

MINISTERIO DE INDUSTRIA

DIRECCION GENERAL DE MINAS

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

HOJA	3-10
	75

00292

MAPA GEOTECNICO GENERAL

SEVILLA



**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

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

**SEVILLA**

**HOJA 3-10/75**

SERVICIO PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

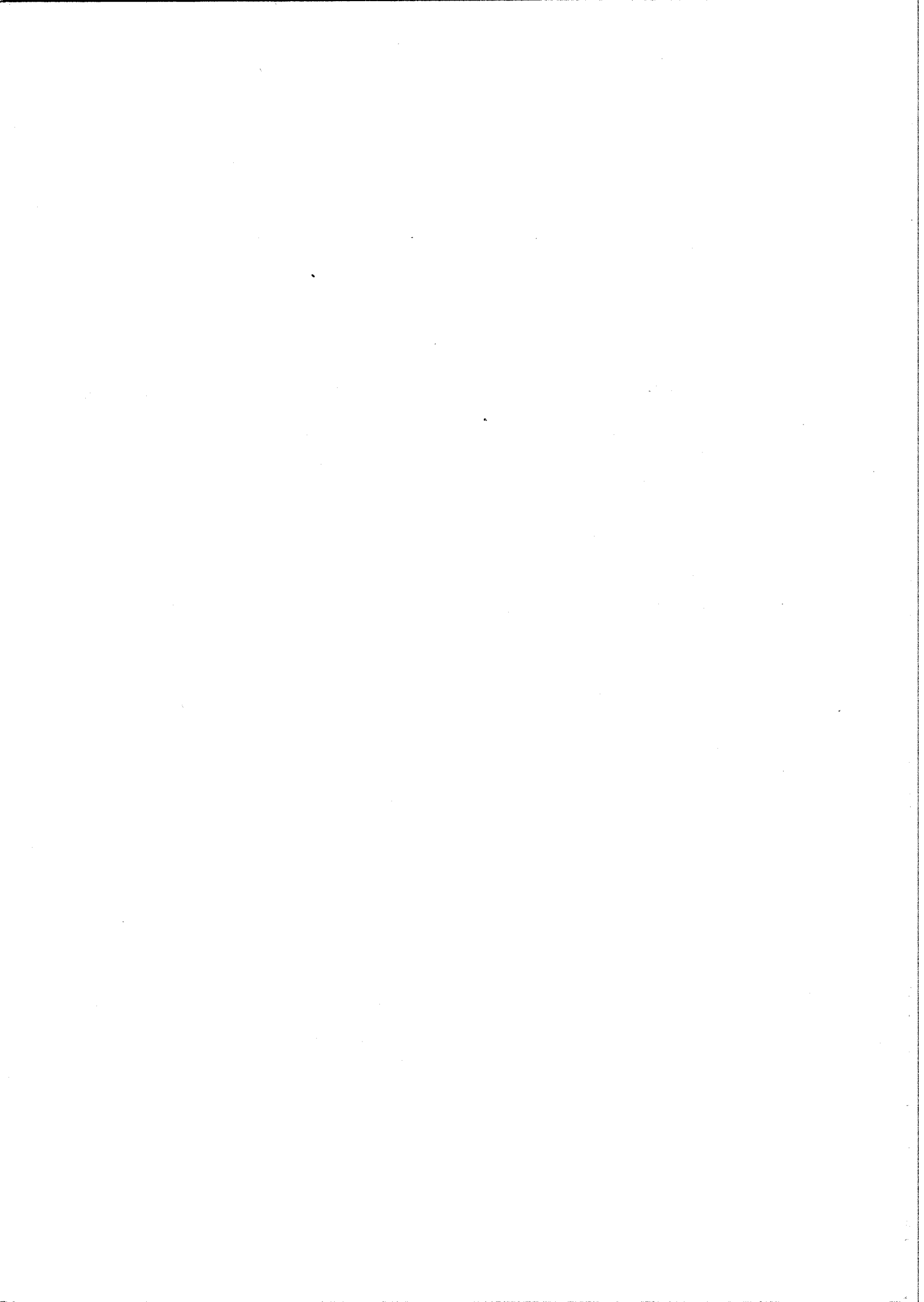
Servicio de Publicaciones - Ministerio de Industria - Claudio Coello, 44 - Madrid-1

Depósito Legal: M. 22366 - 1.975

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

## INDICE

	pág
<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPCION DE FACTORES CON INCIDENCIAS GEOTECNICAS</b>	<b>3</b>
2.1. Características físico-geográficas	3
2.2. Bosquejo geológico	6
2.3. Criterios de división. Características generales de las áreas	14
2.4. Formaciones superficiales y sustrato	20
2.5. Características geomorfológicas	27
2.6. Características hidrológicas	31
2.7. Características geotécnicas	34
<b>3. INTERPRETACION GEOTECNICA DE LOS TERRENOS</b>	<b>39</b>
3.1. Terrenos con condiciones constructivas muy desfavorables	39
3.2. Terrenos con condiciones constructivas desfavorables	40
3.3. Terrenos con condiciones constructivas aceptables	41
3.4. Terrenos con condiciones constructivas favorables	43
3.5. Terrenos con condiciones constructivas muy favorables	44
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>45</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.

#### **2.1.1. Situación geográfica**

La área en estudio es la Hoja 3-10 Sevilla. Como fondo topográfico se ha utilizado el Mapa Militar de España a escala 1:200.000. Los límites coinciden con la número 75 del Mapa Geológico de Síntesis y se sitúa en el ángulo Sur-Occidental de la Península. Su superficie, de 16.000 km<sup>2</sup> aproximadamente, está comprendida entre 37°20'04", 9; 38°00'04",8 de latitud N y 5°51'10", 8; 7°11'10", 7 de longitud O referidos a Greenwich, y corresponde a gran parte de las provincias de Huelva y Sevilla, a un pequeño triángulo en el S de la provincia de Badajoz y a un minúsculo entrante de Portugal, en el ángulo NO de la cartografía:

#### **2.1.2. El relieve**

La alineación de máximas elevaciones se dispone según una dirección groseramente E-O, a corta distancia del borde N de la Hoja. Se trata de la Sierra de Aracena, en las



estribaciones occidentales de Sierra Morena, con cotas que alcanzan los 914 m en Almonaster y los 908 en Padrona.

Hacia el S el relieve se suaviza y desciende paulatinamente hasta escasos metros sobre el nivel del mar; el mínimo se alcanza en el Guadalquivir, aguas abajo de Sevilla, donde llega incluso a notarse el efecto de las mareas.

## CLIMATOLOGIA

Para la redacción de este epígrafe han servido de base los datos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional y por el Ministerio de Obras Públicas. Se ha utilizado además información de las estaciones de Sevilla (Universidad, San Pablo, Tablada y Hacienda de Torquemada), Aracena, Las Contiendas, Presa de Pintado, Castillo de Las Guardas y Guillena.

Se hace referencia a continuación a las temperaturas, precipitaciones, régimen de vientos, curvas ombrotérmicas e índices climatológicos.

### *Temperaturas*

Las temperaturas medias anuales en la área en estudio oscilaron para el período 1931-1960 entre los 14° en la región de Aracena y los 19° en Sevilla, con un gradiente bastante regular de N a S. En el mismo período, la temperatura máxima absoluta osciló entre los 42° en el N de la Hoja y los 46° en el ángulo S. Las mínimas absolutas están comprendidas entre 5 y 10°.

La oscilación verano-invierno de las temperaturas medias mensuales varía entre 15° al S y 18° al N, mientras la oscilación de los valores medios mensuales de las temperaturas extremas lo hace entre 30° en Sevilla y 33° en el Pintado.

Por último el valor máximo de la oscilación de temperatura en el período considerado es muy uniforme en toda la Hoja con valor de 48°.

En la parte S las heladas tienen lugar únicamente en los meses de enero, febrero y marzo. En el N, sin embargo, se registran además en abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre.

El número de horas de sol medio anual oscila entre 2.900 en Sevilla y 2.500 en la Sierra de Aracena, con mínimos respectivos de 170 y 130 en el mes de enero y máximos de 380 y 340 en el mes de julio.

### *Precipitaciones*

La precipitación media anual varía desde los 1.000 mm en las elevaciones montañosas hasta los 500 mm en las partes meridionales, oscilando el número medio de días anuales de lluvia entre 70 y 60.

El valor medio mensual de la precipitación es máxima en el mes de diciembre, y varía entre 80 mm en el SE de la Hoja y 65 en el NO.

Las mínimas corresponden al mes de julio, que no sobrepasa los 3 mm. Las precipitaciones máximas en 24 horas están comprendidas entre 100 mm en el mes de febrero para Sevilla y 92 para Arocha en el mes de noviembre.

En Santa Olalla de Cala se han medido 94 mm en el mes de febrero. Se hace la salvedad de que en Sevilla el número de años de observaciones han sido 30, mientras que en Arocha y Santa Olalla de Cala son tan sólo 19 y 16 años respectivamente.

La humedad relativa media diaria oscila entre 80 y 55 por ciento en el S y el 75 y 50 por ciento en el N.

### **Vientos**

El viento de Levante procedente del E o el "Solano" que afecta a la ribera de Sevilla tiene una gran influencia en la evaporación, presenta a menudo gran continuidad, especialmente en primavera y verano y sus velocidades se acusarán de E a O. Asociados a las grandes crecidas del Guadalquivir aparecen vientos de componente S, el "Sureño", que provoca elevaciones locales al dificultar el drenaje.

### **Curvas ombrotérmicas**

El número de meses secos en el año para la cuenca del Guadalquivir comprendida en la Hoja varía entre 5 en el ángulo S-E y 3 en el N. El mínimo se alcanza en los meses de julio y agosto.

### **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 estos 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.

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

PROVINCIAS	Hormigones	Explanación	CLASE DE OBRA		
			Aridos	Riegos y Tratamientos	Mezclas Bituminosas
HUELVA	0,934	0,884	0,948	0,697	0,831
SEVILLA	0,939	0,889	0,943	0,666	0,807
BADAJOS	0,933	0,878	0,952	0,614	0,776

### ***Régimen y red fluvial***

La área en estudio pertenece a las cuencas del Guadalquivir, Tinto, Odiel y Guadiana.

El Guadalquivir tan sólo aparece en una decena de kilómetros en el ángulo SE de la Hoja. Su módulo absoluto es en Alcalá del Río de  $180 \text{ m}^3/\text{seg}$ ; valores parecidos se alcanzan en Sevilla. Su módulo relativo en  $\text{l}/\text{seg}/\text{km}^2$ , es de 4 aproximadamente. El caudal medio mensual máximo, se alcanza en marzo y llega a los  $400 \text{ m}^3/\text{seg}$  en Alcalá del Río y  $493 \text{ m}^3/\text{seg}$  en Sevilla.

Afluentes por la izquierda más importantes son: el Huelva y el Cala y por la derecha el Guadaira.

El módulo absoluto del Huelva es de  $8 \text{ m}^3/\text{seg}$  en la Central de Cala y de  $12 \text{ m}^3/\text{seg}$  en Guergal, el módulo relativo es  $8 \text{ l}/\text{seg}/\text{km}^2$ , en la primera y  $6,4 \text{ l}/\text{seg}/\text{km}^2$  en el segundo, el caudal medio mensual máximo se obtiene en el mes de marzo con valores de  $18 \text{ m}^3/\text{seg}$  en la Central de Cala y de  $24,7 \text{ m}^3/\text{seg}$  en Guergal.

El Cala, en la presa de su nombre, tiene un módulo absoluto de  $4,57 \text{ m}^3/\text{seg}$  y  $9,52 \text{ l}/\text{seg}/\text{km}^2$  de módulo relativo. El caudal máximo corresponde también al mes de marzo con  $11,25 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

Por último, por la derecha, el Guadaira tiene  $7,26 \text{ m}^3/\text{seg}$  de módulo absoluto en Alcalá de Guadaira y  $5,66 \text{ l}/\text{seg}/\text{km}^2$  de módulo relativo. Alcanza su máximo en el mes de marzo.

De los afluentes del Guadiana, el Mortigas en la Nava presenta en 21 años un caudal medio de  $0,81 \text{ m}^3/\text{seg}$ , que corresponden a  $19,03 \text{ l}/\text{seg}/\text{km}^2$ , el Caliente en la misma localidad para 19 años alcanza  $1,30 \text{ m}^3/\text{seg}$  con módulo relativo de  $18,89 \text{ l}/\text{seg}/\text{km}^2$ .

Las estaciones de aforos de Arocha, sobre los ríos Chanza y Arochete con observaciones en un período de 10 y 26 años, arrojan caudales de  $0,60 \text{ m}^3/\text{seg}$  y  $0,45 \text{ m}^3/\text{seg}$  respectivamente.

### ***Déficit de escorrentía***

El déficit de escorrentía es mínimo en la zona S de la Hoja con valores en torno a los 400-500 mm y aumenta hacia el N donde alcanza los 600-650.

## **2.2. BOSQUEJO GEOLOGICO**

Si bien la finalidad del mapa se aparta de lo que normalmente se entiende por cartografía geológica, su ejecución parte de la misma, por lo que conviene, antes de analizar otros puntos más concisos y prácticos, dar un esbozo, aunque sea muy somero, 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 la razón de su situación relativa y su jerarquización dentro del conjunto local.

### **2.2.1. Estratigrafía**

#### **2.2.1.1. Paleozoico**

##### **2.2.1.1.1. Cámbrico**

Aparecen estos materiales en la banda N de la Hoja exclusivamente, siguiendo la dirección ONO-ESE.

Esta unidad comienza por una espesa serie de gneis groseros y de cuarcitas (serie de Fuente de Oro), en el techo de la cual se encuentran niveles más y más calizo-arenosos. Estas dos formaciones son llamadas, por sus petrográficos, las series de Tambor y de Campoalla, del E de la provincia de Sevilla (FABRIES, 1963), cuya Edad Cámbrico Inferior parece bien establecida.

Las capas de Almonáster, y por otro lado las de Fuente de Oro, están recubiertas en discordancia por una barra de calizas dolomíticas (calizas de Aracena), que sería el equivalente de las "Calizas de Cañuelo".

### **GEORGIENSE**

Los terrenos más inferiores de la serie se presentan en el núcleo del anticlinal que forma la banda S en Los Llanos, cerro La Golondrina, La Umbría, etc. En la base se sitúan cuarcitas o areniscas en tránsito a cuarcitas y pizarras, con un acusado metamorfismo, a las que siguen grauwackas. Puede darse, para este conjunto detrítico, un espesor no inferior a los 200 m.

A las grauwackas siguen, con una potencia aproximada de 800 m, alternancias de areniscas feldespáticas con pizarras arcillosas grises y violáceas junto con arcillas que engloban nódulos calizos que al descomponerse dan una típica y característica "estructura Kramenzel".

Al techo de los sedimentos anteriores se sitúan calizas de variada composición y faciés que pueden llegar a tener una potencia superior a los 300 m.

Hacia el N, las calizas aparecen unas veces aflorando aisladamente entre sedimentos del Georgiense y otras formando parte de estructuras más amplias, como en el sinclinal de Herrería (arroyo que corre inmediatamente al N de Minas de Cala).

Finalmente, en la zona N, y dentro de estos terrenos, se presentan pórfidos riolíticos que parecen ocupar estructuras preexistentes.

### **ACADIENSE**

Al pertenecer al Georgiense Superior los sedimentos en que se presenta la fauna de Cala, se considera como acadiense la serie de areniscas, pizarras micáceas y arcillosas que con potencia de unos 300 m se presentan al techo en Los Llanos de la Nava. En la carretera de Cala a Minas de Cala pueden observarse los términos más bajos de la serie reposando sobre las pizarras violáceas del Georgiense. Se trata de areniscas con cuarzo y feldespato como material fundamental, su color es amarillo, mientras que las pizarras que le siguen presentan colores verde y crema, volviéndose amarillentas con la erosión.

En las partes más superiores de la serie se presentan pequeños enclaves de rocas básicas con estrechas intercalaciones arcillosas, preludio de las efusiones volcánicas que posteriormente se depositan concordantemente. Este volcanismo está constituido por estilitas con un acusado apizarramiento, estimando su potencia en unos 150 m.

#### **2.2.1.1.2. Silúrico**

Aparecen dos pequeños afloramientos en la zona N de la Hoja, uno de ellos en la Hoja E 1:50.000 de Santa Olalla de Cala y otro en la de Almadén de la Plata. En la banda E de la Hoja, en Alcalá del río, aparecen afloramientos más extensos del Silúrico, aunque se piensa que más bien se trata de afloramientos Devónicos que de Silúricos.

El Silúrico, entre las dos bandas cámbricas ya citadas, ha quedado reducido a una faja que corre en contacto con el Cámbrico por la Sierra de León, Solana del Valle del Gato y La Papua.

Los primeros sedimentos depositados fueron grauwackas, siguen calizas de color gris, grano fino, fractura irregular y muy efervescentes, con el CIH en frío. Al techo de ellas se sitúan areniscas apizarradas, en las que se aprecia bien tanto la estratificación como una pizarrosidad, en este caso sigmoidal, y grauwackas cuyos fragmentos de lavas espilíticas van siendo de menor tamaño.

La potencia de todo este tramo puede considerarse de unos 125 m, aproximadamente.

El ángulo formado por la Rivera de Montemayor y el Barranco de la Nava es una área de intensa tectónica, pero muy apta para estudiar los primeros tramos del Ordovícico y su posición estratigráfica respecto a un conglomerado de unos 100 m de potencia. Presenta cantos rodados de buen tamaño empastados en una matriz violácea; existen intercalaciones de pizarras color beige con potencia de hasta 30-40 m y lechos de grauwackas con sólo algunas muestras de espesor. Características de estas grauwackas es la extrema escasez en ellas de fragmentos espilíticos.

Sobre el conglomerado yacen ortocuarцитas, con un espesor máximo aproximado de 40-60 m.

Sigue la serie con pizarras grises y, sobre todo, negras, con intercalaciones de areniscas grises de grano fino, con potencia total de unos 200 m. Las pizarras son compactas y por la acción de los agentes externos adquieren una fina película blanquecina muy característica.

Según SCHNEIDER, el Ordovícico se halla representado en la "Serie del Ciervo" con unos 600 m de potencia.

#### **2.2.1.1.3. Devónico**

Se encuentra muy bien representado en esta Hoja distinguiéndose en él:

##### ***Conglomerados***

Son rocas fragmentarias, poco seleccionadas. Sus materiales proceden de las formaciones inferiores, estando constituidos, 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.

##### ***Calizas***

Son calizas orgánicas conteniendo fauna de Conodontos y que contienen pequeñas intercalaciones arenosas y arcillosas. Contienen también áreas de sílice autigénica.

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.

### ***Pizarras arcillosas***

Son pizarras sericíticas con mayor o menor fracción arenosa en forma de bandas finísimas formadas por componentes detríticos.

Están formadas por material arcilloso sericítico y por cuarzo deutérico muy fino. Los granos de cuarzo pueden estar distribuidos regularmente en el material arcilloso o formar fajas arenosas que alternan con las arcillosas.

### ***Cuarcitas***

Las rocas que en el campo pueden ser consideradas como cuarcitas son, vistas al microscopio, areniscas arcillosas en tránsito a cuarcitas.

Existe alguna ortocuarcita (cuarzarenita) en el Devónico en la cual toda la formación detrítica está formada por cuarzo recristalizado con textura granoblástica, con un tamaño medio de 0,1 mm.

En las areniscas arcillosas en tránsito a cuarcitas, el material arcilloso ha impedido la soldadura de unos granos con otros.

### ***Grauwackas***

En los niveles más bajos reconocidos en este Devónico aparecen unas rocas detríticas, 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 laminillas de sericita.

### ***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.

En las rocas básicas se han encontrado espilitas, doleritas y basalto, y entre las ácidas, riolitas, riodacitas, dacitas y andesitas.

### ***Rocas volcánicas ácidas. Riolitas, Riodacitas y Dacitas***

Son rocas volcánicas ácidas, calcialcalinas, con fenocristales de cuarzo, albita y biotita cloritizada, en una pasta de cuarzo 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.

#### ***Rocas volcánicas intermedias. Andesitas***

Hay rocas porfídicas con fenocristales de plagioclasa, biotita cloritizada y en algunos casos piroxenos monoclinicos y anfiboles, que clasificamos como andesitas, ya que aunque la plagioclasa es albita, su quimismo es calciocalino.

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.

#### ***Rocas volcánicas básicas. Doleríticas albiticas y Espilitas***

Son rocas efusivas básicas, alcalinas o calciocalinas, con textura ofítica y con plagioclasa y piroxeno como componentes principales. Son rocas efusivas, y la denominación de doleritas no tiene carácter genético; sólo responde a un tipo de textura y composición modal. Su cristalinidad puede ser debida a especiales condiciones de enfriamiento ya que suelen ocupar las partes centrales de las coladas.

#### ***Rocas piroclásticas***

La mayor parte del material piroclástico estudiado puede ser incluido en la denominación de tobas, debido a que el material fragmentario constituyente tiene tamaños que oscilan entre 0,1 y 3 mm. Existen también brechas volcánicas, en las cuales grandes fragmentos de rocas de composición riolítica o dacítica, angulosos, están empastados 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 un fino intersticial silíceo con hiladas de sericita y clorita.

#### **2.2.1.1.4. Carbonífero**

Los estratos inmediatamente superiores a la formación volcánica están compuestos por una serie de pizarras arcillosas con un espesor aproximado de 300-400 m.

Inmediatamente encima de esta serie arcillosa descansa una formación compuesta por intercalaciones de pizarras y grauwackas, y cuyo espesor se cifra en unos 200 m aproximadamente.

Las 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.

### ***Grauwackas:***

Rocas poco seleccionadas formadas a expensas de las formaciones inmediatamente inferiores.

#### **2.2.1.1.5. Pérmico**

En su curso inferior, el río Viar corre en medio de una gran depresión, cuya anchura y longitud puede alcanzar 5 km. Está ocupado por formaciones detríticas permo-carboníferas, que describen un amplio sinclinal disimétrico, de dirección variscica NO-SE.

Desde el punto de vista litológico, la serie permocarbonífera comprende una alternancia de facies detrítica, entre las cuales predominan los conglomerados y las areniscas rojas o grisverdosas, con algunas intercalaciones de esquistos arenosos verdes.

#### **2.2.1.2. Terciario**

##### **2.2.1.2.1. Mioceno**

Los afloramientos del Mioceno de base se encuentran principalmente al N de la depresión del Guadalquivir formando una estrecha franja continua, de 1 km de anchura media en la zona del bajo Guadalquivir, que sigue de un modo discontinuo desde Córdoba hasta Villacarrillo, subrayando el contacto de los terrenos miocenos con la Meseta hercínica.

Las facies son de tipo detrítico y el corte más corriente es el siguiente:

### ***Techo***

- Margas azules superiores tortonienses
- Arenas amarillas o gris azuladas más o menos consolidadas, con algunos fósiles, y más arcillosas cerca del contacto con las margas superiores; espesor medio 10 m
- Molinas compactas muy fosilíferas de color amarillo; espesor 10 a 20 m
- Conglomerado de base con ostreas abundantes y elementos rodados procedentes del zócalo paleozoico; espesor medio 1 a 2 m

Se pueden observar variaciones laterales de facies a lo largo de los afloramientos al N del Guadalquivir.

Es de notar una facies de calizas muy compactas, cristalina en la región de Lora del Río.

### ***Las margas azules tortonienses***

Estas margas afloran ampliamente en la depresión del Guadalquivir, desde Huelva hasta Villacarrillo, y constituyen el material principal que ha rellenado dicha depresión.

Estas margas son normalmente grisazuladas, pero en superficie, cuando se alteran, forman un color amarillento debido a la presencia de sales de hierro.

Las margas azules, generalmente compactas, a veces plásticas, pasan a margas arenosas de un modo progresivo tanto en su parte superior, cerca de las arenas sahelenses, como en su parte inferior en el contacto con las arenas helvecientes.



### ***Saheliense***

Aflora de un modo continuo desde Ayamonte hasta Sevilla. Descansa sobre las margas azules tortonienses y está normalmente recubierto por los niveles del Plioceno continental o por los depósitos del Cuaternario antiguo.

Las facies son muy constantes en el bajo Guadalquivir y caracterizadas por arenas finas, areniscas y calcarenitas.

La potencia media de estas capas detríticas es del orden de 30 m, pero aumenta hacia el centro de la depresión del Guadalquivir.

#### **2.2.1.2.2. Plioceno**

Se trata de depósitos continentales que recubren en gran parte toda la región de Huelva. La facies es típicamente continental, sin fauna, y presenta alternancias rápidas de arenas más o menos gruesas de gravas y de conglomerados y de bancos arcillosos a menudo de color verde.

El conjunto tiene un color predominante rojo-naranja. La potencia en esta zona suele ser pequeña, del orden de 10 a 30 m.

#### **2.2.1.2.3. Cuaternario**

Se han distinguido tres niveles principales, llamados Cuaternario antiguo, medio y reciente, que se individualizan fácilmente tanto por su facies como por su posición relativa.

##### **A) Cuaternario antiguo**

Este cuaternario antiguo está constituido por limos y arcillas con niveles irregulares de cantos rodados y gravas, asociados a costras calcáreas blancas de pequeño espesor (0,1 a 1 m). Presenta colores superficiales muy vivos (rojo-naranja) que con las costras calcáreas son los elementos más característicos de la facies del Cuaternario antiguo.

El espesor medio de este Cuaternario es del orden de 10 m y no parece sobrepasar los 20 m.

##### **B) Cuaternario medio**

Está caracterizado por una rubefacción típica bastante intensa, aunque no tanto como la del antiguo, y por una cementación de sus elementos. Sin embargo, no se observan nunca costras calcáreas como en el antiguo.

El corte más corriente corresponde a unos limos superiores que descansan sobre niveles de areniscas, de arenas o de conglomerados. La potencia media es de 15 m pero puede variar entre 5 y 25.

### C) Cuaternario reciente

En este tipo de Cuaternario no se observa rubefacciones, cementaciones ni costras calcáreas, lo que permite distinguirlo de los anteriores, sobre todo si se considera su cota sobre el nivel del río, siempre pequeña, nunca superior a 10 m.

Está normalmente constituido por una capa superior de limos más o menos arcillosos y por una capa inferior de cantos rodados y gravas más o menos arenosas.

### 2.2.2. Macizos graníticos

Aparecen bastante repartidos en el territorio de la Hoja.

El batolito de Santa Olalla del Cala está constituido fundamentalmente por granodioritas, dioritas y fonolitas; en los márgenes aparecen esporádicamente las adamellitas. Enclaves de calizas, skarns, cornubianitas y piroxenitas aparecen en el Cerro de las Bati-rías, la Fraila, Loma de Tornos, etc. El metamorfismo producido en los terrenos encajantes es, en algunos casos, muy acusado.

En conexión con el mismo hay apófisis graníticas, incluso en terrenos devonianos, caracterizadas por su pequeña extensión.

En el SO de esta Hoja 1:50.000 aflora una faja granítica, constituida por granodioritas y pegmatitas con idéntica dirección regional que las series sedimentarias en que encaja. Se trata, posiblemente, de una granitización sintectónica. Desde Higuera de la Sierra hacia el E, las rocas son fundamentalmente pegmatitas que adoptan una neta dirección E-O.

Por último, en el paraje Las Cortecillas afloran dioritas, adamellitas y pegmatitas gráficas.

Rocas intrusivas aparecen también al N de Campofrío y algún pequeño afloramiento al N del Cerro de Andévalo.

Dos tipos principales se han distinguido: adamellitas y dioritas.

### *Adamellitas*

Son rocas de grano fino compuestas principalmente por cuarzo, ortosa, oligoclasa, biotita y hornblenda. Minerales accesorios: circón, apatito y opacos.

Las dioritas son rocas de grano medio compuestas principalmente por plagioclasa (oligoclasa) anfíbol, piroxenos y biotita.

### 2.2.3. Tectónica

Se puede apreciar claramente, dentro de los límites de esta Hoja, dos estilos de tectónica netamente diferentes, separados por la línea estructural que marca el contacto entre el zócalo paleozoico de la meseta y los terrenos miocenos que se encuentran al S y que forman la conocida Depresión del Guadalquivir.

En la parte septentrional parece probable que los terrenos paleozoicos anteriores del Carbonífero hayan sufrido los primeros movimientos de la orogenia herciana, en particular los de la fase bretónica. Estas 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 astórica, que sucedió entre el Westfaliense y el

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, que en la actualidad no se observan.

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

En el llano, país 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 S, volcados o fallados, o 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  $90^{\circ}$ .

Todos los movimientos estudiados han de referirse necesariamente a la orogenia herciniana, ya que los sedimentos del Devónico Superior se encuentran afectados por ellos.

Posteriormente se produjeron grandes fallas en dirección, que en ocasiones son inversas, y fracturas con rumbo NNE-SSO y NNO-SSE que van asociados a otras con rumbos ortogonales a las anteriores.

En cuanto a la línea estructural que marca el cambio del zócalo paleozoico de la Meseta con los terrenos miocenos del S, de hecho se trata de un hundimiento progresivo hacia el S, por medio bien de flexuras o bien de una red de fallas paralelas con desniveles variables (50 a 300 m), que localmente dan lugar a un sistema de "horst" y "graben", como se puede observar en Cartaya o en Palma del Río.

Este sistema de roturas, orientado según la dirección bética OSO-ESE, que también es la del río Guadalquivir, es el resultado de una tectónica de zócalo que ha sido originado por los movimientos béticos de la edad Miocena.

En conclusión, por debajo de la depresión del Guadalquivir, el zócalo paleozoico está afectado por una red de fracturas de doble dirección, la hercínica y la bética, siendo las fracturas de dirección bética las que procuran su hundimiento hacia el S.

### **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 continúa 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 once Areas; siete dentro de la primera Región y cuatro 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 y que ocupan toda la Hoja a excepción del cuarto S. La Región II engloba todos aquellos terrenos considerados como hundidos, correspondientes a la depresión del Guadalquivir 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 siete Areas: la I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub>, I<sub>4</sub>, I<sub>5</sub>, I<sub>6</sub>, y I<sub>7</sub> y dentro de la Región II cuatro Areas la II<sub>1</sub>, II<sub>2</sub>, II<sub>3</sub> y II<sub>4</sub>.

En la área I<sub>1</sub> se incluyen pizarras, pizarras alternantes con areniscas, grauwackas y calizas, y pizarras procedentes del metamorfismo de contacto, asociadas a corneanas, con pendientes inferiores al 20 por ciento, a menudo con una cubierta de reducida potencia. Ocupa una amplia zona en los 2/3 superiores de la Hoja.

En la área I<sub>2</sub> se incluyen aquellos terrenos, similares litológica y mecánicamente a los anteriores, si bien con pendientes superiores al 20 por ciento. En general presentan menores recubrimientos o aparecen desnudos.

En la área I<sub>3</sub> se incluyen las rocas ígneas tanto ácidas como básicas, migmatitas, gneises y cuarcitas y sus correspondientes asociaciones filonianas en cada caso. Ocupa una amplia área por encima de la diagonal NO-SE de la Hoja con pendientes inferiores al 20 por ciento. Con frecuencia presentan una cobertura hasta de una decena de metros de material detrítico suelto.

En la área I<sub>4</sub> se incluyen las mismas asociaciones litológicas con pendientes mayores del 20 por ciento. La roca aflora directamente o es menos potente si tiene recubrimiento.

La área I<sub>5</sub> incluye las rocas detríticas alternantes, con predominio de conglomerados y areniscas, que en algunos puntos muestran recubrimientos muy someros. Aparecen en el N (región de Aracena) y en el NE (cuenca del Viar).

La área I<sub>6</sub> ocupa dos alineaciones de dirección NO-SE en el N de la cartografía, formada por las calizas y dolomías paleozoicas, con frecuencia bastante karstificadas y en muchos casos con textura marmórea. Presenta recubrimientos de arcillas de decalcificación.

La área I<sub>7</sub> comprende las rocas volcánicas, tanto ácidas como básicas, en general bastante consistentes, aunque existen también afloramientos de rocas piroclásticas y tobas. Su distribución superficial es en bandas discontinuas y alargadas de dirección E-O.

La área II<sub>1</sub> incluye todos aquellos depósitos conectados, bien actualmente, bien en épocas geológicas anteriores, con los cauces de los ríos; son por tanto depósitos aluviales actuales y depósitos de terrazas. Está formada por arenas, gravas, arcillas y limos, unas veces solos y otras entremezclados. Su relieve es prácticamente llano en el fondo de los cauces y llano con escalón en su frente hacia el río, en las terrazas.

La área II<sub>2</sub> incluye el Terciario detrítico de borde formado por conglomerados, gravas, arenas y areniscas. Cuando los materiales no están cementados hay abundante

matriz arcillosa. Se extiende por el borde S de la Hoja y presenta formas llanas o alomadas.

La área II<sub>3</sub> comprende las margas azules terciarias con alguna intercalación arenisca, que dan lugar a morfologías suaves y muestran huellas de erosión allí donde la topografía se acentúa. Ocupa superficies próximas al área anterior.

La área II<sub>4</sub> comprende las calizas terciarias que lateralmente pasan a calizas arenosas. Ocupa pequeñas superficies en el borde N de la depresión del Guadalquivir.

## CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS AREAS

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

En la Región I el criterio elegido para la separación zonal en áreas ha sido predominantemente petrográfico y morfológico.

Esta área está formada, como litología dominante, por rocas pizarrosas, que a veces están interstratificadas con areniscas, grauwackas y calizas. Se ha exigido la condición de que sus pendientes fueran menores del 20 por ciento, por lo que aparece con frecuencia recubierta por suelos cohesivos que engloban lajas de pizarra alterada.

La permeabilidad es muy baja en toda la área, efectuándose superficialmente la casi totalidad del drenaje. La aparición del agua, siempre escasa, va ligada en general a los recubrimientos, en cuyo caso los caudales sufren una acusada variación estacional.

Bajo el punto de vista mecánico poseen capacidad de carga media, con asientos de la misma magnitud, que serán mayores en las zonas de recubrimiento. Por ello, y para aumentar la capacidad de carga, debe eliminarse la capa superficial antes de iniciar cualquier cimentación.

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

Con la misma litología que la área anterior la topografía es de pendientes superiores al 20 por ciento y los recubrimientos son menos frecuentes y presentan menor espesor. En las zonas con pendientes altas aparecen deslizamientos, favorecidos en muchos casos por la posición de los planos de esquistosidad paralelos a la pendiente de las laderas.

Los deslizamientos abundan en las curvas de los valles fluviales encajados donde la erosión ataca fuertemente al pie de las laderas.

El agua en el terreno es escasa debido a las fuertes pendientes e impermeabilidad de los materiales que favorecen el desarrollo del drenaje superficial. Únicamente pueden aparecer cantidades ínfimas de agua subterránea a favor de las intercalaciones no pizarrosas en zonas fracturadas.

La capacidad de carga es media, si bien hay zonas de deslizamiento potencial donde se hace mínima. Los asientos en general son menores que en la área I<sub>1</sub> debido al menor espesor de recubrimiento; en compensación en las zonas de posible deslizamientos los asientos serán grandes.

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

Está formada por rocas ígneas ácidas y básicas, gneises, cuarcitas y migmatitas, que dan formas morfológicas suaves con pendientes inferiores al 20 por ciento. Los recu-

brimientos, de material granular bastante heterométrico, son frecuentes y con espesores de hasta una decena de metros. Aparecen con frecuencia rocas filonianas que atraviesan sobre todo a las rocas ígneas.

Desde el punto de vista hidrológico el substrato es impermeable, aunque la cobertura es permeable por porosidad intergranular, a la que se debe la aparición de acuíferos importantes. El drenaje superficial no es muy favorable debido a las bajas pendientes y a la abundancia de los recubrimientos.

Sus características geotécnicas son favorables, con capacidades de carga alta y asientos despreciables; sin embargo, es necesario eliminar la capa superficial de terreno suelto y heterométrico antes de realizar las cimentaciones. El fuerte espesor a veces, de éste, hace prohibitiva la necesaria preparación previa.

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

Con las mismas características litológicas que la anterior, presenta rasgos morfológicos más acusados con pendientes superiores al 20 por ciento y que en algunos puntos sobrepasan incluso el 40 por ciento. Presentan una estabilidad natural elevada, si bien pueden aparecer desprendimientos favorecidos por la topografía del terreno y por el intenso diaclasado. Las zonas recubiertas por depósitos de alteración son menos frecuentes que en la área anterior.

La permeabilidad es muy baja con el drenaje superficial muy favorecido por la pendiente. El agua subterránea está ligada a fracturas.

Las características geotécnicas son muy favorables, con capacidad de carga y asientos mínimos.

Se debe eliminar en las cimentaciones la capa superficial de material heterométrico, que por su poco espesor no debe presentar problemas para su extracción.

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

Formada por rocas detríticas alternantes de conglomerados y areniscas. Los recubrimientos, bastante localizados y muy superficiales, son de material granular.

Presenta una morfología variable con pendientes inferiores al 10 por ciento en la cuenca del río Viar, que aumenta hasta cifras del 30 por ciento en las cuarcitas y areniscas de la parte N de la Hoja.

Al pie de las zonas con mayor pendiente aparecen acumulaciones de material desprendido muy anguloso y heterométrico, marcando las zonas de mayor inestabilidad; en los demás puntos la estabilidad es buena bajo todo tipo de acciones.

El drenaje superficial es en general aceptable, mejor en las areniscas compactas y cuarcitas, con mayor relieve, que en las areniscas más sueltas de la cuenca del Viar. La permeabilidad se ve ligeramente favorecida por la competencia de estas rocas, más fracturadas que las pizarras que las rodean. Aparece un manto freático en los aluviones del valle del Viar, que se recarga a través de materiales de esta Área.

La capacidad de carga es en general alta, sin asientos, aunque en puntos aislados puedan ambos parámetros alcanzar magnitudes medias.

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

Formada por calizas y dolomías bastante karstificadas. En superficie dan lugar en algunos puntos a arcillas de decalcificación con cantos calizos incluidos. Es de morfología media, con pendientes del 10 al 30 por ciento, que a veces alcanzan valores superiores.

Las laderas son estables, si bien puede haber algún deslizamiento de los materiales cohesivos en puntos muy localizados.

Situadas en la zona de mayor pluviosidad de la Hoja, el drenaje se efectúa preferentemente de forma subterránea a favor de la red de karstificación. En superficie el drenaje es deficiente, los manantiales son abundantes y con caudal muy continuo.

La capacidad de carga es alta y los asentamientos inexistentes. Puede haber problemas en relación con los recubrimientos arcillosos que deben eliminarse de las cimentaciones para evitar asentamientos diferenciales.

## **Area I<sub>7</sub>**

Se incluyen las rocas volcánicas ácidas y básicas ligadas a los ciclos tectónicos paleozoicos. Son en general bastante compactas, excepción hecha de algunos pasajes de rocas piroclásticas y tobas. Dan lugar a una morfología muy variable, que fluctúa entre las formas suaves y las abruptas, con todos los tránsitos intermedios. Las pendientes oscilan entre el 3 y 40 por ciento. En el O el relieve es poco acusado con pendientes bajas de valores máximos entre el 6 y el 8 por ciento. En el N las variaciones son mayores, con valores incluso del 40 por ciento. En general son estables, aunque pueden aparecer desprendimientos en zonas alteradas, tectonizadas o en relación con litologías menos coherentes como son las tobas y los piroclastos.

Desde el punto de vista hidrológico son materiales semipermeables, con drenaje superficial favorable, que empeora en las zonas occidentales debido a la baja pendiente del terreno. El agua subterránea va, sobre todo, ligada a la textura de la roca en tobas y piroclastos y a las zonas fracturadas.

La capacidad de carga es alta y los asentamientos nulos, si bien en los piroclastos, tobas y zonas recubiertas por materiales de alteración (tal es el caso de la parte occidental) disminuye la capacidad de carga y aumenta la magnitud de los asentamientos.

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

Su litología es de gravas, arenas, arcillas y limos, distribuidos de forma bastante irregular. En general predominan los finos en el cauce actual del Guadalquivir y en sus afluentes por la margen izquierda. Los aluviones del resto de los ríos y las terrazas presentan mayor abundancia de gravas, que en muchos puntos se explotan junto con las arenas para la obtención de áridos.

Su morfología es muy suave con pendientes inferiores al 3 por ciento, llana en el fondo de los cauces actuales y llana con escalón en su frente hacia el cauce de los ríos, en las terrazas. La estabilidad es buena, sin que la acción del hombre tenga influencia sobre la misma; únicamente en los frentes de las terrazas puede haber degradaciones y desmoronamientos. En algunos puntos pueden aparecer arrastres y sifonamientos.

La área está ligada a la red fluvial, y es predominantemente permeable, con una imbricación de lentejones más o menos amplios, formados por materiales permeables por porosidad intergranular que alternan con materiales impermeables. Las condiciones de

drenaje son buenas, a excepción de las zonas próximas al cauce del Guadalquivir en las cercanías de Sevilla.

Los acuíferos aparecen a escasa profundidad, mayor en las terrazas que en las planas.

Desde el punto de vista mecánico la capacidad de carga es baja, con asientos medios que pueden ser de mayor magnitud en las zonas limo-arcillosas de los cauces actuales, especialmente en los alrededores de Sevilla, donde existen marismas desecadas en época histórica. En las terrazas la menor proporción de finos da lugar a una capacidad de carga mayor con asientos menores. Cabe esperar problemas geotécnicos en relación con el contenido de materia orgánica o con el nivel freático, en general bastante alto.

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

Está formada por rocas detríticas predominantes, gravas, arenas y areniscas, entre las que se intercalan, a veces, paquetes arcillosos. Dan lugar a una morfología suave, alomada, con gran frecuencia de pendientes inferiores al 10 por ciento y que nunca sobrepasan el 20 por ciento. La estabilidad es buena, y solamente la erosión fluvial en la cabecera de algunos arroyos puede dar lugar a pequeñas cárcavas y abarrancamientos.

El drenaje superficial es bastante malo debido a las bajas pendientes y al predominio de materiales permeables por porosidad intergranular. Hay acuíferos con caudales importantes a profundidad menor de los 10 m.

La capacidad de carga es de valor medio y los asientos del mismo orden de magnitud. Los niveles arcillosos intercalados pueden originar asientos diferenciales.

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

Ocupada por margas arcillosas azuladas con intercalaciones de areniscas más abundantes en el techo y muro de la formación.

De morfología suave entre llana y alomada, su pendiente es en general menor del 10 por ciento. En los escasos puntos en que llega a alcanzar valores del 20 por ciento, la estabilidad puede verse comprometida y aparecer señales de erosión y de deslizamiento muy superficiales.

El drenaje superficial es deficiente, debido sobre todo a la baja pendiente. En conjunto es semipermeable, si bien predominan los materiales impermeables. Pueden aparecer pequeños acuíferos por porosidad intergranular a favor de los paquetes de naturaleza detrítica.

La capacidad de carga es de valor medio, con asientos de igual magnitud. Al aumentar la pendiente, en las zonas exclusivamente margosas, cabe esperar problemas de asientos y deslizamientos.

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

Formada por calizas terciarias que pasan lateralmente en las zonas orientales de la Hoja a calizas arenosas.

De morfología media a suave su pendiente suele ser inferior al 20 por ciento, aunque en zonas muy restringidas puede alcanzar valores del 30 por ciento. La estabilidad general es buena, a excepción de su línea de contacto con otras áreas situadas más al N donde hay algún desprendimiento de bloques.



Desde el punto de vista mecánico no son de prever asientos y su capacidad de carga es elevada.

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

En este apartado se incluirán los principales tipos 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 Villafranquiense 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 (Áreas).

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

Su distribución viene ligada a los cauces del Guadalquivir, Guadiamar, Odiel, Córumbel y Viar. En los demás cursos fluviales la estrechez de las planas cuaternarias no permite su representación a esta escala.

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

Las granulometrías, para los afluentes del Guadalquivir, decrecen en general a medida que nos desplazamos de N a S.

Al N aparecen gravas con finos intercalados de plasticidad intermedia (GP-GC). También aparecen arenas mal graduadas con pocos finos, en tránsito a arenas limosas (SP-SM). En el cauce del Guadalquivir además de gravas hay arenas limosas (SM) y arcillas en las cercanías de Sevilla, procedentes de la desecación, en época histórica, de las marismas.

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 potencial de helada es de ligera a alta para las fracciones finas y nula a ligera para las litologías gruesas.

En terraplenes su compactación es buena en los grupos SM y SP-SM, aunque debe controlarse cuidadosamente; van bien las máquinas con neumáticos y las de pata de cabra. Para los grupos CL y GP-GC la compactación es de aceptable a buena, debiendo usarse también neumáticos; en algunos casos, cuando domina GP, pueden también emplearse rodillos lisos y tractor de oruga.

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

En esta división se han incluido todos los niveles de terrazas. En general, en superficie, aparecen litologías de granulometrías bajas y bajo ellas arenas y gravas. Los elementos

detríticos suelen estar cementados, variando el grado de compacidad según la antigüedad y altitud de los depósitos. Estas formaciones se sitúan en la parte S de la Hoja. Los análisis se han realizado sobre muestras de arenas limosas (SM), arcillas inorgánicas (CL) y arcillas limosas (CL-ML). Los materiales finos, como cimientos, cuando no están sometidos a heladas, tienen un comportamiento que oscila entre aceptable y bueno según predominen las fracciones (CL) y (ML) o la (SM). Como base son inaceptables y su acción potencial de helada es de ligera a alta (SM) y de media a alta para los otros grupos. En terraplenes y rellenos van bien los equipos de compactación sobre neumáticos y cilindros de pata de cabra, si bien en los grupos SM y ML debe controlarse cuidadosamente la humedad. Las fracciones gruesas se comportan bien como cimientos cuando no está sometido a heladas; como base sirven en general, si bien hay casos en que su comportamiento puede ser malo y su acción potencial de helada oscila entre nula a media. La compactación en rellenos y terraplenes se realiza con neumáticos y cilindro de pata de cabra, aunque en algunos casos puede usarse el tractor de orugas y rodillo liso.

#### ***Arenas, arcillas y conglomerados más cementados (depósitos fluviales antiguos). Qf***

Se han incluido con esta denominación limos, arcillas y arenas con niveles ocasionales de gravas y cantos rodados. Estos materiales no suelen alcanzar los 20 m de potencia, sobrepasando normalmente los 10 m. Se presentan en general compactados. Afloran en el ángulo NO de la Hoja y forman un glacis sobre los depósitos paleozoicos en el borde N de la depresión del Guadalquivir. Las arenas pertenecen a los grupos SM y SM-SC. Como cimientos, cuando no está sometido a la acción del hielo, su comportamiento oscila entre aceptable y bueno; como base, estas arenas son inaceptables o de mal comportamiento; su acción potencial de helada es muy variable oscilando entre ligera y alta, y su compresibilidad y entumecimiento varía entre ligera a media.

Se compactan bien o aceptablemente, aunque para los del grupo SM-SC es necesario un control cuidadoso. Se puede emplear equipo sobre neumáticos y cilindros de pata de cabra.

Las gravas, cuando no están sometidas a la acción del hielo, presentan un comportamiento bueno a excelente, con capacidad muy pequeña para segregar hielo y con compresibilidad y entumecimiento muy ligero o nulo.

Las características físicas de esta formación son parecidas a las expuestas para los depósitos ligados a los cursos actuales Qa, pero por estar más cementadas tienen una resistencia y capacidad de carga mayor.

#### ***Arenas, gravas y arcillas poco cementadas (depósitos eluviales y coluviales procedentes de la alteración de rocas intrusivas: granitos, dioritas, gabros, etc y gneis metamórficos). Qg***

Los componentes de la roca madre al descomponerse dan lugar a: los feldespatos y plagioclasas a arcillas, el cuarzo a arenas cuarcíferas y las micas que, aunque alteradas permanecen.

Estas formaciones se distribuyen de forma irregular por encima de la diagonal NO-SE de la Hoja.

Las mayores acumulaciones se sitúan en las zonas de menores pendientes y su litología cae dentro del ámbito de las arenas limosas y arenas arcillosas (SM y SC), que en algunos puntos presentan tránsitos a arenas mal graduadas (SP-SM). En ocasiones aparecen cantos y bolos bastante redondeados de granitos y gneises. Su resistencia en seco y su plasticidad es baja o muy baja.

Su acción potencial a la helada es alta. Su valor para cimentaciones y subbases de carreteras es en general mediano, mientras que para bases es inaceptable.

***Arenas, gravas y arcillas sueltas (depósitos eluviales y coluviales procedentes de la alteración de rocas volcánicas, ácidas y básicas). Qv***

Se distribuyen de forma irregular al N de la diagonal NE-SO de la Hoja. Su clasificación por plasticidad y granulometría sitúa a estos depósitos en grupos muy variables. En los análisis se han encontrado arenas limosas SM, arenas arcillosas SC y arcillas inorgánicas de plasticidad elevada CH.

Para terraplenes la estabilidad de estos materiales es pasable, si bien las arcillas CH obligan a taludes tendidos. Las condiciones de compactación en rellenos varían entre buenas y aceptables, con control cuidadoso para los grupos SM y SC. Para las arcillas muy plásticas la compactación varía entre aceptable y mala.

Como cimiento, cuando no está sometido a la acción del hielo, su valor oscila entre aceptable y bueno, salvo para las arcillas plásticas, que es de malo a muy malo.

Como base no son utilizables, y su acción potencial de helada oscila entre media y alta.

Deben utilizarse equipos de compactación sobre neumáticos y cilindros de pata de cabra, especialmente para los limos y arcillas.

***Arenas, gravas y arcillas sin consolidar sobre materiales de litologías múltiples. Qx***

Extensión superficial muy pequeña. Es lógicamente un grupo poligénico, por lo que su litología y características son muy variables.

Las muestras analizadas pertenecen a los grupos CL SM-SC y SC. Se observa claramente una mezcla de suelos procedentes de alteración de pizarras y de granitos, por lo que sus propiedades serán intermedias entre ambas, con características dependientes en cada caso de la roca madre de que provengan.

***Arcillas y cantos angulosos de pizarra sueltos (depósitos eluviales y coluviales procedentes de la alteración de macizos pizarrosos). Qp***

Están distribuidos de forma irregular sobre los dos tercios superiores de la Hoja, sobre los materiales pizarrosos, especialmente en las zonas con menor pendiente.

En función de la plasticidad y granulometría, estos materiales son arcillas inorgánicas (CL) y arenas arcillosas (SC).

Como cimiento, cuando no está sometido a la acción del hielo, es aceptable a bueno. Para terraplenes su estabilidad varía de pasable a aceptable, y se compacta bastante bien con rodillo de pata de cabra y equipo sobre neumáticos. Para cimentaciones su capacidad de carga es muy variable. No es válido para base de carreteras. Su capacidad para segregar hielo es de ligera a alta y su compresibilidad y entumecimiento de ligero a medio.

Los equipos de compactación más adecuados son sobre neumáticos y cilindros de pata de cabra.

***Canchales formados por cantos gruesos angulosos de cuarzo y cuarcita y metacuarcita (coluviones depositados al pie de los crestones cuarcíticos y areniscas). Qc***

Además de la mancha cartografiada existen otras muchas que por su pequeña extensión no son representables en esta escala. Estas últimas están ligadas a Pac. Por su mayor extensión, si figuran los canchales ligados a Pco en el NE de la Hoja.

Los primeros dan origen a acumulaciones heterogranulares, mal graduadas, con pocos o ningún fino (GP), que se compactan bien con tractor sobre oruga y rodillo liso.

Los rellenos con este material dan buen resultado cuando no está sometido a la acción del hielo. Como base su comportamiento oscila entre malo y aceptable.

La mancha cartografiada en la cuenca de Viar presenta, además de las gravas, una matriz limosa-arcilloso (ML) que empeora la compactación y hace menos aceptable su utilización para base de carretera. Su capacidad para segregar hielo aumenta y su C.B.R. disminuye.

***Arcillas rojizas y cantos calizos angulosos compactados en ellas (depósitos eluviales de alteración y decalcificación de calizas). Qdc***

Ocupan pequeños manchones según dos bandas discontinuas dirigidas aproximadamente de E a O en el tercio superior de la Hoja.

Son arcillas inorgánicas de plasticidad elevada con unas características de compactación entre aceptables y malas, debiendo emplearse rodillo de pata de cabra.

Su capacidad de carga es reducida y su valor como cimiento de malo a muy malo. Como base para carreteras es inaceptable.

## **SUSTRATO**

***Arenas más o menos gruesas, gravas y bancos arcillosos en alternancias rápidas con algunos niveles de conglomerados. T1***

Existen pequeños manchones de estos materiales en el S y SO de la Hoja. Se han realizado análisis de la fracción fina, que pertenece a los grupos ML y CL.

El valor como cimientos varía entre aceptable y bueno, la fracción fina es inutilizable como bases para carreteras y su capacidad para segregar hielo es de media a muy alta, contrastando con las buenas características de la fracción gruesa.

***Arenas y areniscas de grano fino y calcarenitas. Ta***

Se distribuyen en pequeños manchones, formando parte del frente N de la depresión del Guadalquivir.

Su granulometría oscila entre la correspondiente a las arenas limosas y la de las arcillas limosas. Pertenece a los grupos SM, SC, ML, CL y sus tránsitos intermedios.

Como material de relleno, cuando no está sometido a la acción del hielo, varía de aceptable a bueno; para terraplenes su comportamiento es mediano con excepción del grupo ML que es poco estable y susceptible a la licuefacción. Como bases para carreteras no es utilizable.

***Margas azules, que en su techo y muro pasan a margas arenosas o areniscas margosas. Tma***

Estos depósitos, se presentan ocupando una amplia extensión en el tercio inferior de la Hoja.

Sus materiales se presentan con una disposición bastante regular con predominio de la litología margosa y dan lugar a superficies de poco relieve. La roca sana muestra un color gris-azulado que toma tintes amarillentos cuando está alterada, debido a la presencia de hierro.

Los suelos de alteración a que dan lugar son de un espesor mínimo y pertenecen a los grupos CL, SM, CL-ML y el grupo CH.

Los productos de su excavación son inaceptables como subbase para carreteras y para terraplenes no es muy adecuada su utilización, máxime dada la existencia en las cercanías de materiales de mucha mejor calidad.

***Calizas con cambios laterales de facies o calizas arenosas. Tc***

Tienen poca extensión superficial y únicamente afloran en el cuarto inferior de la Hoja. El material que de ellas se extraiga será utilizable para terraplenes, base de carreteras y probablemente capa de rodadura, en el caso de que en su composición existan elementos cuarzosos; de lo contrario, por dar un índice de deslizamiento elevado, no es recomendable.

En desmontes soporta taludes elevados, si bien es necesaria la utilización de explosivos para realizar su arranque.

***Conglomerados con o sin elemento calcáreo. To***

Facies detrítica de borde, que se sitúa directamente sobre el paleozoico. Presenta buzamientos hacia el Sur muy suaves, inferiores a 5°, y está afectado por fallas de dirección OSO-ENE. Está formado por elementos rodados procedentes del zócalo paleozoico con intercalaciones y matriz arenosa (SC).

Como material de relleno es aceptable y no debe utilizarse como base para carreteras.

***Rocas detríticas alternantes con predominio de conglomerados y areniscas. Pco***

Son materiales que corresponden a los depósitos Pérmico-Carboníferos del amplio sinclinal disimétrico de dirección NO-SE del curso inferior del río Viar; reposan transgresivamente sobre el substrato cristalino.

Alternan los conglomerados y las areniscas con tintes rojizos o gris verdoso entre las que se intercalan materiales esquistosos bastante arenosos y de color verde.

***Areniscas en tránsito a cuarcitas y cuarcitas. Pac***

Corresponden a diversas edades dentro del Paleozoico. Se sitúan en el tercio superior de la Hoja y son materiales muy compactos por lo que su capacidad de carga es francamente buena, sin asientos, sosteniéndose muy bien en desmontes, si bien para su

extracción es necesario el empleo de explosivos. Su abrasividad es elevada, razón por la cual los útiles de perforación sufren fuerte desgaste.

***Calizas y dolomías, con frecuencia bastante karstificadas y en ocasiones marmóreas. Pcd***

Esta formación, se sitúa en el tercio superior de la Hoja siguiendo dos bandas de dirección aproximadas E-O. La mayor extensión superficial de esta litología corresponde al nivel carbonatado, cámbrico.

Se presentan a veces recubiertas por arcillas rojas, conteniendo cantos angulosos procedentes de la alteración de la roca madre.

Buen material de construcción, en desmontes, su estabilidad es buena, abrasividad baja, excelente para bases y subbases en carreteras y balasto para ferrocarriles.

Su competencia mecánica es alta y sus condiciones geotécnicas muy favorables.

***Pizarras a veces con esporádicas intercalaciones de otros materiales, especialmente areniscas y grauwackas. Pp***

En este conjunto dominan las pizarras y se extienden en pequeños manchones en el tercio 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 sobre todo de la posición de las laderas del desmonte respecto a los planos de esquistosidad y son fáciles de excavar.

***Pizarras alternando con areniscas, grauwackas y ocasionalmente calizas. Ppm***

Ocupan amplias superficies en todo el N y el centro de la Hoja. Sus características litológicas son muy variables, dados los diversos tipos que aparecen. En general existen áreas con propiedades muy diferentes que sólo podría diferenciar una cartografía a escala más detallada que la presente.

Aunque predominan las pizarras, y por tanto las características geotécnicas, morfológicas, hidrológicas, etc son similares a las de Pp, hay intercaladas zonas más localizadas de otras litologías, que presentan características como las ya mencionadas para las calizas, cuarcitas, etc.

***Pizarras muy silíceas y corneanas procedentes del metamorfismo del contacto. Mp***

Se extienden por el borde N de la Hoja, especialmente en las zonas centrales. La esquistosidad es poco manifiesta. Son más resistentes a la erosión que las ya tratadas en los dos grupos anteriores y con mayor abrasividad.

Desmontes de peor excavación, pero que soportan un mayor talud, capacidad de carga más alta y asientos de menor cuantía, todo esto, claro está, referido a los dos tipos de pizarras ya descritos.

***Gneises groseros y cuarcitas, sirven de base a un paquete de pizarras y areniscas. Mm***

Su única representación en toda la Hoja la constituye un afloramiento de reducidas dimensiones en el ángulo NE de la misma.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS LITOLOGICAS
I	I <sub>1</sub>	Está formada por rocas pizarrosas como litología dominante, a las que en algunas zonas le acompañan areniscas, grauwacas y a veces calizas. Recubrimientos frecuentes de no mucha potencia, y predominantemente cohesivos, pendientes inferiores al 20 por ciento.
	I <sub>2</sub>	Litológicamente similar a lo anterior, morfología más abrupta, con pendientes superiores al 20 por ciento. Recubrimientos inexistentes o de potencia mínima.
	I <sub>3</sub>	Está formada por rocas ígneas ácidas y básicas atravesadas por diques y filones de aplitas, pegmatitas, etc, migmatitas, gneises y cuarcitas, con morfología suave de pendientes inferiores al 20 por ciento. Coberturas frecuentes a veces hasta de 10-12 m.
	I <sub>4</sub>	La misma asociación litológica que la anterior pero con pendientes mayores del 20 por ciento. La roca aflora o tiene un recubrimiento muy fino, muy competente y bastante resistente a la erosión.
	I <sub>5</sub>	Rocas detríticas alternantes de conglomerados y areniscas. Los recubrimientos tienen poca importancia superficial y poco espesor.
	I <sub>6</sub>	Está formada por calizas y dolomías con frecuentes señales de karstificación. Son marmóreas y en superficie están a veces enmascaradas bajo arcillas de decalcificación en las que se incluyen cantos calizos.
	I <sub>7</sub>	Comprende rocas efusivas en general bastante consistentes aunque a veces están asociadas con rocas piroclásticas y tobas.
II	II <sub>1</sub>	Está formada por gravas arenas, arcillas y limos. Predominan los finos en el cauce actual del Guadalquivir. Las gravas son más abundantes en sus terrazas y en los demás cursos fluviales actuales. Gravas y arenas se utilizan como áridos.
	II <sub>2</sub>	Está formada por elementos detríticos con conglomerados, gravas y areniscas; a veces paquetes arcillosos. Morfología alomada.
	II <sub>3</sub>	Está formada por margas arcillosas azules con algunas intercalaciones de arenisca. Morfología suave, que cuando se acentúa sufre intensas erosiones.
	II <sub>4</sub>	Calizas terciarias que pasan lateralmente a calizas arenosas. En otros puntos especialmente hacia el O son más cristalinas.



SUSTRATO

- T1-** Arenas mas o menos gruesas, gravas y bancos arcillosos en alternancias rapidas con algunos niveles de conglomerados.
- Ta-** Arenas y areniscas de grano fino y calcareas.
- Tma-** Margas azules, que en su techo y muro pasan a margas arenosas o areniscas margosas.
- Tc-** Calizas con cambios laterales de facies a calizas arenosas.
- To-** Conglomerados con o sin cemento calcareo.
- Pco-** Rocas detriticas alternantes con predominio de conglomerados y areniscas.
- Pac-** Areniscas en transito a cuarcitas y cuarcitas.
- Pcd-** Calizas y dolomias, con frecuencia bastante carstificadas y en ocasiones marmoreas.
- Pp-** Pizarras, a veces con esporadicas intercalaciones de otros materiales, especialmente areniscas y grauwaacks.
- Ppm-** Pizarras alternando con areniscas, grauwaacks y ocasionalmente calizas.
- Mp-** Pizarras muy siliceas y corneanas procedentes del metamorfismo de contacto.
- Mn-** Neis gruesos y cuarcitas, sirven de base a un paquete de pizarras y areniscas.
- V-** Rocas volcanicas acidas y basicas (riolitas, espilitas, doleritas, basaltos, riolodacitas, dacitas, andesitas, etc.) De forma muy aislada: rocas piroclasticas, tobas, etc.
- I-** Rocas acidas como: granitos, sienitas, dioritos, granodioritas adamelliticas, etc. y sus correspondientes asociaciones filonianas como: pegmatitas, aplitas, etc. Rocas basicas como: gabros, doleritas etc. en este apartado se incluyen tambien las rocas migmatiticas.

FORMACIONES SUPERFICIALES

- |  |   |
|--|---|
| <b>Qa-</b> Arenas, gravas, limos y arcillas (depositos ligados a cursos de agua).  | <b>Qx-</b> Arenas, gravas y arcillas sin consolidar sobre materiales de litologias multiples.   |
| <b>Qf-</b> Arenas, gravas, limos y arcillas algo cementadas (deposito de terrazas).  | <b>Qp-</b> Arcillas y cantos angulosos de pizarra sueltos (depositos eluviales y coluviales procedentes de la alteracion de macizos pizarrosos).            |
| <b>Qf-</b> Arenas, arcillas y conglomerados mas cementados (depositos fluviales antiguos).   | <b>Qc-</b> Canchales formados por cantos gruesos angulosos de cuarzo, cuarcita y metacuarcita (coluviones depositados al pie de los crestones cuarciticos). |
| <b>Qg-</b> Arenas, gravas y arcillas poco cementadas (depositos eluviales y coluviales procedentes de la alteracion de rocas intrusivas: granitos, dioritos, gabros, etc.... y neises metamorficos). | <b>Qdc-</b> Arcillas rojizas y cantos calizas angulosos empastados en silas (depositos eluviales de alteracion y descalcificacion de calizas).              |
| <b>Qv-</b> Arenas, gravas y arcillas sueltas (depositos eluviales y coluviales procedentes de la alteracion de rocas volcanicas, acidas y basicas).  |   |



Este conjunto rocoso presenta una abrasividad elevada; en los desmontes su sostenimiento varía entre bueno y aceptable y su excavación oscila entre dificultades de tipo grande a medio.

La capacidad de carga es buena y los asientos pueden considerarse despreciables.

***Rocas volcánicas ácidas y básicas (riolitas, espilitas, doleritas, basaltos, riodacitas, dacitas, andesitas, etc). De forma muy aislada: rocas piroclásticas, tobas, etc. V***

Están situadas generalmente por encima de la diagonal NE-SO, dando lugar a relieves muy variables: planos hacia el O y más abruptos hacia el N. Son bastante estables, aunque pueden aparecer desmoronamientos en zonas tectonizadas.

Su capacidad de carga es alta, salvo en las zonas de recubrimiento o sobre tobas volcánicas y materiales piroclásticos cuando están poco cementados; sólo en estos casos pueden aparecer asientos de magnitud media, pues en los demás se puede hablar de inexistencia de asientos.

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

***Rocas ácidas como: granitos, sienitas, dioritas, granodioritas, adamellitas, etc y sus correspondientes asociaciones filonianas como: pegmatitas, apaitas, etc y rocas básicas como: gabros, doleritas, etc en este apartado se incluyen también las rocas migmatíticas. I***

Ocupan amplias superficies por encima de la diagonal NO-SE de la Hoja. Presentan una morfología muy variable con pendientes que alcanzan hasta el 40 por ciento. En ocasiones dan lugar a bolos y formas redondeadas, sobre todo en las zonas en que están alterados. Suelen encontrarse recubiertas por suelos arenosos procedentes de su alteración, a los que, junto con las zonas de fractura, suele ir ligada el agua.

Su abrasividad 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. Por el contrario, el jabre es ripable y se sostiene mal, problema agravado casi siempre por el contenido en agua de este tipo de material.

En su interior, son frecuentes los diques y filones, que en muchos casos suelen tener un comportamiento diferencial, no sólo desde el punto de vista morfológico, sino también desde el hidrológico y geotécnico.

## **25. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS**

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>**

Presenta una topografía suave con formas de pendientes menores del 20 por ciento. Por lo general es estable en condiciones naturales y bajo la acción del hombre.

Aparece recubierta con frecuencia por materiales cohesivos, que incluyen en su interior, a veces lajas de pizarras. Otras veces las acumulaciones están formadas predominantemente por rocas sueltas.

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

Presenta una topografía de mayor relieve, con formas de pendientes superiores al 20 por ciento. Al ser menos estable que la anterior, suelen verse deslizamientos, favorecidos con frecuencia por el buzamiento de los planos de pizarrosidad, coincidente con la dirección de máxima pendiente de las laderas.

Con pendientes entre el 20 y el 30 por ciento pueden aparecer zonas inestables ante la acción del hombre si contribuye a ello la esquistosidad; con pendientes superiores la inestabilidad puede hacerse manifiesta incluso sin la intervención humana.

Los recubrimientos tienen menor desarrollo superficial y espesor que en la Area I<sub>1</sub>.

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

Con morfología suave a intermedia, presenta pendientes inferiores al 20 por ciento.

La área se considera estable tanto bajo condiciones naturales como bajo la acción del hombre, si bien en las zonas con mayor pendiente pueden aparecer en puntos muy localizados, zonas inestables en los depósitos granulares y bastante heterométricos que recubren amplias superficies de esta área.

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

Presenta una morfología en general abrupta, con formas de relieve de pendientes superiores al 20 por ciento.

La área se considera estable tanto por acciones naturales como bajo la acción humana. Pueden aparecer desprendimientos, muy localizados, en relación con fallas y diaclasas y en las zonas con mayor pendiente; se producen, entonces, acumulaciones rocosas en su pié.

Los recubrimientos son más estrictos, menos potentes y más dispersos que en la área anterior.

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

Presenta formas de relieve muy heterogéneas. En la parte occidental de la Hoja, en la cuenca del río Viar, la morfología es muy suave, con pendientes inferiores al 10 por ciento. En el N, en la región de Aracena, el terreno es más abrupto, con pendientes del orden del 20 y 30 por ciento, llegando incluso a alcanzar valores superiores.

El terreno se considera estable bajo todo tipo de acciones, si bien en las zonas de borde de los crestones cuarcíticos, donde la pendiente es mayor, aparecen despendi-

mientos, jalonados en su pie por canchales y acumulaciones detríticas muy heterométricas.

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

Presenta morfología acusada con pendientes más frecuentes que oscilan entre el 10 y el 30 por ciento.

En algunas zonas pueden aparecer formas de relieve más acusadas con pendientes superiores.

La área es estable tanto bajo la acción de los agentes naturales como del hombre. Únicamente algunas acumulaciones de arcillas procedentes de la decalcificación "in situ" de las calizas pueden, en superficies muy restringidas, dar lugar a pequeños deslizamientos a favor de la pendiente.

### **Area I<sub>7</sub>**

Presenta una morfología bastante variable. Las formas de relieve presentan pendientes que oscilan entre el 3 y el 40 por ciento. Hacia el O las formas son suaves con pendientes bajas que no sobrepasan valores de 6 u 8 por ciento; por el contrario hacia el N el paisaje es más abrupto, alcanzándose cifras elevadas.

Pueden considerarse como estables ante todo tipo de acciones, si bien a menor escala pueden aparecer desmoronamientos de poca importancia en relación con las zonas más tectonizadas.

En las partes en que la pendiente es baja suelen aparecer recubrimientos.

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

Presenta una morfología plana, con pendientes inferiores al 3 por ciento tanto en el fondo de los cauces como en las terrazas. En estas las formas son planas con escalón en su frente hacia el río.

La estabilidad tanto natural como ante las sollicitaciones que introduce el hombre es buena, si bien las terrazas en su frente sufren erosiones a veces bastante importantes y pueden degradarse paulatinamente.

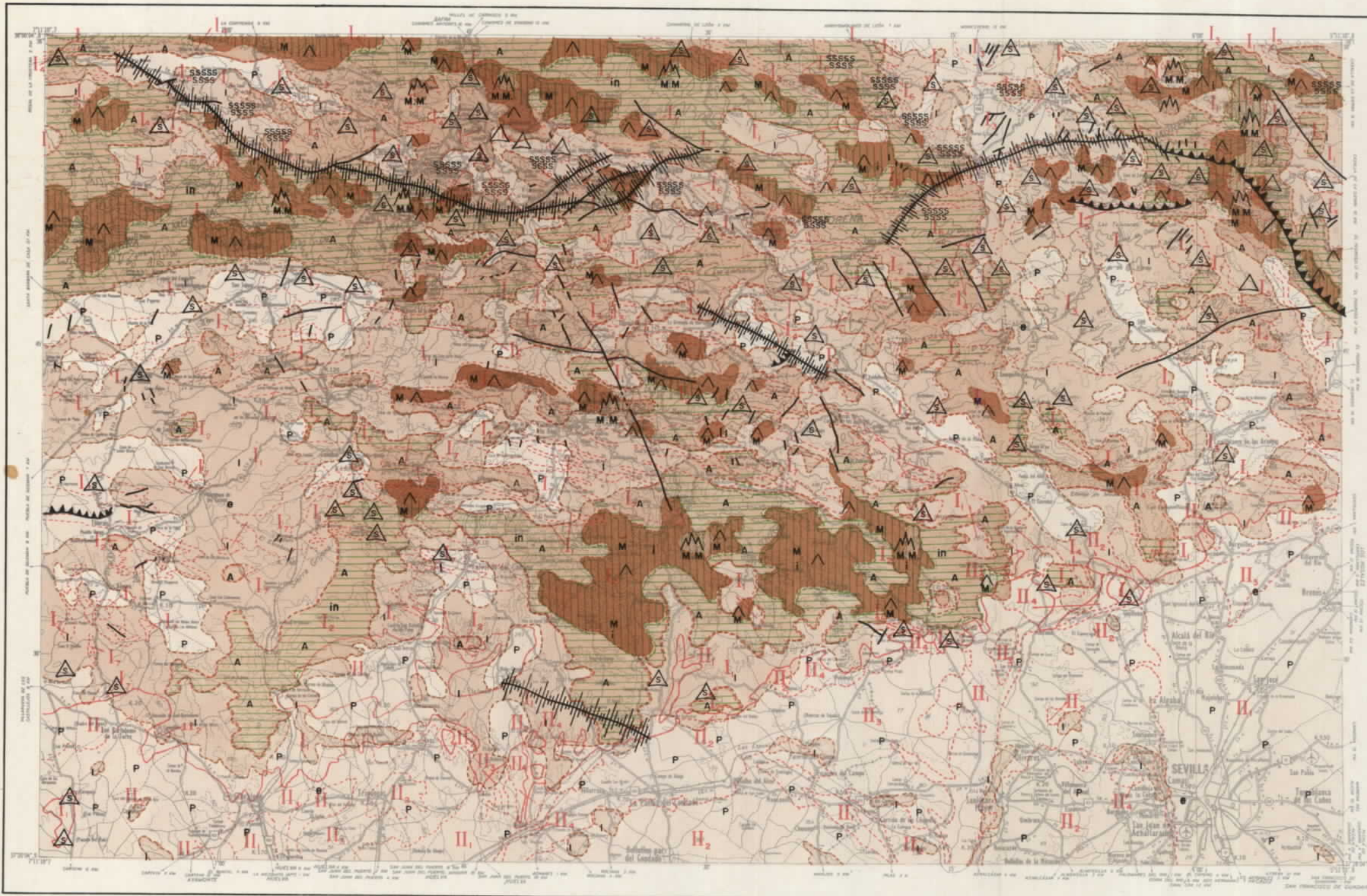
En la cabecera de algunos cauces pueden producirse fenómenos de abarrancamiento.

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

Muestra una morfología suave, de pendientes inferiores al 20 por ciento y que con gran frecuencia no sobrepasan valores del 10 por ciento.

Su estabilidad es buena tanto frente a los agentes naturales como ante la acción del hombre, y únicamente la erosión fluvial en las zonas en contacto con el área II<sub>1</sub> puede dar lugar a pequeñas cárcavas y abarrancamientos, siempre muy localizados y de importancia limitada.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS
I	I <sub>1</sub>	Morfología suave con pendientes inferiores al 20 por ciento, por lo general aparece recubierta de materiales cohesivos y en algunos casos por acumulaciones de pizarras en lajas. Estable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.
	I <sub>2</sub>	Presenta una morfología de pendiente más fuerte con valores superiores al 20 por ciento. Su estabilidad está en función además de la pendiente de la dirección de pizarrosidad. Son frecuentes los deslizamientos a favor de esta última. Los recubrimientos o no existen o son de poco espesor.
	I <sub>3</sub>	Muestra relieves intermedios en los que las pendientes son menores del 20 por ciento. Es estable bajo cualquier tipo de acción existiendo recubrimientos granulares muy heterométricos.
	I <sub>4</sub>	Morfología abrupta con pendientes superiores al 20 por ciento. Es estable aunque pueden aparecer desprendimientos, a favor de la pendiente topográfica y del diaclasado. Dan lugar a algunas acumulaciones rocosas. Los recubrimientos son menos frecuentes que en el Area anterior.
	I <sub>5</sub>	Morfología bastante variable con pendientes en general inferiores al 10 por ciento en la cuenca del río Viar y del orden del 10 al 30 por ciento en las cuarcitas y areniscas compactas del N de la Hoja. En la base de las zonas más pendientes aparecen canchales y acumulaciones detríticas. Estable bajo todo tipo de acciones excepto en las zonas de borde de los crestones cuarcíticos.
	I <sub>6</sub>	Presentan en general morfología acusada, con pendientes variables entre el 10 y el 30 por ciento y que en algunos casos alcanzan valores superiores. El área es estable a excepción de algunas acumulaciones de material cohesivo procedente de alteración "in situ" que pueden dar lugar a pequeños deslizamientos a favor de la pendiente.
	I <sub>7</sub>	Su morfología es muy variable con pendientes que oscilan entre el 3 y el 40 por ciento. En general hacia el O son bajas del orden del 6 al 8 por ciento, mientras que hacia el N su relieve es más abrupto. Son estables aunque pueden aparecer desmoronamientos de poca importancia ligados a zonas de mayor tectonización e intenso diaclasado.
II	II <sub>1</sub>	Presenta una morfología completamente llana en el fondo de los cauces o llano, con escalón en su frente hacia el río, en las terrazas. La pendiente topográfica es inferior al 3 por ciento. La estabilidad natural es buena si bien las terrazas pueden ir degradándose paulatinamente en su borde.
	II <sub>2</sub>	Morfología suave con pendientes que oscilan entre el 0 y el 20 por ciento siendo más frecuentes los valores inferiores al 10 por ciento. Su estabilidad natural es buena y tan sólo la erosión fluvial en contacto con II <sub>1</sub> puede dar lugar a pequeñas cárcavas y abarrancamientos de poca importancia.
	II <sub>3</sub>	Presenta morfología entre llana y alomada con pendientes en general inferiores al 10 por ciento, aunque en puntos muy localizados puedan llegar a alcanzarse valores del 20 por ciento. En estos casos la estabilidad natural empeora y aparecen señales de erosión y de deslizamientos muy superficiales.
	II <sub>4</sub>	Con frecuencia la pendiente es inferior al 20 por ciento. En puntos aislados puede alcanzar valores del 30 por ciento. Por lo general es estable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre en toda su superficie. En el contacto con otras áreas especialmente en los bordes N, puede haber desprendimientos, desgajamientos y basculamientos de bloques.



INTERPRETACION DEL MAPA TOPOGRAFICO

- P Zonas planas, pendientes del 0 al 10 por ciento
- I Zonas intermedias, pendientes del 10 al 20 por ciento
- A Zonas abruptas, pendientes del 20 al 30 por ciento
- M Zonas montañosas, pendientes del 30 al 40 por ciento
- M.M Zonas muy montañosas, pendientes superiores al 40 por ciento.
- Limite de separacion de Zonas.

SEPARACION DE ZONAS SEGUN SU GRADO DE ESTABILIDAD

- e Zonas estables bajo condiciones naturales y bajo la accion del hombre
- in Zonas estables bajo condiciones naturales e inestables bajo la accion del hombre
- H Zonas inestables bajo condiciones naturales y bajo la accion del hombre
- Limite separacion de zonas

SIMBOLOGIA

FENOMENOS GEOLOGICOS ENDOGENOS

- Cabalgamiento
- Falla o zona de falla
- Zona influenciada por fracturas o fallas

FENOMENOS GEOLOGICOS EXOGENOS

- Formas de relieve muy acusadas
- Formas de relieve acusadas
- Taludes de materiales sueltos
- Acumulacion de rocas sueltas
- Recubrimientos por alteracion
- Abarrancamientos
- Deslizamientos en potencia a favor de las pendientes naturales
- Recubrimientos por alteracion en zonas de rocas sueltas

DIVISION ZONAL

- Limite de separacion de Regiones
- Limite de separacion de Areas
- Designacion de un Area

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

Presenta una morfología entre llana y alomada, sin apenas relieves, con pendientes que en raros puntos sobrepasan el 10 por ciento y en ningún caso el 20 por ciento. Dadas sus formas de relieve, es estable, si bien en las zonas con mayor pendiente pueden aparecer señales de erosión y de deslizamientos muy superficiales.

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

Presenta pendientes con frecuencia inferiores al 20 por ciento, si bien en puntos aislados las formas de relieve pueden ser más acusadas.

Es estable ante la acción de la naturaleza y del hombre. En el contacto con otras áreas situadas más al N son frecuentes los desprendimientos.

## **2.6. CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS**

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

El análisis se basará en las distintas permeabilidades de los materiales, así como de sus condiciones de drenaje y de 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>**

En ambas el material predominante es impermeable, los acuíferos escasean y los pocos existentes están en relación con los recubrimientos en la área I<sub>1</sub>.

En la área I<sub>2</sub> el agua subterránea es todavía más escasa y va ligada a zonas de fractura y a intercalaciones no pizarrosas.

El drenaje superficial es en general favorable con una red fluvial muy marcada, especialmente en la área I<sub>2</sub>.

### **Areas I<sub>3</sub> y I<sub>4</sub>**

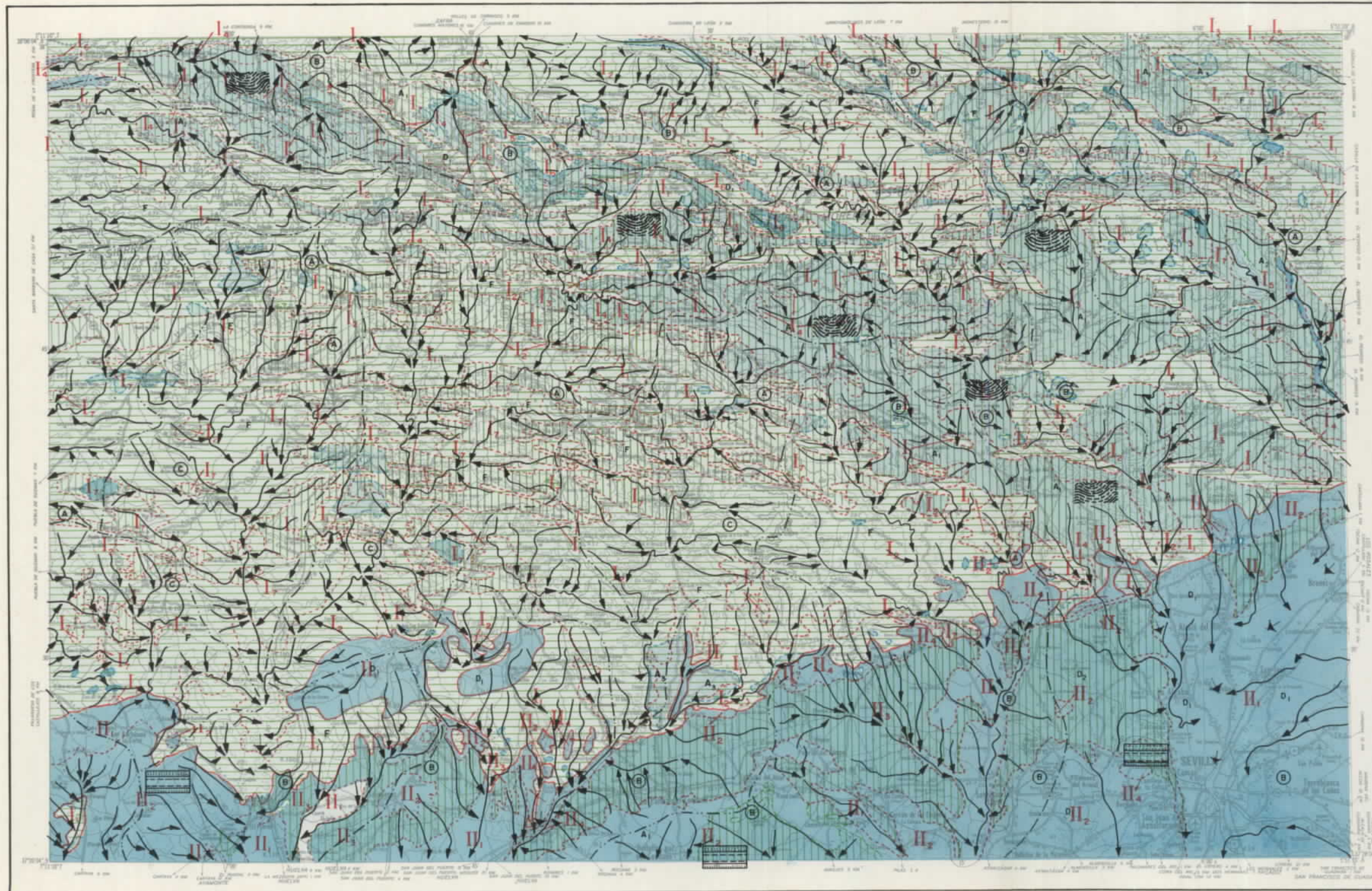
Se consideran como impermeables. El agua subterránea está en relación con fallas y fracturas en la área I<sub>4</sub>, mientras que en la I<sub>3</sub> va ligada a los recubrimientos granulares y aparece a profundidades máximas de 10 a 15 m, formando acuíferos importantes. En ambas puede aparecer en relación con diques y filones intensamente fracturados.

El drenaje superficial es favorable debido a las pendientes en la área I<sub>4</sub>, y aceptable a causa de los recubrimientos y poco relieve en la área I<sub>3</sub>.

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

Está formada por materiales de permeabilidad variable, que hacia el O, en la cuenca del Viar, es mayor, por lo que aparecen reservas de agua que recargan el manto de

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS
I	I <sub>1</sub> -I <sub>2</sub>	Areas con predominio de materiales impermeables. Hay pocos acuíferos y aislados; en relación con recubrimientos en el área de menor pendiente I <sub>1</sub> , ligados a zonas de fracturas y muy escasos en el área I <sub>2</sub> . El drenaje superficial en general es favorable con una red fluvial muy marcada, y más densa en el área I <sub>2</sub> .
	I <sub>3</sub> -I <sub>4</sub>	Se consideran como impermeables. Debido a los recubrimientos que en I <sub>3</sub> llegan a alcanzar espesores de 10 a 15 m aparecen acuíferos importantes. Menos frecuente es el agua ligada a fallas y fracturas. El drenaje en general es aceptable llegando incluso a favorable en el área I <sub>4</sub> .
	I <sub>5</sub>	Materiales en general semi-impermeables con drenaje aceptable poseen algunas reservas de agua que recargan el manto de aluviones del fondo del Valle del Viar.
	I <sub>6</sub>	Materiales permeables por karstificación. El drenaje se efectúa con preferencia de forma subterránea siendo el superficial deficiente. Manantiales abundantes y de caudal poco variable.
	I <sub>7</sub>	Materiales en general semipermeables, que en algunos puntos por su fisuración o textura pueden dar lugar a acumulaciones de agua. Su drenaje es favorable no apareciendo zonas de encharcamiento.
II	II <sub>1</sub>	Se considera como predominantemente permeable, si bien alternan materiales permeables e impermeables. El drenaje es sobre todo superficial aunque existen acuíferos por porosidad intergranular. Debido a lo elevado del nivel freático, en el fondo de los valles planos, pueden aparecer zonas de encharcamientos.
	II <sub>2</sub>	Drenaje superficial deficiente. Acuíferos por porosidad intergranular con caudales importantes, aunque en algunos puntos la alternancia con arcillas da lugar a zonas con permeabilidades más bajas. Pozos muy abundantes con agua a profundidades del orden de 5 m y en algunas ocasiones de 8 a 10 m.
	II <sub>3</sub>	Se consideran en general semipermeables. Dominan los materiales impermeables, si bien existen niveles, en algunas zonas, de litología detrítica, con pequeños acuíferos por porosidad intergranular. El drenaje superficial es deficiente.
	II <sub>4</sub>	Materiales permeables por fisuración y disolución. El drenaje superficial es deficiente. Hay agua subterránea abundante que origina manantiales de caudal, bastante regular en numerosos puntos.



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 percolacion natural. Agua a escasa profundidad
  - D<sub>2</sub> Drenadas en superficie por escorrenia poco activa
- A<sub>1</sub> A<sub>2</sub> A<sub>3</sub>** Zonas con Drenaje Aceptable
  - A<sub>1</sub> Percolacion natural
  - A<sub>2</sub> Percolacion por la fisuracion de las rocas
  - A<sub>3</sub> Percolacion muy debil
- F** Zonas de Drenaje Favorables
  - Escorrenia superficial muy activa
- Limite de separacion de Zonas

PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES

- P** Materiales permeables
- S** Materiales semipermeables
- I** Materiales impermeables
- Limite de separacion de los distintos materiales

SIMBOLOGIA

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

- Limite de cuenca hidrografica
- Limite de subcuenca hidrografica
- Red de drenaje
- Cauces permanentes

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 fisuracion.

FACTORES HIDROLOGICOS VARIOS

- Agua ligada a fenomenos de fracturacion
- Aguas Colgadas

DIVISION ZONAL

- Limite de separacion de Regiones
- Limite de separacion de Areas
- I<sub>1</sub>** Designacion de un Area



aluviones del fondo del valle. En el N, en la región de Aracena, la permeabilidad es menor y el agua va sobre todo ligada a zonas de fracturas.

El drenaje superficial es aceptable, mejor en la región de Aracena que en la cuenca del Viar.

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

Está formada por materiales karstificados por lo que su permeabilidad es alta.

El drenaje se efectúa con preferencia de forma subterránea, a pesar de las pendientes a veces bastante fuertes. El drenaje superficial está poco desarrollado. Los manantiales abundan y son de caudal más regular que en otras áreas.

### **Area I<sub>7</sub>**

Está formada por materiales impermeables. El agua aparece únicamente en relación con las zonas de fisuración y con los recubrimientos.

El drenaje es favorable no apareciendo zonas encharcadas.

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

La permeabilidad global de toda la área es buena por lo que aparecen niveles freáticos altos, mayores en las planas de los cauces fluviales que en las terrazas; en todos los casos a profundidades menores de 5 m.

El drenaje subterráneo es bueno, salvo en zonas localizadas del SE de la Hoja, y se efectúa por percolación. En algunos puntos con predominio de arcillas y limos pueden aparecer zonas de encharcamiento.

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

La permeabilidad de la área es buena por porosidad intergranular. El nivel freático es alto, con agua casi siempre a profundidades menores de 5 m, excepcionalmente hasta 8 ó 10 m. Abundan los pozos, fuente y manantiales. En algunos puntos la alternancia de los materiales detríticos con las arcillas da lugar a zonas con permeabilidades más bajas.

El drenaje superficial es en general deficiente debido a la baja pendiente y a la permeabilidad de los materiales que forman la serie.

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

Se considera semipermeable en el sentido de que su permeabilidad presenta variaciones debido a la mezcla de litologías con comportamiento hidrológico diferencial, de aquí que bajo esta etiqueta se incluyen zonas impermeables que son de las de mayor extensión superficial y zonas permeables minoritarias.

El drenaje superficial es deficiente.

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

Es toda ella permeable por fisuración y disolución, por lo que el agua subterránea abunda y en el contacto con otras áreas aparecen manantiales de caudal bastante constante.

El drenaje superficial se desarrolla poco debido sobre todo a la litología. No es probable encontrar agua a la profundidad de cimentación.

### **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 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 (propia mente 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 Areas, de forma individualizada, para luego, de forma global, exponer las características sismorresistentes de toda la Hoja, indicando que tipo de problemas que pueden ocurrir y en que zonas habrá más propensión a ellos.

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

Ambas zonas de forma global presentan capacidad de carga media. En el caso de pendientes superiores al 30 por ciento, especialmente cuando dominan las pizarras sin apenas intercalaciones de otro tipo de roca, la capacidad de carga es baja, sobre todo en las zonas donde la esquistosidad, unida al relieve, puedan favorecer los deslizamientos. Los asientos son de magnitud media, aunque en la área I<sub>1</sub>, al cimentar sobre recubrimientos cohesivos, la magnitud de los asientos puede ser mayor.

En los casos en que los recubrimientos sean de poco espesor deberán retirarse antes de realizar las cimentaciones. Esta operación será sencilla en la área I<sub>2</sub>, pues debido a su mayor pendiente los recubrimientos serán débiles. Por el contrario, en la I<sub>1</sub> existirán zonas en las que los recubrimientos, de mayor espesor, no harán viable esta operación.

#### **Areas I<sub>3</sub> y I<sub>4</sub>**

Cuando se trate de roca sana la capacidad de carga será alta sin posibilidad de que existan asientos; sin embargo, la aparición de recubrimientos heterogranulares es causa de una disminución de calidad de las propiedades mecánicas de la área, que pueden verse aún reducidas en los casos, por demás frecuentes, de aparición de agua. Si la potencia lo permite deberán eliminarse estos recubrimientos antes de proceder a la cimentación.

En general las condiciones constructivas de  $I_2$  serán favorables, en cuanto que no existen, o están muy limitados, los recubrimientos, si bien en algunos casos, cuando la pendiente sea elevada, puede actuar como factor negativo.

La área  $I_1$  se considera globalmente como aceptable desde el punto de vista geotécnico, dado que la suavidad del relieve hace que las acumulaciones del material detrítico sean frecuentes y en ocasiones con espesores incluso de una decena de metros.

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

En esta área la compacidad y características mecánicas de los materiales que la forman varían de unos puntos a otros y en general en las zonas orientales de la Hoja la capacidad es de media a alta, con asientos que van desde 0 hasta magnitudes medias.

Más hacia Occidente la capacidad de carga aumenta y los asientos son nulos, con condiciones geotécnicas buenas, si bien la mayor pendiente de los manchones situados al O pueden obligar a la preparación de explanaciones antes de iniciar la construcción.

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

Su capacidad de carga es alta, no presentándose, si se está sobre roca sana, ningún tipo de asientos.

Ligados a los recubrimientos arcillosos procedentes de la alteración de la roca misma pueden aparecer problemas geotécnicos; sin embargo, dado que en general su potencia es pequeña, se considera a esta área sin problemas geotécnicos.

### **Area I<sub>7</sub>**

Presenta capacidad de carga alta, sin asientos, excepto en las zonas de poca superficie, en que aparecen: tobas volcánicas, materiales piroclásticos o recubrimientos de alteración menos compactos, donde los asientos aumentan y la capacidad de carga disminuye.

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

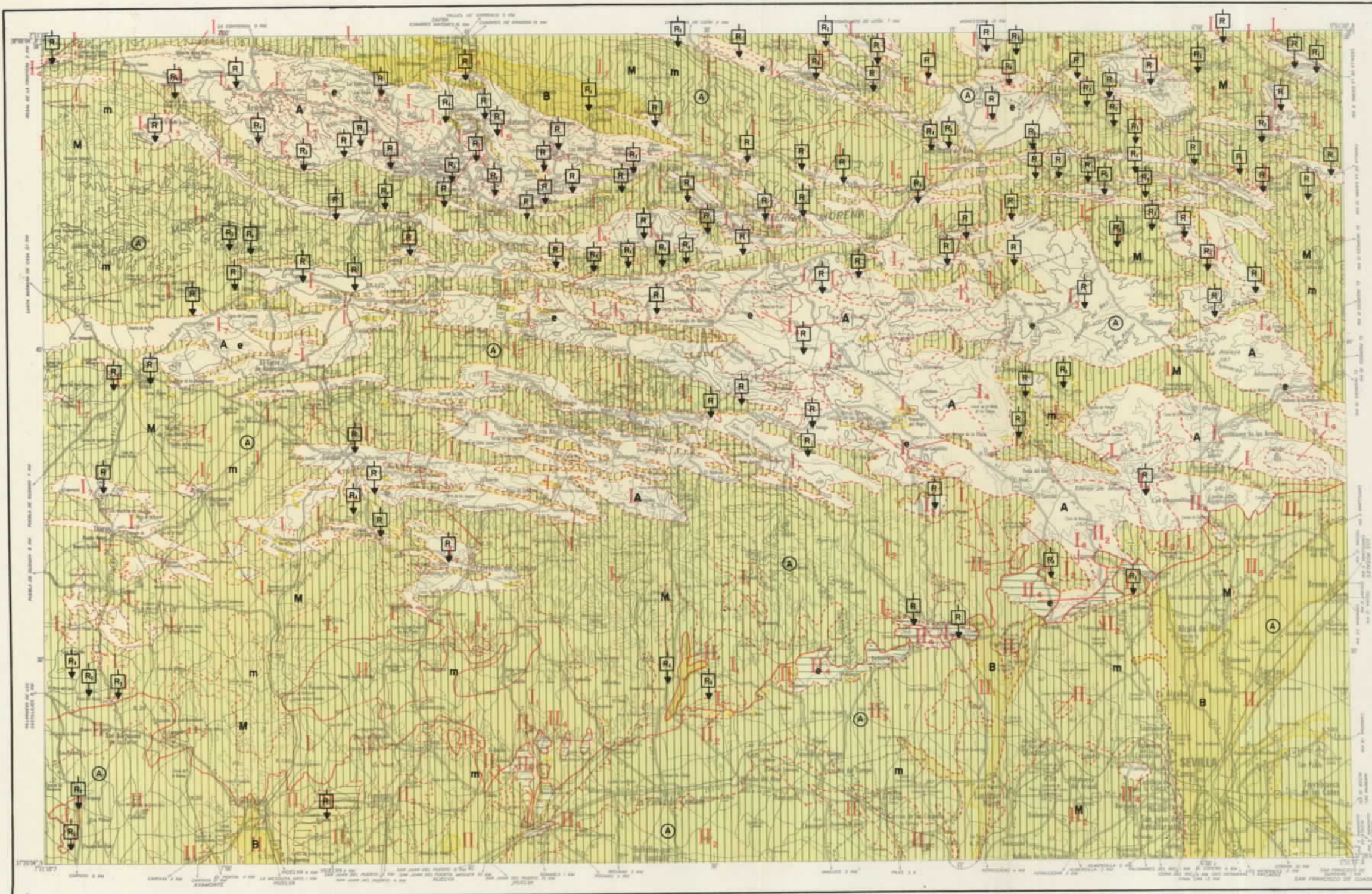
Su capacidad de carga es baja, con asientos de magnitud media que pueden ser importantes en las zonas limo-arcillosas ligadas a cursos actuales.

En las terrazas con litología más pobre en finos aparecen a poca profundidad niveles ricos en gravas. Los asientos y la capacidad de carga son entonces, como mínimo, de magnitud media. Los problemas geotécnicos que cabe esperar están también en relación con el alto nivel freático y con el contenido en materia orgánica.

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

Capacidad de carga media, donde cabe esperar asientos de la misma magnitud. Puntualmente en zonas de litología alternante puede haber 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> -I <sub>2</sub>	Ambas poseen capacidad de carga media. Pueden aparecer asientos en relación con los recubrimientos cohesivos que presentan. En el Area I <sub>2</sub> los problemas geotécnicos se verán agravados por la mayor pendiente, especialmente en las zonas en que la esquistosidad de las pizarras coincide con ella.
	I <sub>3</sub> -I <sub>4</sub>	Con capacidad de carga alta. Cuando se apoye sobre materiales alterados, más abundantes y espesos en el Area I <sub>3</sub> pueden aparecer asientos de magnitud media. Sobre roca sana desaparecen estos problemas.
	I <sub>5</sub>	Con capacidad de carga de media a alta e inexistencia de asientos salvo en zonas aisladas, en las que se alcanzan magnitudes medias.
	I <sub>6</sub>	Capacidad de carga alta, posibilidad de aparición de asientos prácticamente nula. Los problemas geotécnicos estarán ligados al conocimiento del espesor de los recubrimientos arcillosos.
	I <sub>7</sub>	Capacidad de carga alta excepto en las zonas en que aparecen tobas volcánicas, materiales piroclásticos o existen recubrimientos de alteración. En estos casos los asientos pueden alcanzar magnitudes medias, en contraste con las demás masas rocosas inalteradas donde no existirán.
II	II <sub>1</sub>	Capacidad de carga baja con asentamientos de magnitud media que pueden ser importantes en zonas limo-arcillosas ligadas a cursos actuales. En las terrazas con litología más pobre en finos los asientos y la capacidad de carga son de magnitud media. El nivel freático alto y el contenido en materia orgánica pueden dar origen a problemas geotécnicos.
	II <sub>2</sub>	La capacidad de carga es media y la magnitud de los asientos del mismo orden. Puntualmente pueden darse asientos diferenciales de pequeña cuantía debido a las variaciones litológicas.
	II <sub>3</sub>	Capacidad de carga media y asientos de igual magnitud. En las reducidas zonas donde la pendiente sea superior al 10 por ciento. Pueden originarse asientos y deslizamientos de importante magnitud.
	II <sub>4</sub>	Inexistencia de asientos y capacidad de carga elevada. En las zonas donde el cambio lateral de litología sea importante la capacidad de carga puede llegar a disminuir.



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.

--- Limite de Separacion de Zonas.

ASIENTOS PREVISIBLES

- I Zonas con inexistencia de asientos.
- m Zonas con asientos de magnitud media.
- e Zonas con asientos de magnitud elevada.

--- Limite de separacion de Zonas

SIMBOLOGIA

GRADO DE SISMICIDAD

- A Bajo  $G < VI$
- B Medio  $VI < G < VIII$
- C Alto  $G > VIII$

Escala Internacional macroseismica (MSK)

--- Limite de separacion de Zonas.

FACTORES GEOTECNICOS VARIOS

- R ↓ Recubrimientos granulares
- R<sub>i</sub> ↓ Recubrimientos cohesivos

DIVISION ZONAL

- Limite de separacion de Regiones
- - - Limite de separacion de Areas
- I<sub>1</sub> Designacion de un Area

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

Capacidad de carga media y asientos de magnitud similar. Existen zonas en las que al aumentar la pendiente pueden originarse problemas de asientos, así como deslizamientos frecuentes, que aunque bastante superficiales puedan resultar incómodos. El nivel de las cimentaciones no se verá afectado por la presencia de agua, ya que ésta no existe en ningún caso, al menos de forma importante.

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

Inexistencia de asientos con capacidad de carga alta, si bien hacia el E, debido a cambios progresivos y laterales de litología, la capacidad de carga disminuye, aunque aún así los posibles asientos sean bajos.

Al igual que en el caso de la Area I<sub>3</sub> no se encontrará agua a nivel de las cimentaciones.

### ***Sismicidad***

Toda la Hoja se incluye dentro de la zona Sísmica A, de las definidas por la Norma Sismorresistente P.G, S-1. Dentro de ella el grado de intensidad macrosísmica (MSK) es menor de VI, por lo que en general no deben producirse, por efectos sísmicos, daños de consideración.

### **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, ahora, las condiciones constructivas de la Hoja.

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

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

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

Se incluyen bajo esta denominación un conjunto de terrenos que presentan importantes problemas bien sean de tipo geomorfológico y geotécnico propiamente dicho (p.d.) o de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.).

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

Se incluyen aquí las pizarras, solas o alternando con otros materiales, que presentan pendientes superiores al 30 por ciento. La fuerte pendiente, la frecuencia de los deslizamientos, su capacidad de carga y la magnitud de los asentos, son las causas que obligan a adoptar este criterio.

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

Se caracterizan como muy desfavorables por los problemas indicados en el epígrafe, los canchales al pie de areniscas o crestones cuarcíticos, cuando su pendiente es superior al 20 por ciento. La inestabilidad de tales materiales sueltos, su espesor a veces importante, el hecho de que en la actualidad sigan formándose estas acumulaciones y el elevado valor de la pendiente hacen que se etiqueten a los mencionados materiales como muy desfavorables.

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

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

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

Se incluyen en este apartado las rocas ígneas intrusivas y filonianas ácidas y básicas, las migmatitas, las rocas volcánicas, los gneises groseros y las cuarcitas, areniscas, calizas y dolomías del paleozoico, cuando su pendiente es superior al 20 por ciento. Son materiales que no presentarán ningún otro problema. Son rocas que para efectuar explanaciones en ellas se hace necesario recurrir al empleo de explosivos.

### ***Problemas de tipo hidrológico***

Las zonas que encuadran los ríos Guadalquivir y parte del Odiel se han considerado como desfavorables.

En el primer caso la causa es la frecuencia de las inundaciones, aunque con la construcción del canal Bonanza-Sevilla la zona peligrosa es de poca superficie.

En el Odiel se considera desfavorable una estrecha banda a causa de los arrastres que se producen debido a la existencia del curso de agua.

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

Se consideran con estas características aquellas superficies ocupadas por recubrimientos sobre rocas ígneas intrusivas, filonianas o volcánicas, migmatitas, gneises, calizas y dolomías paleozoicas.

Estos macizos rocosos exigen el empleo de explosivos al realizar las explanaciones, si se construye escalonadamente. Cuando la obra no modifique la topografía original habrá que eliminar en muchos casos los recubrimientos.

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

Se consideran con estas características las pizarras y pizarras alternantes con otros materiales, cuando sus pendientes están comprendidas entre el 20 y el 30 por ciento, y



también las alternancias de conglomerados y areniscas del paleozoico, con pendientes superiores al 20 por ciento.

Se han datado como constructivamente desfavorables debido primordialmente a su pendiente, que obligará a hacer excavaciones antes de la realización de las obras para construir sobre superficies más suaves. A su vez al aumentar los taludes en el frente de corte se plantearán con frecuencia problemas de estabilidad o 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 aquí los recubrimientos sobre pizarras con pendientes superiores al 20 por ciento y los canchales procedentes de la erosión de cuarcitas, areniscas y conglomerados paleozoicos con pendientes entre el 10 por ciento y el 20 por ciento. En el primer caso las dificultades e incidencias, si se realizan explanaciones, serán las mismas que en el grupo anterior, si bien la parte superior, de material menos coherente, será más fácil de excavar; por el contrario, si se construye no siempre será posible hacerlo sin suavizar la pendiente. Deberán retirarse los recubrimientos. No habrá problemas hidrológicos.

En el segundo caso, aunque la pendiente es menor, 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 con condiciones constructivas desfavorables.

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

Se incluye en este grupo una pequeña mancha, en el casco urbano de Sevilla. Son unos depósitos de marismas, desecadas en época histórica, con alto contenido en materia orgánica. A los problemas geotécnicos (asientos y baja capacidad de carga) hay que añadir los de tipo hidrológico a consecuencia de la baja cota sobre el nivel del Guadalquivir, en zona inundada por última vez en la crecida de 1951.

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

Se incluyen en 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 y geomorfológico; litológico e hidrológico; geomorfológico y geotécnico (p.d.); hidrológico y geotécnico (p.d.); litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.); litológico y geotécnico (p.d.); geomorfológico, hidrológico y geotécnico (p.d.).

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

Se han considerado como constructivamente aceptables las rocas ígneas intrusivas, filonianas y volcánicas, los gneises, las calizas terciarias y las areniscas, cuarcitas, calizas y dolomías paleozoicas, siempre que su pendiente estuviera comprendida entre el 10 y el 20 por ciento. No presentan problemas de tipo litológico, ni hidrológico, ni geotécnico.

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

Se consideran con condiciones constructivas aceptables las margas terciarias, que con pendientes inferiores al 10 por ciento presentarán problemas exclusivamente geotécnicos. Sus características, en cuanto a asentos y capacidad de carga, más la posibilidad de que parte del material sea expansivo, obligan a incluirlas en el grupo de condiciones constructivas aceptables.

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

Se han considerado como pertenecientes a este grupo los recubrimientos sobre rocas ígneas, tanto intrusivas como filonianas o volcánicas, sobre migmatitas y sobre calizas y dolomías siempre que la pendiente estuviera comprendida entre el 10 y el 20 por ciento.

Los recubrimientos serán de poco espesor y no contendrán agua o en muy poca cantidad dada la pendiente de las laderas o la litología de los suelos. Con frecuencia deberán retirarse los materiales modernos antes de proceder a la cimentación.

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

Se reserva este apartado para los recubrimientos sobre rocas ígneas intrusivas y filonianas, tanto ácidas como básicas, y para las migmatitas y gneises, siempre que la pendiente del conjunto sea menor del 10 por ciento. Puede aparecer alguna zona con encharcamientos. El nivel freático estorbará en muchas ocasiones la realización de las cimentaciones por lo que previamente deberá retirarse con el recubrimiento.

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

Se han incluido bajo este epígrafe las pizarras, las rocas detríticas paleozoicas alternando con argilitas y las margas miocenas cuando su pendiente oscila entre el 10 y el 20 por ciento.

No se presentan problemas de nivel freático alto, ni tampoco de tipo litológico.

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

Se incluyen aquí un conjunto de terrenos ligados al cauce del Guadalquivir. Son superficies en las que las inundaciones han sido frecuentes hasta la realización del canal Sevilla-Bonanza. Actualmente presentan un nivel freático alto que puede dar problemas en las cimentaciones. A ello hay que añadir la posibilidad de asentos de bastante magnitud en algunos puntos y el contenido en materia orgánica.

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

Se consideran como pertenecientes al grupo aquellas superficies formadas por recubrimientos sobre pizarras y gneises con pendientes comprendidas entre el 10 y el 20 por ciento. En general será necesario retirar el suelo y con frecuencia realizar alguna explana-

ción, sobre todo en las zonas con pendientes próximas al límite superiores. Los problemas geotécnicos serán de pequeña importancia. En general no habrá dificultades de tipo hidrológico.

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

Se incluyen aquí una gran mayoría de los materiales ligados a los cauces actuales de los ríos. El nivel freático en general alto, las capas y lentejones de materiales con predominio de granulometrías en los tamaño menores, unido a la posibilidad de asentos de cierta magnitud en algunos puntos, hacen que ésta zona se considere como de características constructivas aceptables.

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

Se incluyen en este grupo las arenas, arcillas y conglomerados cuaternarios depositados por antiguos cursos de agua, también materias terciarias como arenas alternando con gravas y arcillas, arenas y areniscas de grano fino y conglomerados, todos ellos con pendientes superiores al 10 por ciento. La pendiente y el nivel freático alto es el problema más común. Desde el punto de vista geotécnico (p.d.) pueden presentarse asentos diferenciales debido a las alternancias de materiales cohesivos y granulares. Hay con frecuencia cementación de los materiales gruesos que mejoran las características geotécnicas (p.d.).

### **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: litológico; geotécnico (p.d.); litológico y geotécnico (p.d.), hidrológico y geotécnico (p.d.), litológico, hidrológico y geotécnico (p.d.).

***Problemas de tipo litológico***

Corresponden a superficies ocupadas por materiales procedentes de la alteración y erosión de calizas y rocas volcánicas, con pendientes inferiores al 10 por ciento. En general son recubrimientos de poco espesor, formados por materiales impermeables. Dado que el substrato tiene una capacidad de carga alta, sin que se produzcan asentos, se procurará quitar estos recubrimientos antes de proceder a la cimentación. No cabe esperar problemas de otros tipos.

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

Se consideran con estas características las pizarras, y las rocas detríticas paleozoicas formadas por areniscas y conglomerados alternantes con argilitas, siempre que sus pendientes sean inferiores al 10 por ciento. No hay problemas de ningún tipo si se exceptúan la capacidad de carga y los asentos que 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 recubrimientos sobre pizarras con pendientes inferiores al 10 por ciento.

La baja pendiente y la inexistencia de agua, por el gran porcentaje de finos que suelen tener estos suelos, hacen que no sean problemáticos los otros dos factores. En puntos muy localizados el bajo relieve, junto con las características de permeabilidad del material, puede, sin embargo, ocasionar alguna acumulación de agua en superficie, pero no es frecuente. En cimentaciones será necesario en muchos casos retirar los recubrimientos.

Asientos y cargas son de magnitudes medias.

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

Se consideran las arenas, arcillas y conglomerados cuaternarios depositados por antiguos cursos de agua, y algunas formaciones terciarias de arenas alternando con gravas y arcillas, o ciertos niveles de arenas, areniscas de grano fino y conglomerados interestratificados, todos ellos con pendientes inferiores al 10 por ciento. La problemática está en este caso en los niveles freáticos, que pueden llegar hasta la profundidad de cimentación, y en los asientos diferenciales que se produzcan en las distintas litologías.

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

A este grupo pertenecen los niveles de terrazas. Su pendiente es siempre inferior al 10 por ciento. Los problemas litológicos están en la capa superior de finos, que cuando es de poco espesor puede suprimirse en las cimentaciones. El freático alto puede molestar la ejecución de los trabajos. La variedad granulométrica de los materiales y su disposición lenticular son razones que añadir a la de la constitución de ciertos lechos para pensar en problemas de asientos y limitar la capacidad de cargas.

### **3.5. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS MUY FAVORABLES**

Hay un grupo heterogéneo de materiales que por su disposición, morfología y litología no originarán ningún tipo de problemas. Son los siguientes: rocas ígneas intrusivas, filonianas y volcánicas, migmatitas; calizas y dolomías paleozoicas y calizas terciarias. Su capacidad de carga excelente, la inexistencia de asientos, de recubrimientos y de nivel freático alto, más el hecho de presentar una morfología con pendientes inferiores al 10 por ciento, hacen que se consideren estos casos como de condiciones constructivas muy favorables.

## BIBLIOGRAFIA

- **Análisis de Indicadores Económicos de la provincia de Sevilla.** Organización Sindical. Sevilla. Diciembre 1971.
- **Aplicaciones de la Geología al urbanismo, el ejemplo de la zona rural de Anchorange.** Debvolny. 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 geotechnique de la Suisse. E:1/200.000.** Quervain y Hojmann. Comisión Geotechnique Suisse 1964.
- **Datos climáticos de Sevilla, Huelva y Badajoz.** 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 Agrobiológico de la provincia de Sevilla.** Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto. Sevilla 1962.
- **Estudio sobre la población española.** III Plan de Desarrollo Económico y Social.
- **Estudio socio-económico de la provincia de Sevilla.** Consejo Económico-Social Sindical Provincial Agosto 1972.
- **Geotécnica y Cimientos.** I. Jiménez Salas, J.A. y Justa Alpañes, J.L. Madrid.
- **Guadalquivir.** M.O.P. (Dirección de O. Hidráulicas). San Sebastián 1974.
- **Investigación de hierros del S.O.** 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.** Golodkenskaya y Kolomeski. Congreso Geológico Internacional de Checoslovaquia 1968.
- **L' hydrologie du Bas Guadalquivir.** C.S.I.C. Vanney, J.R. Madrid 1970.
- **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 de España E:1/200.000.** Síntesis de la cartografía existente. Hoja 75 de Sevilla. I.G.M.E. Madrid 1971.
- **Mapa Geotécnico 1:200.000 de Madrid.** I.G.M.E.
- **Mapa Geotécnico 1:200.000 de Valladolid.** I.G.M.E.
- **Mapa Geotécnico de Yugoslavia a E: 1/500.000.** Gojic. D Belgrado 1967.
- **Medidas urgentes para la promoción de la provincia de Sevilla.** Organización Sindical. Consejo Económico-Social. Sevilla. Febrero 1973.
- **Nomenclator de las ciudades, villas, lugares, aldeas y demás entidades de población de Badajoz.** Censo de la población de España de 1970. Instituto Nacional de Estadística. Tomo IV-6. Madrid 1973.
- **Nomenclator 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.
- **Nomenclator de las ciudades, villas, lugares, aldeas y demás entidades de población de Sevilla.** Censo de la población de España de 1970. Instituto Nacional de Estadística. Tomo IV-41. Madrid 1973.
- **Normalización de Leyendas Geológicas.** Espejo Molina, J.A. Congreso Hispano Luso Americano de Geología Económica, 1971.
- **Norma Sismorresistente P.G.S.-1** Presidencia del Gobierno 1968.
- **Plan Nacional de Minería P.N.I.M.** Mapa Geotécnico Nacional. I.G.M.E. 1972.
- **Precis de geomorphologie.** Derruau 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.
- **Reseñas estadísticas de las provincias de Badajoz, Huelva y Sevilla.** Presidencia del Gobierno. Instituto Nacional de Estadística.

- Revista Sindical de Estadística. n<sup>o</sup> 110 -2<sup>o</sup> trimestre. Año 1973. Madrid.
- The principles of compiling the engineering geological map of the U.R.S.S. territory on the scale of 1/2.500.000. Churinov. Congreso de Geología Económica. París 1970.