

# Propiedades geotécnicas de las arcillas de descalcificación de Gijón y áreas limítrofes (Asturias)

C. LÓPEZ-FERNÁNDEZ (\*), L. PANDO (\*), M. GUTIÉRREZ CLAVEROL (\*) y M. TORRES ALONSO (\*)

**RESUMEN** En este trabajo se realiza el estudio de un importante nivel de arcillas de descalcificación que compone gran parte del subsuelo de la ciudad de Gijón, y aflora también en los vecinos concejos de Villaviciosa y Colunga. Desde su génesis, ligada a rocas carbonatadas jurásicas, hasta sus propiedades geotécnicas obtenidas en base a ensayos de laboratorio, se pretende poner de manifiesto la problemática inducida. Su destacable espesor, geometría y, sobre todo, notables deficiencias geomecánicas, dotan a estas arcillas de un especial interés aplicado en el campo de la ingeniería civil, máxime en un entorno densamente urbanizado como el que nos ocupa.

## GEOTECHNICAL PROPERTIES OF THE DECARBONATED CLAYS IN THE GIJON AND BORDERING AREAS (ASTURIAS)

**ABSTRACT** *In this article there is presented a study of an important deposit of decarbonated clays, that compose a major part of the subsoil in Gijon city, which also appears in the nearby municipal councils such as Villaviciosa and Colunga. The purpose is to emphasize the induced problematic, due to its origin, related to jurassic carbonate rocks and poor geotechnical properties as obtained from laboratory tests. The prominent thickness, geometry and, of course, the remarkable lack in geomechanical resistance make these clays a special interest in applied civil engineering, especially in dense urbanized areas such as in the case we consider here.*

**Palabras clave:** Carbonatos, Descalcificación, Arcillas, Deficiencias geotécnicas, Gijón.

### 1. INTRODUCCIÓN

La existencia de espesores importantes de arcillas resultantes de la alteración de rocas carbonatadas jurásicas, en el ámbito geográfico de Gijón y alrededores, es un hecho geológico y geotécnico de gran interés. Por un lado, estos depósitos residuales pasaron prácticamente desapercibidos, o incluso fueron mal interpretados como pertenecientes a una sucesión jurásica más, y por otro presentan marcadas deficiencias como terreno implicado en obras de ingeniería civil, especialmente al ubicarse en una zona densamente poblada.

La finalidad de este trabajo es la caracterización geotécnica de estos niveles arcillosos, singularmente en el casco urbano gijonés y en la zona de Villaviciosa-Colunga, aprovechando los afloramientos de algunos tramos de la reciente Autovía del Cantábrico (Fig. 1).

Gijón se sitúa sobre importantes depósitos holocenos en la franja septentrional esencialmente consistentes en sedimentos litorales (Torres Alonso *et al.*, 2003), y hacia el borde meridional presenta notables acumulaciones de arcillas residuales generadas por procesos de diagénesis me-

teórica. En ambos casos estos materiales se superponen a un basamento carbonatado jurásico compuesto eminentemente por calizas y dolomías de la denominada Fm. Gijón (Fig. 2). De todas las unidades geológicas del recubrimiento: depósitos de playa, marisma, fluviales, gravitacionales y residuales, estos últimos constituyen la unidad de mayor interés en geología aplicada en ingeniería civil y edificación, por su considerable extensión, marcadas variaciones de potencia y complejidad geotécnica.

Por su parte, hacia el oriente, el basamento jurásico pasa a estar integrado además por la Fm. Rodiles, también jurásica, alcanzando las arcillas de alteración asociadas a este nivel su mayor relevancia en los vecinos municipios de Villaviciosa y Colunga.

### 2. SUSTRATO ROCOSO

Las primeras definiciones litoestratigráficas del Jurásico asturiano –sobre el que se desarrollan estas arcillas residuales– se deben, entre otros, a Almela y Ríos (1962) y a Ramírez del Pozo (1969). Con carácter general, para todo el ámbito jurásico asturiano, Valenzuela *et al.* (1986) y García-Ramos *et al.* (2002) diferenciaron de muro a techo las siguientes formaciones: Gijón, Rodiles, La Nora-Vega, Tereñes y Lastres. Las dos primeras unidades son de naturaleza carbonatada, el resto presentan un carácter siliciclástico.

(\*) Departamento de Geología. Universidad de Oviedo.



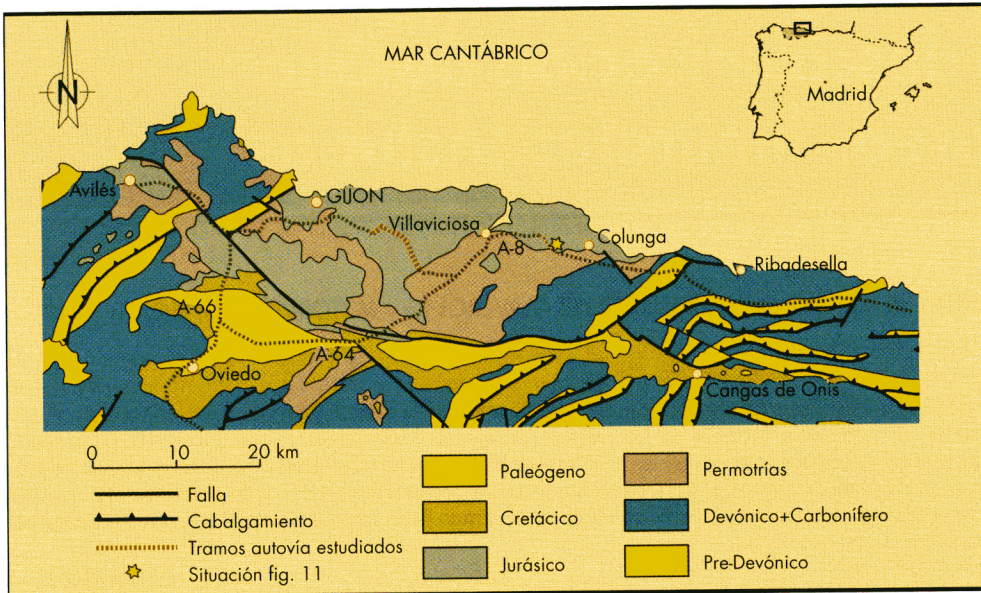


FIGURA 1. Mapa geológico del área estudiada.

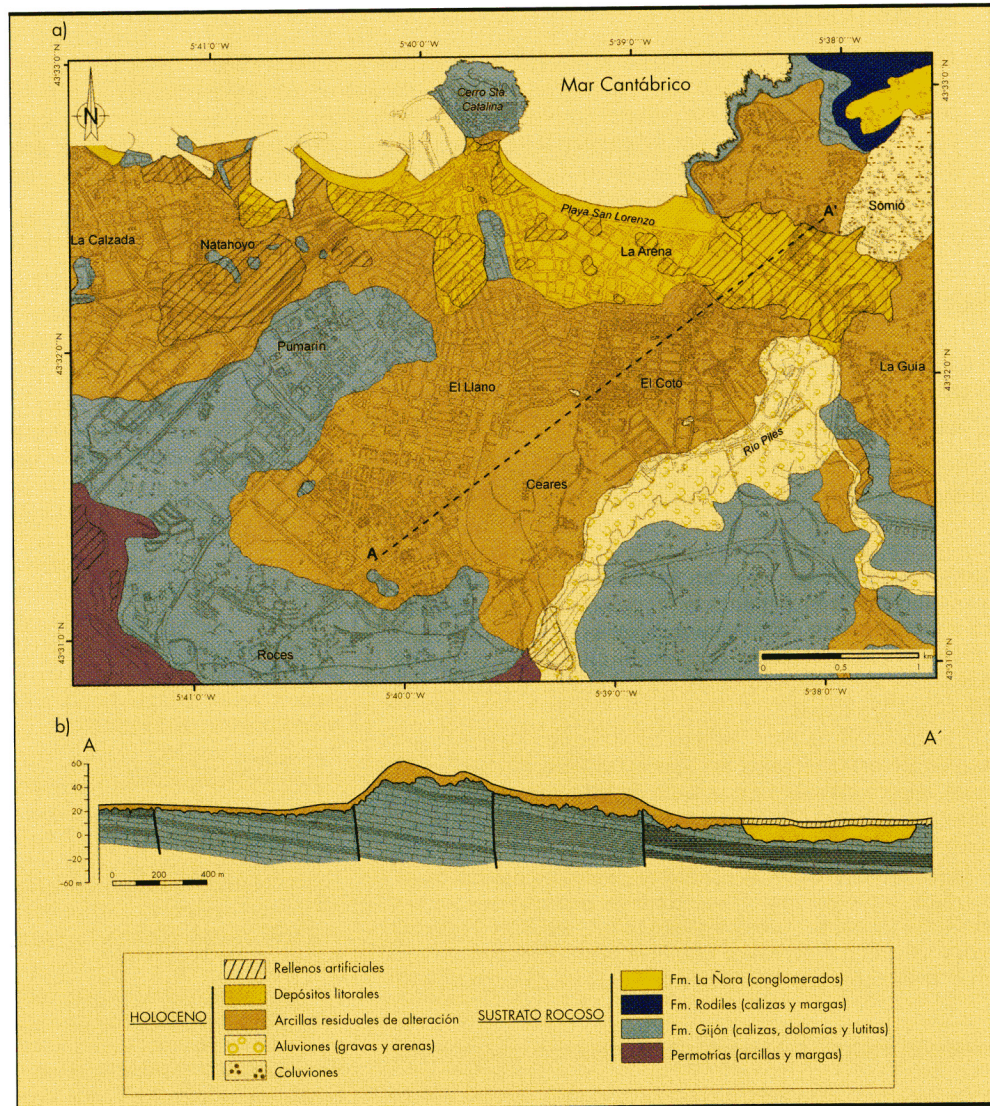


FIGURA 2. (a) Mapa geológico de Gijón. (b) Corte geotécnico con escala vertical realzada.



De manera general, se constata una variación en el espesor de los materiales carbonatados, condicionada tanto por factores sedimentológicos, como por la actividad tectónica previa al depósito de las formaciones terrígenas. Así, las frecuentes fallas que surcan la cuenca jurásica condicionaron la erosión o conservación de las formaciones carbonatadas, produciéndose ausencias de materiales en los bloques elevados de las mismas al haber estado sometidos a procesos erosivos.

### 2.1. FORMACIÓN GIJÓN

González Fernández *et al.* (2004) profundizan en el conocimiento de la Fm. Gijón –unidad involucrada en los procesos de alteración bajo la ciudad de Gijón– subdividiéndola en tres miembros que pueden ser reconocidos a lo largo de toda la cuenca jurásica:

**Miembro inferior.** Está formado por calizas, fundamentalmente mudstone, y dolomías con alguna intercalación margosa. Su potencia alcanza unos 100 m en la zona oriental de la cuenca, disminuyendo hacia el occidente donde no sobrepasa los 50 m.

**Miembro medio.** Está constituido por brechas, predominantemente de colapso, con intercalaciones lutítico-margasas. También varía de espesor de este a oeste, pasando de 80-100 m a 10-15 m en el afloramiento más occidental.

**Miembro superior.** Consiste en una alternancia de calizas micríticas de color gris oscuro –ocasionalmente con *birdseyes*–, calizas oolíticas y estromatolíticas y, ya en el tránsito a la unidad suprayacente, calizas nodulosas y bioclásticas. Además, se encuentran algunos niveles de brechas que desaparecen lateralmente. Las calizas oolíticas son un rasgo muy útil en el campo que ayuda a identificar este tramo. La potencia, al igual que en los otros miembros, experimenta considerables variaciones, debidas al menos en parte a procesos erosivos; aumenta hacia el este, desde los 20 m de la zona de Avilés hasta los 120 m en el ámbito de Villaviciosa.

Para la totalidad de la formación, la edad asignada abarca desde el Triásico Superior al Jurásico Inferior (Dubar *et al.*, 1963; Ramírez del Pozo, 1969; Barrón *et al.*, 2002).

### 2.2. FORMACIÓN RODILES

Esta sucesión está integrada por sedimentos netamente marinos constituidos por alternancias rítmicas de calizas y margas. Estas ritmitas, localmente ricas en materia orgánica, fueron la roca madre del petróleo que se encuentra en el subsuelo de la plataforma continental cantábrica. Se diferencian dos miembros litoestratigráficos.

**Miembro Buerres.** Consta de 32-40 m de calizas micríticas grises muy nodulosas hacia el muro, seguidas por una sucesión alternante de calizas similares y margas grises, en general, muy karstificadas, mostrando superficies de estratificación onduladas. Contienen escasos restos fosilíferos, aunque empiezan a aparecer ammonites con relativa frecuencia. Su espesor ronda los 30-40 m y la edad asignada es Jurásico Inferior.

**Miembro Santa Mera.** Se caracteriza por una alternancia rítmica de calizas arcillosas (dominan micritas y biomicritas) grises y margas de la misma tonalidad. Posee en las inmediaciones de Gijón una potencia del orden de 40 m y desde el punto de vista cronoestratigráfico abarca desde el Jurásico Inferior al Medio.

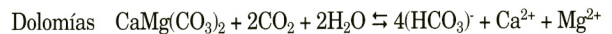
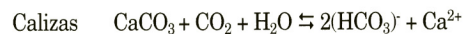
## 3. ARCILLAS RESULTANTES DEL PROCESO DE DESCALCIFICACIÓN

Por encima del roquedo carbonatado jurásico, se dispone un nivel de arcillas y arcillas limosas de tonalidad pardo-amarillenta o grisácea. Estos depósitos residuales fueron estudiados por Martínez Álvarez y Torres Alonso (1968), Torres Alonso (1983 y 1984), Torres *et al.* (1998) y Gutiérrez Claverol *et al.* (2002).

La génesis, distribución espacial y propiedades geotécnicas de este nivel no pueden explicarse sin considerar su relación con los carbonatos infrayacentes.

### 3.1. ORIGEN

Las formaciones jurásicas Gijón y Rodiles, han sufrido una paulatina alteración eminentemente química, mediante una intensa y profunda descarbonatación, conformando una formación superficial de tipo “alterita”. A pesar de la baja solubilidad intrínseca de las rocas carbonáticas, factores como la climatología y las condiciones hidrológicas de la cuenca (aguas marinas y aguas dulces de filiación acuífera) han provocado la movilización por disolución del carbonato con la consiguiente descalcificación del basamento calcáreo-dolomítico, previsiblemente bajo las condiciones geoquímicas habituales de un proceso kárstico en clima templado. Las reacciones químicas elementales que corresponden a esta tipología de alteración son:



El resultado de este proceso –desarrollado *in situ*– ha sido un importante depósito eluvionar de residuo insoluble, con un componente terrígeno mayoritariamente arcilloso, y gran potencia.

### 3.2. MATERIALES

Sedimentológicamente este residuo de karstificación autóctono está constituido en su mayor parte por arcillas y arcillas limosas pardo-amarillentas o grisáceas. Hacia la parte basal, en el contacto con el lecho rocoso, y en un tránsito gradual propio de un perfil de meteorización, aparecen en ocasiones fragmentos angulosos heterométricos de calizas y/o dolomías.

En algunos casos, acompañando a la arcilla se encuentra una fracción detrítica de gravas, arenas y cantos redondeados de cuarcita, normalmente en la parte superior del depósito eluvial. Su origen parece ligado a aportes alóctonos gravitacionales por desmantelamiento erosivo de afloramientos conglomeráticos periféricos de la Fm. La Ñora (Fig. 2).

Mineralógicamente (Tabla 1) la fracción arcillosa presenta mayoritariamente illita (Fig. 3), y en menor proporción caolinita (<15%) y clorita (<9%). En adición aparecen eventuales tinciones ferruginosas y nódulos de goethita y hematites. Localmente se han analizado muestras que contienen interestratificados I-E (illita-esmectita) y cuarzo.



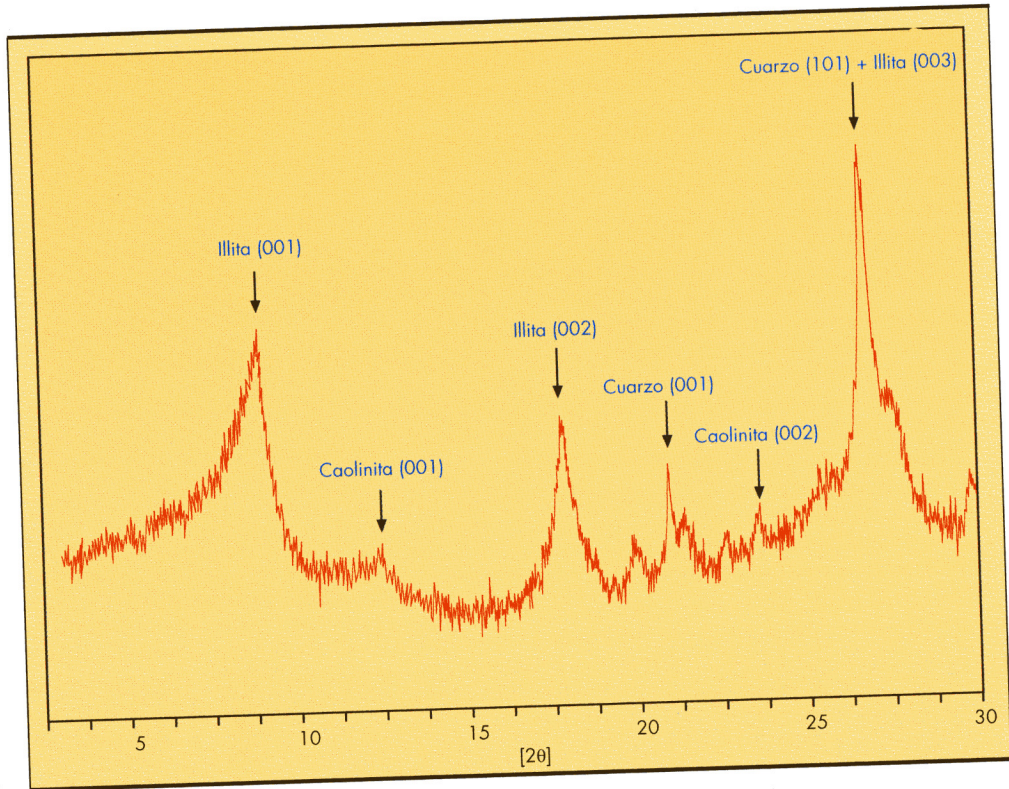


FIGURA 3. Difractograma de rayos X de una muestra arcillosa representativa del miembro superior de la Fm. Gijón.

SECTOR	ESTACIÓN	Muestra total	Muestra polvo (tamiz < 110E)				Agregado orientado (tamiz < 110E)		
			I	Q	C	Cl	I	C	Cl
Noroeste	Calzada-Natahoyo						100%		
	Calzada-Natahoyo					97%	3%		
	Calzada-Natahoyo					94%	6%		
	Jove					85%	15%		
Central	El Coto	Q,I,G,F	+++	++			100%		1%
	El Coto	Q,I,G	+++	++	-		98%	1%	9%
	El Coto		+++	++	+		87%	4%	
	El Llano						96%	4%	
	Contrueces		++	+++			100%		
	Contrueces		+++	++			99%	1%	
Noreste	El Rinconín		+	+++	-		83%	13%	4%
	El Rinconín	Q,I,G,H,F	+++	++	+		93%	7%	
Este	La Guía	Q,I,G,H,F	+++	+++	+		90%	1%	8%
	Universidad Laboral	Q,I,G,H,F	+++	+++	+		92%	6%	2%

TABLA 1. Composición mineralógica de las arcillas residuales en la zona urbana de Gijón. Leyenda: I = illita; C = caolinita; Cl = clorita; F = feldespato; Q = cuarzo; G = goethita; H = hematites; (+++) Muy abundante; (++) Abundante; (+) Poco abundante; (-) indicios (Análisis: Difractometría de Rayos X).

Desde un punto de vista químico (Tabla 2), destaca el contenido de alúmina y de otros cationes (Fe, Mg y K) y de SiO<sub>2</sub>, que reflejan la abundancia de illita (silicato hidratado de aluminio con K, Mg y Fe) y de cuarzo respectivamente.

Cabe reseñar como apunte que estas arcillas fueron objeto de explotación industrial en la zona meridional (Ceares), para la fabricación de productos cerámicos de baja calidad, ladrillos y tejas (Gutiérrez Claverol *et al.*, 1998).



COMPONENTE	Sector Noroeste	Sector Central			Sector Noreste	
	La Calzada-Natahoyo	El Coto		Contrueces	El Rinconín	
SiO <sub>2</sub>	47,12	52,82	50,1	53,85	53,64	40,73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,64	20,93	19,03	18,85	21,38	23,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,74	8,09	12,96	7,54	8,86	15,71
MnO	0,02	0,08	0,46	0,11	0,07	0,46
MgO	2,47	4,09	3,17	5,84	1,55	2,33
CaO	0,79	0,63	0,43	0,49	0,47	0,69
Na <sub>2</sub> O	0,01	0,01	0	0,01	0,1	0
K <sub>2</sub> O	4,03	5,07	5,92	6,17	2,55	4,03
TiO <sub>2</sub>	1,22	1,04	0,77	1,07	1,19	0,75
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	0,1	0,15	0,2	0,05	0,09
Cr	0,027	0,023	0,023	0,023	0,023	0,029
Cu	42 ppm	47 ppm	48 ppm	44 ppm	40 ppm	49 ppm
Zn	-	-	-	-	indicios	indicios
PC	8,31	6,94	6,7	5,71	8,62	10,27
TOTAL	99,48	99,82	99,71	99,86	98,5	98,58

TABLA 2. Composición química de las arcillas residuales de la zona urbana de Gijón. Leyenda: PC = pérdida por calcinación (análisis efectuados por Fluorescencia de RX sobre la fracción <110E).

### 3.3. GEOMETRÍA Y DISTRIBUCIÓN

Aunque estas arcillas se extienden prácticamente por toda la cuenca carbonatada jurásica, existen dos zonas donde el desarrollo de las mismas es más importante (Fig. 1). Uno de

los ámbitos aflorantes de interés se localiza en el propio casco urbano de Gijón y alrededores, con vastas extensiones de arcillas originadas por la alteración *in situ* de materiales de la Formación Gijón. El segundo tipo de afloramientos se

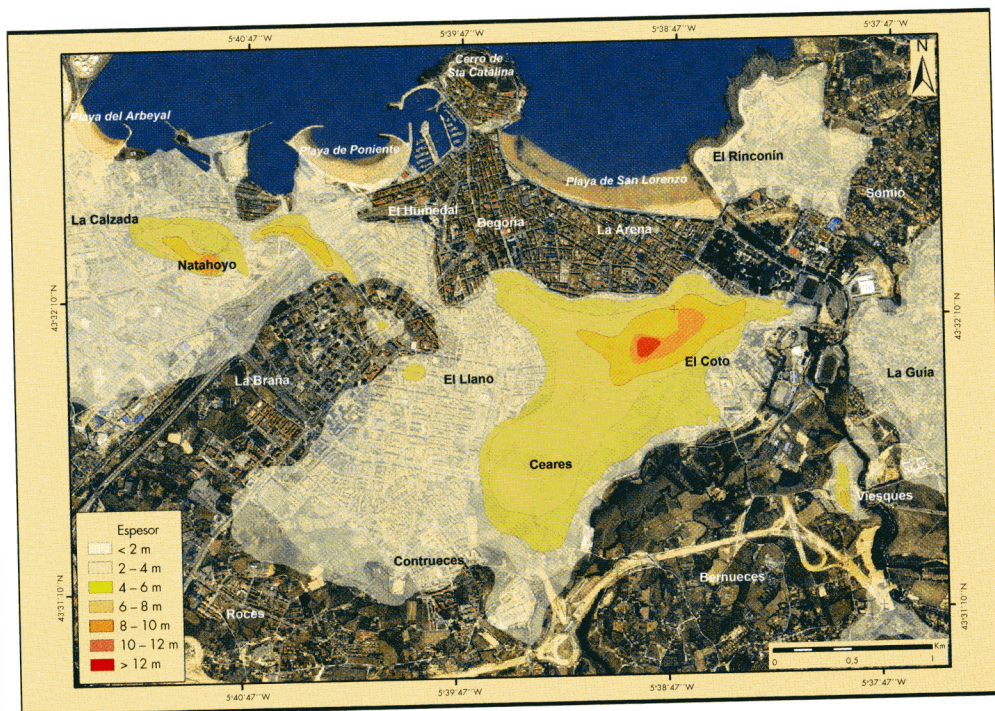


FIGURA 4. Distribución e isopacas de las arcillas de descalcificación en el ámbito urbano de Gijón.



PARÁMETRO	Gr (%)	gr (%)	Ag (%)	Af (%)	L+Ar (%)	W (%)	$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	MO (%)	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (%)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (%)	W <sub>L</sub> (%)	W <sub>P</sub> (%)	IP	
Nº muestras	12	24	33	38	46	63	45	24	11	8	76	76	76	
Máximo	18	21	32,51	30,76	88,21	52	2,31	8,40	76	Neg.	120	43	77	
Mínimo	0,10	0,40	1	1	17	13	1,48	0,20	7,90		24	13	3	
$\bar{X}$	5,20	6,60	7,60	11,50	74,20	26,70	1,94	3,20	33,4		56	27	29	
S	5,90	8,20	8,70	8,40	21,90									
CV	1,13	1,24	1,14	0,73	0,30									

**TABLA 3.** Ensayos de identificación de las arcillas residuales de la zona urbana de Gijón. Leyenda: Gr = grava; gr = gravilla; Ag = arena gruesa; Af = arena fina; L = limo; Ar = arcilla; W = humedad natural;  $\gamma$  = peso específico; MO = materia orgánica; CO<sub>3</sub><sup>-</sup> = carbonatos; SO<sub>4</sub><sup>-</sup> = sulfatos; W<sub>L</sub>, W<sub>P</sub>, IP = límites de Atterberg;  $\bar{X}$  = media aritmética; S = desviación estándar; CV = coeficiente de variación de Pearson.

esparcen hacia el oriente de Gijón y se corresponden fundamentalmente con procesos de descalcificación de la ritmita de la Formación Rodiles.

El área de afloramiento de las arcillas residuales de la Fm. Gijón ocupa gran parte del casco urbano de la ciudad. En profundidad, el depósito actúa como un recubrimiento que fosiliza un paleorrelieve irregular, es por ello que su potencia es muy variable, con variaciones métricas inclusive a escala de solar edificable (Fig. 4).

Los depósitos gijoneses alcanzan su mayor desarrollo en los barrios de El Coto y Natahoyo, localizándose los máximos espesores (hasta 14 m) en el solar del antiguo cuartel de Simancas (El Coto), siendo coincidentes con el área topográficamente más elevada del conjunto urbano.

Por su parte, los más importantes depósitos de alteración superpuestos a la ritmita de la Fm. Rodiles se localizan en el límite entre Gijón y Villaviciosa, y en las inmediaciones de Colunga, siendo reconocibles en varios tramos de la Autovía del Cantábrico.

### 3.4. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

#### Zona urbana de Gijón

La caracterización geotécnica general de estos materiales arcillosos se llevó a cabo en base a los análisis y ensayos efectuados sobre un total de 97 muestras, recopiladas a partir de diversos estudios e informes geotécnicos realizados en distintos puntos de la ciudad (Tabla 3).

Los 63 ensayos de humedad natural (W) realizados aportan valores elevados de este parámetro (Tabla 3), pudiendo constatar una ligera disminución del mismo con el aumento de la profundidad, consecuencia de un proceso de autoconsolidación de los depósitos arcillosos. Asimismo, los valores de W guardan una correlación directa con el límite líquido y el índice de plasticidad.

Los valores de peso específico, analizados en 45 muestras, fluctúan entre un mínimo de 1,48 y un máximo de 2,31, situándose el valor medio en 1,94 t/m<sup>3</sup>.

Se observa un incremento correlativo del contenido en materia orgánica y del IP-W<sub>L</sub>, lo que podría relacionarse con los tramos más superficiales de los depósitos, debido a su parcial desmantelamiento y traslado, pudiendo estar contaminados con suelos orgánicos. También, el contenido en materia orgánica pudiera estar vinculado a la alteración de los niveles oscuros de lutitas intercalados entre los bancos de calizas.

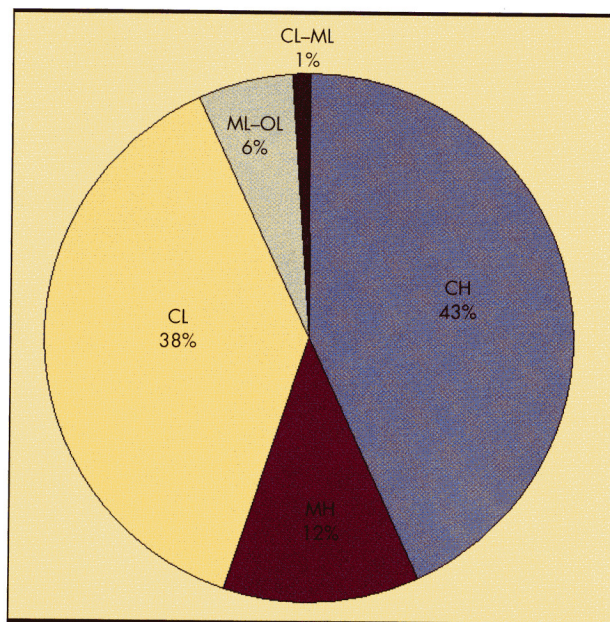
El porcentaje en carbonatos de 11 muestras analizadas es muy variable, y parece correlacionarse la presencia de un mayor contenido con menores índices de plasticidad (W<sub>L</sub>/IP).

Los límites de Atterberg (76 muestras) resultaron ser significativamente elevados en la mayor parte de los casos, alcanzando el límite líquido (W<sub>L</sub>) un valor medio de 56. El 53% de las muestras superaron un W<sub>L</sub>=50, el 21% del total también sobrepasó un W<sub>L</sub>=75, mientras que el 12% de los análisis indicaron valores superiores a un W<sub>L</sub>=100.

El índice de plasticidad (IP) fluctúa ampliamente, situándose el valor medio en 29. El 49% de las muestras alcanzaron un valor superior a 25, mientras que un 12% del total superó un IP=50.

Si bien la variación del IP y el W<sub>L</sub> con la profundidad es difícil de interpretar, y hasta los 5 m aproximadamente no se observan tendencias evidentes, a partir de esta cota parece producirse una disminución en los valores de ambos parámetros, lo que pudiera estar causado por un proceso de autocompactación.

La clasificación geotécnica permite diferenciar cuatro tipologías S.U.C.S. dominantes en el subsuelo residual gijonés (Fig. 5): arcillas de plasticidad media (CL) y alta (CH), y limos de alta (MH) y media plasticidad (ML).



**FIGURA 5.** Tipos de lutitas en el subsuelo de Gijón según la clasificación geotécnica del S.U.C.S.



PARÁMETRO		Nº muestras	Máximo	Mínimo	$\bar{X}$	S	CV
W (%)	Mb. inferior	29	31,5	13	19,65	5,07	0,26
	Mb. medio	25	52,4	15,8	31,78	9,78	0,31
	Mb. superior	3	46,5	21,5	34,93	10,29	0,29
$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	Mb. inferior	25	3,43	1,77	2,19	0,48	0,22
	Mb. medio	25	3,42	1,48	2,25	0,62	0,28
	Mb. superior	3	3,52	2,89	3,20	10,29	3,22
MO (%)	Mb. inferior	4	3	0,6	2,15	0,83	0,39
	Mb. medio	25	8,4	1	3,68	2,01	0,55
	Mb. superior	3	6,8	2	3,77	2,15	0,57
W <sub>L</sub>	Mb. inferior	38	107	24	33	4,56	0,14
	Mb. medio	25	106	29	65	23,12	0,36
	Mb. superior	6	120	50	90	23,47	0,26
W <sub>P</sub>	Mb. inferior	38	39	18	20	2,91	0,15
	Mb. medio	25	38	20	30	5,22	0,17
	Mb. superior	6	43	20	32	8,30	0,26
IP	Mb. inferior	38	68	3	13	4,60	0,35
	Mb. medio	25	72	9	34	18,60	0,55
	Mb. superior	6	77	30	55	15,59	0,28

TABLA 4. Ensayos de identificación de las arcillas diferenciando los tres miembros de la Fm. Gijón. Leyenda: W = humedad natural;  $\gamma$  = peso específico; MO = materia orgánica; W<sub>L</sub>, W<sub>P</sub>, IP = límites de Atterberg;  $\bar{X}$  = media aritmética; S = desviación estándar; CV = coeficiente de variación de Pearson.

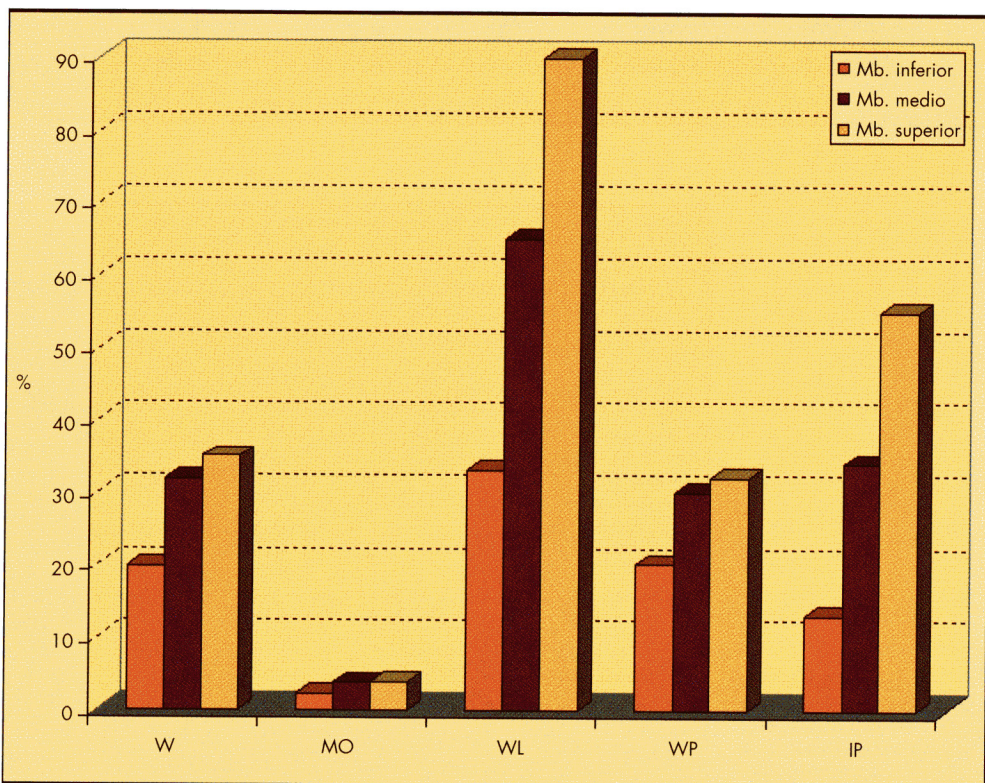


FIGURA 6. Valores medios de los parámetros de las arcillas diferenciando los tres miembros de la Fm. Gijón.



Los depósitos estudiados presentan características geológicas y geotécnicas distintas dependiendo de su localización geográfica. Este hecho parece indicar un origen genético diferenciado, que ha podido ser correlacionado en cierta medida con la distribución de los tres miembros de la Fm. Gijón. Así, los depósitos situados en el sector noroeste se habrían formado fundamentalmente a partir de la alteración del Mb. inferior, los situados en el sector central lo habrían hecho a partir del medio, y, por último, los situados más al este, han evolucionado esencialmente a partir del Mb. superior.

En general, las arcillas originadas a partir de carbonatos basales de la Fm Gijón (calizas micríticas y dolomías con alguna intercalación margosa) presentan valores significativamente más reducidos de humedad natural, peso específico y materia orgánica (Tabla 4; Fig. 6) que los miembros medio (brechas con intercalaciones lutítico-margosas) y superior (calizas nodulosas y bioclásticas).

Destacan de modo especial los resultados obtenidos en la determinación de los límites de Atterberg, sensiblemente más elevados en los términos superiores. Este hecho queda perfectamente reflejado en la clasificación geotécnica S.U.C.S. de las muestras analizadas (Fig. 7), así como en la carta de Casagrande (Fig. 8), constatándose una plasticidad marcadamente más elevada en los miembros medio y superior (>75% CH-MH), frente al Mb. inferior (29% CH-MH).

En lo referente a los ensayos mecánicos, se han manejado datos de 35 muestras provenientes de las siguientes pruebas: compresión uniaxial, corte directo y edométrico. Los resultados se recogen en la Tabla 5.

De los resultados obtenidos se pueden extraer varias conclusiones. Por un lado, los ensayos de compresión uniaxial revelan en conjunto una escasa resistencia (<3 kp/cm<sup>2</sup>), que tiende al incremento a medida que el tamaño de grano

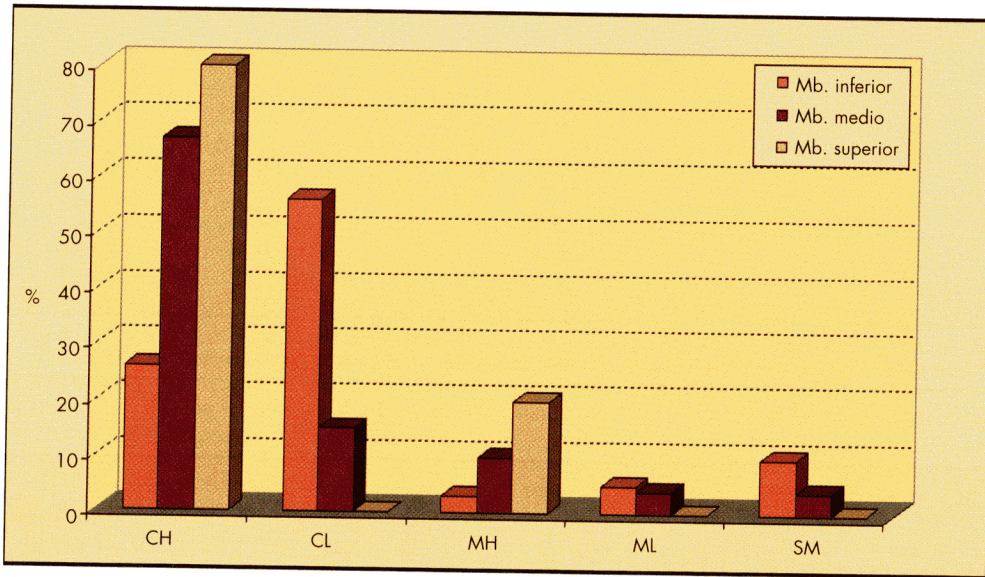


FIGURA 7. Clasificación S.U.C.S. de los depósitos arcillosos residuales discriminados según los tres miembros de la Fm. Gijón.

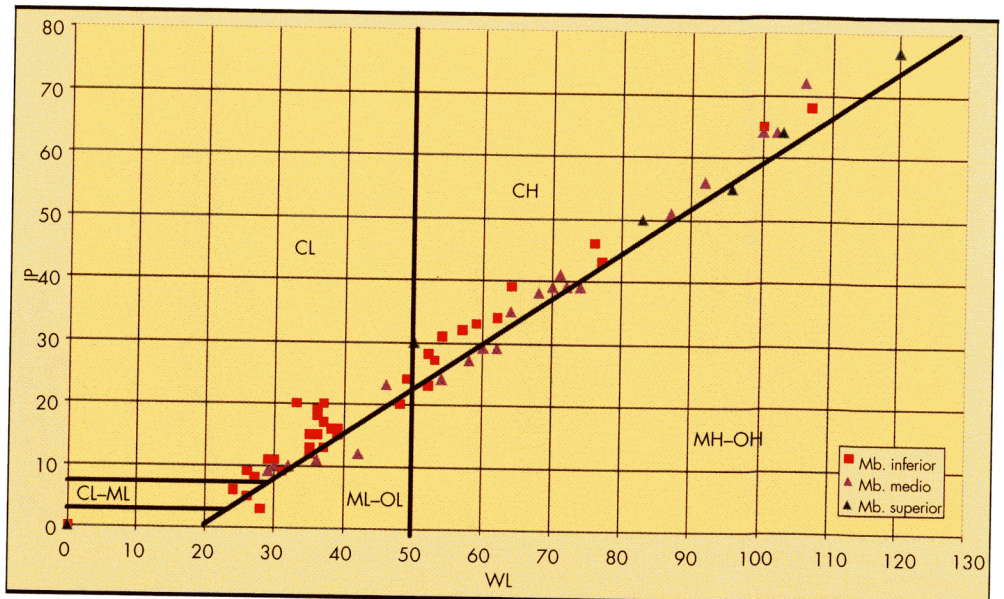


FIGURA 8. Carta de plasticidad de los materiales procedentes de la descalcificación de los carbonatos de la Fm. Gijón.



PARÁMETRO	S.U.C.S.	Nº muestras	Mínimo	Máximo	$\bar{X}$	S	CV
$q_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	CH	8	0,46	1,93	0,93	0,49	0,53
	CL	15	0,81	3,19	1,49	0,67	0,45
	ML	4	0,9	2,5	1,71	0,66	0,39
	SC-SM	2	1,82	3,65	2,74	1,29	0,47
$\phi$ (°)	CH	12	4	30	14	9,68	0,69
	CL	15	2	32	15	8,94	0,6
	ML	5	7	25	18	8,44	0,47
	SC-SM	3	10	40	28	15,7	0,56
$c$ (kp/cm <sup>2</sup> )	CH	12	0,17	1,27	0,64	0,32	0,5
	CL	15	0,05	1,18	0,61	0,32	0,52
	ML	5	0,21	0,69	0,47	0,22	0,47
	SC-SM	3	0,21	0,71	0,44	0,25	0,57
$C_c$	CH	5	0,2	0,719	0,356	0,21	0,59
	CL	7	0,124	0,361	0,233	0,08	0,34
	ML	2	0,209	0,278	0,244	0,05	0,2

TABLA 5. Ensayos mecánicos sobre las arcillas de la Fm. Gijón. *Legenda:*  $q_u$  = resistencia a compresión simple;  $\phi$  = ángulo de rozamiento;  $c$  = cohesión;  $C_c$  = índice de compresión;  $\bar{X}$  = media aritmética; S = desviación estándar; CV = coeficiente de variación de Pearson.

aumenta, y es especialmente reducida en los términos más plásticos tipo CH.

El ángulo de rozamiento interno por su parte también aumenta a medida que la granulometría es más gruesa y, a su vez, la cohesión en tendencia inversa, decrece.

Los valores del índice de compresión obtenido en las pruebas edométricas, permiten clasificar como suelos medianamente compresibles ( $0,1 < C_c < 0,3$ ) a los conformados por arcillas y limos CL y ML; las arcillas tipo CH muestran una elevada compresibilidad ( $C_c > 0,3$ ).

### Zona de Villaviciosa-Colunga

En la zona costera centro-oriental asturiana (municipios de Villaviciosa y Colunga) también se localizan depósitos constituidos por arcillas de descalcificación de calizas, dolomías y margas, procedentes de las formaciones Gijón y Rodiles. La información geológica y geotécnica recabada durante el proyecto y ejecución de una importante infraestructura lineal –tramos de la Autovía del Cantábrico “Infanzón-Grases” y “Venta del Pobre-Colunga”– ha permitido estudiar el

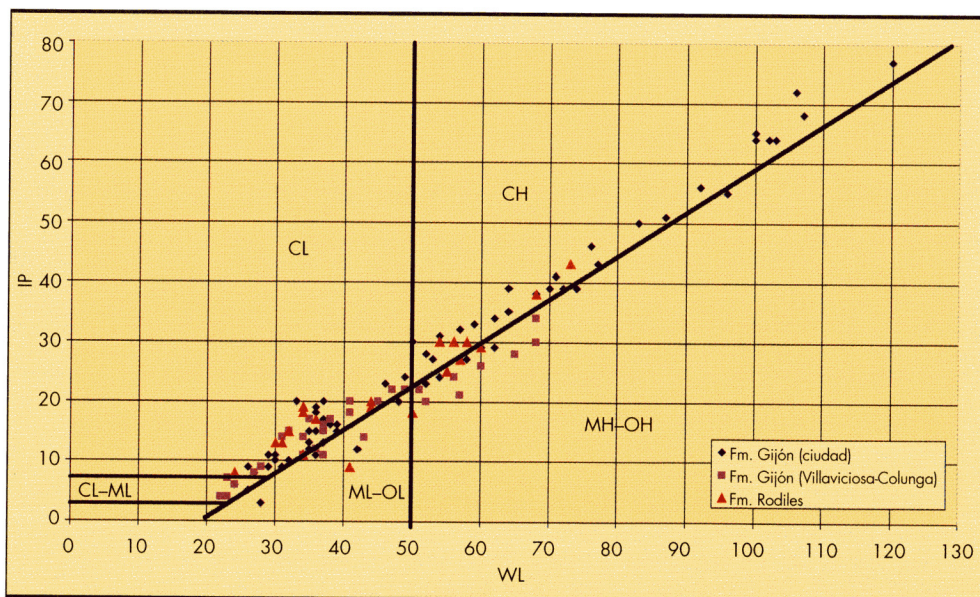


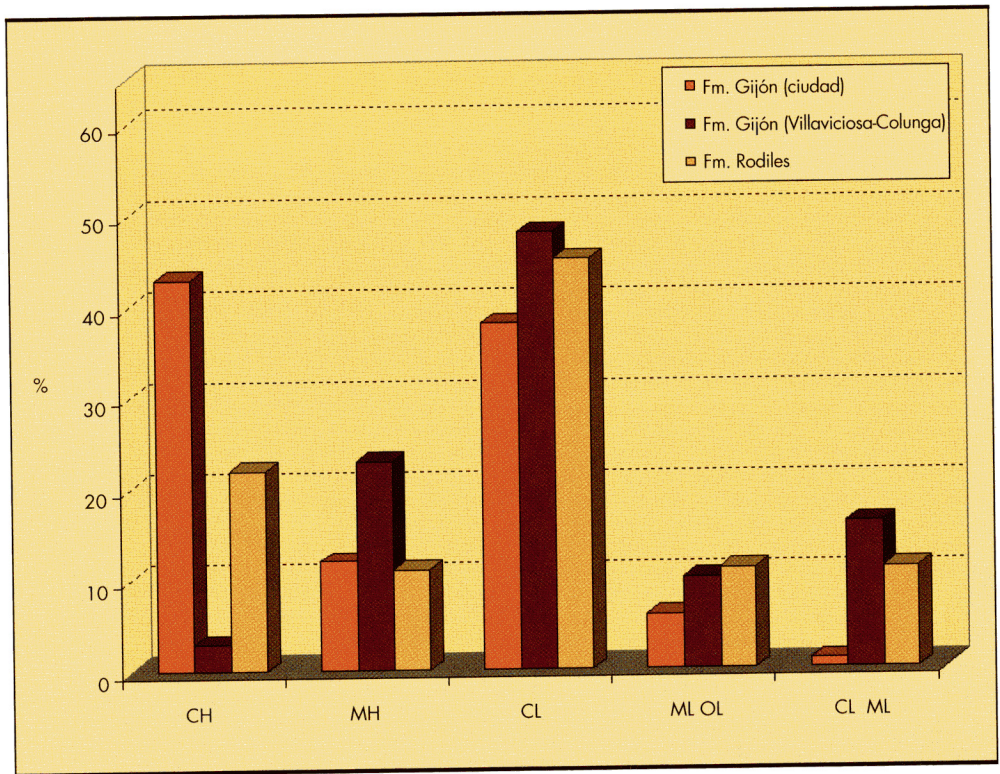
FIGURA 9. Carta de plasticidad de las arcillas residuales en función de la unidad litoestratigráfica de la que derivan.



PARÁMETRO		Tramo "Infanzón-Grases"		Tramo "Venta del Pobre-Colunga"	
		Fm. Gijón	Fm. Rodiles	Fm. Gijón	Fm. Rodiles
L+Ar (%)	Máximo	94,3	94,9	100	100
	Mínimo	27	35	36	95
	$\bar{X}$	68,8	63,7	77,9	97,8
	S	19,1	17,5	19,9	2,1
	CV	0,28	0,27	0,26	0,02
W (%)	Máximo	37,9	52,4	58	45,8
	Mínimo	16,9	16,4	17,1	29
	$\bar{X}$	23,4	27	32,7	36,6
	S	11,1	10,9	11,5	5,5
	CV	0,47	0,40	0,35	0,15
$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	Máximo	1,86	1,87	1,81	1,25
	Mínimo	1,34	0,92	1,24	1,4
	$\bar{X}$	1,6	1,5	1,49	1,32
	S	0,2	0,3	0,2	0,1
	CV	0,13	0,20	0,13	0,08
W <sub>L</sub>	Máximo	49	50	68	73
	Mínimo	22	24	23	34
	$\bar{X}$	34	34	43	57
	S	9	7	14	10
	CV	0,26	0,21	0,33	0,18
W <sub>P</sub>	Máximo	29	32	38	31
	Mínimo	18	15	16	23
	$\bar{X}$	22	20	24	28
	S	4	5	7	3
	CV	0,18	0,25	0,29	0,11
IP	Máximo	22	20	34	43
	Mínimo	4	8	7	11
	$\bar{X}$	13	15	18	29
	S	6	3	8	8
	CV	0,46	0,20	0,44	0,28
q <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	Máximo	2,65	1,7	3,71	2,27
	Mínimo	0,57	1,01	0,16	0,02
	$\bar{X}$	1,17	1,14	1,24	1,18
	S	0,86	0,42	1,01	0,92
	CV	0,74	0,37	0,81	0,78

**TABLA 6.** Ensayos de identificación y mecánicos sobre las arcillas de descalcificación de las formaciones Gijón y Rodiles en diferentes tramos de la Autovía del Cantábrico. *Legenda:* L+Ar = limos y arcillas; W = humedad natural;  $\gamma$  = peso específico; W<sub>L</sub>, W<sub>P</sub>, IP = límites de Atterberg; q<sub>u</sub> = resistencia a compresión simple;  $\bar{X}$  = media aritmética; S = desviación estándar; CV = coeficiente de variación de Pearson.





**FIGURA 10.** Tipologías S.U.C.S. en función de los materiales del substrato y de las distintas zonas consideradas.

comportamiento geotécnico de estos materiales y contrastarlo con los del subsuelo de Gijón.

En total fueron estudiadas 26 muestras arcillosas sobre la Fm. Rodiles y 38 sobre la Fm. Gijón, cuyas características se recogen en la Tabla 6. Los ensayos de identificación muestran un contenido similar de la fracción fina (limos y arenas) de las arcillas de descalcificación tanto de la Fm. Gijón en el ámbito urbano como en el área de Villaviciosa-Colunga, con valores comprendidos entre 68 y 78%. Los materiales situados sobre la Fm. Rodiles presentan, en general, un mayor porcentaje de finos, que alcanza una media del 97,8% en el sector de Colunga.

De forma análoga, los valores de humedad natural para la Fm. Gijón son prácticamente idénticos a los obtenidos en el caso urbano, mientras que los de la Fm. Rodiles presentan unos contenidos medios (27,0-36,6%) sensiblemente superiores a los depósitos dispuestos sobre la Fm. Gijón. La determinación de la plasticidad sí permite, por el contrario, establecer algunas diferencias entre las características de los depósitos arcillosos sobre la Fm. Gijón en el ámbito urbano y en el sector Villaviciosa-Colunga (Figs. 9 y 10). Mientras que en el subsuelo de la propia ciudad predominan fundamentalmente las arcillas de alta plasticidad, en el sector de Villaviciosa-Colunga son más abundantes las arcillas de baja plasticidad (CL=48%), destacando únicamente la presencia de algunos limos de alta plasticidad (MH=22%). En los materiales suprayacentes a la Fm. Rodiles dominan los términos de baja plasticidad (CL=44%; ML-OL=11% y CL-ML=11%), con un porcentaje destacable de arcillas y limos de alta plasticidad (22 y 11%, respectivamente).

Los valores obtenidos en los ensayos de compresión simple son similares para la mayor parte de las muestras estudiadas, oscilando los valores medios en general en torno a 1 kp/cm<sup>2</sup>, si bien es necesario destacar que aproximadamente un 35% de los materiales estudiados no alcanzan este valor.

### 3.5. COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE LAS ARCILLAS

A partir de los resultados obtenidos en los ensayos y la experiencia de casos prácticos ocurridos en Gijón y en la propia construcción de la mencionada obra lineal, se puede valorar la influencia que las propiedades de estos materiales lutíticos tienen en la realización de distintos tipos de obras o actuaciones en el medio geológico.

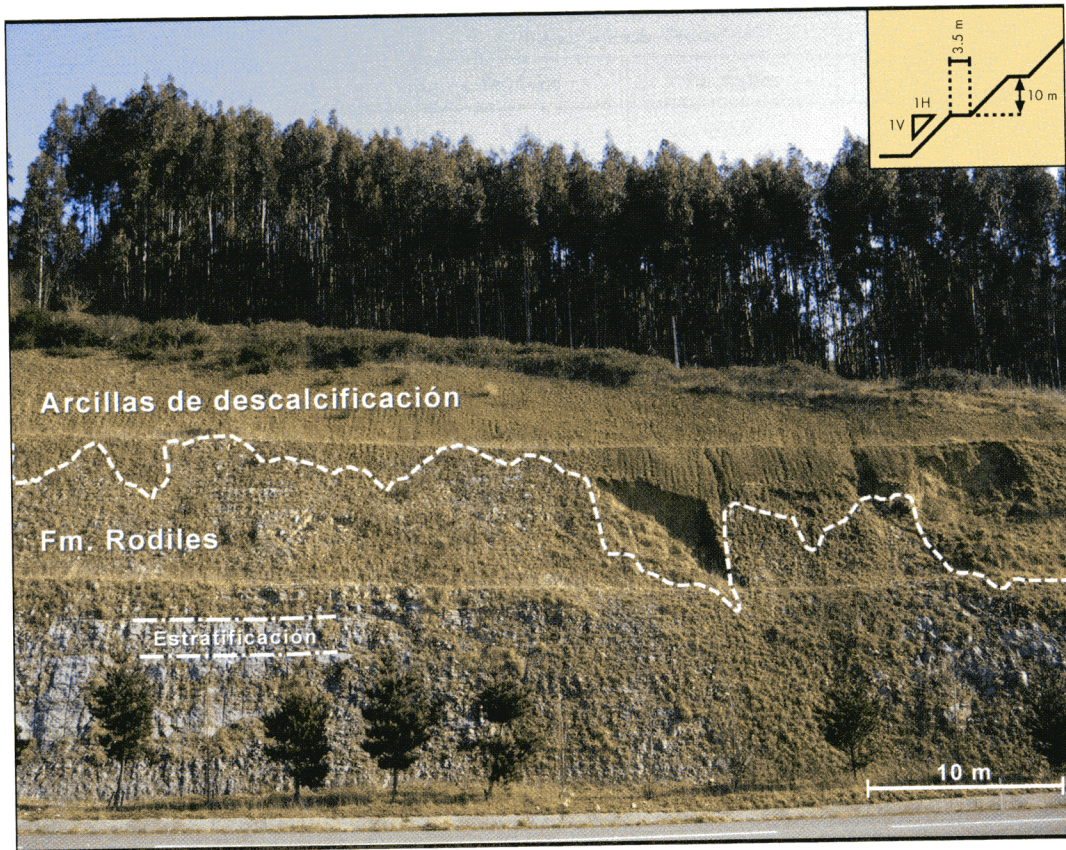
En el caso más habitual de cimentación de estructuras, estas arcillas residuales poseen un comportamiento característico de materiales cohesivos, con muy baja permeabilidad y deficiente capacidad de drenaje. Su escasa resistencia a compresión (0,4-2,6 kp/cm<sup>2</sup>), revela cargas de hundimiento bajas, una reducida capacidad portante que en muchos casos, salvo cargas livianas salvables mediante zapatas, implica la búsqueda de apoyos en profundidad con técnicas de pilotaje o micropilotes alcanzando roca firme o bien la construcción de losas. Tales soluciones son las habituales en los últimos tiempos, singularmente en construcciones desarrolladas en los barrios gijoneses de El Coto, Viesques, Ceares y zonas adyacentes del Natahoyo (véase Fig. 2).

Por otro lado, los ensayos edométricos realizados evidencian una marcada tendencia a producir notables asientos de consolidación, agravada en algunos casos por el irregular contacto con los carbonatos infrayacentes (paleorrelevo) y las consecuentes variaciones de potencia del nivel de arcillas, induciendo un riesgo potencial de desarrollo de asientos diferenciales.

Un ejemplo de la deficiente aptitud de estas arcillas como firme de cimentación lo supuso el deterioro y clausura por asentamiento y posterior agrietamiento del edificio de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de Gijón (Viesques), hace una década.

Los taludes construidos sobre estos materiales son altamente inestables y favorables a generar deslizamientos,





**FIGURA 11.** Talud en el km 351 de la Autovía A-8 (tramo "Venta del Pobre-Colunga") mostrando el contacto irregular entre el sustrato rocoso (calizas y margas) y las arcillas resultantes de su alteración (ver localización geográfica en Fig. 1).

obligando en muchos casos a adoptar correcciones del perfil con tratamientos alternativos o la construcción de muros de contención o escollera. Los tramos viales comentados son una buena muestra de los problemas de deslizamientos y flujos que se pueden desencadenar en los taludes efectuados en estas arcillas (Fig. 11), así como la utilización de escolleras para su estabilización.

En excavaciones de cierta entidad suelen surgir problemas de sostenimiento, utilizándose con frecuencia pantallas estructurales tipo muro pantalla o pantallas de pilotes. El vaciado se acomete normalmente con medios mecánicos de baja potencia. En el caso de perforaciones en obras subterráneas se debe prestar atención a los posibles hundimientos, deslizamientos y fenómenos de fluencia en el frente de avance. Además, no debe obviarse que la aparición puntual de minerales arcillosos tipo esmectita puede inducir hinchamientos por expansividad.

En algunos casos se ha recurrido a efectuar labores de mejora del terreno, mediante la sustitución parcial o total de las arcillas por material seleccionado y debidamente compactado. Esta solución fue adoptada, por ejemplo, en la cimentación del paso elevado de la Avda. Príncipe de Asturias sobre la autopista "Y" (Pumarín).

#### 4. CONCLUSIONES

En primer lugar debe destacarse que, con la evaluación de los ensayos efectuados, ha quedado constatada una relación evidente entre la litoestratigrafía del basamento rocoso y las propiedades geotécnicas de las arcillas. Se ha comprobado que bajo la asunción de condiciones de alteración similares en los tres miembros de la Fm. Gijón, el re-

siduo arcilloso generado posee diferentes características plásticas en función del miembro rocoso de cuya alteración proceda.

En términos de aplicación o problemática geotécnica inducida, se confirma que estas arcillas plásticas de descalcificación poseen acusadas deficiencias geotécnicas derivadas de su reducida capacidad portante, elevada susceptibilidad a los procesos de consolidación, puntual expansividad y marcadas variaciones de espesor.

Esta problemática es abordable, en el caso de cimentaciones superficiales, mediante métodos de mejora del terreno, tales como la sustitución parcial o total del nivel arcilloso por materiales seleccionados y debidamente compactados. En el caso de edificaciones especialmente singulares es recomendable el apoyo directo de la cimentación sobre el sustrato rocoso, utilizando técnicas de pilotaje (pilotes prefabricados y de fabricación *in situ*) o mediante muros pantalla encastrados cuando se trate de una excavación para plantas subterráneas.

Debido a la imprecisa configuración de la superficie de contacto entre los depósitos arcillosos y el sustrato rocoso, resulta recomendable que en los estudios geotécnicos que afecten a estas arcillas se sondeen preferentemente los puntos de apoyo de la cimentación. Además deberá conocerse con exactitud la potencia del nivel arcilloso, así pues los sondeos han de ser lo suficientemente profundos como para penetrar en los carbonatos, no descartándose la utilidad de técnicas geofísicas (georradar, sísmica, etc.) en las campañas de reconocimiento. Por otro lado, no debe obviarse que en los tramos carbonatados puedan aparecer puntualmente oquedades kársticas ("coqueras") cuya presencia debe preverse con las labores prospectivas del subsuelo.



## 5. BIBLIOGRAFÍA

- ALMELA, A. y RÍOS, J.M. (1962): *Investigación del Hullero bajo los terrenos mesozoicos de la Costa Cantábrica (zona de Oviedo-Gijón-Villaviciosa-Infiesto)*. Enadimsa, Madrid, 181 pp.
- BARRÓN, E., GÓMEZ, J.J. Y GOY, A. (2002): Los materiales del tránsito Triásico-Jurásico en la región de Villaviciosa (Asturias, España). Caracterización palinológica. *Geogaceta*, 31: 197-200.
- DUBAR, G., MOUTERDE, R. Y LLOPIS LLADO, N. (1963): Première récolte d'un Ammonite de l'Hettangien inférieur dans les calcaires dolomitiques de la région d'Aviles (Asturies, Espagne du Nord). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 257: 2306-2308.
- GARCÍA-RAMOS, J.C., LIRES, J. y PIÑUELA, L. (2002): *Dinosaurios. Rutas por el Jurásico de Asturias*. La Voz de Asturias, 192 pp., Oviedo.
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, B., MENÉNDEZ CASARES, E., GUTIÉRREZ CLAVEROL, M. y GARCÍA-RAMOS, J.C. (2004): Subunidades litoestratigráficas de la Formación Gijón (Triásico Superior-Jurásico Inferior) en Asturias. *Geo-Temas*, 6 (2): 71-74. VI Cong. Geol. España, Zaragoza.
- GUTIÉRREZ CLAVEROL, M., TORRES ALONSO, M. y LUQUE CABAL, C. (2002): *El subsuelo de Gijón. Aspectos geológicos*. CQ Licer, S.L. Librería Cervantes, 462 pp.
- GUTIÉRREZ CLAVEROL, M., VARGAS ALONSO, I. y TORRES ALONSO, M. (1998): Interés industrial de las rocas arcillosas permo-mesozoicas del norte de Asturias (España). *Actas X Congreso Latinoamericano de Geología*, vol. III: 291-296. Buenos Aires (Argentina).
- MARTÍNEZ ÁLVAREZ, J.A. y TORRES ALONSO, M. (1968): Nota sobre las formaciones arcillosas cuaternarias de los alrededores de Gijón. *Acta Geol. Hispánica*, 3 (4): 111-112. Barcelona.
- RAMÍREZ DEL POZO, J. (1969): Bioestratigrafía y Paleogeografía del Jurásico de la costa asturiana (Zona de Oviedo-Gijón-Villaviciosa). *Bol. Geol. Min.*, 80 (4): 307-332.
- TORRES ALONSO, M. (1983): Datos geotécnicos previos sobre los depósitos arcillosos de Gijón (Asturias). *Bol. Cien. Nat. (IDEA)*, 32: 173-181. Oviedo.
- TORRES ALONSO, M. (1984): Características geológico-geotécnicas de los materiales arcillosos de la zona urbana de Gijón (Asturias). *Bol. Cien. Nat. (IDEA)*, 33: 139-155. Oviedo.
- TORRES ALONSO, M., GUTIÉRREZ CLAVEROL, M. y RODRÍGUEZ BOUZO, L. (1998): Problemática geológica y geotécnica de una urbe marítima singular: la ciudad de Gijón (NO de España). *Actas X Congreso Latinoamericano de Geología*, I: 359-364. Buenos Aires (Argentina).
- TORRES ALONSO, M., GUTIÉRREZ CLAVEROL, M., FLOR, G., JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, M. y RODRÍGUEZ TERENTE, L.M. (2003): Los depósitos cuaternarios de Gijón (Asturias). *XI Reunión Nacional del Cuaternario*. Actas pp. 39-44, Oviedo.
- VALENZUELA, M., GARCÍA-RAMOS, J.C. y SUÁREZ DE CENTI, C. (1986): The Jurassic sedimentation in Asturias (N Spain). *Trabajos Geol., Univ. Oviedo*, 16: 121-132.