, alomadas, acusadas y abruptas.

Los problemas geomorfológicos que se presentan son numerosos, muy especialmente en las litologías compuestas exclusivamente de margas, zonas inestables en las que se observan importantes fenómenos exógenos (acción erosiva intensa, deslizamientos, abarrancamientos). Los tramos en que las margas alternan con materiales competentes son estables, pero la puntual aparición de bloques desprendidos, deslizamientos, recubrimientos de alteración etc., puede disminuir, localmente, dicha estabilidad.

En algunas zonas, consideradas estables, la actividad constructiva del hombre puede crear una serie de condicionamientos artificiales bajo los cuales la Area es inestable.

## **Area III<sub>2'</sub>**

Presenta una morfología muy variada, con formas de relieve llanas, alomadas, acusadas y abruptas, alcanzando altitudes de 1.700 m.

Su estabilidad natural es elevada, aunque localmente puede ser disminuida por la aparición de problemas puntuales. Este tipo de problemas, como abarrancamientos y acción erosiva intensa, inciden, exclusivamente, en las litologías margosas.

## **Area III<sub>3</sub>**

La morfología es variada, presentando, normalmente, formas de relieve acusadas y abruptas aunque al S las pendientes no superan el 15 por ciento. Las mayores altitudes que alcanza son del orden de 1.200 m.

En algunos puntos se observan deslizamientos activos y potenciales (favorecidos por los niveles margosos). Es también normal que los materiales presenten una disyunción en bloques, provocada por la heladidad y la acción de la cubierta vegetal (factor este que, por otra parte, estabiliza las laderas).

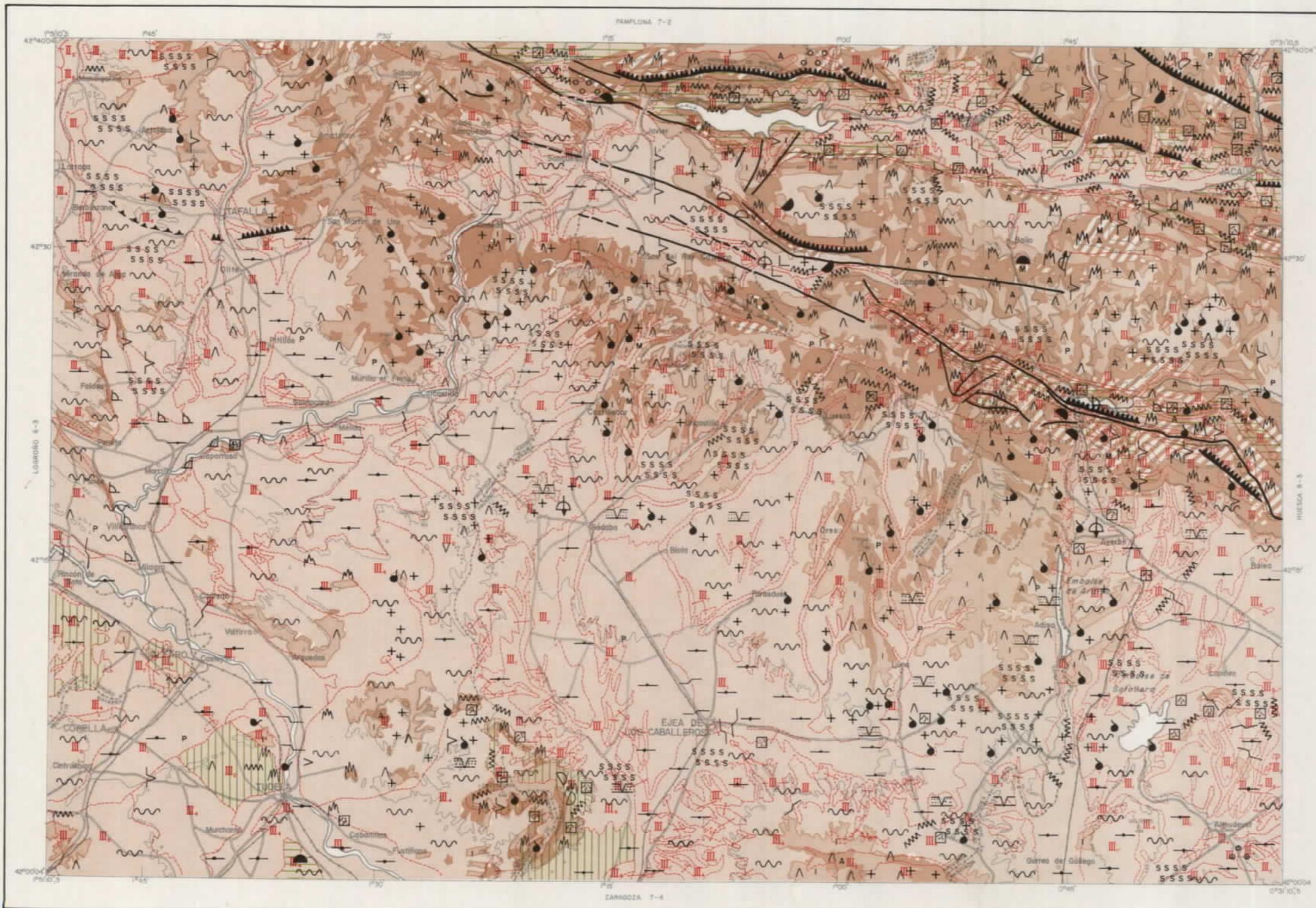
La estabilidad natural de la Area se ve seriamente afectada en las zonas de influencia de los fenómenos exógenos descritos en el párrafo anterior.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS
II	II <sub>1</sub>	Presenta una morfología con formas acusadas y abruptas. Las pendientes topográficas superan el 15 por ciento.
	II <sub>3</sub>	Se considera estable, aunque localmente la alteración química de las aguas y la acción del hielo (heladividad) pueden alterar esta condición.
	II <sub>3'</sub>	Normalmente presenta una morfología acusada y abrupta, pero en el NO, las formas de relieve son muy suaves. Es una Area inestable.
III	III <sub>1</sub>	Excepción hecha de los conos de deyección, la morfología de estas Areas es siempre llana, con pendientes inferiores al 7 por ciento.
	III <sub>1'</sub>	Su estabilidad natural es elevada y solo se ve afectada por la acción de los cursos de agua que pueden crear zonas puntualmente inestables.
	III <sub>1IV</sub>	Ambas presentan formas de relieve completamente llanas.
	III <sub>1VI</sub>	Su estabilidad natural es elevada, aunque pueden surgir problemas puntuales.
	III <sub>1V</sub>	Presenta una morfología variada, con formas de relieve abruptas, acusadas y llanas. Su estabilidad es elevada.
	III <sub>2</sub>	Presenta formas de relieve llanas, alomadas, acusadas y abruptas. Las litologías compuestas exclusivamente de margas son inestables. Los restantes grupos litológicos son estables, excepto en las zonas donde la actividad del hombre provoca condicionamientos desfavorables.
	III <sub>2'</sub>	La morfología es muy variada, con formas llanas, alomadas, acusadas y abruptas. Su estabilidad natural es elevada, pero en las litologías margosas aparecen problemas puntuales.
	III <sub>3</sub>	Presenta una morfología acusada y abrupta, excepto en el S de la Hoja, donde las pendientes no superan el 15 por ciento. Su estabilidad natural se ve afectada, localmente, por deslizamientos, heladividad y por la acción del hombre.
	III <sub>4</sub>	Sus formas de relieve van de llanas a muy acusadas, pasando por todas las morfologías intermedias. Bajo condiciones naturales, la Area es estable, pero la acción del hombre puede modificar este carácter en algunas zonas.
	III <sub>5</sub>	Predominan las formas alomadas y llanas aunque, en algunas zonas, pueden aparecer pendientes superiores al 15 por ciento. Una serie de fenómenos exógenos disminuyen localmente la condición estable de esta Area.
	III <sub>6</sub>	Presenta una morfología de formas acusadas y abruptas, con pendientes superiores al 15 por ciento. La Area posee una acusada inestabilidad.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

## CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS



## 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.

ih 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

## SIMBOLOGIA

## FENOMENOS GEOLOGICOS ENDOGENOS

- Falla o zona de falla
- Falla supuesta
- ===== Cabalgamiento
- ▲▲▲▲ Cabalgamiento supuesto
- ~~~~ Formas de relieve llanas
- ~~~ Formas de relieve alomadas
- ~ Formas de relieve acusadas
- ~ Formas de relieve muy acusadas
- Cabalgamiento
- vvv Abarrancamiento

## FENOMENOS GEOLOGICOS EXOGENOS

- Deslizamiento en potencia
- Deslizamiento activo
- ▲ Deslizamiento en potencia a favor de la superficie de estratificación
- Area de erosión intensa
- Taludes rocosos verticales
- ⊕ Disyunción en bloques y lajas
- ∅ Desmoronamiento
- Taludes de materiales sueltos

- Resalte de capas duras
- Ruptura brusca de pendiente
- Red de drenaje encajada en recubrimientos
- Area carstificada
- Recubrimientos por alteración
- Area de cuevas vivienda

## DIVISION ZONAL

- Límite de separación de Regiones
- Límite de separación de Areas
- I<sub>z</sub> Designación de una Area

Los condicionamientos artificiales creados por la actividad constructiva del hombre determinan las inestabilidad de la Área en puntos muy concretos.

### **Área III<sub>4</sub>**

Sus formas de relieve van de llanuras a muy acusadas, pasando por todos los tipos de morfologías intermedias. No existe, por tanto, una característica morfológica concreta.

Bajo condiciones naturales, la Área es estable, pero la acción del hombre, en algunas zonas, puede modificar este carácter, volviéndola inestable.

Por otra parte, existen gran cantidad de recubrimientos de alteración, abarrancamientos, deslizamientos, etc., factores que pueden originar serios problemas geomorfológicos de tipo local.

### **Área III<sub>5</sub>**

Presenta una morfología en la que predominan las formas alomadas y llanuras, aunque en algunas zonas pueden aparecer pendientes topográficas superiores al 15 por ciento.

En el dominio de esta Área, cuya estabilidad natural es elevada, se observan una serie de fenómenos exógenos, como deslizamientos, desmoronamientos, bloques desprendidos, abarrancamientos, etc., que localmente empobrecen su favorable condición.

### **Área III<sub>6</sub>**

Su morfología se caracteriza por presentar formas de relieve acusadas y abruptas, con pendientes siempre superiores al 15 por ciento.

La composición litológica y las fuertes pendientes se conjugan para dar a la Área una acusada inestabilidad, ya que, potencialmente, podrían realizarse un sinnúmero de deslizamientos.

## **2.6. CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS**

En este apartado se analizarán las características que afectan, de manera más o menos directa, a las condiciones constructivas de los diferentes terrenos.

El análisis se basará en la distinta permeabilidad de los materiales y en sus condiciones de drenaje, concluyendo con el estudio de los problemas que, de la conjunción de ambos aspectos, pueden aparecer.

Se completará con un mapa y una ficha, en la que se harán constar las características hidrológicas más interesantes de cada unidad de clasificación de segundo orden.

### **Área II<sub>1</sub> y II<sub>3</sub>**

En ambas, sus materiales se consideran impermeables, con una cierta permeabilidad ligada a su mayor o menor grado de tectonización.

La morfología es acusada o abrupta y, por tanto, las condiciones de drenaje, por escorrentía superficial muy activa y percolación a través de fracturas, son muy favorables.

Debido a estas características, no se presentan problemas hidrológicos importantes; únicamente los relacionados con un incipiente carst en la zona de la Sierra de Orba.

La aparición en profundidad de acuíferos, definidos y continuos, está ligada exclusivamente a las zonas de fracturación.

### **Área II<sub>3</sub>**

Sus materiales se consideran como impermeables, con un drenaje que oscila de aceptable a favorable, dependiendo de la morfología, alomada en el ángulo NO y abrupta en las Sierras de Loarre y Santo Domingo.

Es normal la aparición de afloramientos yesíferos, de fácil disolución por el agua, a la que cargan de iones sulfato, haciéndola altamente corrosiva frente a los aglomeramientos hidráulicos ordinarios; por tanto hay que considerar que las condiciones hidrológicas de esta subdivisión zonal son netamente desfavorables.

La posibilidad de aparición de niveles acuíferos es nula.

### **Área III<sub>1</sub>**

Los materiales que componen la Área III<sub>1</sub> han sido considerados, en conjunto, como semipermeables. Se trata de materiales granulares, con una gran heterogeneidad de tamaños, entre los que abundan los finos.

Las formas de relieve a que dan origen este tipo de depósitos son prácticamente llanas y las condiciones de drenaje (que se realiza por percolación natural) son deficientes. Abundan las zonas propensas a encaramientos, que acarrean una serie de problemas hidrológicos de importancia.

No es extraña la aparición de niveles acuíferos, bien en forma de bolsadas discontinuas, bien con una amplia continuidad. A veces el agua se presenta a escasa profundidad.

En los depósitos de los ríos que afluyen al Aragón por el N, el drenaje se realiza por percolación superficial y es aceptable.

Al E de la Hoja se desarrolla un aluvial de gravas, materiales permeables en los que las condiciones de drenaje son muy favorables por percolación. Es normal la existencia de algún acuífero en esta zona.

### **Área III<sub>1</sub>**

Hay que establecer una clara diferencia entre las litologías formadas exclusivamente por gravas y aquellas que, además, poseen un representativo porcentaje de fracción fina arcillosa.

Las formaciones de gravas son permeables y las condiciones de drenaje son aceptables y favorables por percolación o percolación superficial (dependiendo de la potencia del depósito). Cuando una acumulación de materiales de aporte lateral (tipo glacis) es asimilada a una terraza, la escorrentía se suma a la percolación para favorecer el drenaje.

Las litologías que presentan gravas y arcillas se consideran semipermeables. Las condiciones de drenaje son variables, dependiendo, en gran parte, de la proporción en fracción arcillosa. Por regla general, son favorables y aceptables por percolación en los primeros metros; en pocos casos el drenaje es deficiente. En ocasiones la escorrentía influye también en el drenaje.

No es rara la aparición en profundidad de niveles acuíferos definidos o de bolsadas aisladas de agua.

### **Área III<sub>1</sub>IV**

Está formada por materiales semipermeables emplazados en zonas de relieve llanos. El drenaje es deficiente y se realiza, exclusivamente, por percolación natural. Las características hidrológicas de esta Área son muy similares a las de la III<sub>1</sub>.

### **Área III<sub>1</sub>V**

Se incluyen en la Área III<sub>1</sub>V, los depósitos cuaternarios de origen glaciar. Están formados por materiales con una gran heterogeneidad de tamaños, entre los que abundan los cantos y bloques. Son permeables, y el drenaje, que es favorable, se realiza por escorrentía y percolación.

### **Área III<sub>1</sub>VI**

Es una Área muy reducida que presenta muy importantes problemas hidrológicos. Está formada por materiales muy finos que, en conjunto, son impermeables. Las condiciones de drenaje son nulas, debido a la impermeabilidad de los materiales y a la morfología llana del terreno. El encharcamiento de esta zona es casi continuo a lo largo del año, excepción hecha de los meses más cálidos, en los que la evaporación es intensa.

### **Área III<sub>2</sub>**

La diversidad de materiales que se incluyen en esta Área se ha considerado, en conjunto, como impermeable. Las formas de relieve a que dan origen son llanas, alomadas y acusadas y, por tanto, las condiciones de drenaje pueden ser desfavorables, aceptables o favorables, en función de las pendientes naturales. En las zonas más llanas la percolación juega también su papel en el drenaje.

Como se ve en esta Área pueden surgir una serie de problemas hidrológicos, especialmente los relacionados con zonas de encharcamiento y vaguadas con recubrimientos impermeables o semipermeables.

La posibilidad de aparición de acuíferos en profundidades es nula.

### **Área III<sub>2</sub>'**

Dentro de las litologías que se incluyen en esta Área, es preciso hacer un apartado con aquéllas en las que predominan los conglomerados. Estos se han considerado como materiales semipermeables y dan origen a relieves con fuertes pendientes; es por ello que el drenaje es siempre favorable y se realiza por percolación y escorrentía muy activa. Es factible la existencia de acuíferos por porosidad intergranular.

El resto de los materiales englobados en la Área III<sub>2</sub>', es impermeable y las condiciones de drenaje son favorables o aceptables en función de que la morfología sea acusada o alomada.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS
II	II <sub>1</sub>	En ambas sus materiales se consideran impermeables, con una cierta permeabilidad ligada a su mayor o menor grado de tectonización. Esto, unido a la morfología acusada, condiciona un drenaje muy favorable. La aparición de agua en profundidad está ligada a zonas de fracturación.
	II <sub>3</sub>	Sus materiales se consideran impermeables, con un drenaje aceptable o favorable, dependiendo de la morfología. Es normal que las aguas que discurren por esta Area se carguen de iones sulfato, con lo que su poder corrosivo, frente a los aglomerantes hidráulicos ordinarios, será muy elevado. La posibilidad de que existan acuíferos en profundidad es nula.
III	III <sub>1</sub>	Formada por materiales semipermeables. Las condiciones de drenaje son deficientes, abundando las zonas propensas a encharcamientos. En los depósitos de gravas el drenaje es favorable. Es normal la existencia de acuíferos y la aparición de agua a escasa profundidad.
	III <sub>1'</sub>	Se han separado las litologías formadas exclusivamente por gravas de aquéllas que, además, presentan un porcentaje de fracción fina arcillosa. Las primeras son permeables y las condiciones de drenaje son aceptables y favorables. Las litologías que poseen también arcillas, se consideran semipermeables y el drenaje puede ser favorable, aceptable o deficiente. No es rara la aparición, en profundidad, de acuíferos definidos o de bolsadas aisladas de agua.
	III <sub>1IV</sub>	Materiales semipermeables emplazados en zonas de relieve llano. El drenaje, que se realiza exclusivamente por percolación natural, es deficiente.
	III <sub>1V</sub>	Formada por materiales permeables, las condiciones de drenaje son favorables.
	III <sub>1VI</sub>	Sus materiales son impermeables, y las condiciones de drenaje nulas, por lo que, los problemas hidrológicos que presenta esta reducida zona son muy importantes. Prácticamente se mantiene encharcada durante todo el año.
	III <sub>2</sub>	Materiales impermeables, con drenaje deficiente, aceptable o favorable en función de la morfología. Algunas zonas de encharcamiento.
	III <sub>2'</sub>	Las litologías de conglomerados (semipermeables) presentan un drenaje favorable. Es factible la existencia de acuíferos. El resto de sus materiales son impermeables, y las condiciones de drenaje favorables o aceptables en función de la morfología.
	III <sub>3</sub> III <sub>6</sub>	Formadas por materiales impermeables, con un cierto grado de permeabilidad ligada a la tectonización. Drenaje favorable. La existencia de acuíferos está ligada a las zonas de fracturación.
	III <sub>4</sub>	Materiales yesíferos impermeables con drenaje que varía de deficiente a favorable en función de la morfología. Problemas hidrológicos importantes a causa de las aguas selenítosas y las zonas de encharcamiento.
	III <sub>5</sub>	Los materiales de esta Area son impermeables y las condiciones de drenaje son deficientes, aceptables o favorables según las distintas formas de relieve.



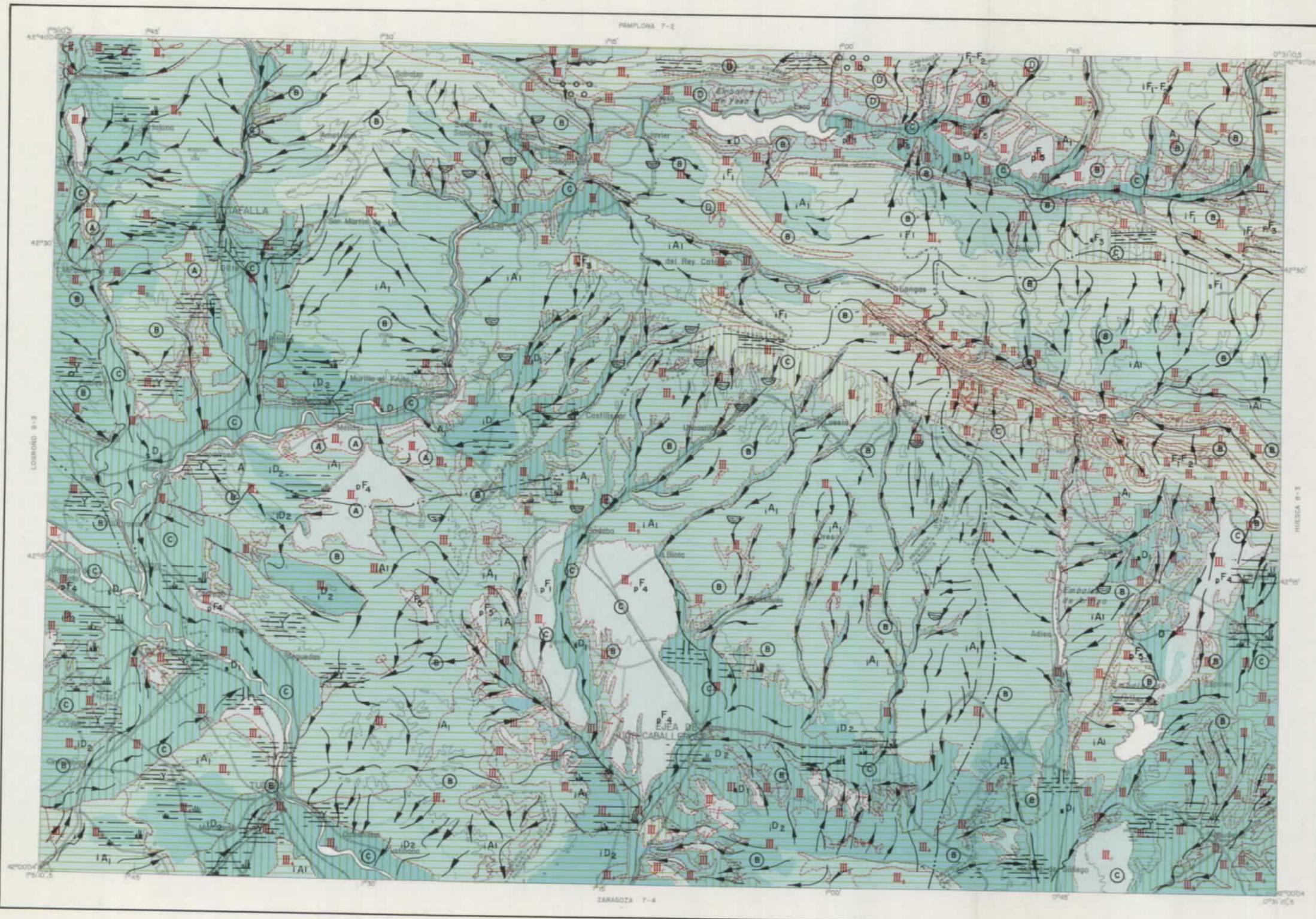
## MAPA GEOTECNICO GENERAL

TUDELA

7-3

22

## CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS



## CONDICIONES DE DRENAGE

- N** Zonas con Drenaje Nulo
- D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>** Zonas con Drenaje Deficiente
- D<sub>1</sub> Drenaje por percolación natural
  - D<sub>2</sub> Drenaje por percolación y escorrentía poco activa.
- A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>** Zonas con Drenaje Aceptable
- A<sub>1</sub> Drenaje por escorrentía activa
  - A<sub>2</sub> Drenaje por percolación y escorrentía.
  - A<sub>3</sub> Drenaje por percolación a través de fracturas.
  - A<sub>4</sub> Drenaje por percolación superficial.
- F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub>** Zonas con Drenaje Favorable
- F<sub>1</sub> Drenaje por escorrentía muy activa.
  - F<sub>2</sub> Drenaje por percolación a través de fracturas.
  - F<sub>3</sub> Drenaje por escorrentía y percolación natural.
  - F<sub>4</sub> Drenaje por percolación
  - F<sub>5</sub> Drenaje por percolación en los primeros metros.
- Límite de separación de Zonas

## PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES

- P** Materiales permeables
- S** Materiales semipermeables
- I** Materiales impermeables
- Límite de separación de Materiales

## HIDROLOGIA SUPERFICIAL

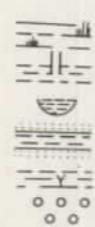
— Límite de subcuenca hidrográfica

← Red de drenaje

## SIMBOLOGIA

## HIDROLOGIA SUBTERRANEA

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



## FACTORES HIDROLOGICOS VARIOS

- Zonas propensas a encharcamientos
- Agua a escasa profundidad
- Vaguadas con recubrimientos impermeables o semipermeables y con drenaje deficiente
- Aguas colgadas
- Existencia de aguas selenítosas
- Área cárstica

## DIVISION ZONAL

- Límite de separación de Zonas
- Límite de separación de Áreas
- I Designación de una Área

No existe posibilidad de que aparezcan acuíferos en profundidad.

### **Área III<sub>3</sub> y III<sub>6</sub>**

Estos materiales se consideran impermeables, aunque se admite que poseen un cierto grado de permeabilidad relacionada con su mayor o menor grado de tectonización.

Las condiciones de drenaje son favorables por escorrentía muy activa y percolación a través de fracturas. En las "mesas" calizas, el drenaje se realiza exclusivamente por percolación a través de fracturas.

Los únicos problemas hidrológicos que pueden aparecer son los relacionados con las áreas cársticas.

Ligados a zonas de fracturación intensa, pueden aparecer, en profundidad, acuíferos definidos y continuos.

### **Área III<sub>4</sub>**

Posee una amplia representación superficial y está caracterizada por la presencia constante de formaciones yesíferas. El drenaje, condicionado por la impermeabilidad de los materiales y la morfología, puede ser deficiente, aceptable o favorable, dependiendo de que las formas de relieve sean llanas, alomadas o acusadas.

Los problemas hidrológicos que se presentan son de importancia, y se deben a la presencia de zonas de encarcamiento, de vaguadas con recubrimientos impermeables y, muy especialmente, a las aguas selenítosas, que poseen una acción altamente corrosiva frente a los aglomerantes hidráulicos ordinarios.

No es probable que existan niveles acuíferos en profundidad.

### **Área III<sub>5</sub>**

Está formada por materiales impermeables que se asientan sobre formas de relieve llanas, alomadas y acusadas. Las condiciones de drenaje (que se realiza por escorrentía) serán deficientes, aceptables o favorables, en función de las correspondientes morfologías.

Un cierto grado de percolación natural coopera en el drenaje de las zonas llanas. Los problemas hidrológicos más importantes que se presentan son los provocados por vaguadas con recubrimientos impermeables o semipermeables y también los que se relacionan con zonas de encarcamiento.

No existen niveles acuíferos en profundidad.

## **2.7. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS**

En este apartado se analizarán las principales características geotécnicas de la Hoja, entendiendo, bajo esta acepción, todas aquéllas que estén implicadas con la mecánica del suelo y su posterior comportamiento al verse solicitado por la actividad técnica del hombre.

Este análisis se centrará, de modo especial, en los aspectos de capacidad de carga y posibles asentamientos, indicando así mismo todos aquellos factores que, de forma directa o indirecta, influyen sobre su óptima utilización como base de sustentación de edificaciones urbanas o industriales. Se completará con un mapa y una ficha resumen en la que se

incluirán las características geotécnicas propiamente dichas de cada unidad de clasificación de segundo orden.

Al finalizar este punto, se expondrán, de forma global, las características sismorresistentes de la Hoja, indicando qué tipo de fenómenos pueden ocurrir y qué zonas tienen más propensión a su desarrollo.

### **Areas II<sub>1</sub> y II<sub>3</sub>**

En general, los terrenos que las integran admiten capacidades de carga alta, sin que se produzcan asentamientos de ningún tipo.

Los problemas mecánicos que pueden surgir están relacionados con el desarrollo de áreas cársticas y con el grado de tectonización, factores que influyen desfavorablemente sobre la competencia mecánica de los materiales y que pueden provocar la aparición de asentamientos bruscos o hundimientos.

### **Area II<sub>3</sub>**

Sus terrenos admiten capacidades de cargas medias o bajas, produciendo dichas cargas asentamientos de tipo medio.

Las características mecánicas de la Area son desfavorables, y los problemas que surgen están relacionados con la litología, especialmente con la presencia de yesos, en los que pueden producirse asentamientos bruscos por disolución.

### **Area III<sub>1</sub>**

Tanto su capacidad de carga como la magnitud de los posibles asentamientos son de tipo medio. Hay que hacer una excepción con los aluviales de gravas, en los que no se producen asentamientos y poseen una elevada capacidad de carga.

Los problemas geotécnicos estarán siempre relacionados con la presencia de agua a escasa profundidad y con los rápidos cambios litológicos, que dan lugar a la aparición de asentamientos diferenciales.

### **Area III<sub>1</sub>**

Las capacidades de carga pueden ser altas o medias, y los asentamientos que a consecuencia de éllas se originen inexistentes o de magnitud media.

Los problemas mecánicos que pueden surgir se relacionan, principalmente, con la existencia de niveles de arcilla, que condicionan la aparición de asientos y provocan una disminución en la capacidad de carga. Las características mecánicas de la Area se pueden ver también influenciadas, de manera desfavorable, por la aparición de un alto nivel acuífero, que mantiene en un estado de saturación a casi todas las fracciones litológicas existentes.

### **Area III<sub>1IV</sub> y III<sub>1V</sub>**

En general, sus terrenos admiten capacidades de carga de magnitud media, que pueden producir asentamientos del mismo orden.

### **Área III<sub>1</sub>VI**

Las características mecánicas son muy desfavorables, debido a la baja capacidad de carga y a la aparición de asentamientos de elevada magnitud.

### **Área III<sub>2</sub>**

Sus terrenos admiten capacidades de carga de magnitud media, que producen asentamientos del mismo orden.

Los problemas mecánicos están relacionados, en parte, con la rápida alternancia de materiales de dinta competencia y, por otro lado, con los recubrimientos (de naturaleza aren-arcillosa) que desvirtúan las características de la roca.

### **Área III<sub>2</sub>'**

Las capacidades de carga de sus terrenos oscilan de altas a medias, dándose las primeras en las litologías que incluyen conglomerados. Los asentamientos, cuando existen, son de magnitud media.

Los problemas mecánicos surgen en las litologías donde predominan las margas y están especialmente relacionados con los recubrimientos de alteración que éstas originan, y también, con la interestratificación de materiales de características mecánicas diferentes.

### **Área III<sub>3</sub>**

Sus terrenos admiten capacidades de carga elevadas, sin que se produzcan asentamientos de ningún tipo.

Los problemas mecánicos, cuando aparezcan, estarán ligados al grado de tectonización y esquistosidad existente en ciertas zonas, el cual influye muy desfavorablemente sobre la competencia mecánica de las rocas.

### **Área III<sub>4</sub>**

En general, sus terrenos admiten capacidades de carga de magnitud media, que producen asentamientos del mismo orden.

El hecho de aparecer, en esta Área, afloramientos de yesos masivos, origina problemas de tipo mecánico, pues, debido a su fácil disolución por el agua, pueden formarse en profundidad, oquedades que, al ser sometidas a cargas externas, ceden de manera brusca.

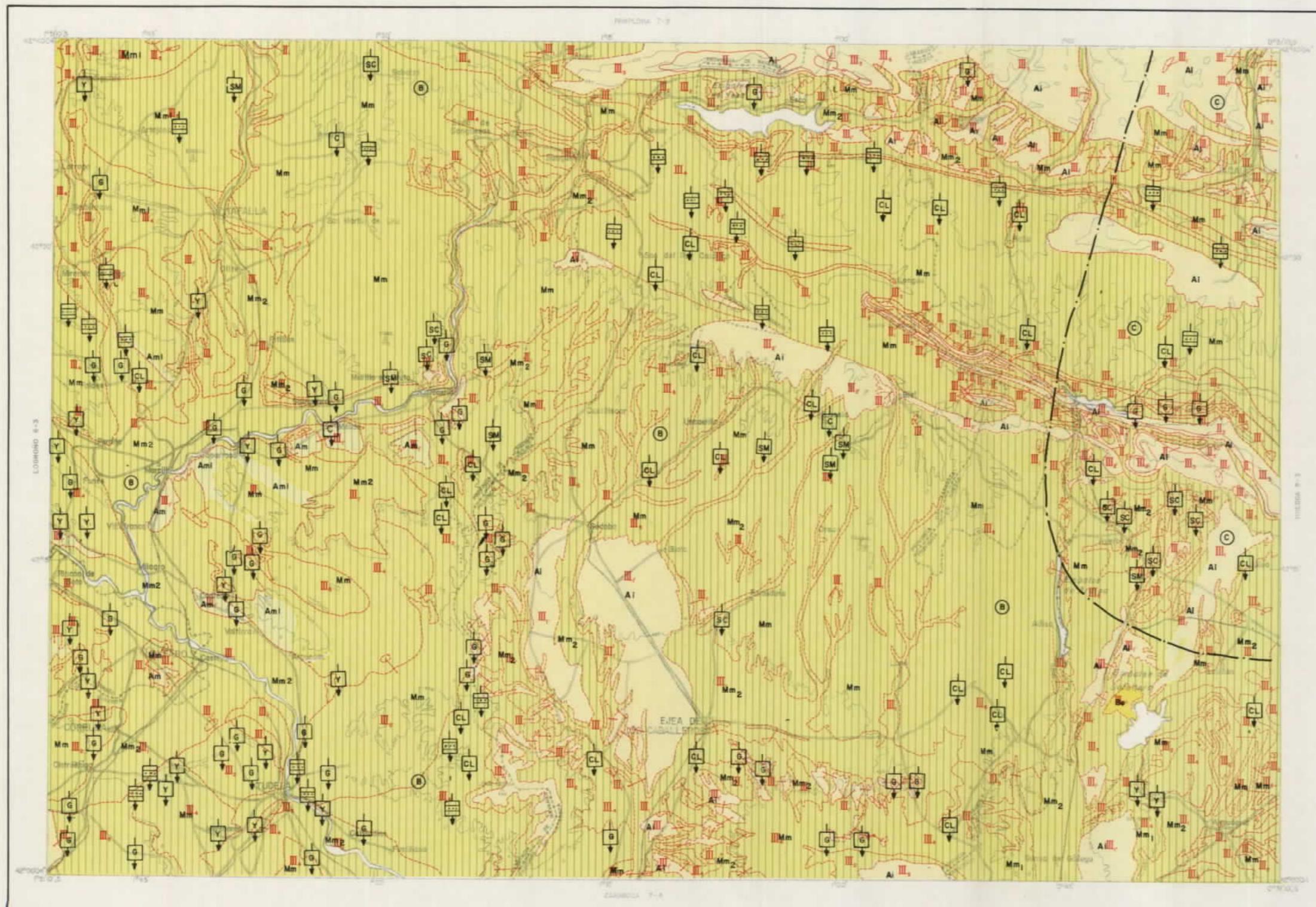
### **Área III<sub>5</sub>**

Sus terrenos admiten capacidades de carga de magnitud media, que producen asentamientos del mismo orden.

Los problemas mecánicos están relacionados con los recubrimientos, que desvirtúan el carácter de las rocas, y con la alternancia, en un pequeño espacio, de materiales que poseen competencias diversas.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
II	II <sub>1</sub>	Sus terrenos admiten capacidades de carga alta, sin que se produzcan asentamientos. Los problemas mecánicos se relacionan con las Areas cársticas y con la tectonización.
	II <sub>3</sub>	Sus terrenos admiten capacidades de carga medias o bajas, produciendo asentamientos de tipo medio. Los problemas se relacionan con la litología, especialmente con los yesos.
III	III <sub>1</sub>	Tanto su capacidad de carga, como la magnitud de los posibles asentamientos, es de tipo medio. Hay que hacer una excepción con los aluviales de gravas, en los que no se producen asientos y poseen una elevada capacidad de carga.
	III <sub>1'</sub>	Admiten capacidades de carga altas o medias. Los asientos son inexistentes o de magnitud media. Los problemas mecánicos se relacionan, especialmente, con la existencia de niveles de arcillas.
	III <sub>1IV</sub> III <sub>1V</sub>	Sus terrenos admiten capacidades de carga de magnitud media que producen asentamientos del mismo orden.
	III <sub>1VI</sub>	La capacidad de carga es baja y aparecen asentamientos de elevada magnitud.
	III <sub>2</sub>	La capacidad de carga que admiten sus terrenos y los asentamientos que se producen son de tipo medio. Los problemas que surgen se relacionan con los recubrimientos y la litología.
	III <sub>2'</sub>	Las capacidades de carga de sus terrenos oscilan de altas a medias, dándose las primeras en las litologías con conglomerados. Los asentamientos, cuando existen, son de magnitud media.
	III <sub>3</sub>	Sus terrenos admiten capacidades de carga elevadas, sin que se produzcan asentamientos de ningún tipo. Los problemas aparecen ligados al grado de tectonización y esquistosidad de ciertas zonas.
	III <sub>4</sub>	Tanto las capacidades de carga como los asentamientos que éstas producen son de tipo medio. Los problemas se deben, principalmente, a los yesos, que pueden producir asientos bruscos por disolución.
	III <sub>5</sub>	Sus terrenos admiten capacidades de carga de magnitud media, que producen asentamientos del mismo orden. Los problemas mecánicos se derivan de los recubrimientos y de la variedad litológica.
	III <sub>6</sub>	Su capacidad de carga y los previsibles asentamientos que se produzcan, son de tipo medio. Los problemas mecánicos que surjan estarán en relación con la alternancia litológica.

## CARACTERISTICAS GEOTECNICAS



## CAPACIDAD DE CARGA

- A Zonas con capacidad de carga Alta
- M Zonas con capacidad de carga Media
- B Zonas con capacidad de carga Baja
- MB Zonas con capacidad de carga Muy Baja

Límite de separación de Zonas

## ASIENTOS PREVISIBLES

- i Zonas con inexistencia de asientos
- m Zonas con asientos de magnitud media
- mi Zonas con asientos bruscos
- mz Zonas con asientos diferenciales
- e Zonas con asientos de magnitud elevada

Límite de separación de Zonas

## SIMBOLOGIA

## GRADO DE SISMICIDAD

- A Bajo  $G \leq VI$
  - B Medio  $VI < G \leq VIII$
  - C Alto  $G > VIII$
- Escala internacional macrosísmica (MSK)
- - Límite de separación de Zonas

## FACTORES GEOTECNICOS VARIOS

- I Niveles de arenas competentes
- II Niveles de calizas
- III Niveles de calizas arenosas
- IV Niveles de conglomerados

- Y Presencia de yesos
- G Recubrimiento de gravas
- SC Recubrimientos arena-arcillosos
- SM Recubrimientos arena-limosos
- CL Recubrimientos de arcillas

## DIVISION ZONAL

- Límite de separación de Regiones
- Límite de separación de Areas
- I<sub>2</sub> Designación de una Area

## **Área III<sub>6</sub>**

Las características mecánicas de sus terrenos son de tipo medio, tanto en lo que se refiere a capacidades de carga, como a los posibles asentamientos que éstas produzcan.

La rápida alternancia de margas y calizas, materiales de distintas características mecánicas, puede dar origen a la aparición de problemas geotécnicos.

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, la Hoja se encuentra dentro de las Zonas "B" y "C", poseyendo una intensidad macrosísmica, según la escala (M.S.K.), VI< G< VIII (media) y G>VIII (acusada); por consiguiente puede esperarse la aparición, dentro de la Área de este estudio, de una serie de fenómenos sísmicos perjudiciales para la construcción.

Para la descripción de estos fenómenos y mejor entendimiento de la intensidad que poseen los de grado VI, VII y VIII, es preciso realizar una previa clasificación de los tipos de construcción y de los daños que pueden producirse.

### **TIPOS DE CONSTRUCCIÓN CUYO PROYECTO NO SIGUE NORMAS SISMORRESISTENTES**

#### **A. Construcciones rurales**

- I) Bloques de piedra en seco, sin trabar; piedras y barro con argamasa, adobes.
- II) Canto rodado y barro, formando hormigones; tapial ordinario; piedra aparejada con trabazón a hueso; ladrillo de tejar cogido con argamasa pobre.

#### **B. Construcciones ordinarias**

- I) Tapia real; hormigón en masa, fábrica de ladrillo, mampostería o bloques prefabricados; sillarejos y sillería.
- II) Estructuras de pilares de hormigón o hierro y forjados cerámicos.

#### **C. Construcciones reforzadas**

- I) Fábricas reforzadas con elementos elásticos, de acero o de hormigón armado.
- II) Estructuras de hormigón armado y metálicas de nudos soldados o roblonados, sin consideración especial de simetría.

### **CLASIFICACION DE LOS DAÑOS**

**CLASE 1.- Daños ligeros.**- Fisuras en los revestimientos; caída de pequeños trozos de revoco.

**CLASE 2.- Daños moderados.**- Grietas pequeñas en los muros, caída de grandes trozos de revoco, derrumbamiento de pretilés, grietas en las chimeneas e incluso derrumbamientos parciales en las mismas.

**CLASE 3.- Daños graves.**- Grandes y profundas grietas en los muros, caída de chimeneas de fábrica o de otros elementos que no provocan ruina grave.

**CLASE 4.- Destrucción acentuada.-** Brechas en los muros de carga, derrumbamiento parcial de los edificios, pérdida de cohesión entre distintas partes o secciones de las construcciones, desmoronamiento de paredes interiores y muros, constituyendo ruina grave.

## INTENSIDAD

### Grado VI

- a) Se producen daños de la clase 2 en algunas construcciones de tipo A.  
Se producen daños de la clase 1 en algunas construcciones de tipo B y en bastantes de tipo A.
- b) En algunos casos pueden abrirse grietas en suelos húmedos de hasta un centímetro de ancho. Corrimientos ocasionales en las montañas. Se observan cambios en el caudal de los manantiales y en el nivel de agua en los pozos.

### Grado VII

- a) Muchas construcciones de tipo A sufren daños de la clase 3 y algunas hasta de la clase 4.  
Muchas construcciones de tipo B sufren daños de la clase 2. Algunas construcciones de tipo C muestran daños de la clase 1.
- b) En casos singulares, hay deslizamientos en carreteras de pendientes acusadas, se producen daños en las uniones de los oleoductos y aparecen grietas en paredes de piedra.  
Se aprecia oleaje en las lagunas y el agua se enturbia por remoción del fango.  
Cambia el nivel de los pozos y el caudal de los manantiales. En algunos casos, vuelven a manar.  
Se pueden producir fisuras en el terreno y derrames en bancos de arena o gravilla.

### Grado VIII

- a) Muchas construcciones de tipo A sufren daños de la clase 4, y la mayoría de la clase 3.  
Muchas construcciones de tipo B sufren daños de la clase 3 y algunas de la clase 2.  
Bastantes construcciones de tipo C sufren daños de la clase 2.  
En ocasiones, se produce la rotura de algunas juntas de un oleoducto o de una conducción de otro tipo. Las estatuas y monumentos se mueven y giran. Se derrumban paredes de piedra.
- b) Pequeños corrimientos en carreteras, en trincheras o en terraplén, con pendientes pronunciadas. Grietas en el suelo, de varios centímetros de ancho. Se enturbia el agua de los lagos. Aparecen nuevos manantiales. Vuelven a tener agua pozos secos y se secan pozos existentes. En muchos casos cambian el caudal y el nivel del agua.

### **3. INTERPRETACION GEOTECNICA DE LOS TERRENOS**

La serie de características, analizadas a lo largo de los apartados que componen el punto 2, sirven de base para poder pasar a dar las condiciones constructivas de la Hoja.

Estas condiciones se presentan de forma cualitativa, indicando los tipos de problemas que pueden aparecer con más frecuencia y los aspectos que han sido determinantes de su evaluación.

Las condiciones constructivas de los terrenos existentes se engloban dentro de las acepciones: "Muy Desfavorables, Desfavorables, Aceptables y Favorables".

#### **3.1. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS MUY DESFAVORABLES**

Se incluyen bajo esta denominación aquellos terrenos en los cuales los problemas dominantes son: de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.), de tipo hidrológico y geotécnico (p.d.), de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.), de tipo hidrológico y geotécnico (p.d.), de tipo litológico y geomorfológico, de tipo geomorfológico y de tipo geotécnico (p.d.).

##### ***Problemas de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.)***

Los terrenos que presentan este tipo de problemas se sitúan al N de la Sierra de Orba, al E en el Sierra de Loarre, Salinas, Santo Domingo y Oroel y al S en Loma Negra y Sierra Luna.

La litología que presentan los terrenos situados al N es una alternancia rítmica de bancos calizos, poco potentes, con niveles de margas. La naturaleza de estos materiales y su disposición en el terreno son precisamente las condicionantes de la aparición de unas características geomorfológicas y geotécnicas muy desfavorables.

La inestabilidad del terreno es acusada debido a la existencia de deslizamientos potenciales de importancia relacionados con los niveles margosos y favorecidos por las fuertes pendientes.

Las características mecánicas de estos materiales varían rápidamente, en un corto espacio, originando una serie de problemas relacionados con las capacidades de carga y las magnitudes de los asentos previsibles.

Al E, en el eje de las sierras de Loarre, Salinas y Santo Domingo, existen unos afloramientos que, debido a su litología (arcillas, margas, areniscas y yesos), a sus características geomorfológicas (inestabilidad fuertes pendientes, deslizamientos y abarrancamientos) y a su comportamiento mecánico (asentos bruscos por disolución de yesos y presencia de aguas selenitasas), han sido evaluados como de condiciones constructivas muy desfavorables.

Terrenos con las mismas características constructivas afloran en la Loma Negra y Sierra Luna. Su litología se compone de margas, entre las que se intercalan, con relativa frecuencia, bancos de calizas tableadas. Este continuo relevo de materiales, que poseen distinta competencia mecánica, puede originar problemas de tipo geotécnico. Las características geomorfológicas también son desfavorables, considerándose estos terrenos como inestables bajo la acción del hombre; las pendientes suelen ser acusadas, se observan deslizamientos y una disyunción de las calizas en bloques que se desprenden con facilidad, debido, principalmente, al abarrancamiento y al intenso proceso erosivo que sufren las margas subyacentes.

#### ***Problemas de tipo litológico, hidrológico y geotécnico (p.d.)***

Se incluyen en este punto el conjunto de terrenos que forman un reducido afloramiento situado en el ángulo NO de la Hoja.

Poseen unas condiciones constructivas muy desfavorables debido, en parte, a su litología, compuesta por arcillas, margas y yesos, materiales de escasa competencia. El relieve, en esta zona, es alomado o llano, y el terreno es impermeable, lo que puede provocar la aparición de encarramientos locales.

Por otra parte, las aguas que discurren por la Área disuelven los yesos y se cargan de iones  $\text{SO}_4^{2-}$ , adquiriendo un elevado poder corrosivo frente a los aglomerantes hidráulicos ordinarios.

#### ***Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)***

En este apartado se incluyen los terrenos que, aflorando en bandas poco potentes y muy alargadas, bordean los relieves de las Sierras Oscenses de Loarre, Salinas y Santo Domingo.

Son terrenos inestables, con formas de relieve acusadas, fuertes pendientes naturales y que sufren intensos procesos erosivos; se observan con frecuencia deslizamientos y abarrancamientos. Como puede comprenderse, la conjunción de estas desfavorables condiciones geomorfológicas con unas características mecánicas de tipo medio, originará serios problemas desde el punto de vista constructivo.

#### ***Problemas de tipo hidrológico y geotécnico (p.d.)***

Se incluye en este punto la subdivisión zonal III<sub>1 VI</sub>.

Situada en un terreno completamente llano y siendo sus materiales impermeables, las condiciones de drenaje son nulas, y la Área estará siempre encharcada. Por otra parte su capacidad de carga es baja y la magnitud de los posibles asentamientos elevada. Todo esto condiciona una evaluación muy desfavorable del terreno desde el punto de vista constructivo.

#### *Problemas de tipo litológico y geomorfológico*

Se agrupan aquí el conjunto de terrenos que forman, casi en su totalidad las sierras de Loarre, Salinas y Santo Domingo, así como también el pico Oroel.

Sus condiciones constructivas son muy desfavorables, debido, por una parte, a los problemas que derivan de su diversidad litológica y, por otra, a las características geomorfológicas adversas, que están condicionadas por unas fuertes pendientes (casi siempre superiores al 30 por ciento) y por la existencia de importantes fenómenos geológicos endógenos (fracturas y cabalgamientos).

#### *Problemas de tipo geomorfológico*

Se agrupan en este apartado una serie de terrenos situados en las Sierras de Loarre, Santo Domingo y San Juan de la Peña, pertenecientes, en su mayoría, a la subdivisión zonal III<sub>2</sub>.

Desde el punto de vista constructivo, presenta exclusivamente problemas de tipo geomorfológico, pero, por ser estos muy acusados, determinan unas condiciones muy desfavorables.

Los problemas vienen asociados a las pendientes que son muy fuertes, con porcentajes superiores al 30 por ciento; y en algunos casos se transforman en auténticas paredes rocosas verticales.

#### *Problemas de tipo geotécnico (p.d.)*

En este punto se incluyen los afloramientos de yesos masivos, pertenecientes, todos ellos, a la Área III<sub>4</sub>.

Al hacer estos terrenos objeto de cualquier tipo de actividad constructiva, surgirán una serie de problemas geotécnicos, conectados directamente con el carácter brusco de los previsibles asentamientos y con el poder corrosivo de las aguas selenítosas frente a los aglomerantes hidráulicos ordinarios. La brusquedad de los asientos viene determinada por la facilidad de los yesos para ser disueltos por el agua, con formación de oquedades, en profundidad, que pueden provocar un hundimiento como respuesta a la aplicación de cargas externas.

### **3.2. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES**

Se incluyen bajo esta denominación un conjunto de terrenos que, poseyendo unas condiciones desfavorables para la construcción, presentan los siguientes tipos de problemas: litológicos, geomorfológicos y geotécnicos (p.d.); litológicos, hidrológicos y geotécnicos (p.d.); geomorfológicos y geotécnicos (p.d.); hidrológicos y geotécnicos (p.d.); litológicos y geomorfológicos; litológicos y geotécnicos (p.d.), y geomorfológicos.

#### *Problemas de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.)*

Se agrupan aquí una serie de terrenos, desigualmente repartidos por toda la Hoja, que presentan, desde el punto de vista constructivo, unas condiciones desfavorables.

Poseen dichos terrenos una gran diversidad litológica, incluyendo, en su composición, materiales con características dispares. Sus formas de relieve suelen ser acusadas o alomadas, variando las pendientes entre el 7 y el 30 por ciento; en general son terrenos estables, pero la profusión de fenómenos exógenos (bloques caídos, deslizamientos, recubrimientos, abarrancamientos, resaltes de capas duras, acción erosiva intensa, etc) puede desvirtuar este carácter provocando serios problemas geomorfológicos.

La intercalación de materiales de distinta competencia mecánica y la gran abundancia de recubrimientos, que enmascaran el comportamiento real de la roca originaria, son los principales problemas de tipo geotécnico que pueden surgir.

Es preciso añadir que, en las litologías que poseen yesos, surge un nuevo factor desfavorable: la acción corrosiva de las aguas seleníticas.

#### *Problemas de tipo litológico, hidrológico y geotécnico (p.d.)*

Se reunen aquí un conjunto de terrenos dispersos por todo el ámbito de la Hoja que poseen una gran variedad litológica y agrupan una serie de materiales con muy diferentes características. Algunos de estos terrenos están intimamente ligados al cauce actual de los ríos y se componen de una mezcla de materiales cohesivos y coherentes.

La morfología llana y el carácter semipermeables o impermeables de estos materiales determinan la existencia de un drenaje deficiente, con áreas que se encharcan fácilmente y niveles de agua acumulada a escasa profundidad.

Los problemas de tipo geotécnico están ligados al gran número de recubrimientos existentes, a la alternancia de materiales de diferente comportamiento mecánicos y a la presencia de aguas seleníticas (en las zonas que presentan yesos).

#### *Problemas de tipo hidrológico y geotécnico (p.d.)*

Se agrupan en este punto un conjunto de terrenos situados en la banda S de la Hoja que, a pesar de tener distinta composición litológica, presentan similares características hidrológicas y geotécnicas.

Por ser materiales impermeables, emplazados en formas de relieve llanas, el drenaje se realiza deficientemente, dando lugar a frecuentes encharcamientos. Por otra parte, en todas estas zonas se observa la constante presencia de aguas seleníticas y la posibilidad de que se produzcan asentamientos bruscos en los puntos donde afloran yesos. La acción conjunta de estos factores motiva la desfavorable evaluación constructiva que se otorga al grupo descrito en este apartado.

#### *Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)*

En este apartado se incluyen unos terrenos, situados al N (flanqueando el curso del río Aragón) que pertenecen integralmente a la subdivisión zonal III<sub>2</sub>.

Su evaluación constructiva, desfavorable, viene condicionada por la inestabilidad que presentan y tiene también relación con sus características mecánicas de tipo medio.

Son áreas en las que la erosión actúa con gran intensidad, observándose frecuentes abarrancamientos y deslizamientos y que, además, están en relación con fenómenos geológicos endógenos (fracturas y cabalgamientos).

#### *Problemas de tipo litológico y geomorfológico*

En este punto se reúnen un conjunto de terrenos, situados al N y NE, cuyas características litológicas y geomorfológicas les otorgan una clasificación constructiva desfavorable.

Su litología se compone de calizas, margas y calcoesquistos, materiales de muy diversas características, que se presentan, interestratificados, en bancos de potencia variable. Su morfología no es uniforme, pero en ella predominan las formas de relieve acusadas y abruptas, con pendientes topográficas casi siempre superiores al 15 por ciento. En ocasiones las pendientes se transforman en verdaderas paredes verticales; se observan también deslizamientos, taludes de materiales sueltos, algunos bloques desprendidos y abarrancamientos en margas, siendo preciso añadir que la zona está íntimamente ligada a importantes fenómenos geológicos endógenos (fracturas y cabalgamientos).

#### *Problemas de tipo litológico y geotécnico (p.d.)*

Se han reunido aquí tres tipos de terrenos pertenecientes a las subdivisiones zonales III<sub>1</sub>, III<sub>1V</sub> y III<sub>4</sub>, que presentan la misma problemática, a pesar de la gran diferencia que existe entre sus condiciones de depósito y su edad. Dos de ellos son terrenos modernos y el tercero pertenece al Oligoceno.

La desfavorabilidad constructiva de los depósitos modernos es provocada por su composición litológica, en la que alternan materiales coherentes heterométricos con materiales cohesivos, originándose una rápida variación, superficial y en profundidad, de las características mecánicas del terreno.

Es también la alternancia de materiales, de muy distinta índole, la que origina problemas de tipo litológico en la Área oligocena de este apartado. Presencia de recubrimientos de alteración, aguas selenítosas y asentamientos bruscos, por disolución de yesos, son los factores que contribuyen, desde el punto de vista geotécnico, a la desfavorable clasificación constructiva de estos terrenos.

#### *Problemas de tipo geomorfológico*

Todos los terrenos que se agrupan en este apartado pertenecen a la subdivisión zonal III<sub>2</sub>, y forman, en el centro de la Hoja, una franja alargada de dirección aproximada ONO-ESE.

Se consideran desfavorables, desde el punto de vista constructivo, debido, exclusivamente, a sus características geomorfológicas, que presentan formas de relieve normalmente acusadas, con pendientes topográficas superiores, en la mayoría de los casos, al 15 por ciento.

### **3.3. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES**

Se agrupan bajo esta denominación el conjunto de terrenos que, dentro del ámbito de la Hoja, poseen una evaluación constructiva aceptable, a pesar de que presentan proble-

mas de los siguientes tipos: litológicos, geomorfológicos y geotécnicos (p.d.); litológicos, hidrológicos y geotécnicos (p.d.); litológicos e hidrológicos; litológicos y geotécnicos (p.d.); litológicos; geomorfológicos, y geotécnicos (p.d.).

#### *Problemas de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.)*

El conjunto de terrenos que se agrupan en este apartado presentan unas aceptables condiciones para la construcción, pero ésto no quiere decir que no existan problemas; antes bien, los hay de muy diversa índole y en número elevado, aunque por su reducida intensidad se pueden superar fácilmente.

Agrupan materiales de diferentes características, alternando bancos competentes con niveles y lentejones cohesivos,. Las formas de relieve son variadas, con predominio de llanuras y lomas, en las que se desarrollan numerosos fenómenos exógenos, con desmoronamientos, deslizamientos, abarrancamientos, bloques caídos, resaltes de capas duras, etc. También se observan algunas fracturas.

Las características mecánicas son de tipo medio, pero localmente pueden variar, por la presencia de eluviales que desvirtúan la condición de la roca originaria, o por la acción corrosiva de las aguas selenítosas y los asentamientos bruscos que se pueden producir en los afloramientos de yesos.

#### *Problemas de tipo litológico, hidrológico y geotécnico (p.d.)*

Se agrupan en este punto una serie de terrenos de tipo aluvial pertenecientes a la subdivisión zonal III<sub>1</sub>.

En su litología alternan materiales coherentes, heterométricos, con materiales cohesivos, lo que da al conjunto un carácter semipermeable, que, unido a una morfología llana, condiciona un drenaje desfavorable; en consecuencia, se originarán numerosas zonas de encharcamientos, con presencia de aguas a escasa profundidad.

Los problemas geotécnicos se relacionan con una capacidad de carga de tipo medio y con unos previsibles asentamientos de carácter diferencial.

#### *Problemas de tipo litológico e hidrológico*

Los terrenos que aquí se incluyen pertenecen a la subdivisión zonal III<sub>1</sub>, y se sitúan en una serie de pequeños afloramientos al N de la Hoja.

Sus condiciones constructivas son aceptables, a pesar de que presentan problemas litológicos e hidrológicos similares a los que se describen en el apartado anterior.

En realidad, los dos grupos de terrenos poseen una problemática semejante; la diferencia está en las condiciones mecánicas que, en los materiales de esta zona, son favorables.

#### *Problemas de tipo litológico y geotécnico (p.d.)*

En este apartado aparecen, agrupados, una serie de terrenos pertenecientes a distintas Áreas y que se reparten desigualmente por toda la Hoja.

Su evaluación constructiva es favorable, aunque presentan los problemas inherentes a una litología muy variada, en la que se mezclan materiales de diferentes características.

El comportamiento mecánico de estos terrenos es de tipo medio, pero localmente esta condición puede verse disminuida por la acción de aguas selenítosas, por la aparición de asentamientos bruscos en yesos, o por la presencia de recubrimientos de alteración, que enmascaran el verdadero comportamiento de la roca originaria.

#### *Problemas de tipo litológico*

Los terrenos que se incluyen en el presente apartado poseen una litología variada y es precisamente esa heterogeneidad de sus materiales constituyentes la que puede originar problemas a la hora de implantar cualquier tipo de obra en la zona. La principal dificultad estará relacionada con el desmonte, puesto que los distintos materiales opondrán diferentes resistencias al ser arrancados.

#### *Problemas de tipo geomorfológico*

Entre los terrenos con características constructivas aceptables existe uno, situado en un pequeño afloramiento, al N-NO de la Hoja, que presenta problemas de tipo geomorfológico. Están éstos relacionados con las formas de relieve alomadas y acusadas, con las pendientes topográficas, superiores siempre al 7 por ciento, y con la presencia de unos depósitos coluviales de regular potencia.

#### *Problemas de tipo geotécnico (p.d.)*

Se agrupan en este punto unos terrenos pertenecientes a las subdivisiones zonales III<sub>1</sub>, y III<sub>IV</sub>, que se distribuyen, al N de la Hoja, en tres pequeños afloramientos.

Poseen unas condiciones constructivas aceptables y los problemas que se presentan se relacionan, exclusivamente, con sus características mecánicas, que son de tipo medio en lo que a capacidad de carga se refiere. Los asentamientos son igualmente de magnitud media, pero, y esto es importante, en algunos puntos pueden aparecer asientos diferenciales en relación con los bordes de lentejones arcillosos.

### **3.4. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS FAVORABLES**

Se agrupan bajo esta denominación el conjunto de terrenos que poseen una favorable evaluación constructiva, debido a la reducida magnitud de los problemas que presentan, los cuales pueden ser de los siguientes tipos: litológicos y geotécnicos (p.d.), y geotécnicos (p.d.).

#### *Problemas de tipo litológico y geotécnico (p.d.)*

En este punto se agrupan un conjunto de terrenos pertenecientes todos ellos a la subdivisión zonal III<sub>1</sub>, que poseen una repartición muy desigual en el ámbito de la Hoja.

Las condiciones constructivas del grupo son favorables, pero es preciso hacer hincapié en el hecho de que la composición litológica de estos depósitos (gravas con intercalaciones de lentejones de arcilla) puede condicionar unas características mecánicas de tipo medio y provocar, localmente, la aparición de asentamientos diferenciales.

### *Problemas de tipo geotécnico (p.d.)*

Los terrenos que aquí se agrupan pertenecen a las subdivisiones zonales III<sub>1</sub>, III<sub>1</sub>, y III<sub>2</sub>. Su característica común es la de poseer una evaluación constructiva favorable.

En general poseen excelentes condiciones para la construcción, y los únicos problemas que pueden surgir están relacionados con una puntual disminución de la capacidad de carga (con aparición de asentamientos), motivada por la inclusión de pequeños lentejones (arenosos o arcillosos) en dichos puntos.

## BIBLIOGRAFIA

- Banco de Bilbao. *Renta Nacional de España*
- Banco Español de Crédito. *Anuario del Mercado Español* (1972)
- Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación. *Atlas Industrial de España* (1964-65)
- Diputación Foral de Navarra. *Programa de promoción Industrial de Navarra y otras disposiciones en materia de Promoción Industrial y Financiera.*
- *El Europeo*. Número especial dedicado a Navarra. 21 de Diciembre de 1973
- I.G.M.E. *Plan Nacional de Minería P.N.I.M. Mapa Geotécnico Nacional* (1972)
- I.G.M.E. *Mapa Geológico de España a E:1/200.000 Hoja 23 Huesca*
- I.G.M.E. *Mapa Geológico de España a E:1/200.000 Hoja 21 Logroño*
- I.G.M.E. *Mapa Geológico de España a E:1/200.000 Hoja 13 Pamplona*
- I.G.M.E. *Mapa Geológico de España a E:1/200.000 Hoja 22 Tudela*
- I.G.M.E. *Mapa Geológico de España a E:1/200.000 Hoja 32 Zaragoza*
- I.G.M.E. *Mapa de Síntesis de Sistemas acuíferos de España Peninsular, Baleares y Canarias.*
- *Mapa de Vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos de la España Peninsular, Baleares y Canarias.*
- I.N.E. *Nomenclátor de la provincia de Huesca*
- I.N.E. *Nomenclátor de la provincia de Logroño*
- I.N.E. *Nomenclátor de la provincia de Navarra*
- I.N.E. *Nomenclátor de la provincia de Zaragoza*
- Instituto Geográfico y Catastral. *El Mapa de Zonas Sísmicas Generalizadas de la Península Ibérica.*
- M.O.P. *Datos Climáticos para carreteras*
- M.O.P. *Balance Hídrico*
- M.O.P. *Estudio Previos de Terrenos*

- Presidencia del Gobierno. **Norma Sismorresistente P.G., S-1 (1968) Parte A.**
- Presidencia del Gobierno. **Selección de Cabeceras de Comarca y Núcleos de Expansión de las provincias Españolas** (1970)