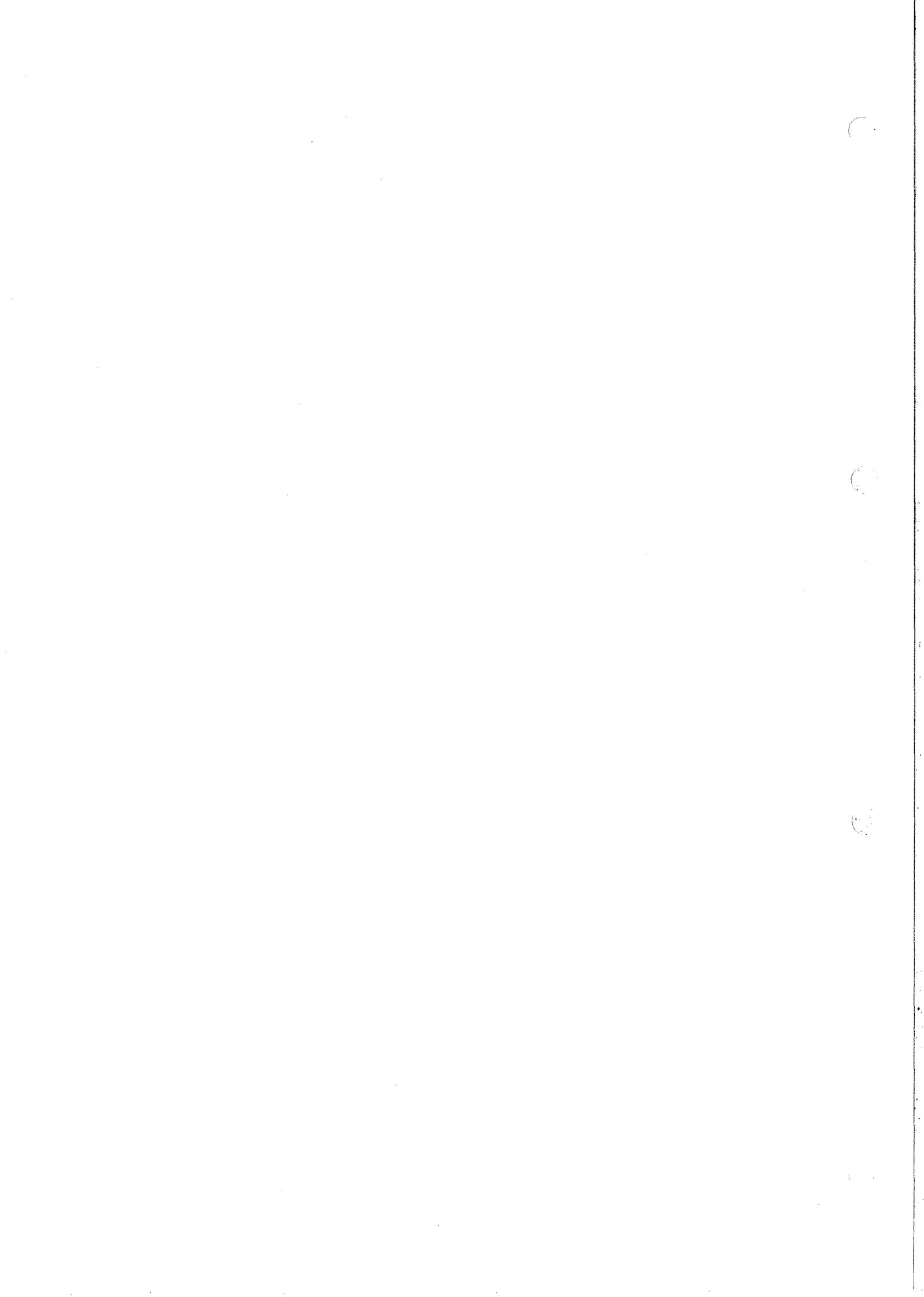


## **ANEJO N°5 GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA**



<b>1.- INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>2.- TRABAJOS REALIZADOS</b>	<b>2</b>
2.1.- RECOPIACION DE INFORMACION	2
2.2.- CARTOGRAFIA GEOLOGICA	4
2.3.- CALICATAS	4
2.4.- ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA	4
<b>3.- ENCUADRE GEOLOGICO</b>	<b>6</b>
3.1.- ENCUADRE GEOLOGICO REGIONAL	6
3.2.- ESTRATIGRAFIA Y LITOLOGIA	9
3.2.1. TERCARIO	9
3.2.2. CUATERNARIO	10
3.3.- TECTONICA	11
3.4.- HIDROGEOLOGIA	12
<b>4.- CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES</b>	<b>17</b>
4.1.- SUELOS	17
4.1.1. SUELO VEGETAL (SV)	17
4.1.2. RELLENOS ANTRÓPICOS (QRC Y QRH)	18
4.1.3. ARCILLAS ARENOSAS (QA1)	18
4.1.4. ARENAS LIMOSAS Y LIMOS ARENOSOS (QA2)	19
4.1.5. ARENAS DE GRANO MEDIO (QA3)	20
4.1.6. GRAVAS Y CANTOS SUBREDONDEADOS CON ARENAS (QA4)	21
4.1.7. ARCILLAS ARENOSAS ELUVIALES (QE)	22
4.2.- TERCARIO	23
4.2.1. MARGAS Y ARCILLAS MARGOSAS (T1)	23
4.2.2. ARENAS (T2)	24
<b>5.- CRITERIOS DE PROYECTO</b>	<b>26</b>
5.1.- EXCAVABILIDAD	26
5.2.- ESTABILIDAD DE LA EXCAVACIÓN	27
5.3.- DESCRIPCION DE COLECTORES	29

ANEXO I.- LABORES REALIZADAS

ANEXO II.- LABORES DE ESTUDIOS CONSULTADOS

ANEXO III.- FOTOGRAFIAS

ANEXO IV.- PLANOS

## 1.- INTRODUCCION

El presente informe se integra en el “ Proyecto de ampliación y descabezamiento del Colector Norte de Oviedo. Cuenca del Rio Nora. T.M. de Oviedo (Asturias).”

Se contemplan los siguientes trazados:

- Corredoria-Pontón de Vaqueros (Eje 1)
- Pontón de Vaqueros-Vertedorio (Eje 2)
- Colector de la Estrecha (Eje 3)
- Colector de las Llamargas (Eje 4)
- Eje 5

El estudio tiene por objeto definir las condiciones geomecánicas de los materiales, con el fin de establecer las condiciones de excavación y estabilidad de las zanjas y de las zonas de hinca.

Los trabajos de campo se han realizado en el año 2008.

## **2.- TRABAJOS REALIZADOS**

Para la confección del presente informe se han realizado los siguientes trabajos:

### **2.1.- RECOPIACION DE INFORMACION**

Se ha realizado la recopilación de la información de tipo geológico-geotécnico de la zona.

Se han tenido especialmente en cuenta los siguientes trabajos:

- Hoja geológica nº 29-Oviedo a escala 1:50.000 del IGME.
- Geología de Oviedo de Manuel Gutierrez Claverol y Miguel Torres.
- Estudio geológico-geotécnico para el “Colector General de la Cuenca Norte de Oviedo. Cuenca del Rio Nora”
- Estudio geológico-geotécnico para la ampliación del Polígono Industrial del Espíritu Santo.
- Estudio geológico-geotécnico para el desarrollo urbanístico del polígono residencial denominado Corredoria Este.
- Estudio geotécnico en el ámbito del Plan Especial del área de actuación concertada y reserva regional de suelo de Prado La Vega.
- Estudio geotécnico de la parcela “Lote-51” del Plan Especial Corredoria Este.
- Estudio geotécnico de la parcela M6-T en Prados de la Fuente.
- Estudio geológico-geotécnico del “Proyecto de urbanización del ámbito urbanizable Loma de Pando (AU-LPA) de Oviedo”.
- Estudio geotécnico correspondiente a las parcelas nº 8 y 9 de la UG 2-25 “Cantábrico” situada en La Estrecha (Oviedo).

- Estudio geológico-geotécnico del “ Proyecto de duplicación de calzada de la ctra. AS-18, Oviedo-Gijón. Tramo: Oviedo-enlace con la AS-17”.

En varios de estos estudios se han realizados diversos sondeos, calicatas y ensayos de penetración dinámica, así como ensayos de laboratorio de identificación y caracterización.

Las labores más próximas a la zona objeto de estudio se han incluido en el plano de labores (Plano nº 1, del Anexo IV) mientras que su descripción se adjunta en el Anexo II.

A fin de identificar y diferenciar estas labores, tanto en los planos como en la presente memoria, se les antecede de unas siglas en su denominación, tal y como se indica:

- **CN:** labores del Estudio geológico-geotécnico para el “Colector General de la Cuenca Norte de Oviedo. Cuenca del Rio Nora”
- **ES.** Labores del Estudio geológico-geotécnico para la ampliación del Polígono Industrial del Espíritu Santo.
- **CE:** labores del Estudio geológico-geotécnico para el desarrollo urbanístico del polígono residencial denominado Corredoria Este
- **PV:** labores Estudio geotécnico en el ámbito del Plan Especial del área de actuación concertada y reserva regional de suelo de Prado La Vega.
- **CAN:** labores del Estudio geotécnico correspondiente a las parcelas nº 8 y 9 de la UG 2-25 “Cantábrico” situada en La Estrecha (Oviedo).
- **COR:** labores del Estudio geotécnico de la parcela “Lote-51” del Plan Especial Corredoria Este.
- **AS-18:** labores del Estudio geológico-geotécnico del “ Proyecto de duplicación de calzada de la ctra. AS-18, Oviedo-Gijón. Tramo: Oviedo-enlace con la AS-17”.
- **PA:** labores del Estudio geológico-geotécnico del “Proyecto de urbanización del ámbito urbanizable Loma de Pando (AU-LPA) de Oviedo”.

## **2.2.- CARTOGRAFIA GEOLOGICA**

Se ha realizado la cartografía geológica a escala 1:1.000 de una franja de terreno entorno al trazado.

En el Anexo IV se reflejan los planos correspondientes.

## **2.3.- CALICATAS**

Se han excavado 3 calicatas mediante una retroexcavadora tipo mixta que han alcanzado la siguiente profundidad:

<b>CALICATA</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>
C1	4,00 m.
C2	3,80 m.
C3	4,00 m.

Su descripción detallada y fotografías se refleja en el Anexo I, mientras que su situación se refleja en los planos del Anexo IV.

## **2.4.- ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA**

Se han realizado dos ensayos de penetración dinámica.

La situación de los ensayos de penetración dinámica viene reflejada en el plano nº 1 del Anexo IV y los resultados obtenidos en el Anexo I.

Los ensayos se han realizado siguiendo la normativa UNE 103-801-94, con un penetrómetro modelo Tecoinsa TP 50-400 provisto de dispositivo automático de golpeo.

- Peso de la Maza: 63,5 kg.
- Altura de caída: 75 cm.
- Superficie de la puntaza: 20 cm<sup>2</sup>.

La hincas se realizó en tramos de 20 cm. y el golpeo se continuó hasta que se produjo el rechazo o se necesitaron más de 100 golpes.

Para determinar la resistencia dinámica existen diversas fórmulas, la más utilizada es la denominada fórmula de los Holandeses:

$$R_D = \frac{H \times m^2}{e(P+M) \times A}$$

Siendo:

e = Penetración unitaria en cm. (20/Nº golpes)

R<sub>D</sub> = Resistencia dinámica en kg/cm<sup>2</sup>

M = Masa de la maza en kg. Incluido el yunque (30 kg)

P = Masa del varillaje (6,18 kg/m.l.)

A = Sección de la punta en cm<sup>2</sup>

H = Altura de caída de la maza

Se ha aplicado esta fórmula para calcular la resistencia dinámica.

Se incluye del valor de R<sub>D</sub>/20 ya que algunos autores señalan este valor como la carga admisible del terreno.

Por otro lado, en función de las diferentes características de los dos ensayos se puede establecer la siguiente correlación entre el penetrómetro dinámico y el SPT.

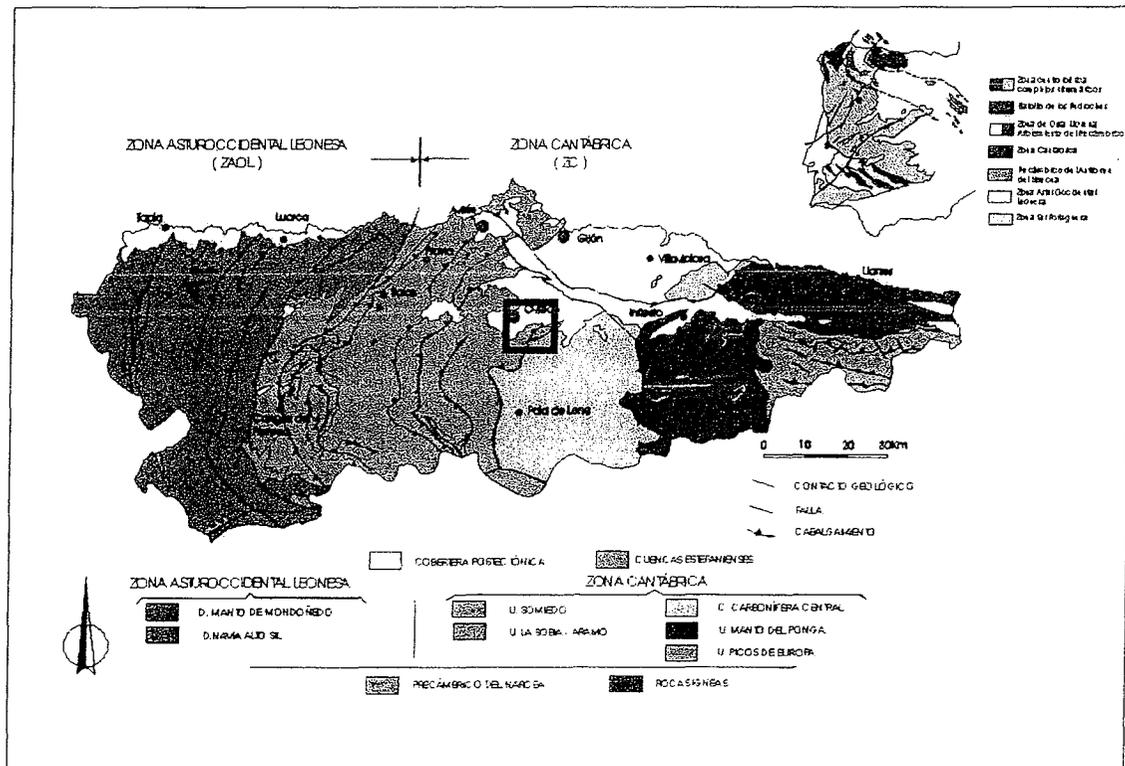
$$1,5N_{20} \approx N_{SPT}$$

### 3.- ENCUADRE GEOLOGICO

#### 3.1.- ENCUADRE GEOLOGICO REGIONAL

La zona estudiada se dispone geológicamente en la Cuenca Mesoterciaria de Asturias. Esta cuenca se encuentra delimitada por materiales paleozoicos del Permico y Carbonífero del dominio de la Cuenca Asturiana.

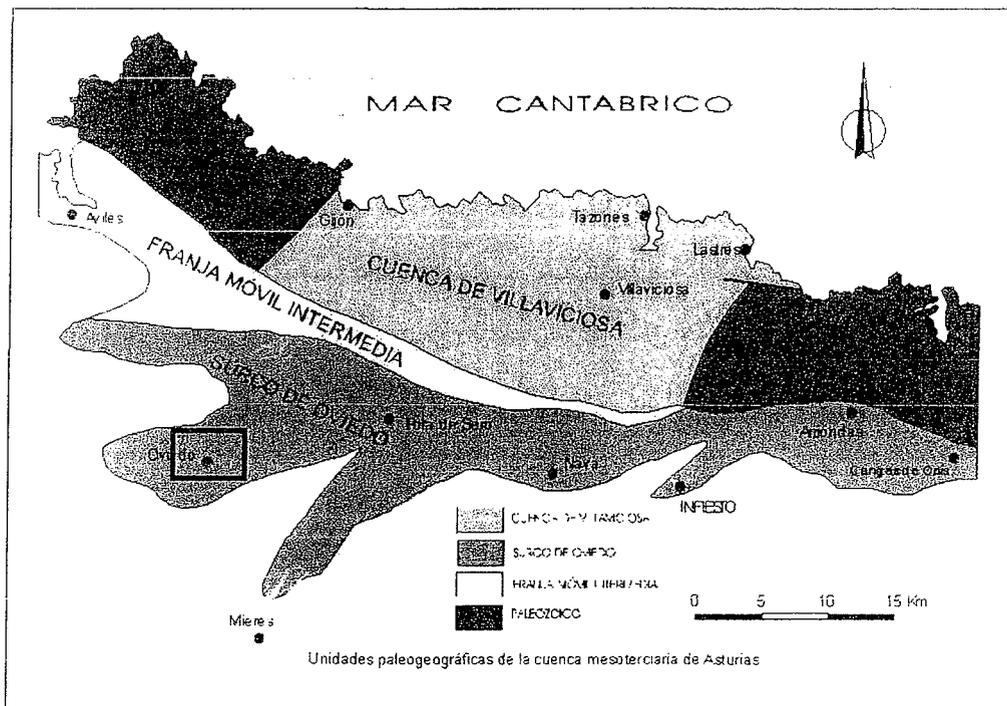
Dentro de la Cuenca Mesoterciaria, aparecen sedimentos del Jurásico y del Permotrías fundamentalmente al Norte. El Cretácico y el Terciario afloran formando una franja alargada en dirección Oeste-Este, desde las cercanías de Oviedo hasta la zona oriental de Onís. Todos los materiales se encuentran suavemente deformados según una dirección dominante Noroeste-Sureste.



Desde el punto de vista estratigráfico y estructural, se diferencian tres unidades o dominios dentro de la Cuenca Mesoterciaria, de Norte a Sur:

- Cuenca de Gijón-Villaviciosa
- Franja móvil Intermedia
- Surco de Oviedo-Infiesto

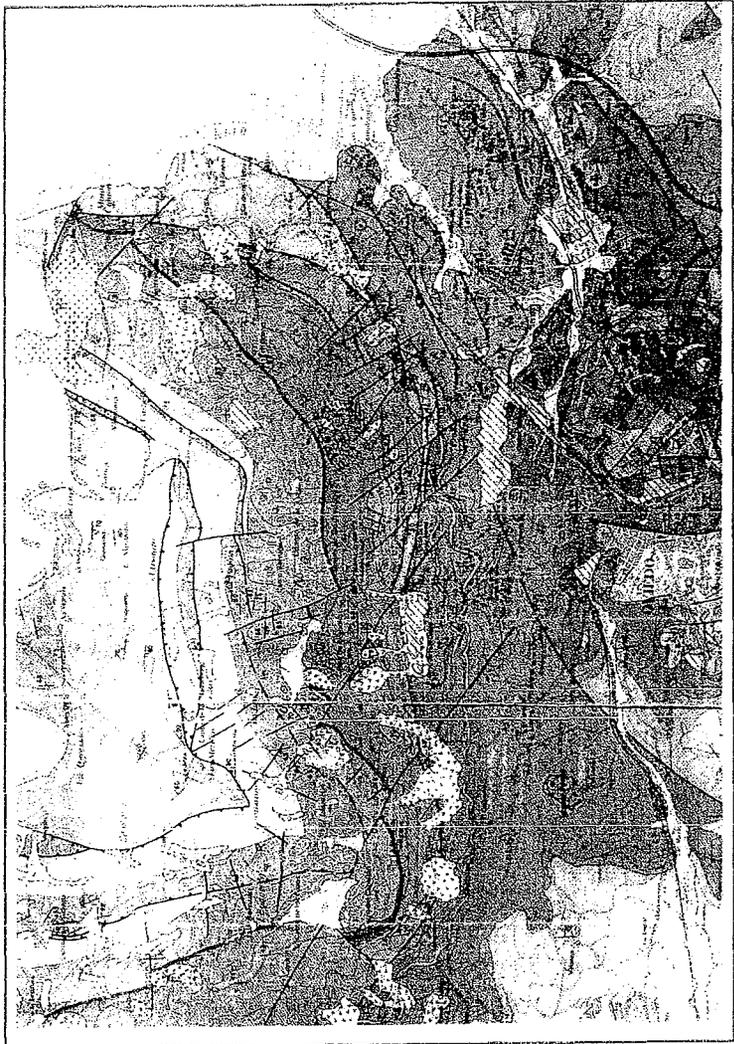
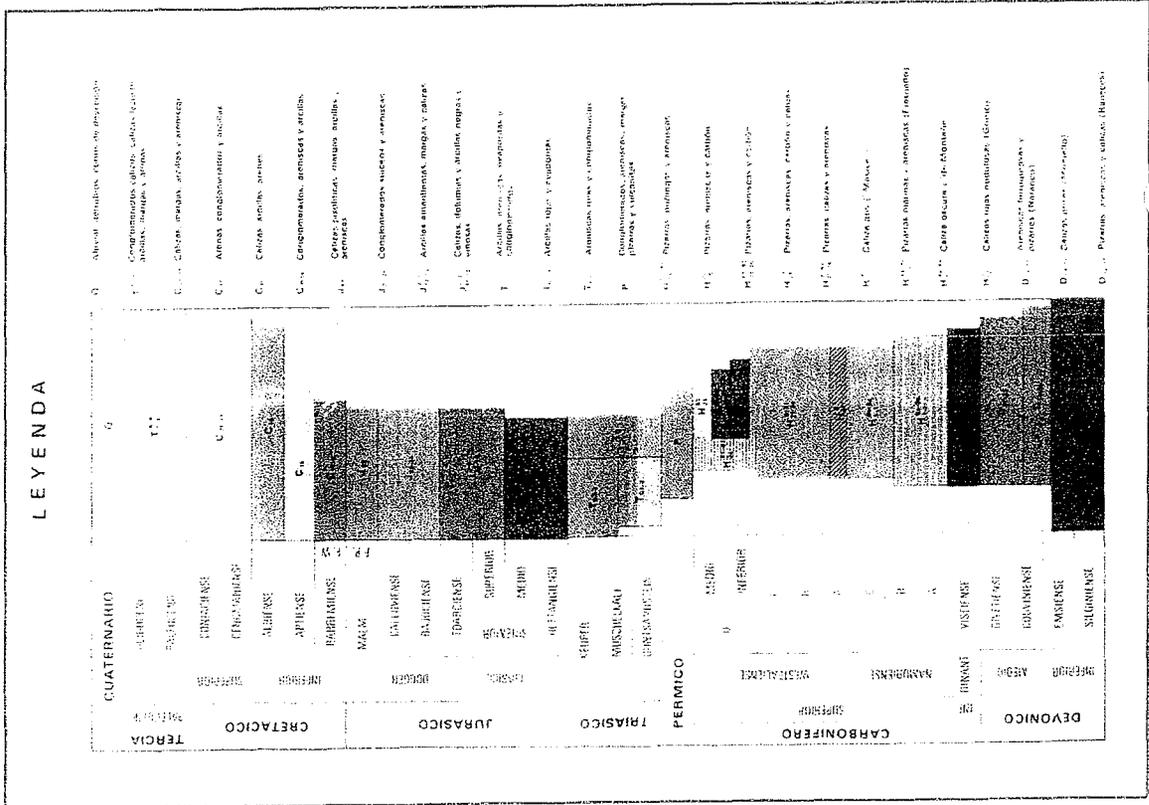
La zona estudiada se ubica en el extremo más noroccidental de la última de las unidades reseñadas, próxima a los afloramientos devónicos y carboníferos de la Sierra del Naranco, pertenecientes al extremo nororiental de la Región de Pliegues y Mantos, de la Unidad Paleogeográfica del Paleozoico denominada Zona Cantábrica.



El Surco de Oviedo-Infiesto está constituido por un sinclinorio de dirección general E-W, con buzamientos suaves, formado por materiales que abarcan desde el Triásico hasta el Terciario.

Los colectores estudiados discurren sobre un sustrato terciario recubierto por materiales cuaternarios de diversa naturaleza.

En la hoja anexa se refleja un esquema geológico de la zona a partir del mapa geológico del libro "Geología de Oviedo" de Gutierrez Claverol y Miguel Torres.



# CARTOGRAFIA GEOLOGICA

### 3.2.- ESTRATIGRAFIA Y LITOLOGIA

Los trazados proyectados discurren en todos los casos sobre un sustrato terciario.

El sustrato terciario está recubierto en gran parte por materiales cuaternarios formados fundamentalmente por depósitos de alteración y por depósitos de origen aluvial. Por otra parte, existen abundantes rellenos antrópicos de diversa naturaleza.

Se tienen, pues los siguientes materiales:

#### 3.2.1. Terciario

En los alrededores de Oviedo, la serie terciaria se dispone discordante sobre los materiales cretácicos formando un ángulo de pocos grados. La superficie de contacto suele ser irregular.

En el Terciario, a nivel regional, se diferencian dos grandes grupos:

- Un conjunto inferior de carácter marcadamente detrítico, constituido por margas limolíticas rojizas, arenas beigeas y arcillas rojizas o gris verdosas.
- Un conjunto superior arcilloso y margoso-limolítico, de tonos rojizos, pardorrojizos y amarillentos, con intercalaciones delgadas de areniscas calcáreas y tramos de calizas y margas blancas.

A nivel de la zona de estudio se identifica un tramo fundamentalmente margoso constituido por arcillas margosas, margas arcillosas y margas limolíticas con intercalaciones de areniscas margosas y arenas limosas de color rojizo predominante. A techo de la sucesión se identifican abundantes intercalaciones de calizas margosas blanquecinas.

### 3.2.2. Cuaternario

#### Depósitos aluviales

Representados fundamentalmente por el aluvial del río Nora y de arroyos afluentes, están constituidos por niveles de arcillas arenosas, arenas limosas, limos arenosos, arenas y gravas y cantos redondeados con arenas.

Tienen gran incidencia en los trazados proyectados.

#### Eluviales

Son suelos residuales que aparecen a causa de la degradación in situ de la roca madre. Se trata de arcillas algo arenosas de tonos rojizos y amarillentos o verdosos y proceden de la alteración de las margas y areniscas margosas terciarias.

### Rellenos antrópicos

Los rellenos antrópicos son muy abundantes en la zona, se han diferenciado dos tipos de rellenos:

- **Rellenos compactados:** Correspondientes a terraplenes y rellenos de carreteras y viales, vías de ferrocarril y explanadas de zonas construidas.
- **Rellenos heterogéneos:** Constituyen rellenos de diversa naturaleza y de materiales procedentes de excavaciones próximas.

### 3.3.- TECTONICA

Como ya se ha mencionado, desde el punto de vista estructural, se diferencian tres unidades o dominios dentro de la Cuenca Mesoterciaria, de Norte a Sur:

- Cuenca de Gijón-Villaviciosa
- Franja móvil Intermedia
- Surco de Oviedo-Infiesto

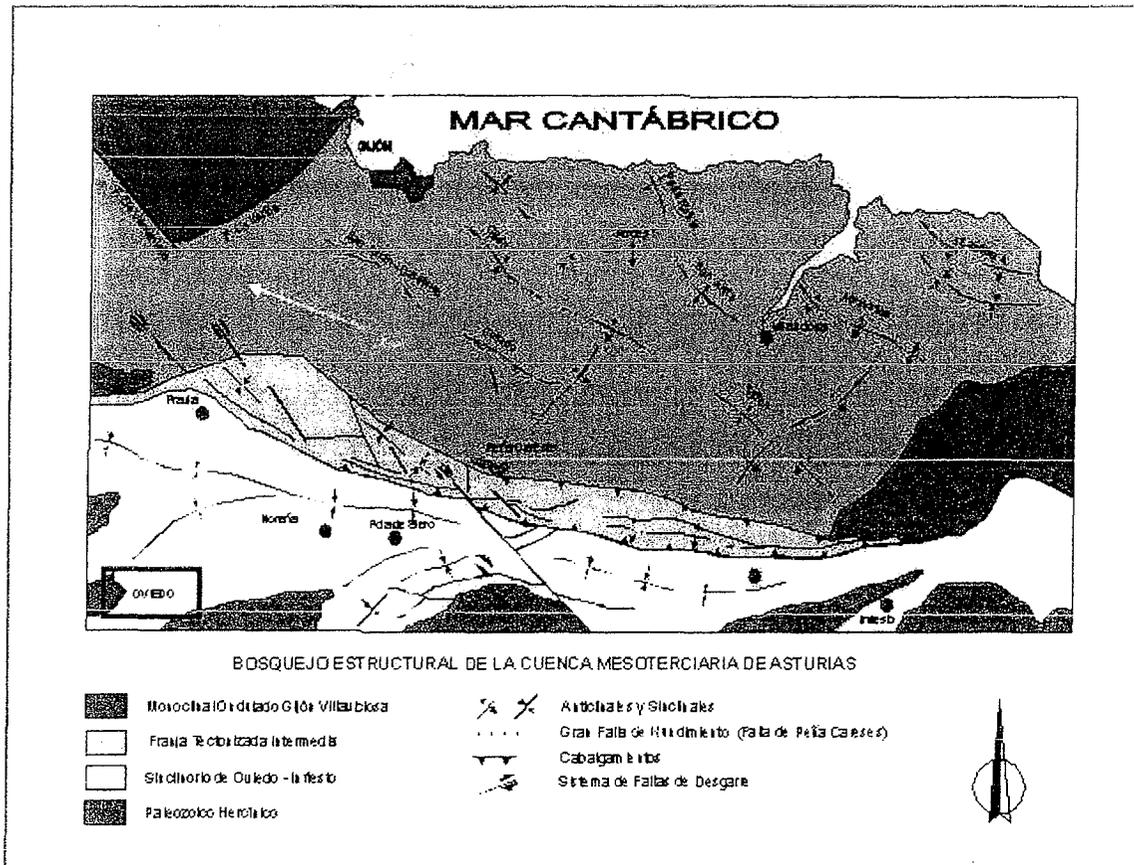
La delimitación entre estas unidades es bastante neta, sobre todo por la presencia entre la Septentrional y la meridional de una franja larga y estrecha, caracterizada por una tectónica violenta, que contrasta con la suave de las unidades contiguas. Esta franja es debida, con toda probabilidad, a un accidente profundo, que ha jugado un papel fundamental a lo largo de toda la historia geológica del conjunto sedimentario postcarbonífero y consiste en una gran falla con dirección general ONO-ESE.

Esta falla, fractura o línea de discontinuidad es el rasgo tectónico fundamental de la historia postpaleozoica de la región.

El Sinclinorio de Oviedo-Infiesto es bastante suave de dirección aproximada Este-Oeste, en el que las fallas mas importantes son de dos tipos: fallas inversas ligadas

a pliegues y de desplazamiento horizontal. Las fallas más importantes del entorno son las del Naranco y de Llanera que limitan al E y N respectivamente; con la cuenca Mesoterciaria.

En el esquema adjunto se refleja la distribución de la Cuenca Mesoterciaria de Asturias



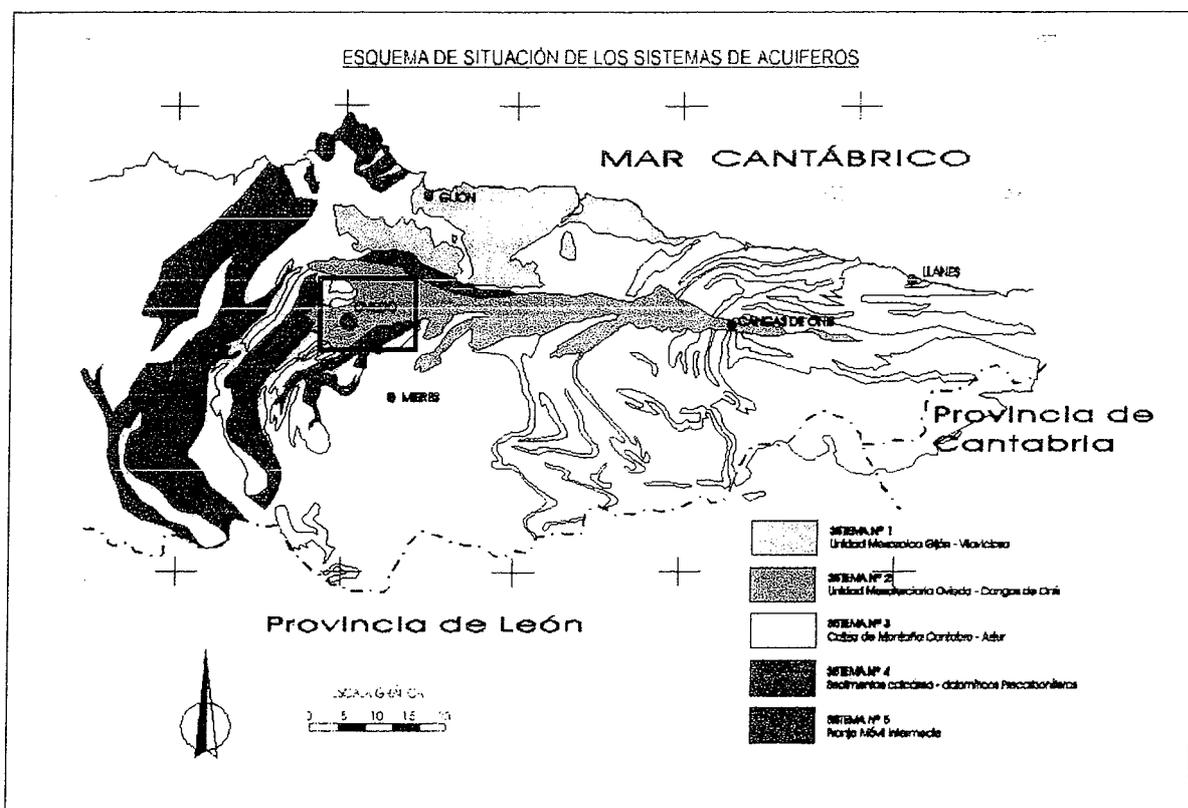
En los trazados estudiados no se reconocen accidentes tectónicos de importancia.

### 3.4.- HIDROGEOLOGIA

#### Hidrogeología general

A escala regional existen 5 acuíferos de importancia regional para la extracción de agua subterránea que son los siguientes según la clasificación admitida por el Instituto Geológico y Minero de España (1.984):

- Sistema Acuífero nº 1: Unidad Mesozoica Gijón-Villaviciosa.
- Sistema Acuífero nº 2: Unidad MesoTerciaria Oviedo-Cangas de Onís.
- Sistema Acuífero nº 3: Calizas de Montaña Cantabro-Asturiana.
- Sistema Acuífero AA: Unidades Sedimentarias Pre-carboníferas Calcáreo-dolomítico.
- Sistema Acuífero AB: Franja Móvil Intermedia.



La zona objeto de estudio pertenece al Sistema acuífero nº 2 denominado Unidad Meso-Terciaria Oviedo-Cangas de Onís y más en concreto en el Subsistema 2ª de Oviedo-Pola de Siero. Este subsistema tiene gran importancia ya que sobre él se encuentran importantes núcleos de poblacionales como Oviedo, Pola de Siero y gran cantidad de industrias. El Cretácico, edad a la que corresponden los materiales de este subsistema, se considera como un acuífero detrítico-calcareo multicapa de condiciones hidrogeológicas muy variables, dependiendo de la presencia local de paquetes arcillosos impermeables o de bancos de importancia.

Los acuíferos de este subsistema son los Detríticos AK1, AK2, AK3, constituidos por tres niveles arenosos cretácicos y Calcáreos constituidos por los tramos calcáreos intercalados entre los anteriores.

- **Acuífero detrítico AK1**, constituido por las arenas del Coniaciense, de grano fino con abundantes micas, con frecuentes intercalaciones arcillosas muy irregulares. Es muy variable a lo largo del Sistema tanto en potencia como en sus características. Su potencia varía entre 30 y 45 m. Se presenta como un nivel acuífero de gran extensión y moderadas características hidrogeológicas.
- **Acuífero detrítico AK2**, constituido por las arenas del Cenomaniense, constituidos por arenas de grano medio a grueso, sin micas y escasas arcillas. Este nivel presenta unas condiciones muy favorables para su explotación en los alrededores de Oviedo donde se puede llegar a cortar. Es el nivel detrítico con mayor potencialidad como acuífero.
- **Acuífero detrítico AK3**, constituido por las arenas del Albiense con frecuentes intercalaciones arcillosas. Es muy variable a lo largo del Sistema tanto en potencia como en sus características. Su potencia en la parte occidental es de 20 a 40 m. aumentando hacia el este, máxima de 130 m en Infiesto.
- **Acuíferos calcáreos**, constituido por una serie de tramos calizos intercalados con los arenosos. Algunos niveles de estos tramos tienen buenas características desde el punto de vista hidrogeológico, otros están fracturados y algunos tienen una apreciable Karstificación. Su potencia es variable en la zona de Llanera puede llegar a los 200 m.

### Hidrogeología de la zona estudiada

Los trazados discurren sobre materiales del Terciario que no forman parte de ninguno de los acuíferos anteriores, y solamente los sedimentos detríticos aluviales, pueden constituir un acuífero de cierto interés.

El comportamiento hidrogeológico de los materiales presentes en esta zona es el siguiente:

- Sedimentos detríticos, con permeabilidad por porosidad siendo media-alta en las arenas y prácticamente nula en las posibles intercalaciones arcillosas pertenecen a este tipo los depósitos aluviales.
- Sedimentos impermeables o de permeabilidad muy pequeña pertenecen a este tipo los materiales del Terciario y los depósitos de alteración.

A continuación se describen las condiciones hidrogeológicas de cada uno de los materiales presentes en la zona de estudio.

#### **DEPOSITOS ALUVIALES**

Pertenecen a esta unidad los depósitos aluviales representados fundamentalmente por el aluvial del río Nora, los cuales están formados por niveles de arenas, arcillas, limos y gravas subredondeadas. Los materiales aluviales cuaternarios son porosos y se encuentran poco consolidados, por lo que constituyen un acuífero local de poca extensión conectado con los acuíferos infrayacentes. En general el nivel freático está muy condicionado por el nivel del agua de los ríos.

En general, los materiales aluviales presentan una permeabilidad alta y drenaje fácil en superficie por percolación. El drenaje profundo se vera dificultado por la proximidad a la superficie del nivel freático.

En algún caso, cuando los materiales aluviales más superficiales están constituidos por arcillas arenosas y la superficie topográfica lo favorezca, se pueden producir zonas de encharcamiento superficial.

### **DEPOSITOS ELUVIALES**

Son suelos residuales que aparecen a causa de la degradación in situ de la roca madre. En los trazados proyectados se reconocen arcillas algo arenosas de tonos rojizos y verdosos que son prácticamente impermeables por lo cual el drenaje será aceptable o difícil, según el relieve sea pendiente o llano respectivamente. Pueden provocar zonas de encharcamiento superficial.

### **RELLENOS ANTROPICOS**

Son tramos constituidos por rellenos compactos de terraplenes y explanadas de carreteras y vías de ferrocarril y rellenos heterogéneos constituidos restos de ladrillería construcción y rellenos de diversa naturaleza. Este nivel es un nivel con una permeabilidad alta.

Los rellenos al presentar una permeabilidad alta tienen un drenaje fácil en superficie por percolación.

### **MATERIALES TERCIARIOS**

Son tramos fundamentalmente margosos y arcillosos constituidos por arcillas margosas, margas arcillosas y margas limolíticas con intercalaciones de arenas y areniscas margosas. Se pueden considerar prácticamente impermeables.

#### 4.- CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES

En este apartado describiremos las características geomecánicas de los materiales reconocidos en la zona, derivadas fundamentalmente de los reconocimientos de campo, de los ensayos de laboratorio y de los datos disponibles sobre estos mismos materiales en otros proyectos. Se describen los siguientes niveles litológicos:

- CUATERNARIO:

- Suelo vegetal (SV)
- Rellenos antrópicos (QR)
- Arcillas arenosas. Aluvial (QA1)
- Arenas limosas y limos arenosos. Aluvial (QA2)
- Arenas de grano medio-grueso. Aluvial (QA3)
- Gravas redondeadas con arenas. Aluvial (QA4)
- Arcillas arenosas. Eluvial (QE)

- TERCIARIO:

- Margas y arcillas margosas (T1)
- Arenas (T2)

Para la clasificación de los suelos se aplica el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

#### 4.1.- SUELOS

##### 4.1.1. Suelo vegetal (SV)

En las zonas en las que no existe relleno antrópico se reconoce una capa de tierra vegetal con un espesor comprendido entre 0,10 y 0,50 m.

Son suelos tipo OL (S.U.C.S.) formados por limos orgánicos de baja plasticidad en los que hay gran desarrollo de raíces de hierbas y plantas, y abundante contenido de materia orgánica.

Sus características resistentes son malas y son fácilmente excavables.

#### **4.1.2. Rellenos antrópicos (ORC y QRH)**

En principio se diferencian dos tipos de rellenos antrópicos: rellenos compactados y rellenos heterogéneos.

En el caso de los rellenos compactados, se trata de materiales que constituyen los terraplenes y explanadas de carreteras, viales y caminos, así como de explanadas de distintas instalaciones o aparcamientos. En general son suelos de compacidad media a alta y composición variable.

En el caso de los rellenos heterogéneos, constituyen acumulaciones de materiales heterogéneos, procedentes, en la mayoría de los casos de excavaciones de la zona.

A efectos de excavación son suelos de excavabilidad fácil realizable mediante retroexcavadora.

#### **4.1.3. Arcillas arenosas (QAI)**

Corresponde, generalmente, al nivel aluvial más superficial. Se le han reconocido espesores comprendidos entre 0,50 y 2,70 m. siendo frecuentes los cambios laterales de facies con las arenas limosas y limos arenosos.

En muestras analizadas en los proyectos consultados se han obtenido los siguientes resultados:

LIMITES		GRANUL.		PROCTOR		C.B.R.	
LL	IP	2	0,08	H. OPT.	DENSIDAD	HIN.	INDICE
33,1	18,0	100	72,2				
31,5	12,6	100	75,7	11,9	1,71	1,2	3
28,6	8,8	100	66,2				
33,5	14,6	100	74,7	11,8	1,74	0,8	5

En función de estos resultados se deducen las siguientes características:

- Se clasifican como suelo tipo CL (S.U.C.S.) .
- Plasticidad media.
- Presentan una consistencia firme.
- Para su utilización en terraplenes o para clasificación de explanada se clasifican como suelo tolerable.
- Presentan una permeabilidad baja, del orden de  $10^{-6}$  a  $10^{-7}$  cm/seg.
- Son fácilmente excavables mediante retroexcavadora.
- Como parámetros resistentes se les deduce:
  - Cohesión:  $0,2 \text{ kg/cm}^2$
  - Ángulo de rozamiento interno:  $19^\circ$
  - Densidad aparente:  $1,9 \text{ kg/dm}^3$

#### 4.1.4. Arenas limosas y limos arenosos (QA2)

Nivel aluvial que se corresponde lateralmente con el anterior y que en ocasiones se confunde con él. Su espesor varía entre 0,90 y 5,0 m.

En muestras analizadas en los proyectos consultados se han obtenido los siguientes resultados:

LIMITES		GRANUL.		PROCTOR		C.B.R.	
LL	IP	2	0,08	H. OPT.	DENSIDAD	HIN.	INDICE
26,6	5,2	100	59,9				
21,6	4,2	100	30,6				
26,6	5,2	100	68,9				
24,6	5,9	100	60,6	10,7	1,83	0,2	16
NO	NO	99,1	45,0				
NO	NO	100	51,0				

En función de estos resultados se deducen las siguientes características:

- Se clasifican como suelo tipo SM-ML (S.U.C.S.) .
- Plasticidad nula o pequeña.
- Presentan una compacidad floja o media.
- Para su utilización en terraplenes o para clasificación de explanada se clasifican como suelo tolerable.
- Presentan una permeabilidad baja, del orden de  $10^{-4}$  a  $10^{-5}$  cm/seg.
- Son fácilmente excavables mediante retroexcavadora.
- Como parámetros resistentes se les deduce:
  - Cohesión:  $0,1 \text{ kg/cm}^2$
  - Ángulo de rozamiento interno:  $25^\circ$
  - Densidad aparente:  $1,9 \text{ kg/dm}^3$

#### 4.1.5. Arenas de grano medio (QA3)

Nivel aluvial constituido por arenas de grano medio con gravas subredondeadas escasas y en ocasiones arcillosas. Su espesor varía entre 0,45 y 1,30 m.

Presentan carácter lentejonar y extensión reducida.

Se deducen las siguientes características:

- Se clasifican como suelo tipo SM-SC (S.U.C.S.)
- Plasticidad pequeña.
- Presentan una compacidad media.
- Para su utilización en terraplenes o para clasificación de explanada se clasifican como suelo tolerable.
- Presentan una permeabilidad del orden de  $10^{-3}$  cm/seg.
- Son fácilmente excavables mediante retroexcavadora.
- Como parámetros resistentes se les deduce:
  - Cohesión:  $0,05 \text{ kg/cm}^2$
  - Ángulo de rozamiento interno:  $30^\circ$
  - Densidad aparente:  $1,8 \text{ kg/dm}^3$

#### 4.1.6. Gravas y cantos subredondeados con arenas (QA4)

Se trata de un nivel aluvial importante, que se ha reconocido con un espesor comprendido entre 0,40 y 2,50 m. Se trata de cantos y gravas subredondeadas, fundamentalmente de cuarcita. El tamaño más frecuente de las gravas es de 2-4 cm y la proporción gravas/arenas del orden del 60%.

En muestras analizadas en los proyectos consultados se han obtenido los siguientes resultados:

LIMITES		GRANUL.	
LL	IP	2	0,08
NO	NO	49	8

Se deducen las siguientes características:

- Se clasifican como suelo tipo GP-GW (S.U.C.S.) .
- Plasticidad nula.
- Presentan una compacidad media.
- Para su utilización en terraplenes o para clasificación de explanada se clasifican como suelo adecuado.
- Presentan una permeabilidad del orden de  $2 \times 10^{-2}$  cm/seg.
- Son fácilmente excavables mediante retroexcavadora.
- Como parámetros resistentes se les deduce:
  - Cohesión:  $0,01 \text{ kg/cm}^2$
  - Ángulo de rozamiento interno:  $35^\circ$
  - Densidad aparente:  $2,0 \text{ kg/dm}^3$

#### 4.1.7. Arcillas arenosas eluviales (OE)

Corresponde a un nivel de alteración del sustrato Terciario.

En los reconocimientos realizados y en los datos que se dispone se han medido espesores comprendidos entre 0,55 y 5 m.

En los ensayos de laboratorio que se han realizado sobre estos materiales se han obtenido los siguientes resultados:

LIMITES		GRANUL.		PROCTOR		C.B.R.		M.O.	SALES
LL	IP	2	0,08	H. OPT.	DENSIDAD	HIN.	INDICE	%	%
28	12	100	73,9	12,1	1,79	0,56	5	no	0,19
38	21	100	87						
34	11	96	74						

CORTE DIRECTO		RESISTENCIA
COHESIÓN	A. DE ROZA.	C. SIMPLE
0,30 kg/cm <sup>2</sup>	17°	1,66 kg/cm <sup>2</sup>
		2,3 kg/cm <sup>2</sup>
		1,1 kg/cm <sup>2</sup>

En función de estos resultados se tienen las siguientes conclusiones:

- Se clasifican como suelo tipo CL
- Presentan una plasticidad baja.
- Presentan una consistencia firme.
- Para su utilización en terraplenes o para clasificación de explanada se clasifican como suelo tolerable.
- Son fácilmente excavables mediante retroexcavadora.

Como características resistentes se le deducen:

- Cohesión: 0,30 kg/cm<sup>2</sup>
- Ángulo de rozamiento interno: 17°
- Densidad aparente: 1,95 t/m<sup>3</sup>

#### 4.2.- TERCIARIO

El Terciario de la zona está constituido por arcillas margosas, margas arcillosas y margas limolíticas con intercalaciones de arenas.

##### 4.2.1. Margas y arcillas margosas (T1)

Se trata de un nivel margoso constituido fundamentalmente por arcillas margosas, margas arcillosas y margas limolíticas con intercalaciones de areniscas margosas. Predominan los tonos rojizos.

En las muestras tomadas en estos materiales se han obtenido los siguientes valores de la resistencia a compresión simple:

MATERIAL	VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO	VALOR MEDIO
Arcillas margosas	0,7 kg/cm <sup>2</sup>	7,6 kg/cm <sup>2</sup>	3,1 kg/cm <sup>2</sup>
Margas arcillosas	6,2 kg/cm <sup>2</sup>	19,8 kg/cm <sup>2</sup>	11,3 kg/cm <sup>2</sup>
Margas limolíticas	30,4 kg/cm <sup>2</sup>	148,1 kg/cm <sup>2</sup>	60,9 kg/cm <sup>2</sup>

En resumen presentan las siguientes características:

- Se trata de un suelo muy compacto o roca blanda.
- Para el conjunto del macizo, según la clasificación de Bieniawski tienen un RMR de 40, lo que la caracteriza como una roca de calidad Media (clase III).
- Como parámetros resistentes se le deducen las siguientes características:

$$\nu = 0,20$$

$$E = 25.000 \text{ t/m}^2$$

- En una zona próxima se le ha medido también:
  - Cohesión: 0,7 -1,0 kg/cm<sup>2</sup>
  - Ángulo de rozamiento interno: 20-22°
  - Densidad aparente: 2,2 t/m<sup>3</sup>

#### 4.2.2. Arenas (T2)

Se trata de un nivel arenoso intercalado entre las margas.

En las muestras analizadas se han obtenido los siguientes resultados:

LIMITES		GRANUL.	
LL	IP	2	0,08
No	No	100	39,1
22,5	1,1	100	12,6
23	9	100	43
24	10	100	37

En resumen presentan las siguientes características:

- Se clasifican como suelo tipo SM-SC constituido por arenas limosas o arcillosas.
- Presentan plasticidad nula o pequeña.
- Para su utilización en terraplenes o para clasificación de explanada se clasifican como suelo tolerable.
- Son fácilmente excavables mediante retroexcavadora.
- Se le ha medido también:
  - Cohesión: 0,15-0,16 kg/cm<sup>2</sup>
  - Ángulo de rozamiento interno: 27-32°
  - Densidad aparente: 1,95 t/m<sup>3</sup>

## 5.- CRITERIOS DE PROYECTO

### 5.1.- EXCAVABILIDAD

En este apartado se clasifican los niveles litológicos reconocidos en la zona y se analizan las condiciones de excavabilidad de cada una de las conducciones estudiadas.

Considerando las caracterizaciones realizadas se puede agrupar los materiales dentro de las siguientes categorías:

**Excavabilidad fácil:** Terrenos fácilmente excavables mediante retroexcavadora. Son los siguientes:

- Rellenos antrópicos (QRC y QRH)
- Arcillas arenosas aluviales (QA1)
- Arenas limosas y limos arenosos aluviales (QA2)
- Arenas aluviales (QA3)
- Gravas y cantos subredondeados con arenas. Aluvial. (QA4)
- Arcillas arenosas eluviales (QE)
- Arcillas margosas y arenas limosas terciarias (T)

**Excavabilidad media:** Terrenos excavables mediante retroexcavadora siendo necesaria la utilización del martillo rompedor, de forma puntual. Son los siguientes:

- Margas limolíticas y margas arcillosas terciarias (T)

## 5.2.- ESTABILIDAD DE LA EXCAVACIÓN

En general se consideran las siguientes condiciones generales a efectos de la estabilidad de la excavación, en el caso de las zanjas:

- En las excavaciones a realizar sobre suelos secos, con alturas inferiores a 1,5 m., no será necesaria entibación, aplicando los taludes estables correspondientes, siempre que no le afecten solicitaciones debidas a viales o edificaciones, en cuyo caso debe procederse a su entibación.
- Cuando la excavación se realice bajo el nivel freático, deben preverse medios de agotamiento del agua y realizarse siempre entibación de la zanja.

En el caso de las excavaciones para los tramos en canal, se realizarán en todos los casos sobre arcillas arenosas eluviales y arcillas margosas y margas arcillosas del Terciario, que presentan las siguientes características:

### Arcillas arenosas eluviales:

- Cohesión:  $0,30 \text{ kg/cm}^2$
- Ángulo de rozamiento interno:  $17^\circ$
- Densidad aparente:  $1,95 \text{ t/m}^3$

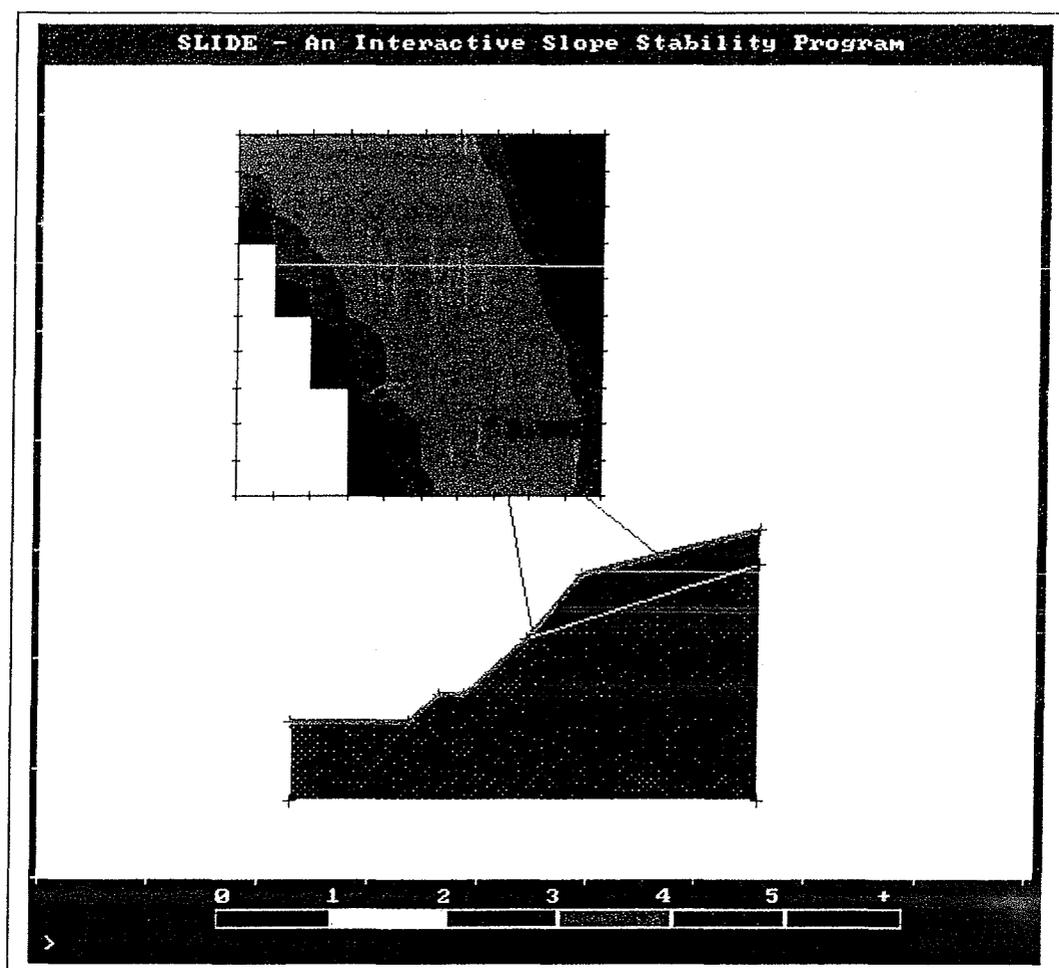
### Arcillas margosas y margas arcillosas del Terciario:

- Cohesión:  $1,0 \text{ kg/cm}^2$
- Ángulo de rozamiento interno:  $20^\circ$
- Densidad aparente:  $2,2 \text{ t/m}^3$

Para el cálculo de estabilidad de los desmontes en suelos se han aplicado el programa de ordenador SLIDE desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Rocas de la Universidad de Toronto (Canada). Este programa sirve para resolver problemas de

estabilidad de taludes por el método del equilibrio límite. El programa calcula el factor de seguridad mediante el método de las rebanadas conocido como "Bishop modificado". A su vez el programa utiliza una técnica aleatoria para generar superficies de deslizamiento diferentes, con objeto de determinar las superficies más críticas así como los coeficientes de seguridad correspondientes. De esta manera, es posible tratar distintos tipos de materiales y condiciones de carga: terrenos heterogéneos, suelos con propiedades anisótropas y efectos debidos a la presión del agua en los poros así como sobrecargas en el contorno.

En el caso más desfavorable, de una altura en el eje de 4,50 m. se tiene para un talud 1H:1V un factor de seguridad de 2,98.



### **5.3.- DESCRIPCION DE COLECTORES**

#### **Eje 1: Corredoria-Pontón de Vaqueros**

- Del p.k. 0+000 al 0+080 se excavarán, bajo la capa de suelo vegetal, depósitos aluviales constituidos por arenas y gravas con arenas; en el fondo pueden llegar a excavar margas arcillosas del Terciario. Nivel freático entorno al fondo de la excavación. Excavabilidad fácil. Entibación y bombeo.
- Del p.k. 0+080 al 0+220 se excavará relleno compactado correspondiente a vial y bajo él arenas y gravas aluviales. Nivel freático entorno al fondo de la excavación. Excavabilidad fácil. Entibación y bombeo.
- Del p.k. 0+220 al 0+520 se excavará relleno compactado correspondiente a vial y bajo él arcillas arenosas y arenas limosas con posibilidad de gravas con arenas en el fondo, correspondientes a depósitos aluviales. Nivel freático por encima del fondo de la excavación. Excavabilidad fácil. Entibación y bombeo.
- Del p.k. 0+520 al 0+920 se excavará relleno compactado correspondiente a vial y bajo él arcillas arenosas y arenas limosas aluviales. Nivel freático por encima del fondo de la excavación. Excavabilidad fácil. Entibación y bombeo.
- Del p.k. 0+920 al 1+210 se excavará relleno compactado correspondiente a vial y bajo él arcillas arenosas y gravas con arenas aluviales. Nivel freático ligeramente por encima del fondo de la excavación. Excavabilidad fácil. Entibación y bombeo.
- Del p.k. 1+210 al 1+360 se excavará relleno compactado correspondiente a vial y arcillas margosas y margas arcillosas del Terciario. Excavación en seco. Excavabilidad fácil en el relleno y niveles superiores del Terciario y Media en el resto del Terciario. Entibación.
- Del p.k. 1+360 al 1+510 se excavará suelo vegetal y arcillas arenosas aluviales. Excavabilidad fácil. Debido a la escasa profundidad (menor de 0,95) no es necesaria entibación, con un talud de 1H:1V.

- Del p.k. 1+510 al 1+620 se excavará suelo vegetal y arcillas arenosas aluviales. Excavabilidad fácil. Zona de encharcamiento superficial por lo que es necesario drenaje y acondicionamiento para paso de maquinaria. Entibación de la zanja.
- Del p.k. 1+620 al 1+900 se excavará suelo vegetal, arcillas arenosas eluviales y margas del Terciario. Excavabilidad media para las margas y fácil para el resto de materiales. Entibación.
- Del p.k. 1+900 al 1+990 se excavará relleno heterogéneo y arcillas arenosas eluviales. Excavabilidad fácil. Entibación.
- Del p.k. 1+990 al 2+220 se excavará relleno que hasta aproximadamente el p.k. 2+060 es heterogéneo y a partir de ese punto compactado, con arenas limosas o limos arenosos aluviales y margas del Terciario en el fondo de la excavación. Excavabilidad media para las margas y fácil para el resto de materiales. Entibación.
- Del p.k. 2+220 al 2+340 se excavarán rellenos compactados de vial y arenas limosas o limos arenosos aluviales. Excavabilidad fácil. Entibación
- Del p.k. 2+340 al final se excavará suelo vegetal y arenas limosas o limos arenosos aluviales. Excavabilidad fácil. Filtraciones de agua del arroyo, por lo que será necesario Bombeo.

### **Eje 2: Pontón de Vaqueros-Vertedorio**

- Del p.k. 0+000 al 0+100 se excavará en canal abierto sobre arcillas arenosas eluviales y localmente en el fondo de la excavación margas terciarias. Excavabilidad fácil. Excavación en seco. Talud 1H:1V.
- Del p.k. 0+100 al 0+780 se excavará suelo vegetal con un pequeño relleno entre los p.k. 0+375 y 0+380 y arcillas arenosas eluviales con la posibilidad de excavar margas terciarias en el fondo de la excavación. Excavabilidad fácil y localmente media. Entibación. Excavación en seco

- Del p.k. 0+780 al 1+270 se excavará relleno compactado, arcillas arenosas eluviales y margas terciarias en el fondo. Excavabilidad fácil y localmente media. Entibación. Excavación en seco.
- Del p.k. 1+270 al 1+360 se excavará suelo vegetal, arcillas arenosas eluviales y margas terciarias en el fondo. Excavabilidad fácil y localmente media. Entibación. Excavación en seco.
- Del p.k. 1+360 al 1+700 se excavará en canal abierto sobre arcillas arenosas eluviales y localmente en el fondo de la excavación margas terciarias. Excavabilidad fácil. Excavación en seco. Talud 1H:1V.
- Del p.k. 1+700 al 1+730 tramo en tubería para cruce de línea eléctrica subterránea. Se excavará sobre arcillas arenosas eluviales y localmente en el fondo de la excavación margas terciarias. Excavabilidad fácil. Entibación. Excavación en seco.
- Del p.k. 1+730 al final se excavará en canal abierto sobre arcillas arenosas eluviales y localmente en el fondo de la excavación margas terciarias. Excavabilidad fácil. Excavación en seco. Talud 1H:1V.

### **Eje 3: Colector de la Estrecha**

- Del p.k. 0+000 al 0+020 se excavarán relleno compactado, arcillas arenosas eluviales y margas terciarias. Excavabilidad fácil y media en el caso de las margas. Entibación. Excavación en seco.
- Del p.k. 0+040 al 0+140 se excavará relleno compactado. Excavabilidad fácil. Entibación. Excavación en seco.
- Del p.k. 0+140 al final se excavará relleno compactado y arcillas arenosas aluviales. Excavabilidad fácil. Entibación. Excavación en seco.

#### Eje 4: Colector de las Llamargas

- Del p.k. 0+000 al 0+100 se excavarán rellenos y arcillas arenosas, arenas limosas y gravas con arenas aluviales. Excavabilidad fácil. Entibación. Excavación en seco.
- Del p.k. 0+100 al 0+292,14 se excavará suelo vegetal y arcillas arenosas, arenas limosas y gravas con arenas aluviales. Excavabilidad fácil. Entibación. Excavación en seco.
- Del p.k. 0+292,14 al 0+379,90 tramo en hinca que se realizará sobre arenas limosas aluviales y localmente sobre rellenos heterogéneos.
- Del p.k. 0+379,90 al 0+423,45 se excavará relleno heterogéneo y arcillas arenosas aluviales. Excavabilidad fácil. Entibación. Excavación en seco.
- Del p.k. 0+423,45 al 0+461,92 tramo en hinca que se realizará sobre arcillas arenosas aluviales.
- Del p.k. 0+461,92 0+620 se excavará relleno antrópico y arenas limosas y arcillas arenosas aluviales. Excavabilidad fácil. Entibación. Excavación en seco.
- Del p.k. 0+620 al final se excavará relleno antrópico o suelo vegetal y arenas limosas, arcillas arenosas, arenas y gravas aluviales. Excavabilidad fácil. Entibación. Desde 0+640 nivel freático por encima de rasante de excavación por lo que es necesario bombeo.

### Eje 5

Se trata de un tramo en hinca bajo la autovía AS-II.

La hinca se realizará sobre arcillas margosas y margas arcillosas y limolíticas del Terciario que presentan una excavabilidad media.

Fdo. Miguel Angel Iglesias  
Ingeniero de Minas  
Colegiado nº 979 NO