

**Anejo n° 2**

**GEOLOGÍA Y GEOTECNIA**

## **ÍNDICE**

### **1. OBJETO**

## **GEOLOGÍA**

### **2. MARCO GEOLÓGICO**

- 2.1 Marco Geológico General**
- 2.2 Geología de la zona de estudio**
- 2.3 Estratigrafía**
- 2.4 Tectónica**
- 2.5 Geomorfología**
- 2.6 Hidrogeología**
- 2.7 Recorrido geológico de la traza**
- 2.8 Caracterización geomecánica de los macizos rocosos**
- 2.9 Evaluación de zonas de riesgo geológico**
- 2.10 Inventario de taludes**

## **GEOTECNIA**

### **3. ENSAYOS REALIZADOS**

### **4. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES**

### **5. PARÁMETROS DE CIMENTACIÓN**

- 5.1 Tensión admisible del terreno bajo el marco**
- 5.2 Tensión admisible del terreno bajo las aletas**
- 5.3 Coeficiente de balasto**
- 5.4 Estabilidad global**
- 5.5 Talud del terraplén**

## **1.- OBJETO**

El objetivo de este anejo es dar a conocer las características geológicas y geotécnicas del terreno en el cual se va a ubicar el paso inferior objeto de estudio.

Además se describirá también en este anejo los trabajos realizados en campo que fueron necesarios para determinar los parámetros resistentes del suelo, así como para la comprobación de qué tipo de materiales conformaban el suelo.

La principal fuente de datos para este anejo es el proyecto “Autovía del Mediterráneo: Tramo Cocentaina- Muro de Alcoi” la parte correspondiente a sus anejos de Geología y de Geotecnia, siendo el inicio de P.K. de este proyecto aproximadamente en el P.K. 11+153 de la A-7.

## **GEOLOGÍA**

### **2.- MARCO GEOLÓGICO**

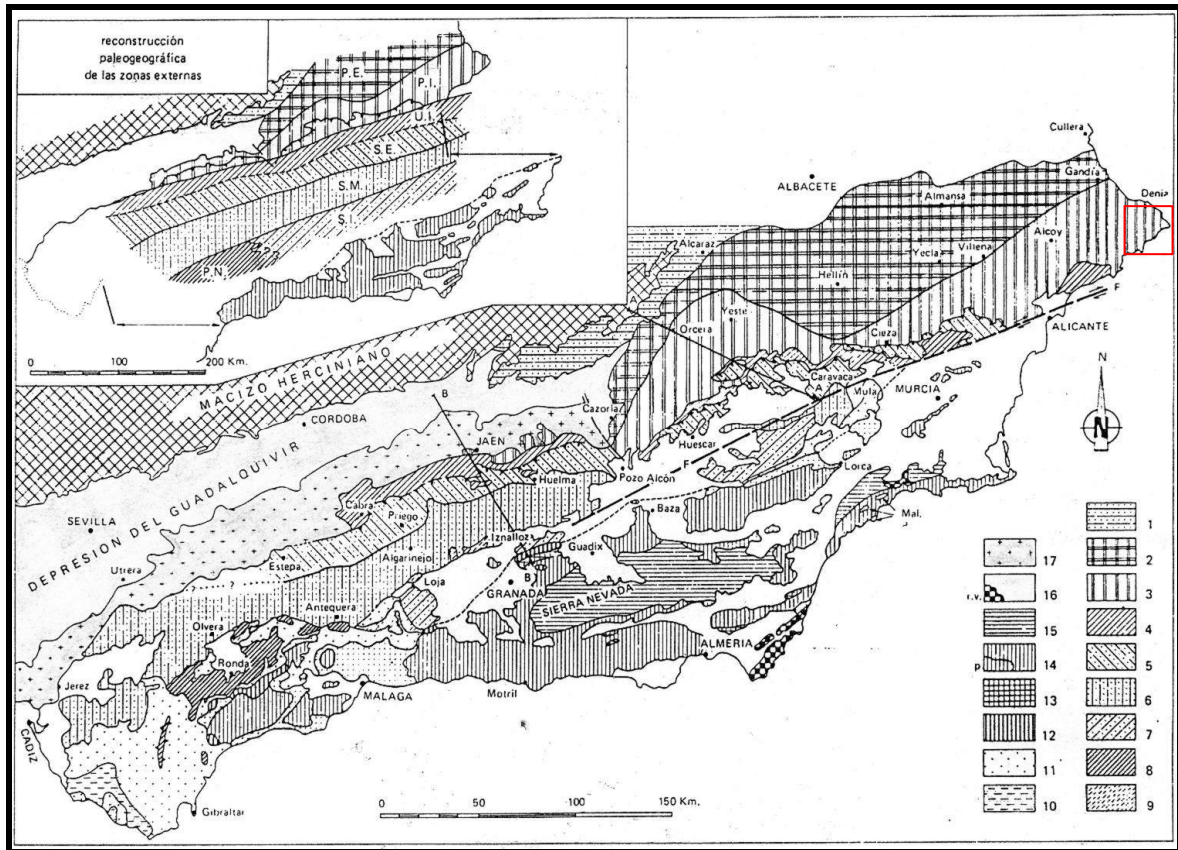
#### **2.1.- Marco Geológico General**

La zona de estudio se localiza en las Cordilleras Béticas, que en sentido geográfico, es el conjunto de montañas que se extienden desde el Golfo de Cádiz hasta las costas meridionales del País Valenciano y Baleares. Al N está limitada por la cuenca del Guadalquivir y por el borde meridional del Macizo Ibérico y Sistema Ibérico, mientras que en el borde S se localiza el mar de Alborán. Aunque en sentido geológico, se extiende más allá de los límites geográficos, prolongándose hacia el S por debajo del mar de Alborán y hacia el NE parte de sus estructuras se continúan sin interrupción por el fondo del Mediterráneo y del promontorio balear hasta la isla de Mallorca.

Se trata de una cadena de plegamiento alpino formada durante el Mioceno y que está constituida por dos grandes unidades: las *Zonas Externas*, que comprenden a los materiales mesozoicos y terciarios del antiguo margen continental localizado al sur y sureste de la placa ibérica, y las *Zonas Internas* que constituyen un fragmento de una microplaca (Subplaca Mesomediterránea) que se ha desplazado hacia el oeste hasta colisionar con el margen antes citado y formar la cordillera.

En las Zonas Externas, según la naturaleza de los materiales y el grado de deformación se diferencian claramente dos zonas: *Prebético (externo e interno)*, con facies depositadas en medios someros, que durante el Mesozoico representaba la zona más cercana al continente y *Subbético (externo e interno)*, de facies pelágicas a partir del Lías medio, que representa la zona de depósito marino más alejada del continente, con materiales de cuenca oceánica y eventualmente rocas volcánicas efusivas durante el Mesozoico.

La zona ocupada por el trazado se enmarca en las Zonas Externas, en concreto en el Prebético Externo de las Cordilleras Béticas, con un predominio de las formas de relieve de topografía alomada con encajamiento de las barranqueras del río Serpis.



La estructura de las Zonas Externas es la de una cobertera plegada y desplazada hacia el NNW. Los límites de dominios paleogeográficos en gran parte coinciden con la posición de los frentes de los cabalgamientos de manera que en gran parte las unidades geológicas que se pueden diferenciar coinciden con los dominios paleogeográficos. Los materiales que han sufrido menor desplazamiento son los más cercanos al antiguo continente (Prebético) en los que la deformación se limita a unas escamas y pliegues fallas vergentes hacia el continente. Los materiales del Dominio Intermedio y los del Subbético cabalgan ampliamente hacia el NNW, superponiéndose tectónicamente a materiales de dominios más septentrionales, superando ampliamente, en su desplazamiento horizontal, los límites numéricos para ser considerados mantos de corrimiento. En algunos sectores la vergencia de las estructuras es contraria, mostrando una cierta simetría. Mediante reconstrucciones palinspásticas (García-Hernández *et al.*, 1980; Vera, 1986) se ha calculado que el acortamiento de la cobertera durante la colisión continental ha sido tal que la anchura del margen sería unas tres veces superior a la anchura actual de afloramiento de las Zonas Externas

## 2.2.- Geología de la zona de estudio.

La zona de estudio, como se indica anteriormente, se sitúa en el Prebético externo de las Cordilleras Béticas. Los materiales que afloran en la banda cartografiada son de edad Miocena y Cuaternaria.

Nuestra área de estudio se encuadra en una zona sinclinal, situada en el extremo oriental del gran anticlinal de la Sierra de Mariola. Este sinclinal aparece colmatado por una

serie margosa de edad miocena que asignaremos a la formación Tap, aunque el conjunto tiene una edad dudosa e indiferenciada.

Estas margas aparecen intensamente tapizadas por materiales de edad cuaternaria, mayoritariamente terrazas del sistema Serpis-Agres y depósitos de Glacis, además de los depósitos más recientes (coluviales y aluviales).

### **2.3 Estratigrafía**

#### **Mioceno.**

- *Margas Tap ( $T_m$ )*: serie monótona de margas, correspondiente a depósitos marinos de aguas profundas, que suele contener fauna planctónica de Globigerínidos entre otros. Está constituida por margas, margas arenosas y margas calcáreas, amarillas y blancas en superficie y gris-azuladas en corte fresco o en profundidad. Es un conjunto bien estratificado, típico de la región, que colmata las áreas sinclinales, dando lugar a las cuencas de los principales cursos fluviales.

En la zona de estudio aparecen con distintos grados de meteorización, en ocasiones, aparecen cubiertas en superficie por caliches y arcillas nodulosas encalichadas y en la mayor parte del recorrido de la traza se observan tapizadas por eluviales que corresponden con los campos de labor de la zona.

Su contenido en arena también varía, de modo que se puede observar como aquellas más arenosas presentan tonalidades más amarillentas y son poco plásticas, mientras que aquellas que no contienen arena o su contenido es mínimo presentan una importante plasticidad y un posible comportamiento expansivo, además de que sus tonalidades son más grisáceas.

Estos cambios físicos de las margas se deben a los importantes cambios de facies tanto laterales como verticales que presentan, característicos de la formación *Tap*.

- *Calizas biodetríticas ( $T_{m2}$ )*: estas calizas biodetríticas aparecen como un lastrón de muy poco espesor que corta discordantemente a la serie margosa. Aparecen con un grado de meteorización importante (III-V) y los afloramientos son muy puntuales y de poca importancia cartográfica.

#### **Cuaternario.**

- *Terrazas fluviales ( $Q_T$ )*, el sistema de terrazas fluviales está representado, principalmente, por las del río Serpis, que se extienden al oeste del río, con cuatro niveles de terraza (T1, a +4 m sobre el río; T2, a +10 m; T3, a +20 m y T4, a +30 m). Están formadas fundamentalmente por gravas de cantos subredondeados de naturaleza calcárea en matriz arenosa y areno-limosa que alternan con niveles más arcillosos o arenosos. El río Agres también presenta un sistema de terrazas, aunque menos desarrollado y suelen ser de naturaleza más arcillosa.
- *Glacis ( $Q_G$ )*: El sistema de glacis procedente de los relieves de la Sierra de Mariola, se extiende hacia el este hasta enlazar con las terrazas del Serpis. Está

formado por gravas, algo más angulosas que las de la terraza, y también de naturaleza calcárea en matriz areno-limosa, a veces arcillosa.

Tanto los materiales de glacis como los de las terrazas en muchas ocasiones aparecen encostrados por caliches y con nódulos carbonatados.

- *Aluvial ( $Q_{al}$ )*: Aluviones de los cauces actuales y fondos de vaguada que tapizan las margas del Tap donde está encajada la red fluvial. Según los tramos se trata de cantos gruesos y gravas limpias y en otros están constituidos por arenas y limos con cantos procedentes de las terrazas más bajas que el río va erosionando.
- *Coluvial ( $Q_{co}$ )*: Son depósitos de ladera de carácter gravitacional asociados a zonas de fuerte pendiente, constituidos también por bloques y gravas en matriz arcillo-limosa de tonos rojizos que suelen aparecer cementados por caliches y costras calcáreas.

## **2.4. Tectónica.**

La zona que nos ocupa se incluye en el Prebético Externo, con un estilo estructural característico, con largas crestas de bóvedas anticlinales en forma de champiñón, con verticalización de los flancos e incluso inversión de los mismos en profundidad. Debido al gran desarrollo de las margas miocenas (Tap) y a la importante cobertera cuaternaria muchas de las estructuras no se observan en superficie.

En concreto, nuestra área de estudio, se localiza en la prolongación oriental del gran anticlinal de Mariola.

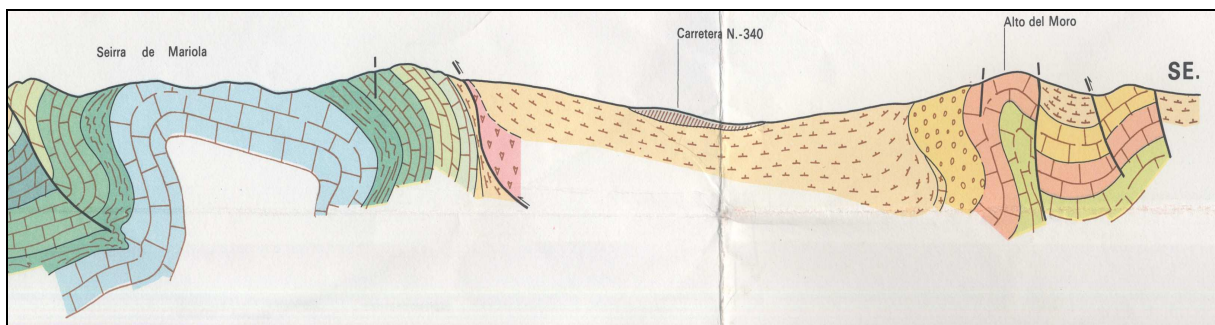


Fig 2. Corte geológico (Magna, hoja 821 Alcoy)

Se trata de un anticlinal en amplia bóveda, fracturada que da lugar a la Sierra de Mariola, está intensamente cortada al E por la gran fractura N-S que se extiende desde Muro de Alcoy y Cocentaina, aunque el Cuaternario, muy desarrollado al pie de la sierra impide ver los enlaces estructurales al E, por lo que no se distingue si se trata de una falla de salto en vertical o con cierta componente de desgarre.

La zona de estudio se sitúa en el sinclinal, reflejo del anticlinal de Mariola, situado al E-SE del mismo. Este sinclinal aparece colmatado por las margas Tap y por materiales cuaternarios.

## **2.5. Geomorfología**

La zona de estudio es de topografía ondulada y alomada que, transversalmente, se ve cortada bruscamente por numerosos y fuertes barrancos correspondientes a los afluentes del río Serpis, que se encajan profundamente, tanto en los materiales miocénicos como en las terrazas del río, originando escarpes subverticales de 10 a 30 m de altura.

Desde el punto de vista geomorfológico, podemos distinguir:

- Los depósitos aluviales ( $Q_{AL}$ ) ocupan las cotas más bajas de la franja estudiada, coincidiendo con el cauce actual del río Serpis y con los aluviales o fondos de vaguada de los arroyos tributarios del mismo.
- Los depósitos coluviales ( $Q_{CO}$ ), se depositan en zonas de fuertes pendientes, regularizándolas.
- Los materiales pleistocenos constituyen el sistema glacis-terrazza fluvial, en concreto se han cartografiado cuatro niveles de terrazas, de gran extensión. Estas terrazas dan lugar a un relieve relativamente suave, interrumpido por fuertes barrancos.
- La terraza más alta puede aparecer enmascarada por los materiales procedentes de zonas más elevadas y la terraza más baja aparece excavada por la progresiva migración del río hacia el este.

## **2.6. Hidrogeología.**

El área de estudio queda incluida en la Cuenca del Júcar, en concreto en el subsistema Prebético de Valencia y Alicante, en la unidad hidrogeológica Sierra Mariola.

En este sistema los acuíferos principales son de naturaleza carbonatada o detríticos.

El acuífero afectado por la traza es el acuífero detrítico de Muro de Alcoy, constituido por gravas y arenas de edad cuaternaria, es un acuífero libre donde los materiales impermeables están constituidos por las margas blancas o grises del Mioceno (denominadas localmente “Tap”)

El flujo subterráneo general tiene una dirección OSO-ENE. Las entradas por infiltración de agua de lluvia ascienden a unos  $465 \text{ hm}^3/\text{año}$  y las entradas por retorno de riego, entradas laterales de otros sistemas y por infiltración desde los ríos se valora en  $210 \text{ hm}^3/\text{año}$ , de modo que se totalizan en unos  $670 \text{ hm}^3/\text{año}$ .

En este sistema al curso fluvial principal es el río Serpis, que nace al pie del puerto de La Carrasqueta por la unión de los barrancos Polop y Barranco del Troncal y va a desembocar en el Mediterráneo junto al Grao.

El Serpis tiene una superficie de cuenca de  $752,8 \text{ km}^2$  y una longitud de 74,5 km. Entre Alcoy y Muro de Alcoy recibe las aguas de numerosos barrancos por ambas márgenes y al llegar a Cocentaina afluye, por la margen derecha, el río Valleseta, que recoge las aguas superficiales de parte de las sierras de Serella, Alfaro y Almudaina, y que en

época de estío permanece seco, pues no recoge ninguna escorrentía subterránea, más adelante afluye por la margen izquierda el río de Agres.

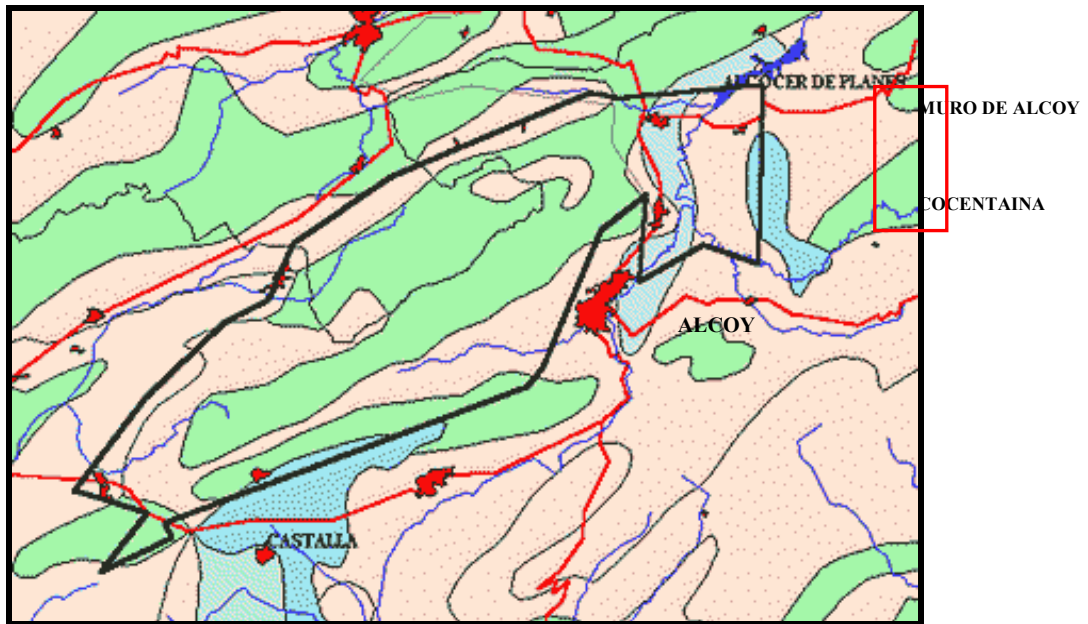


Fig. 3. Situación del área de estudio en la unidad hidrogeológica de Sierra Mariola

### **Características hidrogeológicas de los materiales de la traza.**

Según sus características hidrogeológicas podemos agrupar a las distintas formaciones en dos tipos de materiales:

- Las formaciones cuaternarias: materiales granulares, detríticos con alta permeabilidad.
- Las formaciones miocenas: margas, poco o nada permeables, que pueden presentar cierta permeabilidad secundaria por fisuración o alteración, y calizas, con muy poca representación en la zona, con permeabilidad secundaria por fracturación y fisuración.

### **Inventario de puntos de agua.**

- Cursos de agua

Los cursos fluviales más importantes que afectados por la traza son el Serpis y el Agres, el resto son cursos secundarios de carácter estacional.

- Sondeos

Durante la campaña geotécnica, se realizará un seguimiento de los niveles freáticos interceptados en las distintas prospecciones planteadas (hasta ahora no se ha detectado en ningún sondeo).



## **2.7. Recorrido geológico de la traza.**

En este apartado se procede a realizar una descripción geológica del corredor estudiado, que consta de unos 11,5 Km. de longitud, con un ancho de banda cartografiado de 500 m.

Para ello, se ha dividido la traza en varios tramos de distinta extensión (definidos mediante PK inicial y final) atendiendo a criterios principalmente litológicos, aunque también se han considerado las características estructurales, geomorfológicas y/o hidrogeológicas de los materiales afectados por el trazado. Comenzando por el inicio de la traza, los tramos considerados son los siguientes:

- **0+000-1+100:** en este primer tramo la traza aprovecha el trazado de la actual N-340, que en los primeros 700 m. discurre, principalmente, por las margas tap, tocando materiales de la terraza  $Q_{T3}$  en los PP.KK. 0+200-0+330. A partir del P.K. 0+700 hasta el final de este tramo la traza discurre por materiales cuaternarios de la  $Q_{T3}$  y de glaciés ( $Q_G$ ). En este tramo, entre los PP.KK. 0+400-0+630, se proyecta la ampliación del viaducto existente, que salva el barranco de Monsenvicent.
- **1+100-2+780:** a partir del P.K. 1+100 la traza se desvía de la carretera actual hacia el E. En este tramo los materiales afectados son principalmente los cuaternarios que tapizan las margas miocenas, que se tocan en los PP.KK. 1+440-1+470, 1+900-1+950 y al final del tramo.

En este tramo se proyectan dos estructuras para salvar el Serpis, la primera se localiza entre los PP.KK. 1+510-2+000, la cual apoya, ambos estribos, en los materiales de la terraza fluvial  $Q_{T2}$ . La segunda se proyecta en los pp.kk 2+400-2+780, donde el estribo izquierdo apoya en la terraza  $Q_{T1}$  y el derecho en las margas Tap.

- **2+780-7+100 (enlace 1):** la traza toma dirección norte y se adentra en las margas miocenas “Tap”. Los materiales afectados por este tramo de la traza son básicamente las margas, salvo en zonas puntales en los que se cortan materiales cuaternarios que cubren a las margas principalmente en las áreas situadas al oeste de la traza.

Los materiales cuaternarios que son afectados, corresponden a la terraza  $Q_{T4}$  en los PP.KK. 2+840-2+960, 3+230-3+670, 4+160-4+280, 4+810-4+860, 5+040-5+160, 6+480-6+500, 6+870-6+950, a aluviales de fondos de vaguada correspondientes a muchos de los barrancos que se atraviesan y coluviales en los PP.KK. 3+010, 4+120-4+160, 4+315-4+345, 4+450-4+480, 4+900-4+980, y en el ramal norte del enlace se cortan a los materiales de la terrazas  $Q_{T1}$ - $Q_{T3}$ .

El resto del tramo discurre por los materiales miocenos, por las margas, salvo en los PP.KK. 4+160-4+180 donde la traza toca a las calizas biodetríticas.

- **7+100-9+150:** Este tramo comienza con un importante viaducto (7+200-7+700) para salvar el Serpis, y luego continua con dirección oeste, encontrándose después con el río Agres y en consecuencia un nuevo viaducto

El primer viaducto estriba en los materiales de las terrazas  $Q_{T1}$  y  $Q_{T3}$ , después del viaducto la traza continua, en desmonte, por materiales de la terraza  $Q_{T3}$  y de glacis  $Q_G$ , donde se sitúa el estribo izquierdo del segundo viaducto, el estribo de la derecha apoya en las margas miocenas, por las que la traza discurre en desmonte, para seguir en terraplén por los depósitos glacis hasta el P.K. 9+150.

- **9+150-Final de la traza:** a partir de este P.K. la traza vuelve a discurrir, en terraplén, por las margas miocenas hasta el P.K. 9+850, a partir del cual se continua por las margas pero en desmonte. A partir del P.K. 11+060 hasta el enlace final, la traza, en terraplén atraviesa depósitos glacis.

## **2.8. Caracterización geomecánica de los macizos rocosos.**

La traza objeto de este estudio discurre, en su totalidad, sobre formaciones tipo suelo (arcillas, arenas y gravas), en las que no es posible el levantamiento de estaciones geomecánicas.

## **2.9. Evaluación de zonas de riesgo geológico.**

Según la definición recogida en el libro *Riesgos Geológicos* de F. J. Ayala et al. (IGME, 1987), un riesgo geológico es todo proceso, situación o suceso en el medio geológico, natural, inducido o mixto, que puede generar un daño económico o social a alguna comunidad y en cuya predicción, prevención o corrección han de emplearse criterios geológicos. Pueden dividirse en riesgos de origen interno (volcanes, terremotos y diapiros) y de origen externo (movimientos de ladera, subsidencias naturales, expansividad, erosión e inundaciones).

No obstante, debido a la alteración en las condiciones naturales del terreno que conlleva una obra de las características de las que nos ocupa, se pueden introducir nuevos factores de riesgo que serán necesarios subrayar. Por tanto, las alteraciones de las condiciones naturales del terreno a atravesar son las que pueden ocasionar un cierto riesgo geotécnico (inestabilidad de taludes, asentos de terraplenes, erosión en pilas, etc.). La evaluación de estos riesgos y su mitigación será analizados minuciosamente cuando se tengan más datos geotécnicos, ya que la campaña geotécnica está actualmente en marcha y son pocos los datos (las lluvias han frenado algo el avance de la misma).

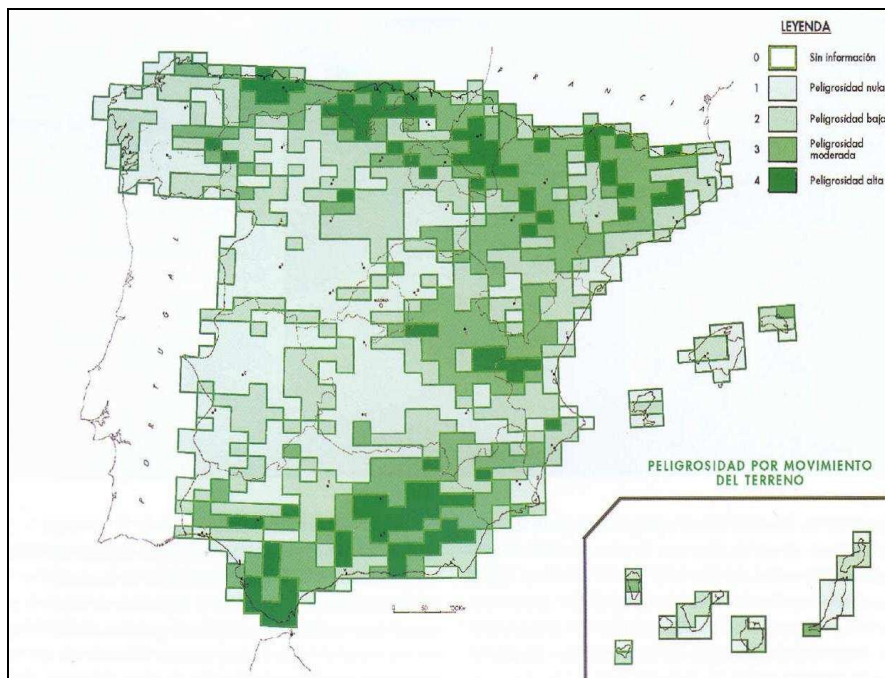
### **Inestabilidad gravitacional.**

La inestabilidad gravitacional da lugar a los movimientos de ladera, que pueden ser clasificados en función de la naturaleza de los materiales implicados, en la morfología y velocidad del movimiento, etc. Los principales tipos de movimientos de ladera son:

- Deslizamientos
- Desprendimientos
- Avalanchas
- Flujos

Las condiciones bajo las que se producen, así como los resultados generados varían de unos tipos a otros.

Las litologías más frecuentes en el tramo objeto son las margas, gravas y arenas, de modo que en la zona que nos ocupa el factor determinante en la estabilidad es el comportamiento diferencial de las margas y las gravas y arenas, en concreto en lo referente a la permeabilidad y la erosión. Por lo que los problemas de estabilidad que pudieran darse irían asociados a fenómenos principalmente de erosión, que se comenta en el siguiente apartado.



*Fig. 4. Evaluación de la peligrosidad por movimientos del terreno en base a la presencia actual de deslizamientos importantes en cada celda (1987, IGME).*

### **Erosión.**

Los fenómenos de erosión son procesos ligados a la dinámica geológica y climática de una zona particular. Los distintos tipos de erosión natural que se presentan responden a las características de los sistemas morfogenéticos y morfoclimáticos en que se encuentran. El clima define la erosividad, mientras que el tipo de terreno condiciona la erosionabilidad.

Las causas principales que favorecen la erosión de los terrenos son, principalmente:

- La pendiente y el relieve del terreno: serán más fácilmente erosionables las áreas de pendientes longitudinales altas que las que presenten un perfil suave.
- La cobertura vegetal: protege los terrenos de la erosión amortiguando la fuerza de caída del agua de lluvia y afirmando el terreno con las raíces.

- La litología del terreno: la erosión ataca con más fuerza los materiales sueltos no consolidados (gravas, arcillas, arenas, limos) que los suelos consolidados o los materiales rocosos.

La erosión más importante que puede darse en la zona de estudio es la hídrico-fluvial. Existen numerosos arroyos tributarios del Serpis con cauces fuertemente encajados en el terreno, producto de un proceso de erosión remontante asociado al descenso del nivel de base de dichos arroyos, por efecto del encajamiento generado en el Serpis, y como consecuencia de la marcada erosionabilidad de los materiales dominantes en la zona.

Las margas son materiales poco o nada permeables, hecho que favorece una importante escorrentía superficial que provoca la erosión de las margas, que además, al encontrarse infrayacentes a los depósitos granulares cuaternarios, bastante permeables, reciben el agua de infiltración de los mismos, favoreciéndose su erosión.

Además de observarse un acusado acarcavamiento de los materiales, en los taludes o cortes en los que se dan estos procesos de erosión se pueden observar situaciones de inestabilidad gravitacional, ya que si se produce una erosión importante de las margas sobre las que se apoyan los materiales cuaternarios, éstos sufren un basculamiento o vuelco al perder apoyo en su base (ver P.O.35-36 en el apéndice VIII “*Puntos de observación*”).

De modo que habrá que prestar especial atención a los procesos de erosión y evitar su efecto, en la medida de lo posible, con medidas de protección.

### **Karstificación.**

La karstificación es un proceso asociado a la disolución de las rocas (generalmente de naturaleza carbonatada o evaporítica) por acción del agua, donde se generan cavidades y huecos que, al alcanzar unas determinadas dimensiones, generan inestabilidades y desequilibrios.

Es de fundamental importancia los efectos del clima en el desarrollo de los fenómenos que se producen en el subsuelo. De acuerdo con diferentes variables como lluvias, temperatura, relieve, fuentes de CO<sub>2</sub>, textura de rocas, fracturas e inclinación del terreno, entre otras, será la importancia de los procesos kársticos. Éstos dan lugar a unas morfologías características generando un modelado o relieve kárstico. Esas morfologías son muy variadas y se clasifican básicamente según sus dimensiones y su situación en el macizo calizo.

Los riesgos asociados a este proceso son diversos, pudiendo dividirse en dos grandes grupos: los de tipo geomecánico (hundimientos o colapsos y subsidencia) y de tipo hidrogeológico.

- Subsidencia: es un movimiento vertical lento y paulatino del suelo que se produce cuando los terrenos tienen una cubierta relativamente potente de suelo, de manera que los materiales kársticos no afloran en superficie.

- Hundimientos o colapsos: son procesos más o menos puntuales originados por movimientos bruscos de una porción de terreno en la vertical con consecuencias catastróficas para viviendas y vías de comunicación.

En la zona de estudio se han observado calizas pero de poca representación cartográfica, tanto en espesor como en extensión, por lo que a pesar de que son fenómenos relacionados con este tipo de materiales, a lo largo de la franja estudiada no se han observado evidencias de zonas afectadas por la karstificación

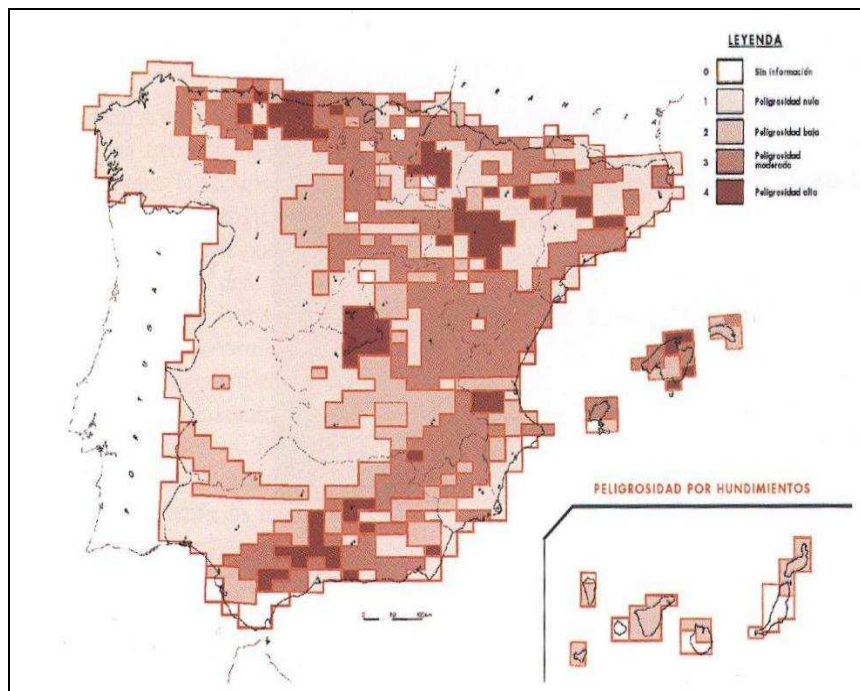


Fig.5. Mapa de peligrosidad por hundimientos en España (Impacto económico y social de los Riesgos Geológicos en España, 1988 (IGME).

### **Inundaciones y zonas de posible encharcamiento.**

Las causas de las inundaciones son las crecidas en los sistemas fluviales y cuencas endorreicas. Estas causas dependen en mayor o menor medida de tres parámetros fundamentales e interrelacionados: clima (precipitación y temperatura), geología (principalmente geomorfología) y actividad antrópica.

La traza, en parte de su recorrido, discurre sobre la llanura de inundación del río Serpis, zona potencialmente inundable que habrá de tenerse en cuenta a la hora de proyectar la rasante de la autovía.

### **Sismicidad.**

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define, según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), mediante el mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, para cada punto del país (y expresada en relación al valor de la gravedad) la aceleración sísmica básica  $a_b$ , un valor característico de la aceleración

horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

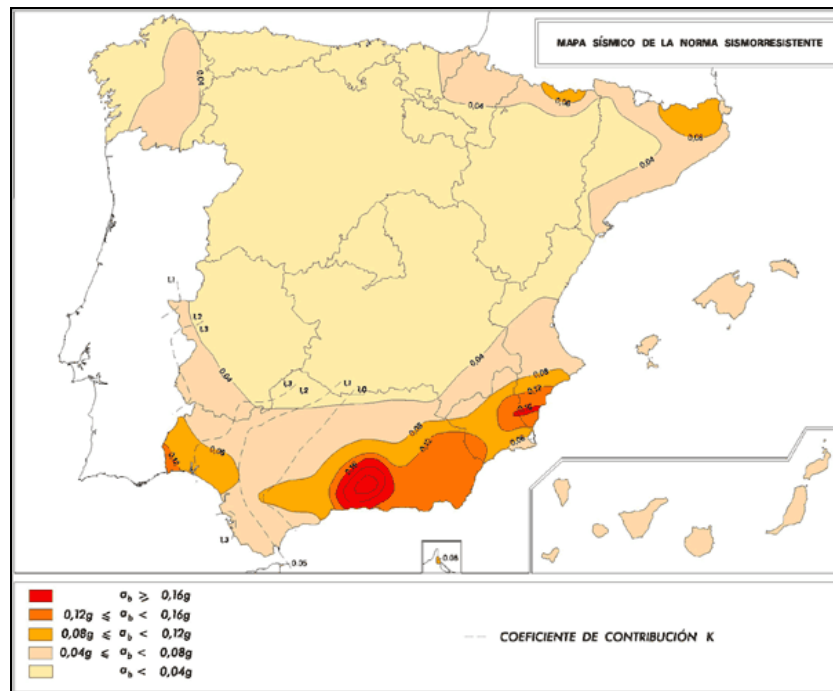


Figura 6: Mapa nacional de peligrosidad sísmica. Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02)

El valor de la aceleración sísmica básica expresada en relación al valor de la gravedad en los municipios de la zona objeto de estudio es:

MUNICIPIO	$a_b/g$	Coef. de contribución (k)
Alcoy	0.07	1
Muro de Alcoy	0.07	1
Cocentaina	0.07	1

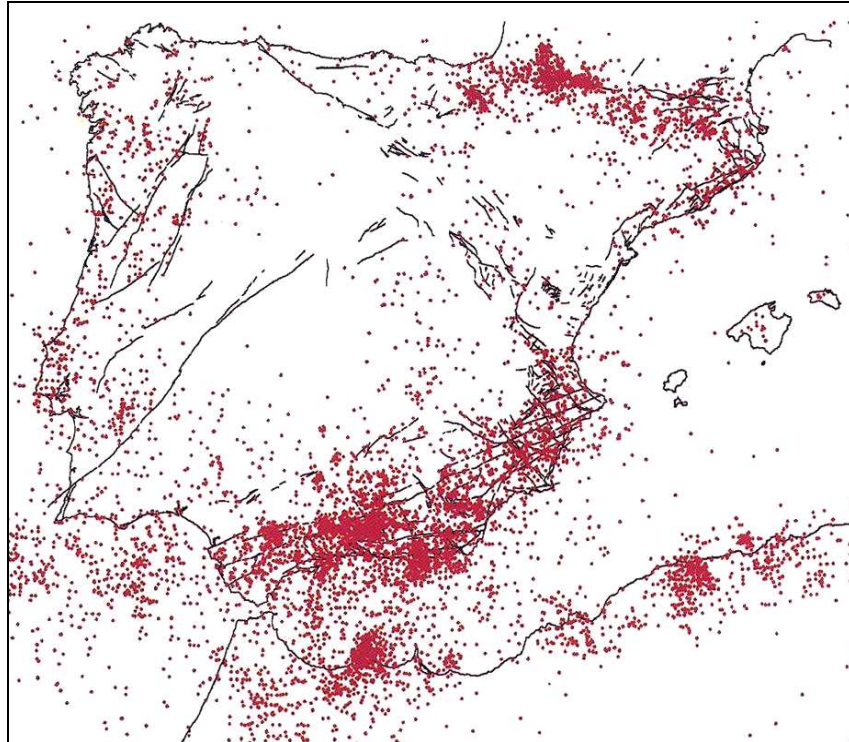


Fig. 7. Distribución de la sismicidad en la Península Ibérica. La actividad se concentra entre las placas europea y africana y en el antiguo límite de placas que ocupa el Pirineo.

La aceleración sísmica de cálculo ( $a_c$ ) se define como el producto:

$$a_c = S \rho a_b, \text{ donde:}$$

$a_b$ : *aceleración sísmica básica*

$\rho$ : *coeficiente adimensional de riesgo*; es función de la probabilidad aceptable de que se exceda  $a_c$  en el periodo de vida para el que se proyecta la construcción.

Su valor viene dado por:

- Construcciones de normal importancia:  $\rho = 1.0$
- Construcciones de especial importancia:  $\rho = 1.3$

$S$ : *coeficiente de amplificación del terreno*. Toma el siguiente valor:

$$\begin{aligned} \text{Para } \rho a_b < 0,1g, S &= C/1,25 \\ \text{Para } 0,1g < \rho a_b < 0,4g, S &= C/1,25 + 3,33 [(\rho a_b/g) - 0,1](1 - C/1,25) \\ \text{Para } 0,4 < \rho a_b, S &= 1,0 \end{aligned}$$

siendo  $C$  el *coeficiente de terreno*. Este parámetro depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación que, según la citada norma, pueden clasificarse en 4 tipos, cada uno de ellos con un valor diferente de  $C$ . Así tenemos:



CLASIFICACIÓN	TIPO DE MATERIAL	V. DE PROPAGACIÓN DE ONDAS ELÁSTICAS	COEFICIENTE ( C )
Terreno Tipo I	Roca compacta Suelo cementado Suelo granular muy denso	$V_s > 750 \text{ m/s}$	1,0
Terreno Tipo II	Roca muy fracturada Suelo cohesivo duro Suelo granular	$750 \text{ m/s} > V_s > 400 \text{ m/s}$	1,3
Terreno Tipo III	Suelo cohesivo firme a muy firme Suelo granular compacidad media	$400 \text{ m/s} > V_s > 200 \text{ m/s}$	1,6
Terreno Tipo IV	Suelo granular suelto Suelo cohesivo blando	$V_s < 200 \text{ m/s}$	2,0

Para obtener el valor del coeficiente C de cálculo se determinarán los espesores  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_3$  y  $e_4$  de los tipos de terreno I, II, III y IV, respectivamente, existentes en los primeros 30 m bajo la superficie, adoptándose como C el valor medio obtenido al ponderar los coeficientes  $C_i$  de cada estrato con su espesor  $e_i$ .

$$C = \frac{\sum C_i \cdot e_i}{30}$$

Para una obra de las características como la que nos ocupa, la Norma de Construcción Sismorresistente es de aplicación obligatoria para valores de  $a_b$  iguales o mayores de 0,04g, por lo que deberá aplicarse en este proyecto.

La  $a_c$  para nuestra zona de estudio sería:

$$a_c = S \rho a_b, \text{ donde, } \rho = 1,3$$

$$a_b = 0.07g$$

$$S = 1.29$$

$$\text{por tanto } a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 0.12 g$$

## **2.10 Inventario de taludes.**

Los materiales en los que se encuentran excavados los taludes son principalmente los correspondientes a las terrazas fluviales y depósitos glaciales, que presentan una estabilidad alta, pero en los que habría que controlar los procesos de erosión ya que en muchos de ellos se observan acarreamientos importantes, así como el lavado de los materiales más finos, produciéndose la caída de los elementos más gruesos.



RESUMEN DEL INVENTARIO DE TALUDES					
Ficha	Material	Situación	Talud	Altura	Estabilidad
T-1	Cantos subredondeados, heterométricos de naturaleza fundamentalmente caliza en una matriz areno-limosa.	Carretera Benamer-Benimarfull, 60 m. antes del puente sobre el Serpis.	80°	3-4 m	Buena
T-2	Cantos subredondeados, heterométricos de naturaleza fundamentalmente caliza en una matriz areno-limosa.	Carretera Benamer-Benimarfull, estribo izdo del puente sobre el Serpis.	80°	6+7 m	Buena
T-3	Margas de color beige en superficie y grises en corte fresco	Camino que la N-340 salva con un paso superior, a la altura del P.K. 11+380 de la traza	90°	2-3 m	Buena
T-4	Cantos subredondeados, heterométricos en matriz areno-limosa y margas arenosas de color beige-gris.	Nueva variante N-340, dirección Alcoy-Valencia, a la altura del P.K. 0+300 de nuestro tramo	45°	10-12 m	Buena
T-5	Cantos subredondeados en matriz areno-limosa de colores claros	En la carretera N-340 Dirección Alcoy-Valencia, en el P.K. 0+950 de la traza.	40°	7 m	Buena
T-6	Gravas en matriz limo-arenosa, algo arcillosa de color rojizo.	N-340, dirección Belliana-Alcoy, a la altura del P.K.1+450 de nuestra traza.	40°	3 m	Buena

## GEOTECNIA

### 3.- ENSAYOS REALIZADOS

Para el reconocimiento geotécnico del terreno se ha realizado:

- **Sondeos:** Un sondeo con sondas de accionamiento hidráulico, tipo Rolatec RL 46 montadas sobre orugas. Se han utilizado técnicas adecuadas para conseguir un alto porcentaje de recuperación en cada maniobra de perforación. Durante la ejecución de los sondeos se han ido realizando en función del terreno atravesado, ensayos de penetración standard con cuchara bipartida y extracciones de muestras inalteradas mediante tomamuestras o seccionado de pared gruesa de 4 mm de espesor, longitud de 60 cm y diámetro interior de 70 mm. Los testigos obtenidos en los sondeos (algunos se parafinaron) fueron colocados en cajas adecuadas, quedando éstas debidamente almacenadas para cualquier comprobación posterior. Al término de la perforación se colocó tubería piezométrica ranurada de PVC con tapa de protección en todos los taladros, al objeto de realizar medidas del nivel freático.

DENOMINACIÓN	COORDENADAS			PROF. (m)	PK	OBSERVACIONES
	X	Y	Z			
ST-5	721914.366	4297265.72	429,20	30,00	11+280	Sondeo para terraplén de 17 m

- Calicatas: Al objeto de completar la caracterización geotécnica de los materiales se han realizado calicatas de investigación.

DENOMINACIÓN	COORDENADAS			PROF. (m)	PK	OBSERVACIONES
	X	Y	Z			
CT-9	721757.936	4297237.152	444,15	3,90	11+400	Calicata para terraplén de 14 m.

- Ensayo de penetración dinámica: Se han realizado utilizando un penetrómetro dinámico automático sobre orugas. Este penetrómetro es apto para la realización del ensayo según Norma UNE 103.801, ejecutándose la hinca de la puntaza cuadrada de 40 mm x 40 mm, mediante caída libre de una maza de 63,5 Kg. Desde una altura de 75 cm. Se utiliza varillaje de 32 mm de diámetro.

Denom.	Coordenadas			Profundidad Alcanzada (m)	Estructura	P.K.	Observaciones
	X	Y	Z				
PD-39	721988.037	4297268.400	438,70	14,80	Terraplén	11+140	Penetración dinámica para terraplén 16.
PD-40	721847.101	4297247.510	438,25	14,20	Terraplén	11+280	Penetración dinámica para terraplén 16.

- Ensayo presiométrico: El objetivo del ensayo presiométrico es la obtención de la respuesta esfuerzo-deformación del terreno “in situ”, de manera que se pueda calcular el módulo de deformación del terreno. Si se consiguen alcanzar las condiciones del comportamiento plástico del terreno, pueden estimarse las características geotécnicas del mismo: cohesión, ángulo de rozamiento interno y ángulo de dilatancia, en función de los datos disponibles.

El ensayo presiométrico consiste en la expansión radial de una camisa cilíndrica de caucho que se encuentra dentro de un sondeo. Se realiza aplicando presiones crecientes, con una velocidad de carga acorde al tipo de terreno a ensayar. Esto nos proporciona una gráfica del diámetro del sondeo en función del incremento de presión transmitida. En el caso más favorable se obtienen 3 presiones características:

- $P_o$ : Presión a la que la camisa se adapta totalmente a la pared del sondeo.
  - $P_F$ : Presión a la que el terreno deja de comportarse elásticamente. Se llama **presión de fluencia**.
  - $P_L$ : Presión a la que el terreno se cizalla y no admite ningún incremento de
- El equipo que se utilizará para hacer los ensayos presiométricos es el ELASTOMETER-2, modelo 4180, fabricado por OYO CORPORATION, realizándose según la Norma ASTM D-4719.

#### **4.- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES**

El paso inferior formado por un marco de hormigón armado ejecutado in situ, apoya sobre una capa de material de sustitución de unos 3 metros de espesor y esta sobre materiales del mioceno y del cuaternario compuestos por arcillas limosas y arcillas grisáceas.

##### **Arcillas limosas (Qal-C)**

Se trata de un material arcilloso a limoso rico en materia orgánica. Viene a ser una arcilla lignitosa. En realidad se trata de intercalaciones de orden decimétrico características de un medio lacustre con frecuentes fluctuaciones del nivel del agua.

Esta unidad sólo se ha detectado en el sondeo ST-5:

Prospección	P.K.	OBSERVACIONES
ST-5	11+240	

*Tabla 14. Prospecciones donde se ha detectado la unidad geotécnica Tap-mo.*

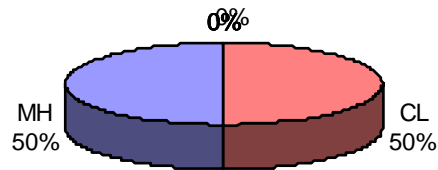
El número de ensayos realizados a esta unidad es de 2. Es una formación que ha aparecido puntualmente como consecuencia de una variación de facies lateral de la formación margosa Tap.

Los parámetros medios determinados son:

- Material que pasa por el tamiz 0.08 UNE: 99,8 %.
- LL: 65,75 %.
- LP: 33,20 %.
- IP: 32,55 %.
- Contenido en materia orgánica: 1,74%.
- Densidad seca: 1,52 g/cm<sup>3</sup>.
- Humedad natural: 28,10%.
- Resistencia compresión simple: 2,9 Kg/cm<sup>2</sup>.

Según la clasificación PG3, se clasifica como Marginal, por el alto contenido en materia orgánica, o Tolerable. En general se trata de un grupo geotécnico no recomendable para su aprovechamiento como rellenos. Pero debido a que aparece de forma muy puntual y a la profundidad en que se encuentra, sólo tendrá incidencia en los asientos que se puedan producir y la capacidad que tenga su resistencia para soportar las cargas transmitidas. Esta evaluación se hace en el apartado referido a rellenos. A continuación se incluyen los resultados y agrupamiento de los valores obtenidos en los diferentes ensayos de laboratorio realizados.

### Clasificación USCS



Esta unidad geotécnica se ha detectado únicamente en el sondeo ST-5, en el cual se han ensayado dos muestras. El rasgo distintivo de esta unidad respecto de la unidad Tap, es el alto contenido en materia orgánica, aunque según los ensayos de laboratorio no parece tan elevado el contenido, con valores de 0,65 y 2,83%. Se trata de margas lignitosas interestratificadas con las margas Tap. (son intercalaciones de orden centimétrico a decimétrico). Según la clasificación de suelos de Casagrande, se trata de suelos tipo CL y MH, con un contenido en finos elevado, 99,8%. Es de destacar los elevados límites de Atterberg de la muestra más rica en materia orgánica (LL: 82,6 e IP:46,3).

La densidad seca es de  $1,52 \text{ g/cm}^3$ , aunque sólo se ha determinado en una sola muestra. La humedad natural que presenta es elevada, 28,10 (muy próxima a al límite de plasticidad medio: 32,55%).

En cuanto a la resistencia a compresión simple, ésta se ha determinado en una muestra. El valor obtenido es de  $2,90 \text{ Kp/cm}^2$ .

#### Parámetros:

Resistencia a corte sin drenaje:	<b>cu = 0,55 kg/cm<sup>2</sup>.</b>
Ángulo de rozamiento efectivo:	<b><math>\phi = 28^\circ</math></b>
Cohesión efectiva:	<b>c' = 0,05 kp/cm<sup>2</sup></b>
Densidad aparente:	<b><math>\gamma = 1,90 \text{ t/m}^3</math></b>
Densidad seca:	<b><math>\gamma_d = 1,70 \text{ t/m}^3</math></b>
Módulo de deformación efectivo:	<b>E' = 90 - 100 kg/cm<sup>2</sup></b>

### Arcillas Grisáceas (Tap Mo)

Se trata de niveles de depósitos aluviales, tanto relacionados con ríos y arroyos, como los depósitos de glaciares. Se trata de arcillas, a veces con algo de arena y limo.

El número de muestras ensayadas en esta unidad es de 38. Es un nivel bastante homogéneo. Son suelos arcillosos con niveles variables de arenas y limos (aunque en reducido porcentaje).

Los parámetros medios determinados son:

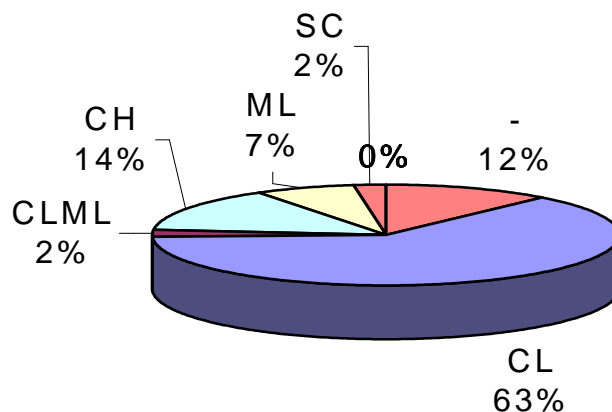
- Material que pasa por el tamiz 0.08 UNE: 80,0 %
- LL: 34,84 %

- LP: 19,23 %
- IP: 15,62 %
- Contenido en sulfatos: 0,32%.
- Contenido en sales solubles: 0,17%.
- Densidad seca del Proctor modificado: 1,897 g/cm<sup>3</sup>.
- Humedad óptima del Proctor modificado: 14,18%.
- CBR<sub>95%</sub>: 10,14.
- CBR<sub>100%</sub>: 11,69.
- Colapso en edómetro (remoldeada): 0,10%.
- Hinchamiento libre (inalterada): 0,07%
- Presión de Hinchamiento (remoldeada): 1,48 Kp/cm<sup>2</sup>.
- Resistencia a compresión simple: 1,34 Kp/cm<sup>2</sup>.
- Cohesión en corte directo tipo CD (inalterada): 0,10 Kp/cm<sup>2</sup>.
- Ángulo de fricción en corte directo tipo CD (inalterada): 36,0°.
- Cohesión en corte directo tipo CD (remoldeada): 2,23 Kp/cm<sup>2</sup>.
- Ángulo de fricción en corte directo tipo CD (remoldeada): 33,4°.

Puede observarse que la presión de hinchamiento es elevada en este grupo geotécnico, pero según los registros en CBR es hinchamiento es bajo cuando se compacta. En el punto 6.6. Aprovechamiento de los materiales de la excavación, se adjunta tabla con hinchamiento en CBR.

Según la clasificación PG3, este material se clasifica como Tolerable .En general se trata de un grupo geotécnico aprovechable para rellenos. A continuación se incluyen los resultados y agrupamiento de los valores obtenidos en los diferentes ensayos de laboratorio realizados.

### Clasificación USCS



Se observa que se trata de un material con un alto contenido en finos. La plasticidad es variable, pero en general media a baja, con valores medios de 34,84 de límite líquido (valor máximo 60,2 y mínimo de 0). El índice de plasticidad presenta un valor medio de 19,23, aunque los valores extremos son de 29 y 0. Así, los materiales de esta unidad se clasifican principalmente como arcillas tipo CL (63%) y tipo CH (14%).

La densidad seca de las muestras ensayadas es de  $1,70 \text{ g/cm}^3$ , aunque presenta cierta variabilidad entre 1,49 y 1,84, la desviación estándar es reducida (0,08). La humedad natural que presenta es elevada, con una media de 18,49 (muy próxima a al límite de plasticidad) y unos valores extremos de 22,7 y 15,7.

En cuanto a los químicos, no son suelos agresivos ni con altos contenidos en materia orgánica. El porcentaje medio en sales solubles es de 0,17 y valor máximo de 0,34. El contenido en materia orgánica que presenta esta unidad es también relativamente bajo, con un porcentaje medio de 0,32, con un valor máximo de 0,97.

En cuanto al hinchamiento, se ha realizado un ensayo de hinchamiento libre sobre muestra inalterada, obteniéndose un valor de 0,07%. Mientras que la presión de hinchamiento en dos muestras remoldeadas ensayadas, han dado unos valores de 1,96 y  $1,00 \text{ Kp/cm}^2$ . En la tabla que se adjunta para la unidad Tap se incorporan los hinchamientos medidos en los CBR, todos referidos al 100% de la compactación proctor modificado. La unidad Qal-C se ha ensayado en cuatro muestras. Se observa que el hinchamiento en CBR es reducido, con porcentaje de hinchamiento que no supera el 0,03. Parece que esta unidad, a pesar de presentar una presión de hinchamiento considerable, no presenta problemas considerables de hinchamiento.

Se han realizado cuatro ensayos de colapso, todos sobre muestra remoldeada. Los datos obtenidos muestran cierto colapso, pero no elevado, con un valor medio de 0,10% y un valor máximo de 0,30%.

En cuanto a la compactación de los materiales de esta unidad, se puede comentar que la densidad seca media según el proctor modificado, es de  $1,95 \text{ g/cm}^3$ , con valores que van de 2,01 a 1,90. La humedad óptima media es de 12,48%, mientras que los valores máximo y mínimo son 14,4 y 10,6 respectivamente. Los valores medios de CBR son 10,14, al 95% del proctor modificado, y 11,69, al 100% de dicho proctor. Se han obtenido un valor mínimo de 0,8 y 1,2 para CBR del 95 y 100%, respectivamente. El valor de CBR mínimo no puede considerarse representativo, por lo anómalo del dato. Por tanto, puede observarse que aunque aparece una medida de valor bajo de CBR, puede estimarse como aceptable la capacidad portante para rellenos de terraplén.

En cuanto a la resistencia a compresión simple, ésta presenta una gran variabilidad, posiblemente por lo sensibles que son las muestras inalteradas a la extracción y conservación antes del ensayo. Se dan valores medios de  $1,34 \text{ Kp/cm}^2$ , y valores extremos de 2,65 a 0,65. Estos valores muestran una unidad geotécnica con una resistencia media a baja, en general.

Se ha hecho un ensayo de corte directo tipo CD sobre muestra inalterada, en esta unidad. El valor de cohesión obtenido es de  $0,10 \text{ Kp/cm}^2$  y  $36^\circ$  de ángulo de fricción. La cohesión resulta ser algo baja para el tipo de material del que se trata.

También se ha hecho un corte directo tipo CD en muestra remoldeada y compactada según la energía del proctor modificado. El ángulo de fricción obtenido es de  $33,4^\circ$ , mientras que para la cohesión se obtiene  $2,23 \text{ Kg/cm}^2$ . Este valor de cohesión es muy elevado. Por lo que se desecha para el cálculo de estabilidad en rellenos.

Resistencia a corte sin drenaje:	<b>cu = 1,25 kg/cm<sup>2</sup>.</b>
Ángulo de rozamiento efectivo:	<b>φ = 29°</b>
Cohesión efectiva:	<b>c' = 0,20 kp/cm<sup>2</sup></b>
Densidad aparente:	<b>γ = 2,00 t/m<sup>3</sup></b>
Densidad seca:	<b>γ<sub>d</sub> = 1,70 t/m<sup>3</sup></b>
Módulo de deformación efectivo:	<b>E' = 200 kg/cm<sup>2</sup></b>

## **5.-PARÁMETROS DE CIMENTACIÓN**

### **5.1 Tensión admisible del terreno bajo el marco.**

En nuestro caso se decide sustituir el nivel A de Arcillas Limosas ya que es el que menor resistencia presenta. Por lo tanto la cimentación no apoyará sobre este nivel, sino que apoyará sobre una capa la cual presenta unas características tensodeformacionales de mayor calidad que dicho nivel.

Realizando un análisis considerando la naturaleza del material de apoyo de la cimentación el material de sustitución se ha obtenido una tensión admisible:

$$q_{adm} = 2,50 \text{ kg/cm}^2$$

### **5.2 Tensión admisible del terreno bajo las aletas**

Para el cálculo de la tensión admisible del terreno de la cimentación en las aletas se utilizará la conocida fórmula de Brinch-Hansen.

$$q_h = q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot S + c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot S_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot S_\gamma$$

Siendo las dimensiones de la zapata de las aletas

$$B = 4.20 \text{ m}$$

$$L = 4.5 \text{ m}$$

$$D = 0.60 \text{ m}$$

Los factores resultantes para estos parámetros son:

$$N_q = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \cdot e^{\pi \cdot \tan \phi} = 14.72 \quad N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \phi} = 25.80 \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \phi = 14.59$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \arctg\left(\frac{D}{B^*}\right) = 1.04$$

$$d_c = 1 + 2 \cdot \frac{N_q}{N_c} \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \arctg\left(\frac{D}{B^*}\right) = 1.04$$

$$d_\gamma = 1$$

$$i_q = (1 - 0.7 \cdot \operatorname{tg} \delta_B)^3 (1 - \operatorname{tg} \delta_L) = 1 \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = 1 \quad i_\gamma = (1 - \operatorname{tg} \delta_B)^3 (1 - \operatorname{tg} \delta_L) = 1$$

$$S_c = S_q = 1 + \frac{B^*}{L^*} \cdot \frac{N_q}{N_c} = 1.59 \quad S_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{B^*}{L^*} = 0.688$$

Entonces:

$$q_h = q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot S + c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot S_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot S_\gamma = 6.36 \text{ kg/cm}^2$$

Y aplicando el factor de seguridad  $F=3$  tendremos que la carga admisible es igual a:

$$p_v = \frac{p_{vh}}{F} = \frac{6.36}{3} = 2.12 \text{ Kg/cm}^2$$

Dado el grado de incertidumbre que se tiene en este emplazamiento se considerará a efectos de cálculo una carga admisible de **2 kg/cm<sup>2</sup>**

### 5.3 Coeficiente de balasto

Para dimensionar estructuras tipo losa, se emplea un modelo donde se modeliza el terreno mediante muelles de una rigidez determinada. Esta rigidez se representa mediante el coeficiente de balasto. En nuestro caso, esta magnitud solo será requerida en el caso del marco de hormigón al ser esta la estructura principal y por aplicársele modelos de cálculo más complejos. No se tendrá en cuenta para las aletas, por tanto, ya que dicha relación terreno-estructura se simplifica.

Ahora bien, habiendo menospreciado el asiento que se producirá bajo el paso inferior no tendría sentido determinar este otro parámetro deformacional por cuanto su valor debe resultar ser considerablemente alto. De hecho, si esto fuera así, obtendríamos una losa de cimentación que no trabajaría a flexión por cuanto las cargas de los hastiales se transmitirían al terreno directamente bajo ellas, resultando secciones con un armado longitudinal muy pobre.

Teniendo en cuenta la siempre presente incertidumbre al respecto de la homogeneidad de composición del terreno —por ejemplo, puede aparecer una eventual bolsa de arcilla—, hemos estimado conveniente evitar esta situación no ya incrementando aleatoriamente *a posteriori* el armado sino desde un origen anterior, esto es suponiendo un terreno mucho más blando que el existente. Por ello, para curarnos en salud, hemos calculado el coeficiente de balasto real para luego poder menospreciarlo con seguridad, proponiendo un valor mucho menor que obligue a la losa inferior de la estructura a trabajar a flexión, y asegurándonos así de que estaría preparada ante una eventual deformabilidad mayor del suelo.



Procediendo ya con los cálculos, el coeficiente de balasto puede obtenerse mediante la formula de Jiménez Salas y Soriano, a partir del modulo de deformación del terreno:

$$K_{v, \text{losas}} = \frac{E}{\frac{2}{3} * B}$$

Donde:

$K_{v, \text{losas}}$  = modulo de balasto para losas de cimentación

E = modulo de deformación del macizo rocoso

B = dimensión menor de la losa

Cuando se trata de cimentaciones en substratos rocosos y no se dispone de resultados de laboratorio precisos, el modulo de deformación del macizo en la profundidad de influencia puede estimarse de forma orientativa mediante una correlación con la resistencia a compresión simple  $q_u$  propuesta por el Código Técnico de la Edificación:

$q_u$ (MPa)	E (MPa)
0.5 – 5.0	500 – 8000
5.0 – 40.0	8000 – 15000
> 40.0	> 15000

Siendo conservadores, adoptaremos un valor de E igual a 1 GPa.

Así pues, teniendo en cuenta que el ancho de la losa inferior del marco es de 9.60 m, el coeficiente de balasto resultaría ser:

$$K_{v, \text{"real"}} = 15.6 \text{ kp/cm}^3$$

No obstante, por las razones expuestas anteriormente adoptaremos en los cálculos de estructuras un valor final para esta magnitud bastante inferior:

$$K_{v, \text{calculos}} = 3 \text{ kp /cm}^3$$

#### **. 5.4. Estabilidad Global**

Teniendo en cuenta la cohesión del substrato rocoso y el poco espesor de la capa meteorizada, podemos considerar firme el terreno de cimentación a efectos de inestabilidad de conjunto según el apartado 4.4 de la Guía de cimentaciones en obras de carretera.

Así mismo, en la mayoría de las secciones del marco y de las aletas la pendiente transversal del terreno –pendiente medida entre puntos alejados 2.5 veces el ancho de la cimentación a cada lado- no supera el 10%, por lo que la superficie vendría clasificada como llana según el mismo apartado de la guía. Por todo esto podemos prescindir de análisis relativos a riesgos de inestabilidad de conjunto tanto en la carretera como en el marco y las aletas calificando el terreno y la cimentación como estables globalmente

### **5.5 Talud del terraplén**

Aunque el material utilizado par dicho terraplén permite un mayor ángulo de rozamiento, se propone para la autovía un talud de 3H/2V, correspondiente a un ángulo inferior a 27<sup>a</sup>, ya que no existe pertinente información del material que se usará y quedando así del lado de la seguridad.

**Talud lateral: 3H/2V**

