

00284

MAPA GEOTECNICO GENERAL

PUEBLA DE GUZMAN



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

**PUEBLA DE GUZMAN**

**HOJA 2-10 / 74**

El presente estudio ha sido realizado por Informes y Proyectos, (INYPSA), en régimen de contratación con el Instituto Geológico y Minero de España.

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

Depósito Legal M32367 - 1976

Talleres Gráficos IBERGESA - Ctra. de Burgos km 12,200 - Madrid

## INDICE

	pág
<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPCION DE FACTORES CON INCIDENCIA GEOTECNICA</b>	<b>3</b>
2.1. Características físico-geográficas	3
2.2. Bosquejo geológico	6
2.3. Criterios de división. Características generales de las Areas	11
2.4. Formaciones superficiales y sustrato	15
2.5. Características geomorfológicas	19
2.6. Características hidrológicas	23
2.7. Características geotécnicas	24
<b>3. INTERPRETACION GEOTECNICA DE LOS TERRENOS</b>	<b>29</b>
3.1. Terrenos con condiciones constructivas muy desfavorables	29
3.2. Terrenos con condiciones constructivas desfavorables	30
3.3. Terrenos con condiciones constructivas aceptables	30
3.4. Terrenos con condiciones constructivas favorables	31
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>33</b>

## 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 INCIDENCIAS GEOTECNICAS**

### **2.1. CARACTERISTICAS FISICO-GEOGRAFICAS**

Se incluyen en este apartado la situación geográfica, el relieve, la climatología, la red fluvial y el balance hídrico.

#### **SITUACION GEOGRAFICA**

La Área objeto de estudio corresponde a la Hoja 2-10, Puebla de Guzmán. Como base topográfica se ha utilizado el Mapa Militar de España, a la misma escala que el anterior. Ocupa una superficie aproximada de 1.400 km<sup>2</sup>, y está comprendida entre los paralelos 38° 00' 04'', 8 - 37° 20' 04'', 9 de latitud N y los meridianos 8° 31' 10'', 6 y 7° 11' 10'', 7 de longitud O referidos a Greenwich.

Está situada en el extremo sur-occidental de la Península (el límite con Portugal), perteneciendo toda ella a la provincia de Huelva.

#### **EL RELIEVE**

Corresponde esta zona a un relieve suave en general, prácticamente llano en la parte central y S, acentuándose a lo largo de todo el límite con Portugal, donde se distinguen un conjunto de Sierras como el Granado, Madroñera, etc., que no siguen una alineación determinada, aunque parece existir una tendencia de este relieve fuerte a desarrollarse según una dirección E-O. Su valor topográfico oscila de los 250 m a 400 m. Sin embargo, y a pesar de la existencia de estos relieves fuertes, a toda la área en conjunto se la puede considerar muy suave, y en ocasiones llana.

Su cota media es de 200 m.

## CLIMATOLOGIA

Para la redacción de este epígrafe, se ha utilizado la información de las estaciones siguientes: Paymogo, Puebla de Guzmán, Rosal de la Frontera, San Lúcar de Guadiana, Santa Bárbara de la Casa y Villanueva de los Castillejos.

A continuación, se hará referencia a temperaturas, precipitaciones, régimen de vientos, curvas ombrotérmicas e índices climatológicos.

### *Temperaturas*

Debido a la escasez de datos existentes para la zona, ha sido necesario recurrir a la información de Huelva para el desarrollo de este epígrafe.

La temperatura media anual para el período comprendido entre los años 1946-1958 es de 18,3º C, con una máxima media absoluta de 38,7º C y mínima media de 1,8º C.

El año de la máxima absoluta corresponde al 1952, con una temperatura de 42º C, y la máxima de las mínimas absolutas a 1954 con una temperatura de 4,4º C.

En la parte N de la Hoja, las heladas tienen lugar en los meses de diciembre, enero, noviembre, febrero y ocasionalmente marzo, mientras que en la parte centro se limitan casi exclusivamente al mes de diciembre.

La oscilación verano-invierno de las temperaturas medias mensuales es de 7º C.

### *Precipitaciones*

Para el desarrollo de este epígrafe existen datos más concretos basados en las estaciones de información que el Servicio Meteorológico Nacional tiene instaladas dentro de la Hoja.

La precipitación anual media oscila de los 732,2 mm para la parte N y 470,3 para el resto de la Hoja, con una acusada influencia de la altitud.

El valor medio mensual de la precipitación es máxima en el mes de enero y octubre en la parte septentrional, y febrero en la zona N. Las mínimas corresponden a los meses de julio y agosto, no sobrepasando las precipitaciones en el primero los 3 mm. Las máximas en 24 h se sitúan en torno a los 100 mm.

### *Régimen de vientos*

La dirección de los vientos es variable y función de la estación y de las barreras topográficas.

Esta dirección está condicionada por la proximidad del Atlántico, por Sierra Morena y por las características topográficas de la zona.

Existen dos direcciones predominantes del viento, NO y SO, esta última especialmente en los meses de verano.

### *Curvas ombrotérmicas*

El número de meses secos en el año para toda la superficie de la Hoja es de 4 aproximadamente.

### *Indices climáticos*

Dado el interés que pudiera tener el conocer los coeficientes de reducción laboral achacables a causas climáticas, se incluirán a continuación algunos de ellos en función de los distintos tipos de obras.

Para ello se ha supuesto cada obra repartida uniformemente a lo largo de los 365 días del año, y éstos a su vez en los 12 meses con arreglo a la tabla siguiente, en la que no se han tenido en cuenta los días festivos.

ENERO	0,0849	JULIO	0,0849
FEBRERO	0,0767	AGOSTO	0,0849
MARZO	0,0849	SEPTIEMBRE	0,0822
ABRIL	0,0822	OCTUBRE	0,0849
MAYO	0,0849	NOVIEMBRE	0,0822
JUNIO	0,0822	DICIEMBRE	0,0849

Multiplicando el cuadro anterior por los coeficientes de reducción correspondientes a cada mes, y sumando los productos de los meses, se han obtenido los siguientes coeficientes medios anuales.

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

Provincia	CLASE DE OBRA				
	Hormigón	Explanaciones	Aridos	Riegos y Tratamientos	Mezclas Bituminosas
HUELVA	0,934	0,884	0,948	0,697	0,831

### **REGIMEN Y RED FLUVIAL**

A la Hoja en estudio pertenecen las cuencas del río Guadiana, y sus dos afluentes importantes por la izquierda, como son el Chanza y el Piedras.

El Guadiana, proveniente de Portugal, entra en provincia onubense, precisamente donde recoge las aguas del Chanza; desde este punto, hasta su desembocadura en el océano tiene 48 km de longitud. La superficie total de este río es de 64.500 km<sup>2</sup>, con un índice de pendiente 0,0347 y una cota media de 465 m.

El río Chanza, cuya cuenca entra totalmente en la Hoja de trabajo, tiene las características físicas siguientes:

Superficie	64.500 km <sup>2</sup>
Perímetro	1.748 km
Cota media	170 m

A su vez, este río recibe diversos afluentes; por la izquierda La Alcaraboza, Malagón y Cúbica, y solamente el Aroche por la derecha.

El río Piedras, con su cuenca enclavada entre las del Guadiana y del Odiel, discurre prácticamente en dirección N-S en la zona sur-oriental de la Hoja. Su coeficiente de escorrentía es 0,6.

Sus características físicas son:

Superficie	200 km <sup>2</sup>
Perímetro	63 km
Cota media	126 m

## 2.2. BOSQUEJO GEOLOGICO

### ESTRATIGRAFIA

Los materiales que ocupan esta Hoja son esencialmente paleozoicos, presentando manifestaciones volcánicas e intrusivas.

#### Paleozoico

##### Cámbrico

Existe un afloramiento de calizas cámbicas al N de la zona, mas, aunque están cartografiadas, no puede hablarse de ellas al no existir datos en ninguna publicación. Unicamente puede añadirse que son cristalinas y fosilíferas.

Lo mismo ocurre con la formación I, a la cual se la califica en la leyenda como "Rocas intrusivas, principalmente granito y sienita, diorita a gabro".

##### Devónico

Muy próxima al techo de esta formación aparece una serie de lentejones calizos con Crinoides y Conodontos, referida esta fauna al Devónico Superior.

Los niveles inferiores a esta formación calcárea están constituidos por pizarras con cuarcitas, emisiones volcánicas con composición andesítica o lavas de tipo espilita y, finalmente, por pizarras con intercalaciones de grauwackas y areniscas.

En ellos no se ha encontrado ninguna clase de fauna que determine exactamente su edad, pero parece lógico pensar que pertenezcan también al Devónico Superior o quizá al Devónico Medio.

Por último, los niveles más altos del Devónico Superior están constituidos por un conglomerado lentejonar, formado por cantos de cuarcitas y areniscas de las formaciones infrayacentes, empastados en una matriz arcillosa.

La extensión regional de este conglomerado, aún teniendo en cuenta su carácter irregular, hace pensar que se trate de un conglomerado de origen tectónico en relación con las primeras fases de la orogenia hercínica (probablemente de edad Bretónica), que aquí están expresadas por la emisión de potentes coladas ácidas y básicas que le suceden a continuación.

#### A) Litología

- 1) Conglomerados. Son rocas fragmentarias poco seleccionadas. Su material fragmentario procede de las formaciones inferiores, estando constituido, sobre todo, por fragmentos de cuarcitas, cuyo tamaño oscila de 2 a 45 cm. También contienen algunos cantos de calizas y fragmentos alargados de pizarras. La matriz es arcillosa.

2) Calizas. Son calizas orgánicas, conteniendo la fauna de Crinoïdes y Conodontos y además pequeñas intercalaciones arenosas y arcillosas. Se reconoce bien en las calizas la estructura interna de los restos orgánicos si el carbonato no ha recristalizado. La fuerte compresión sufrida por estas calizas queda reflejada en las formas orgánicas, que aparecen muy deformadas.

3) Pizarras arcillosas. Son pizarras sericíticas con mayor o menor fracción arenosa a modo de bandas finísimas, formadas por componentes detriticos. Entran en su composición material arcilloso sericítico y cuarzo. Los granos de cuarzo pueden estar distribuidos regularmente en el material arcilloso o bien forman fajas arenosas que alternan con las arcillas.

4) Cuarcitas. Las rocas que en el campo pueden ser consideradas como cuarcitas son, vistas al microscopio, arenas arcillosas en tránsito a cuarcitas. Existe alguna ortocuarcita en este Devónico en la cual toda la fracción detritica está formada por cuarzo recristalizado con textura granoblástica con un tamaño medio de 0,1 mm. El material detritico grueso está formado por cuarzo y algunas láminas de moscovita. Los minerales accesorios son circón, turmalina, rutilo, titanita y opacos.

5) Grauwackas. En los niveles más bajos reconocidos en este Devónico aparecen unas rocas detriticas poco seleccionadas, constituidas por material cristalino de cuarzo, plagioclasa, moscovita y biotita cloritizada. Este material fragmentario parece haber sufrido poco transporte a juzgar por sus formas angulosas. Contienen, asimismo, fragmentos pétreos de rocas de tipo volcánico. La matriz que traba todos estos materiales es arcillosa, representada por laminationes de sericitita.

#### **B) Formación volcánica**

Sobre los últimos estratos del Devónico anteriormente descrito, y concordantemente con ellos en apariencia, existe una serie de rocas básicas y ácidas exclusivamente de origen volcánico, como lo demuestran los siguientes hechos:

- a) La falta de acciones metamórficas de contacto en la roca de caja.
- b) Las estructuras y texturas de flujo observadas.
- c) Las intercalaciones concordantes de sedimentos arcillosos en las rocas de esta formación.

Entre las rocas básicas se han encontrado espilitas, doleritas y basaltos, y entre las ácidas, riolitas, riodacitas, dacitas y andesitas, aunque en la cartografía sólo se hayan diferenciado como básicas y ácidas.

No ha sido posible establecer un orden general en la sucesión de las coladas a la escala en que se ha realizado el trabajo. De forma general, las volcanitas básicas aparecen tanto en el muro como en el techo de la formación volcánica.

Esta complicación puede ser debida a la presencia de numerosos centros volcánicos, a la poca extensión y carácter más bien local de las erupciones, a la probable interdigición de unos y otros y a la mayor o menor asimilación por los mismos del material sedimentario del substrato.

Las intercalaciones sedimentarias en la serie volcánica, no cartografiables la mayor parte de las veces por sus reducidas dimensiones, parecen indicar su origen submarino, aunque su poca continuidad y forma lentejonar indican que su formación tuvo lugar en un sinclinal poco profundo, compuesto por pequeñas cubetas aisladas.

La edad de este volcanismo está comprendida entre el Fameniense (lentejones calcáreos infrayacentes) y, como se verá a continuación, el Viseense Superior, ya que sedimentos de esta edad descansan directamente sobre el techo de la formación volcánica.

### *C) Petrografía de rocas ígneas*

#### 1) Rocas volcánicas ácidas, riolitas, riodacitas y dacitas

Son rocas volcánicas ácidas, calcoalcalinas, con fenocristales de cuarzo y feldespato desvitrificado.

Tienen textura porfídica o una textura fluidal expresada por hiladas de sericita, que representan primitivas líneas de flujo curvadas en torno a los fenocristales.

El cuarzo bipiramidado tiene las formas conoides que caracterizan al cuarzo de riolitas y pórfidos cuarcíferos.

El feldespato más frecuente es una plagioclasa tipo albita, maclada por varias leyes.

El único ferromagnesiano observado es la biotita, que actualmente se halla cloritizada o transformada en otros minerales micáceos.

Los accesorios más frecuentes son apatito, circón y minerales metálicos.

#### 2) Rocas volcánicas intermedias, andesitas

Hay rocas porfídicas con fenocristales de plagioclasa, biotita cloritizada y, en algunos casos, piroxenos monoclínicos y anfíboles, que se clasifican como andesitas debido a que, aunque la plagioclasa es albita, su químismo es calcoalcalino.

En cierto modo representan un tránsito a rocas más básicas y a veces, en lugar de tener la pasta alotriomorfa granular, típica de riolitas y dacitas, tienen una matriz microlítica feldespática propia de las rocas básicas.

#### 3) Rocas volcánicas básicas, doleritas albíticas y espilitas

Son rocas efusivas básicas, alcalinas o calcoalcalinas, con textura ofítica y con plagioclasa y piroxeno como componentes principales. Su cristalinidad parece ser debida a especiales condiciones de enfriamiento, ya que suelen ocupar las partes centrales de las coladas.

La plagioclasa es una albita tabular, parcialmente sustituida por epidota, zoisita, clorita y calcita.

El piroxeno, es una augita alotriomorfa, en placas. Tiene color marrón claro y crucero manifiesto. A veces se sustituye marginalmente por hornblenda fibrosa (uralita).

Entre los minerales accesorios aparecen apatito y magnetita titanífera o ilmenita, que suele estar total o parcialmente leucoxenizada.

Las espilitas son rocas básicas alcalinas de grano muy fino, de análoga composición y diferente textura que las doleritas albíticas.

Las texturas más frecuentes son la porfídica, con fenocristales de albita maclada, con huecos ocupados por calcita.

Los componentes principales son plagioclasa albita y piroxeno augita.

#### 4) Rocas piroclásticas

La mayor parte del material piroclástico estudiado puede ser incluido en la denominación de tobas, dado que el material fragmentario constituyente tiene tamaños que oscilan entre 0,1 y 2 mm. Existen también brechas volcánicas, empastadas en una matriz de material fragmentario más fino.

Las rocas denominadas tobas están constituidas principalmente por material fragmentario de cuarzo y albita y fragmentos pétreos de las formaciones inferiores. Cuando estos últimos no existen, el carácter fragmentario del material cristalino permite diferenciar las tobas de las lavas correspondientes. La matriz es silícea con hiladas de sericita y clorita.

Mucho menos frecuente son las tobas básicas espelíticas, compuestas por cristales fragmentarios de plagioclasa y augita con matriz sericítica y clorítica. Suelen ser más finas que las tobas ácidas y no se han encontrado brechas de este tipo de rocas.

#### **Carbonífero Inferior**

Los estratos inmediatamente superiores a la formación volcánica están compuestos por una serie de pizarras arcillosas con un espesor aproximado de 300 a 400 m, habiéndose hallado en ellos una abundante fauna de Lamelibranquios y algunos Goniatites, asociación faunística característica en toda Europa que corresponden a la edad Viseense Superior.

Inmediatamente encima de esta serie arcillosa descansa una formación, compuesta por intercalaciones de pizarras y grauwackas, en la que se han hallado los mismos fósiles que en los niveles inferiores y cuyo espesor, en los lugares en que ha sido posible determinarlo, se cifra en unos 200 m aproximadamente.

Este Viseense Superior parece concordante con las rocas volcánicas infrayacentes, pero es indudable que éstas y el Devónico fueron emergidos por movimientos de edad Bretónica, como lo prueban la falta de estratos de edad Tournaisiense y la procedencia de material detrítico de las grauwackas.

#### **A) Litología**

- 1) Pizarras.- Son análogas a las del Devónico y, como ellas, presentan frecuentes alternancias de fajas arenosas con el material arcilloso.  
La matriz fundamental es una trama sericítica con componentes detríticos aislados, granos de cuarzo, material opaco, clorita y láminas de mica.
- 2) Grauwackas.- Rocas poco seleccionadas, formadas a expensas de las formaciones inmediatamente inferiores.  
Están constituidas por material cristalino de cuarzo, plagioclasa, moscovita y biotita cloritizada, todo él con formas angulosas indicadoras del poco transporte que ha sufrido.  
El cuarzo presenta las formas bipiramidadas del cuarzo de las riolitas y rocas afines.  
El feldespato es una plagioclasa albita maclada, con fenocristales análogos a los que aparecen en las riolitas.  
Las micas detríticas son moscovita y biotita cloritizada.  
Todo este material cristalino tiene diámetros medios comprendidos entre 0,05 y 1,5 mm.  
Las grauwackas contienen, además, material detrítico pétreo perteneciente a las formaciones inferiores y sobre todo, fragmentos de pizarras arcillosas, de arenas y de riolitas, espilitas, doloritas y tobas de la formación volcánica.  
La matriz es arcillosa, compuesta por finas láminas de sericita autigénica, resultante de una recristalización incipiente.

#### **Terciario**

##### **Plioceno**

Se trata de depósitos detríticos continentales y costeros de barra arenosa. No tiene fauna y presenta alternancias rápidas de arenas más o menos gruesas, de gravas y de conglomerados y de bancos arcillosos, a menudo verdes.

El conjunto ofrece un color predominante rojo naranja. El espesor suele ser pequeño, del orden de 10 a 30 m, se le puede atribuir la edad Plio-Villafranquense como más probable.

## TECTONICA

Parece probable que los terrenos devónicos y volcánicos hayan sufrido los primeros movimientos de la orogenia hercínica, en particular los de la fase Bretónica. Las citadas formaciones, que tienen la misma dirección regional y un estilo de plegamiento análogo al del Carbonífero, están más fracturadas y en ellas se reconocen con mayor dificultad las estructuras primarias, en particular la estratificación.

El plegamiento principal es de edad astúrica, que sucedió entre el Westfaliense y el Estefaniense. El plegamiento de esta edad ha afectado a todas las formaciones que aparecen en la superficie estudiada y ha sido tan intenso que ha podido borrar discordancias primitivas, no observables hoy en día.

La orogenia hercínica ha originado en la región una serie de anticlinales y sinclinales, de vergencia sur y rumbo que varía de ESE-ONO a SE-NO.

El Devónico forma anticlinales y el Carbonífero sinclinales, mientras que la formación volcánica intermedia puede formar anticlinales (si aflora en el Carbonífero) o sinclinales.

En el país llano que forma la mayor parte del territorio estudiado es difícil reconocer la naturaleza normal o tectónica de los contactos entre formaciones, a no ser en las trincheras de ferrocarriles y carreteras, por lo cual pueden ser tectónicos algunos de los contactos considerados como normales, y viceversa.

En la área estudiada se observan pliegues de dos generaciones distintas.

Los pliegues de la primera generación son pliegues NO-SE o ONO-ESE con vergencia al S, volcados o fallados, o bien pliegues normales más atenuados.

Los pliegues de la segunda generación, que en edad están separados de la primera por un corto intervalo, son pliegues NE-SO muy atenuados. Ambos sistemas de pliegues se cortan bajo un ángulo próximo a 90º.

Un crucero de clivo-deslizamiento es netamente posterior y riza a las pizarrosidades de los pliegues de las dos generaciones mencionadas. Ha sido originado por movimientos posteriores, aunque simétricamente relacionados con los que originaron los pliegues mayores. En relación con estos movimientos posteriores, se encuentran también pares de planos de deslizamiento que cortan y desplazan a la pizarrosidad de los pliegues de las de dos generaciones.

## HISTORIA GEOLOGICA

Las capas más modernas del Devónico corresponden al Fameniense. La ausencia de fósiles en horizontes inferiores hace imposible su exacta datación. Por tanto, son los movimientos varíscicos los primeros a considerar.

La historia geológica de la región puede resumirse:

- 1) Deposición de una potente serie de arcillas y areniscas en un fondo geosinclinal poco profundo. Movimientos epirogénicos debieron ser responsables de las distintas facies de sedimentos.
- 2) La presencia de un conglomerado en niveles de Devónico Superior, con extensión regional, aunque discontinuo, prueba la existencia de movimientos ascensionales.
- 3) La emisión, al final del Devónico, de volcanitas ácidas y básicas supone también una época de debilidad cortical en relación con las primeras fases de la orogenia Variscica.

- 4) De acuerdo con estos primeros movimientos de edad Bretónica, está también la falta de sedimentos pertenecientes al Tournaisiense, o piso inferior del Carbonífero.
- 5) Al comienzo del Viseense tiene lugar un hundimiento progresivo, que conduce a la formación de una cuenca marina, en la que se depositan las pizarras y la serie flysch, formada por alternancia de pizarras y grauwackas.
- 6) La fase Astúrica principal de plegamiento origina pliegues de ejes subhorizontales NO-SE o ONO-ESE, de vergencia sur y una pizarrosidad longitudinal del mismo rumbo y buzamiento norte, que determinan el cabalgamiento de formaciones más antiguas sobre otras más modernas. También en relación con esfuerzos tangenciales de esta época, aparecen fallas transversales rumbo-deslizantes, especialmente la serie ENE-OSO, que está más desarrollada que la complementaria NNE-SSO.
- 7) La misma fase Astúrica ha originado pliegues transversos en dirección NNE-SSO, en forma de suaves ondulaciones de eje subhorizontal, y una pizarrosidad transversal, sensiblemente vertical.
- 8) Movimientos variscos tardíos son los responsables de la existencia del cruceiro de clivo-deslizamiento, que corta y desplaza a las dos pizarrosidades anteriores.
- 9) A la época de descompresión, posterior al plegamiento, corresponden las fallas directas longitudinales de buzamiento norte o sur y los pares de planos de deslizamiento.

En relación con la orogenia Variscica tuvo también lugar la intrusión de las rocas graníticas del N.

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

Si bien en el capítulo 1 se enumeraron 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 escala 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 continua con el análisis individual de una serie de características del terreno, observándolas en aquellos aspectos que puedan 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 divisiones zonales posibles, dentro de esta escala, así como las de sus probables subdivisiones, se han delimitado dos Regiones y ocho Areas; seis dentro de la primera Región y dos dentro de la segunda.

En la Región I se incluyen todos aquellos terrenos considerados como emergidos, correspondientes a los relieves que forman las estribaciones occidentales de Sierra Morena. La Región II engloba todos aquellos terrenos considerados como hundidos, y que ocupan el resto de la zona estudiada.

Para la delimitación de las unidades de segundo orden (Areas) dentro de las Regiones anteriormente señaladas, se han considerado las diferentes homogeneidades macrogeomorfológicas 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 ellos a través de su historia geológica.

Así, se han individualizado dentro de la Región I seis áreas:  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$ ,  $I_5$  y  $I_6$ , y dentro de la Región II, dos áreas: la  $II_1$  y la  $II_2$ .

En la área  $I_1$  se incluyen pizarras alternantes con cuarcitas y esporádicamente con grauwackas y calizas. Tiene pendiente inferior al 15 por ciento y normalmente presenta recubrimientos frecuentes y de poco espesor. Está representada en toda la Hoja.

La área  $I_2$  litológicamente es similar a la anterior y ocupa zonas de mayor pendiente (superior al 15 por ciento) con recubrimientos prácticamente inexistentes.

La área  $I_3$  comprende rocas ígneas, ácidas y básicas con asociaciones filonianas de aplitas, pegmatitas, etc. Su situación se reduce a una extensión muy limitada situada en el extremo norte de la Hoja (según las direcciones estructurales de la zona), con pendientes inferiores al 15 por ciento y frecuentes recubrimientos granulares.

En la área  $I_4$  se incluyen areniscas cuarcíticas con intercalaciones de conglomerados. Su morfología es abrupta y no existen los recubrimientos. Sus afloramientos son muy restringidos, apareciendo en los alrededores de Puebla de Guzmán.

La área  $I_5$  está constituida por calizas localmente carstificadas con recubrimientos de poco espesor de arcillas de decalcificación. Las pendientes son suaves, menores del 15 por ciento. Aparece escasamente representada en el extremo norte de la Hoja.

La área  $I_6$  viene definida por rocas efusivas, asociadas a piroclásticas y tobas volcánicas. Ocupan zonas de relieve fuerte, (pendiente mayor del 15 por ciento), si bien los recubrimientos son también frecuentes en zonas más llanas, pero de escaso espesor. Aparecen según alineaciones bien definidas de dirección E-O en todo el centro de la Hoja.

La área  $II_1$  viene representada por arenas y areniscas terciarias, con locales paquetes arcillosos, en zonas de morfología suave sin recubrimientos. Sus afloramientos ocupan el extremo sur oriental de la Hoja.

La área  $II_2$  comprende un conjunto de terrazas constituidas por arenas, arcillas y gravas ligeramente cementadas situadas en cursos fluviales tales como Rivera de Malagón y unas arcillas rojas con cantos muy heterométricos que corresponde a los materiales tipo "raña" que se hallan representados al SE de la localidad "Puebla de Guzmán".

## CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS AREAS

### Area $I_1$

En la área  $I_1$ , el criterio elegido para la separación zonal en áreas ha sido predominantemente petrográfico y morfológico.

Esta área la integran rocas pizarrosas, como litología predominante, en alternancia con cuarcitas y esporádicamente con calizas y grauwackas; sus pendientes son menores del 15 por ciento, por lo que aparecen frecuentes recubrimientos de materiales cohesivos. Su estabilidad es buena bajo condiciones naturales y también bajo la acción del hombre.

La permeabilidad es muy baja, con acuíferos aislados en las zonas de recubrimientos. El drenaje superficial es favorable.

Desde el punto de vista mecánico, poseen capacidad de carga media, con asientos de igual magnitud, que serán mayores en las zonas de recubrimientos, por lo cual debe eliminarse la capa superficial antes de iniciar cualquier cimentación.

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

La litología es similar a la del área anterior, pero sus pendientes son mayores del 15 por ciento, y los recubrimientos prácticamente inexistentes. Es frecuente la aparición de deslizamientos, favorecidos en ocasiones por el paralelismo entre planos de pizarrosidad y pendiente de las laderas. Es inestable bajo la acción del hombre.

Hidrológicamente, se trata de materiales impermeables, lo que, unido a las fuertes pendientes, favorece el desarrollo de la escorrentía superficial que se traduce en una red fluvial muy marcada y densa.

Su capacidad de carga es media, adquiriendo los asientos mayor magnitud en las zonas de deslizamientos.

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

Está constituida por rocas ígneas ácidas y básicas atravesadas por filones de aplitas, pegmatitas, etc. Forma relieves suaves de pendientes menores del 15 por ciento, siendo frecuentes los recubrimientos granulares, que llegan a alcanzar un espesor considerable.

Aunque la permeabilidad de la roca fresca es nula, el agua subterránea se encuentra ligada a zonas de fallas y fracturas, así como también se encuentran acuíferos en los recubrimientos permeables por porosidad intergranular.

Capacidad de carga alta y asientos despreciables; no obstante, es necesario eliminar la capa superficial de terreno suelto antes de realizar las cimentaciones. El drenaje superficial es aceptable y en zonas aisladas, de materiales sueltos, deficiente.

### **Area I<sub>4</sub>**

Areniscas cuarcíticas en bancos potentes con intercalaciones locales de conglomerados. Morfología abrupta con pendientes mayores del 15 por ciento, sin recubrimientos, aunque a veces en la base de estos crestones, pueden aparecer sedimentos tipo "raña". Buena estabilidad.

Hidrológicamente, se trata de materiales impermeables, siendo todo el drenaje superficial favorable.

La capacidad de carga es alta, con asientos despreciables. Pueden existir problemas geotécnicos allí donde la presencia de diaclasado coincide con pendientes fuertes, dando lugar a desprendimientos.

### **Area I<sub>5</sub>**

Está formada por calizas y dolomías con esporádicas señales de carbonatación y en ocasiones marmóreas que, localmente, presentan recubrimientos de escaso espesor de arcillas de decalcificación.

La morfología es suave, con pendientes que oscilan entre el 7 y 15 por ciento. Es estable bajo todo tipo de condiciones. Materiales permeables por carstificación y predominio del drenaje subterráneo frente al superficial, que varía de aceptable a deficiente. Se constatan acuíferos ligados a fenómenos de fracturación.

Capacidad de carga alta, con asientos de magnitud media. Sin embargo, se pueden presentar problemas de índole geotécnico en zonas de fuerte fracturación o fenómenos de hundimiento por carstificación.

### **Área I<sub>6</sub>**

Está formada por rocas efusivas, asociadas a veces a rocas piroclásticas y tobas volcánicas.

La morfología es abrupta, con pendientes superiores al 15 por ciento, recubrimientos despreciables que si bien adquieren mayor desarrollo en zonas llanas, carecen de importancia debido a su escaso espesor. Su estabilidad natural es buena bajo cualquier tipo de acción.

La permeabilidad es nula, con el drenaje superficial muy favorecido por la pendiente.

Las características geotécnicas son muy favorables, con capacidad de carga alta y asientos de mínima magnitud.

### **Área II<sub>1</sub>**

Componen esta área un conjunto de arenas y areniscas con esporádicos paquetes arcillosos. Su morfología es suave, con pendientes que oscilan del 7 al 15 por ciento.

En conjunto permeable, sólo afectada esta permeabilidad por paquetes arcillosos aislados. Se dan acuíferos por porosidad intergranular con caudales importantes.

Desde el punto de vista mecánico, la capacidad de carga es media, con asientos de magnitud elevada a media según el grado de cementación de los materiales. Los niveles arcillosos intercalados pueden originar asientos diferenciales.

### **Área II<sub>2</sub>**

Litológicamente está formada por gravas, arenas y arcillas algo cementadas, ligadas a cursos de agua antiguos o actuales. El resto de la área está ocupado por arcillas rojas con cantos de fuerte heterometría (depósitos tipo "raña").

La morfología es prácticamente llana (aluvial de fondo de los cauces y terrazas).

Conjunto semipermeable, con acuíferos de porosidad intergranular en zonas ligadas a cursos de agua.

Capacidad de carga media a baja; asientos elevados. En los materiales ligados a cursos de agua se presentan problemas hidrológicos que condicionarán las características geotécnicas.

El río Guadiana, en contra de lo que en un principio se podría imaginar, no presenta en esta zona depósitos fluviales sino que va encajado en una morfología abrupta.

## 2.4. FORMACIONES SUPERFICIALES Y SUSTRATO

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

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

En el mapa adjunto se encuadran todos los tipos aparecidos en dos grandes unidades de clasificación: las formaciones superficiales y el sustrato. En la primera, se incluyen aquellos depósitos, poco o nada coherentes, de extensión y espesor variable, depositados desde el Villafranquense 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 de cada unidad de clasificación de segundo orden (Areas).

### FORMACIONES SUPERFICIALES

#### *Arenas, gravas, limos y arcillas (depósitos ligados a cursos de agua). Qa*

Su distribución viene ligada al cauce de los ríos Chanza, Ribera del Malagón y Arroyo del Albañacar. En los demás cursos no se han señalado, debido a su escasa representatividad a la escala de trabajo utilizada.

Su composición y granulometría está condicionada por la litología de la cuenca, por lo que los materiales de esta formación son bastante variables.

Los materiales predominantes son arcillas inorgánicas (CL); su compactación es de aceptable a buena, debiendo utilizarse equipo sobre neumáticos, aunque en algunos casos también pueden emplearse rodillos lisos y cilindros de pata de cabra.

Como cimiento, cuando no está sometido a heladas, su valor oscila entre aceptable y bueno según predominen las arenas y limos arcillosos o las gravas. Como base, estos materiales no son en general adecuados, su acción de helada es de ligera a alta para las fracciones finas, y nula a ligera para las litologías gruesas.

#### *Arenas, arcillas y gravas algo cementadas (depósitos de terrazas). Qt*

Los elementos detríticos de esta formación suelen estar cementados, variando el grado de compacidad según la antigüedad y la altitud de los depósitos. Su extensión de afloramiento es muy escasa, encontrándose en la parte central de la Hoja.

Los análisis se han realizado sobre muestras de arenas arcillosas que se han clasificado como pertenecientes al grupo (SC) de los suelos de grano grueso.

Los materiales finos, en tanto que cimiento, cuando no están sometidos a heladas, manifiestan un comportamiento que oscila entre aceptable y bueno, según predomine la fracción fina o la gruesa.

En terraplenes y rellenos van bien los equipos de compactación sobre neumáticos y cilindros de pata de cabra. Como base son inaceptables, variando su acción potencial de helada de ligera a alta en las fracciones finas.

#### ***Arenas y arcillas (depósitos eluviales procedentes de alteración de rocas volcánicas). Qv***

Aparecen irregularmente distribuidas en la parte central de la Hoja.

Los análisis de laboratorio han dado resultados variables, arcillas inorgánicas (CL) y arenas arcillosas (SC) de plasticidad muy baja.

Como cimiento, cuando no está sometido a la acción del hielo, su valor oscila de aceptable a bueno, tanto para la fracción gruesa como para los finos.

Como base no son utilizables, oscilando su acción potencial para segregar hielo entre ligera y alta. Deben utilizarse equipos de compactación sobre neumáticos y cilindros de pata de cabra, especialmente estos últimos para los suelos del grupo (CL).

La estabilidad de estos materiales para terraplenes es baja, variando las condiciones de compactación, en rellenos, de ligera a media.

#### ***Arcillas grises con cantos dispersos de cuarcita y pizarra (depósitos procedentes de la alteración de macizos detrítico-pizarrosos). Qpm***

Corresponde este conjunto de materiales de litologías y tamaños diferentes a dos tipos de suelos, que se han clasificado como arenas arcillosas (SC), arcillas inorgánicas (CL), de plasticidad baja a media.

Su valor como cimiento, cuando está sometido a la acción del hielo, varía de bueno a aceptable. No resultan adecuados como base bajo pavimentos bituminosos. Su capacidad potencial de helada es de magnitud media con tendencia a alta. Deben utilizarse para su compactación equipos sobre neumáticos y cilindros de pata de cabra.

Para terraplenes, la estabilidad de estos materiales es media. Las condiciones de compactación, en rellenos, varían de ligeras a medias; debido a su plasticidad, es necesario atender en especial al grupo SC.

#### ***Arcillas rojas con cantos muy heterométricos (raña). Or***

Aparecen representadas en un extenso afloramiento situado en el borde centro-oriental de la Hoja.

En función de su plasticidad y granulometría, se distinguen dos tipos de materiales: arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media (CL) y arcillas inorgánicas de elevada plasticidad (CH).

Como cimiento, cuando no está sometido a la acción del hielo, oscilan de aceptable a bueno en el caso CL, y de malo a muy malo en el caso CH.

Estos suelos, como firme, directamente bajo pavimentos bituminosos, son inaceptables. Capacidad media a alta para segregar hielo. Como equipos de compactación deben utilizarse cilindros de pata de cabra y sobre neumáticos.

### **SUSTRATO**

#### ***Arenas y areniscas con cantos de cuarzo y cuarcita y locales lentejones de arcilla. Ta***

Su distribución corresponde a dos extensos afloramientos que aparecen en el ángulo sur-oriental de la Hoja.

Las muestras analizadas corresponden a arenas arcillosas (SC) y arcillas inorgánicas (CL).

Debe tenerse en cuenta que los análisis han dado indicios de presencia de sulfatos.

Como material de relleno, cuando no está sometido a la acción del hielo, varía de aceptable a bueno; para terraplenes su comportamiento es mediano, no siendo utilizables como bases para carreteras. Los equipos de compactación que deben utilizarse son sobre neumáticos y cilindros de pata de cabra.

***Pizarras sericíticas que esporádicamente presentan intercalaciones detríticas (grauwackas y conglomerados) y/o calcáreas. Pp***

Este conjunto pizarroso se encuentra ampliamente representado en el centro y parte superior de la Hoja. Los macizos rocosos a que dan lugar se caracterizan por una esquistosidad bastante acusada. La estabilidad en los desmontes varía ampliamente y es función de la posición de las laderas del desmonte respecto a los planos de esquistosidad. Generalmente, son fáciles de excavar.

***Alternancia rítmica de pizarras y cuarcitas, en ocasiones con intercalaciones volcánicas.***

***Ppm***

Están representadas muy ampliamente en la Hoja, ocupando la parte central e inferior de la misma.

Aunque su litología es similar a la anterior, la presencia de cuarcitas confiere a este conjunto un comportamiento geotécnico diferente y más favorable que las pizarras anteriores.

Sólo con una cartografía a escala más detallada podrían diferenciarse zonas con diferente comportamiento.

***Cuarcitas en bancos potentes y conglomerados. Pc***

Aparecen con escasa representatividad, limitándose a dos pequeñas manchas situadas en la parte central de la Hoja.

Por tratarse de una roca muy compacta, sus condiciones geotécnicas son muy favorables. Los desmontes (ocupan zonas de relieve fuerte) deberán realizarse con explosivos. Su abrasividad es elevada, razón por la cual los útiles de perforación sufren fuerte desgaste.

Es bueno para capa de rodadura en carreteras y soporta taludes importantes.

***Calizas y dolomías algo carbonatadas y en ocasiones marmóreas. Pcd***

Esta formación aparece muy restringida, limitándose sus afloramientos a una pequeña franja de dirección E-O en el límite superior de la Hoja.

En ocasiones, aparece cubierta de arcillas rojas de decalcificación. Su capacidad de carga es alta y los asientos inexistentes.

Se trata de buen material para la construcción, su abrasividad es baja y su estabilidad, buena en los desmontes. Excelente para bases y subbases en carreteras y balasto para ferrocarriles.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS LITOLOGICAS
I	I <sub>1</sub>	Rocas pizarrosas como litología predominante, en algunas zonas con alternancia de cuarcitas y esporádicamente con grauwackas y calizas. Recubrimientos frecuentes y de poco espesor. Pendiente inferior al 15 por ciento.
	I <sub>2</sub>	Litológicamente similar a la anterior. Recubrimientos inexistentes. Pendiente mayor del 15 por ciento.
	I <sub>3</sub>	Constituida por rocas ígneas ácidas y básicas atravesadas por filones de aplitas y pegmatitas. Morfología suave y frecuentes recubrimientos granulares.
	I <sub>4</sub>	Areniscas, generalmente cuarcíticas, en bancos potentes y con intercalaciones de conglomerados. Morfología abrupta. Recubrimientos inexistentes.
	I <sub>5</sub>	Calizas y dolomías con esporádicas señales de carstificación y en ocasiones marmóreas. Localmente presenta recubrimientos de poco espesor de arcillas de decalcificación.
	I <sub>6</sub>	Rocas efusivas asociadas, a veces, a rocas piroclásticas y tobas volcánicas. Relieves fuertes en general.
II	II <sub>1</sub>	Arenas, areniscas, a veces con paquetes arcillosos. Morfología suave y sin recubrimientos.
	II <sub>2</sub>	Arenas, arcillas y gravas algo cementadas ligadas a cursos de agua actuales y antiguos. El resto de la área, está ocupada por arcillas rojas con cantos de fuerte heterometría ("raña").



## FORMACIONES SUPERFICIALES

Qa- Arenas, gravas, limos y arcillas (depósitos ligados a cursos de agua).



Qv- Arenas y arcillas (depósitos eluviales procedentes de la alteración de rocas volcánicas).

Qt- Arenas, arcillas y gravas algo cementadas (depósitos de terrazas).

Qpm- Arcillas grises con cantos dispersos de cuarcita y pizarras (depósitos procedentes de la alteración de macizos detriticos pizarrosos).

Qg- Arenas, gravas y arcillas poco cementadas (depósitos eluviales procedentes de la alteración de rocas intrusivas).

Qr- Arcillas rojas con cantos muy heterométricos (rañas).

## SUSTRATO



Ta- Arenas y areniscas con cantos de cuarzo, cuarcitas y locales letejones de arcilla.

Pp- Pizarras sericíticas que esporádicamente presentan intercalaciones detriticas (grouwackas y conglomerados) y/o calcáreas.

Ppm- Alternancia rítmica de pizarras y cuarcitas, en ocasiones con intercalaciones volcánicas.

Pc- Cuarcitas en bancos potentes y conglomerados.

Pcd- Calizas y dolomías algo carbonatadas y en ocasiones marmoreas.

V- Rocas volcánicas ácidas y básicas tipo riolitas, dacitas, andesitas, espilitas, doleritas y basaltos.

I- Rocas ígneas (granito, sienitas, gabros y piroxenitas).

***Rocas volcánicas ácidas y básicas tipo riolitas, dacitas, andesitas, espilitas, doloritas y basaltos. V***

Están situadas en la parte central de la Hoja, según afloramientos alargados de dirección claramente definida E-O.

Salvo en zonas de recubrimientos, la capacidad de carga es alta y los asientos inexistentes.

La abrasividad es elevada y los desmontes suelen ser estables, permitiendo taludes de magnitudes importantes.

***Rocas ígneas (granitos, sienitas, piroxenitas y gabros). I***

Su representación es escasa, quedando restringida su presencia a unos pequeños afloramientos situados en la parte septentrional de la Hoja.

La abrasividad de la roca es elevada y es necesario, si está fresco, el uso de explosivos para su extracción. Su estabilidad en desmontes es buena y puede soportar taludes importantes.

En ocasiones están enmascaradas por recubrimientos de notable espesor, en este caso, el "lenz" es ripable y se sostiene mal, problema que se ve agravado por la naturaleza permeable de este material y su contenido en agua.

## **2.5. CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS**

En este apartado se analizan los principales rasgos morfológicos, en relación con la repercusión que tienen, o pueden tener, sobre las condiciones constructivas de cada tipo de terreno.

El análisis tendrá como base las características y comportamiento de las diferentes asociaciones de rocas ante las condiciones del medio, resaltando aquellos problemas que surjan en el terreno, bien por causas puramente naturales, bien por la acción directa del hombre. Se completará lo expuesto por medio de un mapa y de una ficha resumen en la que se incluyen las características geomorfológicas más interesantes de cada unidad de clasificación de segunda categoría.

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

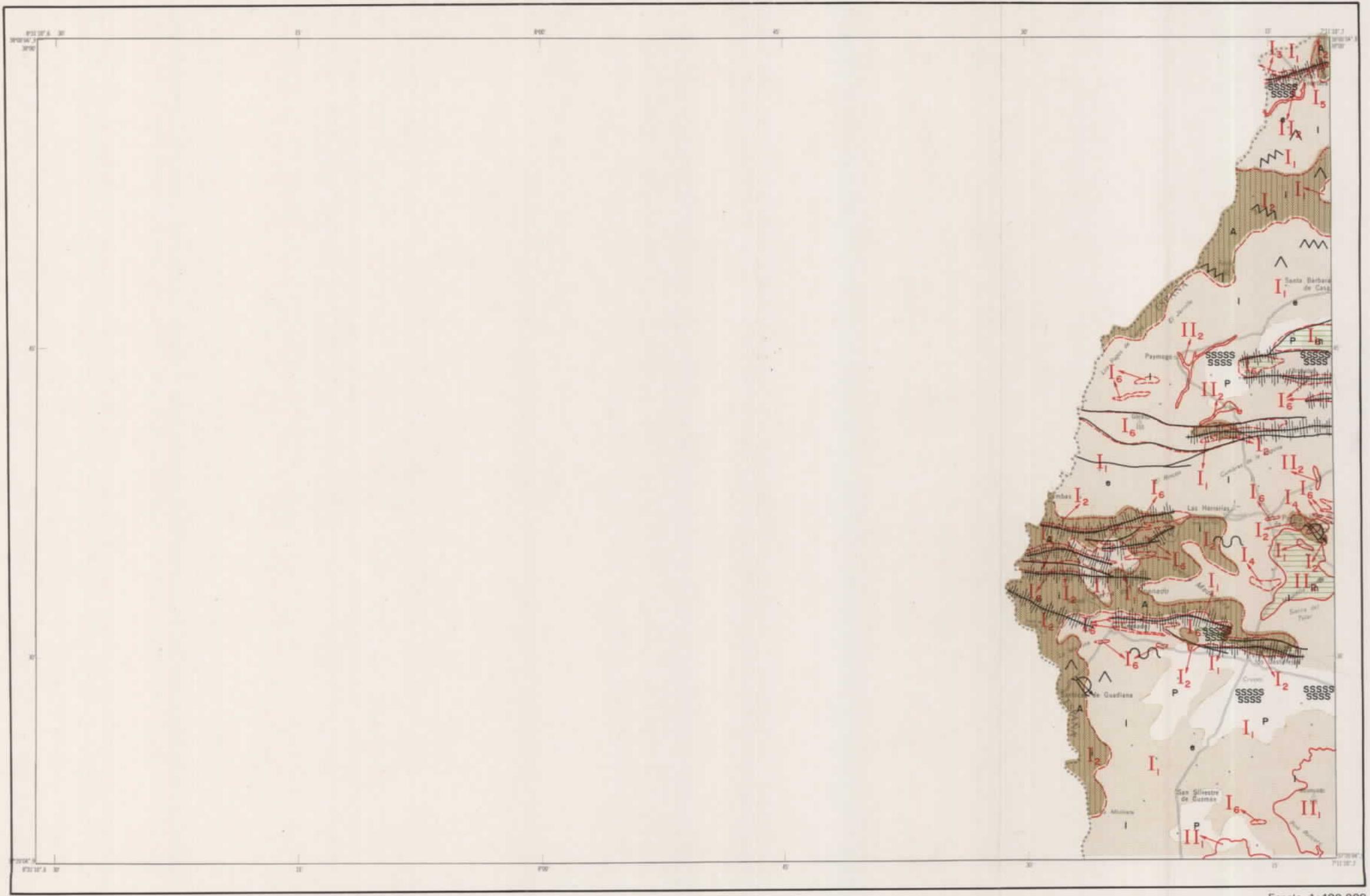
Muestra una morfología suave, con pendientes inferiores al 15 por ciento, y generalmente aparece recubierta por materiales cohesivos de arena y arcillas que incluyen en su interior lajas de pizarras.

Es estable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.

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

Se trata de una morfología abrupta, con pendientes superiores al 15 por ciento, los recubrimientos son escasos o no existen. Es frecuente la presencia de deslizamientos, favorecidos por coincidir frecuentemente el buzamiento de los planos de pizarrosidad con la dirección de máxima pendiente.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS
I	I <sub>1</sub>	Area de morfología suave, con pendientes inferiores al 15 por ciento que generalmente aparece recubierta por materiales cohesivos. Estable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.
	I <sub>2</sub>	Morfología abrupta con pendientes superiores al 15 por ciento. Es estable bajo condiciones naturales e inestable bajo la acción del hombre. Los recubrimientos, son escasos, o no existen. Frecuencia de deslizamientos, donde la pizarrosidad coincide con la pendiente.
	I <sub>3</sub>	Forma de relieve suave o intermedio con recubrimientos granulares. Es estable bajo cualquier tipo de acción. Pendientes inferiores al 15 por ciento.
	I <sub>4</sub>	Morfología abrupta de pendientes mayores del 15 por ciento. Recubrimientos inexistentes. Zona estable bajo la acción del hombre y en condiciones naturales.
	I <sub>5</sub>	Su morfología es suave con pendientes que oscilan entre el 7 y 15 por ciento. Es estable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.
	I <sub>6</sub>	Morfología abrupta con pendientes superiores al 15 por ciento. En zonas llanas son frecuentes los recubrimientos, si bien tienen poco espesor. Son estables bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.
II	II <sub>1</sub>	Morfología suave con pendientes que oscilan del 7 al 15 por ciento. Su estabilidad natural, así como bajo la acción del hombre es buena.
	II <sub>2</sub>	Presentan una morfología prácticamente llana (en el fondo de los cauces). La estabilidad natural de las terrazas es buena, aunque pueden ir degradándose paulatinamente en su borde. La zona correspondiente a la raña, si bien presenta mayor pendiente, conserva su estabilidad natural y bajo la acción del hombre.

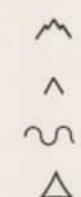


Escala 1:400.000

SIMBOLOGIA

FENOMENOS GEOLOGICOS ENDOGENOS

- Folla o zona de folla
- Zona influenciada por fracturas o fallas



FENOMENOS GEOLOGICOS EXOGENOS

- ▲ Formas de relieve muy acusadas
- ▲ Formas de relieve acusadas
- ▲ Formas de relieve atomadas
- ▲ Acumulacion de rocas sueltas
- SSSS SSSS Recubrimientos por alteracion
- ▲ Abarrancamientos
- ▲ Deslizamientos en potencia a favor de las pendientes naturales

DIVISION ZONAL

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

INTERPRETACION DEL MAPA  
TOPOGRAFICO

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

— Límite de separación de Zonas.

SEPARACION DE ZONAS SEGUN SU  
GRADO DE ESTABILIDAD

- E Zonas estables bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.
- IN Zonas estables bajo condiciones naturales e inestables bajo la acción del hombre.
- I Zonas inestables bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.

— Límite de separación de Zonas.

Es estable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre. A valores mayores de la pendiente, puede llegar a ser inestable bajo cualquier tipo de acción.

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

Forma de relieve suave o intermedio, con pendientes inferiores al 15 por ciento y recubrimientos granulares.

Se considera estable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.

### **Area I<sub>4</sub>**

Presenta una morfología abrupta, con pendientes superiores al 15 por ciento. Los recubrimientos son inexistentes. Pueden aparecer desprendimientos muy localizados en relación con fallas y diaclasas en las zonas de mayor pendiente. Zona estable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.

### **Area I<sub>5</sub>**

Su morfología es suave, con pendientes que oscilan entre el 7 y 15 por ciento. Es estable bajo todo tipo de condiciones, únicamente algunas acumulaciones de arcillas de decalcificación pueden, de forma muy restringida, dar lugar a pequeños deslizamientos a favor de la pendiente.

### **Area I<sub>6</sub>**

Relieve abrupto, de pendientes mayores del 15 por ciento. Son inexistentes los recubrimientos, apareciendo únicamente, con carácter local y de poco espesor, en zonas de relieve más suave. Zona estable bajo el hombre y bajo condiciones naturales.

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

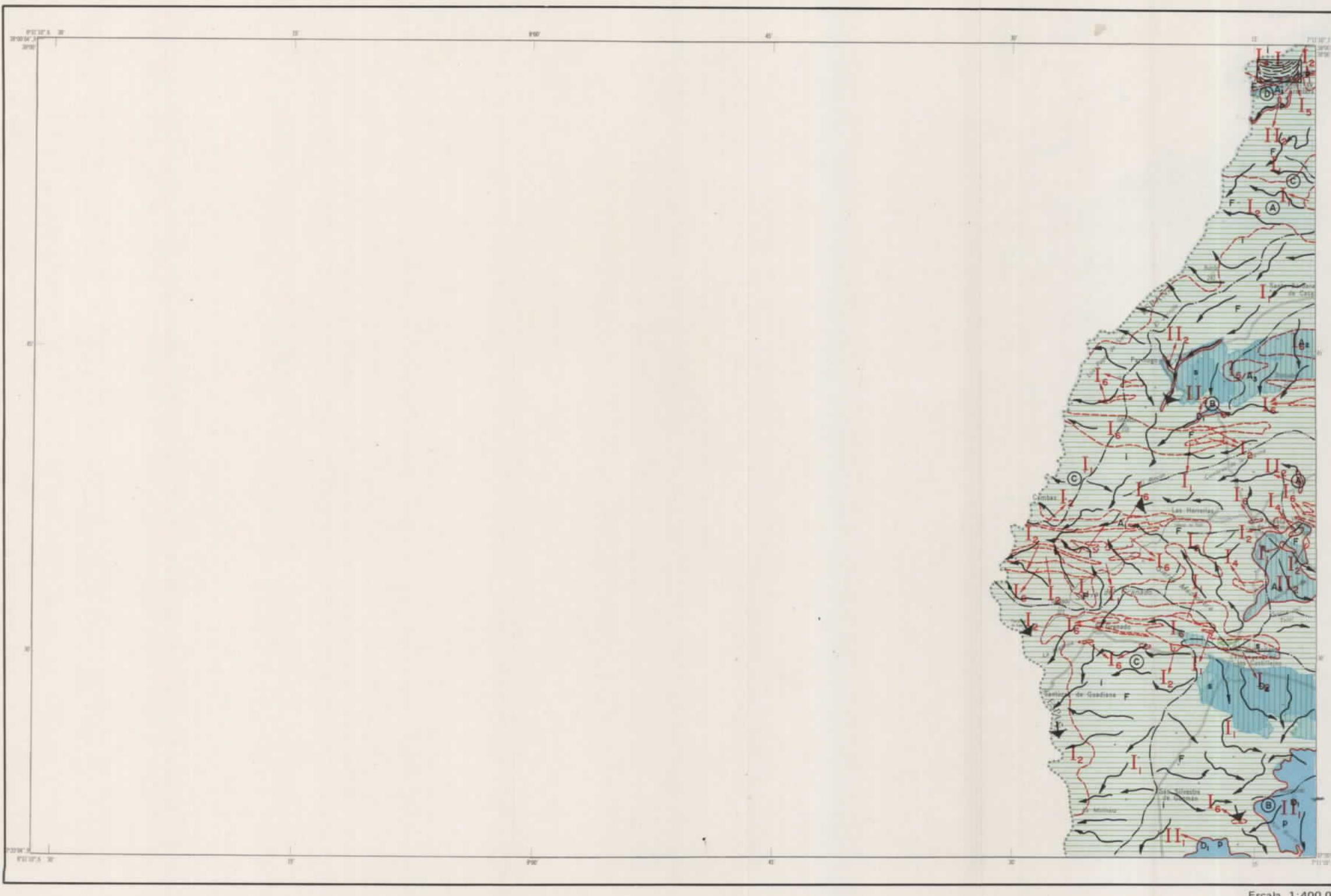
Presenta una morfología suave, con pendientes que oscilan del 7 al 15 por ciento. No existen recubrimientos y su estabilidad natural y bajo la acción del hombre es buena.

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

La morfología es prácticamente llana, tanto en el fondo de los cauces como en las terrazas. En estas últimas la estabilidad natural es buena, aunque pueden ir degradándose paulatinamente en su borde.

La zona correspondiente a la raña, si bien presenta mayor pendiente, conserva su estabilidad natural y bajo la acción del hombre.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS
I	I <sub>1</sub> y I <sub>2</sub>	<p>Areas con predominio de materiales impermeables. Ausencia de acuíferos, o aislados en zonas con recubrimientos.</p> <p>El drenaje superficial es favorable con una red fluvial muy marcada que es más densa en la Area I<sub>2</sub>.</p>
	I <sub>3</sub>	<p>Roca impermeable. Debido a su alteración aparecen acuíferos. Agua ligada a fallas y fracturas.</p> <p>Drenaje superficial aceptable con tendencia a deficiente.</p>
	I <sub>4</sub>	Materiales impermeables con escorrentía superficial favorable.
	I <sub>5</sub>	Materiales permeables por carstificación. Predominio de drenaje subterráneo, frente al superficial que es aceptable. Existencia de acuíferos ligados a fenómenos de fracturación.
	I <sub>6</sub>	Materiales en general impermeables. En zonas de poca pendiente y con recubrimientos, el drenaje subterráneo es deficiente. Donde aflora la roca el drenaje es favorable con una red fluvial muy poco densa.
	II <sub>1</sub>	Conjunto de materiales permeables, si bien existen pequeños niveles impermeables. Drenaje superficial deficiente. Acuíferos por porosidad intergranular con caudales importantes. La permeabilidad solo se ve afectada por paquetes de arcillas que la disminuye.
II	II <sub>2</sub>	Predominio de materiales semipermeables, con acuíferos por porosidad intergranular en zonas ligadas a cursos de agua.



## CONDICIONES DE DRENAJE

- N Zonas con Drenaje Nulo
- D<sub>1</sub> D<sub>2</sub> Zonas con Drenaje Deficiente
  - D<sub>1</sub> Drenadas en superficie por percolación natural. Agua a escasa profundidad.
  - D<sub>2</sub> Drenadas en superficie por escorrentía poco activa.
- A<sub>1</sub> A<sub>2</sub> A<sub>3</sub> Zonas con Drenaje Aceptable
  - A<sub>1</sub> Percolación natural
  - A<sub>2</sub> Percolación por la fisuración de las rocas.
  - A<sub>3</sub> Percolación muy débil
- F Zonas de Drenaje Favorables
  - Escorrentía superficial muy activa

— Límite de separación de Zonas

## PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES

- P Materiales permeables
- S Materiales semipermeables
- I Materiales impermeables

— Límite de separación de los distintos materiales.

## HIDROLOGIA SUPERFICIAL

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

## SIMBOLOGIA

## HIDROLOGIA SUBTERRANEA

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

## FACTORES HIDROLOGICOS VARIOS

- Agua ligada a fenómenos de fracturación
- Aguas Colgadas

## DIVISION ZONAL

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

## **2.6. CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS**

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

El análisis se basará en las distintas permeabilidades de los materiales, así como en sus condiciones de drenaje y en los problemas que de la conjunción de ambos aspectos puedan aparecer. Se completará con un mapa y una ficha en la que se hacen constar las características hidrológicas más interesantes de cada unidad de clasificación de segundo orden.

### **Areas I<sub>1</sub> y I<sub>2</sub>**

Predominio de materiales impermeables con ausencia de acuíferos, salvo en zonas de recubrimientos donde el material posee mayor permeabilidad. El drenaje superficial es favorable, con una red fluvial muy marcada que se hace más densa en la área I<sub>2</sub>.

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

Roca impermeable, en la que aparecen acuíferos ligados a zonas de fallas y fracturas y en los recubrimientos, donde existen acuíferos por porosidad intergranular. El drenaje superficial es aceptable en zonas de mayor relieve y deficiente en las que poseen recubrimientos (zonas de topografía más suave).

### **Area I<sub>4</sub>**

Constituida por litología de carácter impermeable, el drenaje subterráneo es nulo y sólo en las zonas donde pueden aparecer canchales (no cartografiados a la escala de trabajo), existirá una escorrentía subterránea de agua. El drenaje superficial es muy activo, favorecido por las fuertes pendientes y la naturaleza impermeable del material.

### **Area I<sub>5</sub>**

Materiales de alta permeabilidad, con acuíferos (ligados a fenómenos de fracturación y carbonatación) de elevado contenido en agua, como lo demuestra la presencia de manantiales existentes a lo largo de la formación.

Adquiere mayor desarrollo el drenaje subterráneo que el superficial, siendo este último aceptable.

### **Area I<sub>6</sub>**

Está formada por materiales impermeables. En zonas de poca pendiente, donde existen recubrimientos, el drenaje subterráneo es deficiente y, por el contrario, donde aflora la roca fresca el drenaje superficial es favorable, pero con desarrollo de una red fluvial poco densa. Este drenaje superficial está favorecido por las fuertes pendientes y por la naturaleza impermeable del material.

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

Conjunto de materiales detríticos, permeables por porosidad intergranular. En algunos puntos la alternancia de los materiales detríticos con las arcillas da lugar a zonas de permeabilidad más bajas.

El drenaje superficial es deficiente, debido a la escasa pendiente y al carácter permeable de los materiales.

Es posible la existencia de acuíferos a distintas profundidades con caudales importantes, como lo demuestra la existencia de fuentes y manantiales.

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

Existe un predominio de materiales semipermeables, con acuíferos por porosidad intergranular en los depósitos ligados a cursos de agua (aluviales) con niveles freáticos altos. La zona correspondiente a la raña tiene baja permeabilidad, siendo el drenaje predominantemente superficial, si bien en algunos puntos, según el predominio de arcillas y limos, pueden aparecer zonas de encharcamientos.

## **2.7. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS**

En este apartado se analizarán las principales características geotécnicas de la Hoja, entendiendo bajo esta acepción todas aquellas que están implicadas con la mecánica del suelo y con 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 al mismo tiempo todos aquellos factores que, de forma directa o indirecta, influyan sobre la 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.

A fin de no perder homogeneidad con lo hasta ahora expuesto, se seguirá, en la primera parte de este apartado, haciendo referencia a cada una de las áreas de forma individualizada, para luego, de forma global, exponer las características sismorresistentes de toda la Hoja, indicando qué tipo de problemas pueden ocurrir y en qué zonas habrá más propensión a ellos.

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

Posee capacidad de carga media y la magnitud de los asientos viene condicionada por la presencia de recubrimientos.

En el caso de que estos sean de poco espesor deberán retirarse antes de realizar las cimentaciones, siendo esta operación sencilla por tratarse de zonas de pendiente inferior 15 por ciento, lo que no ocurrirá allí donde el espesor adquiera mayor magnitud.

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

Capacidad de carga media y asientos de magnitud variable, pues se tratará de una área de pendientes altas y donde los problemas geotécnicos se acentúan, cuando la piza-

rrosidad coincide con la dirección de las pendientes de las laderas, lo que dará lugar a deslizamientos.

En esta área los recubrimientos son débiles, por lo cual puede procederse como en el primer caso citado en la área anterior.

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

Cuando aflore la roca fresca, no existen problemas geotécnicos por ser la capacidad de carga alta y no presentar problemas de asientos. Estas óptimas condiciones desaparecen en zonas de menor pendiente, donde la presencia de recubrimientos granulares y problemas hidrológicos, alteran las condiciones favorables de los parámetros constructivos.

Por tanto, si la potencia es escasa, estos recubrimientos deberán eliminarse.

### **Area I<sub>4</sub>**

Su capacidad de carga es alta, no presentando ningún problema de asientos. Unicamente variarán las condiciones geotécnicas donde la presencia de diaclasado coincide con pendientes fuertes, dando lugar entonces a desprendimientos.

### **Area I<sub>5</sub>**

Se puede considerar esta área, constituida toda ella por roca fresca, al ser los recubrimientos de arcilla de decalcificación muy poco potentes, por lo que deberán ser retirados cuando se vaya a realizar cualquier cimentación.

Así, en estas condiciones se considera la área con capacidad de carga alta y asientos de magnitud media. No obstante, pueden aparecer problemas de índole geotécnica en zonas de fuerte fracturación o bien fenómenos de hundimiento por carstificación.

### **Area I<sub>6</sub>**

Ocupa normalmente zonas de relieve alto, tratándose de roca sin alterar, con muy buenas condiciones geotécnicas; es decir, capacidad de carga alta e inexistencia de asientos.

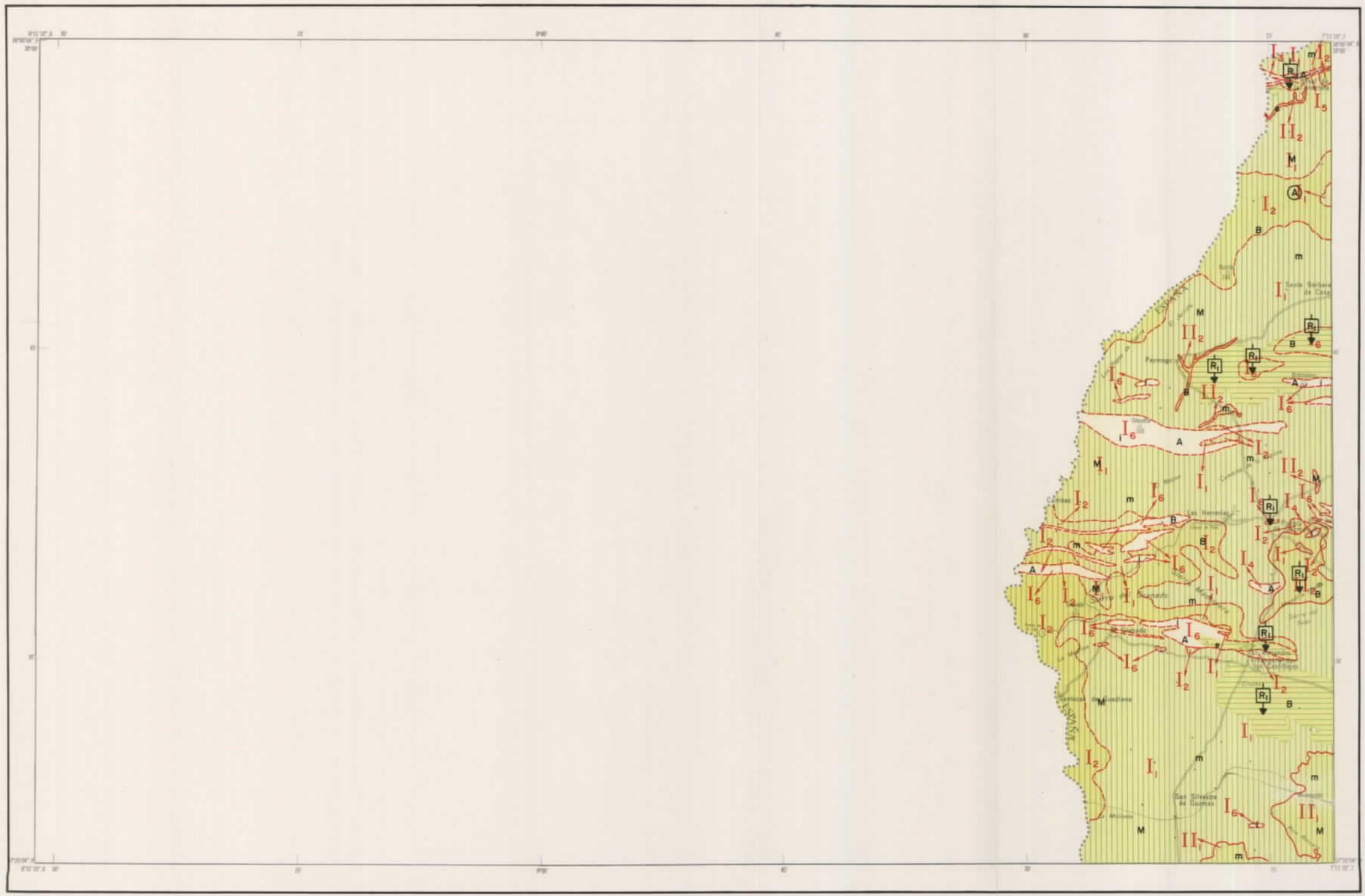
Los recubrimientos, aunque aparecen esporádicamente en las zonas más llanas, son de muy poco espesor, por lo que no se consideran representativos respecto a la cimentación.

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

La capacidad de carga es media, con asientos de magnitud elevada a media, según el grado de cementación que posean los materiales, de composición heterogénea. Puntualmente y debido precisamente a las variaciones litológicas, pueden existir asientos diferenciales de pequeña magnitud.

El nivel freático alto puede dar origen a dificultades constructivas.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I <sub>1</sub> y I <sub>2</sub>	Capacidad de carga media. La magnitud de asientos, viene condicionada en la primera área con la presencia de recubrimientos y en la segunda área por la mayor pendiente, acentuándose los problemas geotécnicos cuando la pizarrosidad coincide con ella.
	I <sub>3</sub>	Capacidad de carga alta y sin problemas de asientos. Presencia de asientos de magnitud media, en relación con los recubrimientos granulares.
	I <sub>4</sub>	Capacidad de carga alta, sin asientos. Pueden existir problemas geotécnicos, allí donde la presencia de diaclasado coincida con pendientes fuertes, dando lugar a desprendimientos.
	I <sub>5</sub>	En principio se les puede considerar con capacidad de carga alta, con asientos de magnitud media. Sin embargo, se pueden presentar problemas de índole geotécnica en zonas de fuerte fracturación o fenómenos de hundimiento por carstificación.
	I <sub>6</sub>	Por presentar en general recubrimientos de poco espesor, se considera como roca fresca, que tiene capacidad de carga alta y no presenta problemas geotécnicos.
	II <sub>1</sub>	Capacidad de carga media con asientos de magnitud elevada a media, según el grado de cementación de los materiales. Puntualmente asientos diferenciales debido a las variaciones litológicas.
II	II <sub>2</sub>	Capacidad de carga de media a baja. Asientos elevados. En los materiales ligados a cursos de agua, se presentan además problemas hidrológicos que van a condicionar las características geotécnicas.



Escala 1:400.000

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

- Recubrimientos granulares
- Recubrimientos cohesivos

DIVISION ZONAL

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

## **Área II<sub>2</sub>**

La capacidad de carga va de media a baja, con asientos de magnitud elevada. En los materiales ligados a cursos fluviales se presentan problemas hidrológicos que van a dificultar la construcción en esta zona.

Los depósitos al pie de los crestones cuarcíticos (raña) presentan menos problemas, siendo sus parámetros geotécnicos función del espesor de la misma y de la proporción en arcilla.

Como epílogo de este punto y tal como se indica en su principio, se analizarán someramente las características sismorresistentes de la Hoja.

Siguiendo las especificaciones establecidas en la Norma Sismorresistente P.G. S-1 (1968), toda la área estudiada se encuadra dentro de las zonas "A" que poseen una intensidad macrosísmica, según la escala (MSK)  $G < VI$ , y por consiguiente no deben esperarse en ella fenómenos sísmicos que produzcan efectos perjudiciales para la construcción. Así pues, podrá realizarse cualquier tipo de edificación, dentro de la Hoja, sin prever las normas dictadas por el gobierno en la publicación antes mencionada.

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

La serie de características analizadas a lo largo de los apartados que componen el punto 2, sirve de base para poder pasar a dar, ahora, 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 determinados en 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 un conjunto de terrenos que presentan problemas de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.).

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

Se consideran con estas características aquellas superficies ocupadas por recubrimientos procedentes de la alteración de rocas volcánicas y a los materiales tipo "raña" sobre pendientes superiores al 15 por ciento. La inestabilidad de estos materiales sueltos y el espesor a veces considerable de alguno de ellos, como es el caso de la raña, hace que se les considere como muy desfavorables en cuanto a condiciones constructivas.

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

Se incluyen con esta denominación un conjunto de terrenos que presentan problemas de los siguientes tipos: geomorfológico y geotécnico (p.d.); litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.); o litológico, geomorfológico, hidrológico y geotécnico (p.d.).

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

Poseen estas características las pizarras alternantes con otros materiales cuando sus pendientes son superiores al 15 por ciento.

Las condiciones constructivas son desfavorables precisamente por las fuertes pendientes, que plantearán con frecuencia problemas de estabilidad, favoreciendo los deslizamientos de los materiales a favor de la pizarrosidad. El alto valor de las pendientes obligará a hacer excavaciones, antes de la realización de las obras, para construir sobre pendientes más suaves. A su vez, al aumentar los taludes en el frente de corte se plantearán problemas de estabilidad, o bien si se da un menor ángulo al frente de la excavación, se aumentarán bastante los volúmenes a mover.

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

Se incluyen en este apartado los depósitos tipo "raña" y los recubrimientos sobre rocas volcánicas y pizarras en alternancia con otros materiales que ocupan áreas con unas pendientes comprendidas entre el 7 y el 15 por ciento, así como los materiales de alteración de las rocas ígneas con pendientes mayores del 15 por ciento.

En los dos últimos casos las dificultades e incidencias, si se realizan explanaciones, serán parecidas a las del grupo anterior, aunque si bien las pendientes en este caso son menores, la poca coherencia de los materiales y el hecho de que las acumulaciones estén todavía en formación, obligan a incluir a las superficies con esta problemática en el grupo de condiciones constructivas desfavorables.

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

Se consideran pertenecientes a este grupo las arenas y areniscas terciarias, así como los recubrimientos procedentes de las rocas ígneas que ocupan pendientes comprendidas entre el 7 y el 15 por ciento.

Además de los problemas del caso anterior, la presencia del nivel freático alto en algunos puntos dificulta las operaciones previas a cualquier cimentación.

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

Se incluye con esta denominación un conjunto de materiales que pueden plantear problemas de los siguientes tipos: geomorfológico; geomorfológico y geotécnico (p.d.); litológico, hidrológico y geotécnico (p.d.).

#### ***Problemas de tipo geomorfológico***

Se consideran constructivamente aceptables las rocas volcánicas, calizas y cuarcitas, cuando su pendiente es superior al 15 por ciento. No presentan problemas ni hidrológicos, ni litológico ni geotécnicos.

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

Se han incluido bajo este epígrafe las pizarras y pizarras alternantes con otros materiales detríticos, cuando su pendiente oscila entre el 7 y 15 por ciento.

No presentan problemas de nivel freático alto ni tampoco de tipo litológico, incidiendo únicamente el factor geomorfológico, en los parámetros geotécnicos.

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

Se consideran en este apartado las superficies ocupadas por: arenas y areniscas terciarias, los depósitos aluviales y los recubrimientos provenientes de la alteración de rocas volcánicas y de pizarras, todos con pendientes inferiores al 7 por ciento. El nivel freático, alto en general, unido a la posibilidad de asientos diferenciales en algunos puntos, hacen que esta zona se considere como de características constructivas aceptables.

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

Se incluyen bajo esta denominación un conjunto de terrenos en los cuales los problemas más importantes son de alguno de los siguientes tipos: geomorfológico; geotécnico (p.d.); litológico e hidrológico.

#### ***Problemas de tipo geomorfológico***

Se consideran con esta característica las calizas, cuarcitas, rocas ígneas y volcánicas, que ocupan zonas de pendiente comprendida entre el 7 y 15 por ciento. No presentan problemas de tipo litológico, ni hidrológico, ni geotécnico.

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

Se consideran con condiciones constructivas favorables los materiales detríticos paleozoicos que, con pendientes inferiores al 7 por ciento, presentan problemas geotécnicos, no existiendo de ningún otro tipo.

La capacidad de carga y los asientos pueden adquirir valores un poco alejados del óptimo, en unos casos, o tomar carácter diferencial en otros.

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

Se incluyen aquí los depósitos ligados a cursos fluviales antiguos (terrazas). La naturaleza local e irregular de los afloramientos pueden motivar asientos diferenciales en este tipo de material.

## BIBLIOGRAFIA

- **Anotaciones sobre un plano geológico minero de la provincia de Huelva.** Carbonell, J. Cat. Des. Cri. Min., t. 1-2. 1933.
- **Aplicaciones de la Geología al urbanismo, el ejemplo de la zona rural de Anchorage.** Debroyolny. Congreso Internacional de Geología. Checoslovaquia, 1968.
- **Balance Hídrico.** M.O.P.
- **Bocetos de Mapas Geotécnicos a E 1:125.000.** EE.UU. Geological Survey. 1962.
- **Carte géotechnique de la Suisse. E 1:200.000.** Quervain y Hojmanner. Comisión Géotechnique Suisse 1964.
- **Censo de la Población de España.** Instituto Nacional de Estadística. 1970. Tomo II-21. Provincia de Huelva.
- **Comunicación verbal del Ministerio de Obras Públicas.** García Hernán. Madrid 1975.
- **Comunicación verbal de Lázaro Vázquez, F.** Ingeniero Jefe de Coordinación del Ministerio de Agricultura. Madrid 1975.
- Consejo Superior del Ministerio de Industria. **Memoria 1970.**
- **Datos climáticos de Huelva.** Servicio Meteorológico Nacional.
- **Datos climáticos para carreteras.** M.O.P. 1964.
- **El mapa de zonas sísmicas generalizadas en la Península Ibérica.** Instituto Geográfico y Catastral. 1969.
- **Engineering-geological cartography in Poland I.** Kalinowski. Congreso de Geología del Ingeniero. París 1970.
- **España. Anuario estadístico.** Instituto Nacional de Estadística. 1970.
- **España. Anuario estadístico.** Instituto Nacional de Estadística. 1971.
- **España. Anuario estadístico.** Instituto Nacional de Estadística. 1972.
- **España. Atlas e índices de sus Términos Municipales.** Confederación española de Cajas de Ahorros. Madrid. 1969.
- **Estudio sobre la población española.** III Plan de Desarrollo Económico y Social.
- **Geotecnia y Cimientos.** I. Jiménez Salas, J.A. y Justo Alpañés, J.L. Madrid.

- **Introducción a un estudio del término municipal de Puebla de Guzmán, en la provincia de Huelva.** Doetsch, J. Bol del Inst. Geol. y Min. de España, núm. 65, pág. 37.
- **Investigación de hierros del SO.** Geocisa. I.G.M.E.
- **La era cuaternaria, problemas y métodos de estudio.** Cailleux, A. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 1956.
- **Las Rocas.** Cailleux, A. Eudeba, 1963.
- **Levantamientos geotécnicos en la URSS.** Golodkonskaya y Kolomeski. Congreso Geológico Internacional de Checoslovaquia. 1968.
- **Mapa de Síntesis de Sistemas acuíferos de España peninsular, Baleares y Canarias.** I.G.M.E. Departamento de publicaciones del I.G.M.E.
- **Mapa Geológico y Memoria del Centro de la provincia de Huelva.** Adaro. Particular. Programa Nacional de Investigación Minera. 1969.
- **Mapa Geológico de España E 1:200.000.** Síntesis de la cartografía existente. Hoja 74 Puebla de Guzmán. I.G.M.E. Madrid. 1971.
- **Mapa Geotécnico 1:200.000 de Linares.** I.G.M.E.
- **Mapa Geotécnico 1:200.000 de Pozoblanco.** I.G.M.E.
- **Mapa Geotécnico 1:200.000 de Sevilla.** I.G.M.E.
- **Mapa Geotécnico de Yugoslavia E 1:500.000.** Gojgic, D. Belgrado. 1967.
- **Ministerio de Obras Públicas. Datos de aforo del período 1968-1969.** Comisaría de Aguas del Guadiana. Madrid. 1975.
- **Nomenclátor de las ciudades, villas, lugares, aldeas y demás entidades de población de Huelva.** Censo de la población de España de 1970. Instituto Nacional de Estadística. Tomo IV-21. Madrid 1973.
- **Normalización de Leyendas Geológicas.** Espejo Molina, J.A. Congreso Hispano-Luso-American de Geología Económica. 1971.
- **Norma Sismorresistente P.G. S-1 (1968) Parte A.** Presidencia del Gobierno.
- **Notas fosilíferas pertenecientes a la Hoja geológica de Puebla de Guzmán (Huelva).** Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de España, núm. 37, pág. 55-72. 1955.
- **Plan Nacional de Minería P.N.I.M. Mapa Geotécnico Nacional.** I.G.M.E. 1972.
- **Précis de geomorphologie.** Derrauau, M. París 1965.

- **Principes et méthodes de la Géomorphologie.** Tricart, J. Masson y Cía. París 1965.
- **Problemas fundamentales de la geología regional de los Cárpatos Checoslovacos.** Matula. Congreso Geológico Internacional de Checoslovaquia, 1968.
- **Proyecto del Guadalquivir. Región de Huelva.** Mapa hidrogeológico. F.A.O. Instituto Geológico y Minero de España (inédito). 1970.
- **Reseñas estadísticas de la provincia de Huelva.** Presidencia del Gobierno. Instituto Nacional de Estadística.
- **Revista Sindical de Estadística nº 110-2º trimestre.** Año 1973. Madrid.
- **Siluriano de Andalucía (Piritas Badajoz y Huelva).** Hernández Sampelayo, P. Memorias del Inst. Geol y Min. de España, T. 45, pág. 358. 1942.
- **The principles of compiling the engineering geological map of the URSS territory on the scale of 1:2.500.000.** Churinov. Congreso de Geología Económica. París 1970.