

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

DIRECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA

**MAPA GEOTECNICO Y DE RIESGOS GEOLOGICOS
DE LA CIUDAD DE GIJON**

E.1/25.000 Y 1/5.000

MEM

00958

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
DIRECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA

**MAPA GEOTECNICO Y DE RIESGOS GEOLOGICOS
DE LA CIUDAD DE GIJON**

E. 1/25.000 Y 1/5.000

MEMORIA

Foto Portada: PAISAJES ESPAÑOLES

Talleres Gráficos ETIMSA - Crta de Burgos Km 12,250 - 28049 Madrid

**MAPA GEOTECNICO Y DE RIESGOS GEOLOGICOS
DE LA CIUDAD DE GIJON
ESCALA 1/ 25.000 Y 1/ 5.000**

El presente trabajo ha sido realizado por GEOMECANICA, S.A. en régimen de contratación por el Instituto Geológico y Minero de España.

La relación nominal del equipo que ha intervenido es la siguiente:

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

D. Emilio Hidalgo Bayo. Dr. Ingeniero de Minas

D. Emilio Elizaga Muñoz. Ldo. en Ciencias Geológicas

GEOMECANICA, S.A.

D. Fernando Fresno López. Ingeniero de Minas

INDICE

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUCCION	1
1.1. La cartografía geotécnica y de riesgos geológicos en la ordenación urbana.	1
1.2. Antecedentes y objetivos del presente mapa.	2
1.3. Zona estudiada.	4
1.4. Método de trabajo.	4
2. FACTORES DE INCIDENCIA CONSTRUCTIVA	
2.1. Factores físico - geográficos.	7
2.1.1. Climatología y meteorología.	7
2.1.2. Geomorfología.	11
2.1.3. Hidrología subterránea.	12
2.2. Bosquejo geológico.	14
2.2.1. Estratigrafía.	14
2.2.2. Tectónica.	18
2.2.3. Historia geológica.	19
2.3. Sismología y riesgo sísmico.	21
2.4. Yacimientos y explotaciones de materiales utilizados en construcción.	22
3. ESTUDIO DEL AREA A ESCALA 1:25.000	27
3.1. Zonación geotécnica.	27
3.1.1. Criterios de división.	27
3.1.2. División de áreas y zonas geotécnicas.	27
3.2. Estudio de las zonas geotécnicas.	30
3.2.0. Metodología.	30
3.2.1. Area I.	35
3.2.1.1. Zonas I ₁ , I ₂ y I ₃	35
3.2.1.2. Zonas I ₃ ² , I ₄ ³ y I ₄ ⁵	41
3.2.1.3. Zona I ₄ ¹	43
3.2.1.4. Zonas I ₄ ² , I ₄ ⁴ y I ₅	46
3.2.2. Area II.	49
3.2.2.1. Zona II ₁	49
3.2.2.2. Zona II ₂	52
3.2.2.3. Zona II ₃ ¹ y II ₃ ²	56
3.2.2.4. Zona II ₃ ³	65
3.2.2.5. Zona II ₃ ⁴	67
3.2.2.6. Zona II ₄ ¹	70
3.2.2.7. Zonas II ₄ ² y II ₄ ³	72
3.2.2.8. Zona II ₄ ⁴	75
3.2.3. Area III.	77
3.2.3.1. Zona III ₁	77
3.2.4. Area IV.	79
3.2.4.1. Zona IV ₁	79
3.2.4.2. Zona IV ₂ ¹	81
3.2.4.3. Zonas IV ₂ ² y IV ₂ ³	85
3.2.4.4. Zona IV ₃	89
3.2.5. Area V.	91
3.2.5.1. Zona V ₁	91
3.2.5.2. Zona V ₂	92
3.2.6. Investigaciones geotécnicas suplementarias para obras puntuales.	92

	<u>Pág.</u>
4.2. Area III.	96
4.2.1. Zona II ₂	96
4.2.2. Zona II ₃ ¹	97
4.2.3. Zona IV ₂ ¹	98
4.2.4. Zonas IV ₂ ² y IV ₂ ³	98
4.2.5. Zonas V ₁ y V ₂	99
4.2.6. Investigaciones geotécnicas suplementarias para obras puntuales.	99
5. BIBLIOGRAFIA	100

1. INTRODUCCION

1.1. LA CARTOGRAFIA GEOTECNICA Y DE RIESGOS GEOLOGICOS EN LA ORDENACION URBANA

La toma de decisiones en materia de Ordenación Urbana, siempre que se pretenda que dichas decisiones estén bien fundamentadas, debe ir precedida de una Información Básica Previa. Entre las materias que esta Información debe considerar, están las relativas al Medio Físico. Este Medio condiciona el desarrollo y las actividades cotidianas de la ciudad y su entorno de muchas formas. En este sentido, existe hoy por ejemplo una creciente conciencia en torno a protegerlo de la contaminación y otras agresiones que contra él se ejercen. La consideración del Medio Físico desde un punto de vista ambiental que pueda expresarse por medios cartográficos, es hoy parte obligada a considerar en la elaboración de Planes de Ordenación Urbana. Hay, sin embargo, otras relaciones entre el Medio Físico y la Ordenación Urbana. El suelo, aparte de sus usos agrícolas y recreativos, es también el soporte de todas las construcciones y como tal influye en los aspectos económicos (generalmente a medio y largo plazo), que lleva consigo toda decisión urbanística. El sobrecosto que suponen los terrenos problemáticos sobre las construcciones e infraestructuras en ellos ubicadas es un sobrecosto que paga la comunidad y que no se traduce en ningún servicio. Es una inversión inútil siempre que exista alguna posibilidad alternativa. Este sobrecosto inútil es permanente una vez que se ha decidido la expansión de la ciudad en una zona problemática. En los actuales momentos en que la racionalidad de las inversiones se cuida al máximo, pensamos que lo expuesto debe ser considerado por quienes tienen el poder de decisión en actuaciones urbanísticas. La Cartografía Geotécnica trata de suministrar la información requerida a este respecto.

Por otra parte, la realización racional de proyectos constructivos en lo que tienen que ver con el terreno (sea en cimentaciones o en obras de tierra), requiere un documento

que facilite previamente al diseñador una guía sobre las características mecánicas del terreno natural, de su idoneidad para constituir rellenos, de la problemática que pueda encontrar en excavaciones, etc. Quienes han trabajado en esta clase de problemas y conocen, por tanto, la variabilidad de las condiciones del terreno, lo mucho que incide sobre la estabilidad de la mayor parte de las obras y, a la vez, la escasa o nula información previa existente, encontrarán en la Cartografía Geotécnica una valiosa guía que hará más útiles, seguros y económicos sus proyectos.

Pero, además de los datos que suministra la Cartografía Geotécnica, es necesario conocer los fenómenos que no por su carácter eventual dejan de ser importantes y muchas veces determinantes de actuaciones urbanísticas o de planificación regional, como son los que se engloban bajo el concepto de Riesgos Geológicos.

Este carácter eventual hace que sean objeto de olvido muchas veces, y no se tengan en cuenta al proyectar o ubicar construcciones de diverso tipo; pero, de vez en cuando, la Naturaleza, sin que el Hombre sepa en muchas ocasiones en qué momento, pero con la certeza de que se van a producir, desencadena fenómenos tales como lluvias torrenciales, terremotos, erupciones volcánicas, que dan lugar a inundaciones, hundimientos, movimientos en laderas u otros fenómenos y producen importantes pérdidas materiales y humanas.

El Hombre no puede impedir que se produzcan tales paroxismos, pero sí puede y debe minimizar sus efectos, en la medida de lo posible, utilizando el suelo que forma que evite las situaciones más expuestas al riesgo y dejando tan solo al azar los acontecimientos y sus consecuencias absolutamente imprevisibles. La localización, naturaleza y probabilidad de esos fenómenos son el objeto de su cartografía, que ayudará a aminorar los efectos de los acontecimientos excepcionales de los que sí se sabe que tarde o temprano van a suceder.

1.2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PRESENTE MAPA

Dada la rápida expansión industrial y urbana de nuestro país, la planificación de la ejecución de los proyectos incluidos en el Programa Nacional de Investigación Geotécnica se orientó de forma escalonada, de modo que al principio cubrió grandes áreas estudiadas a escalas reducidas y luego se pasó a investigar zonas pequeñas con mayor detalle. El Programa se inició con la elaboración de los mapas geotécnicos a escala 1:200.000 que eran idóneos para técnicas y organismos encargados de la planificación de zonas extensas.

Una vez denominada la metodología de este tipo de documentos y ya con más de la mitad del territorio nacional cubierto, se emprendió la realización de otro tipo de documentos encaminados a estudiar áreas concretas, a escalas comprendidas entre 1:25.000 y 1:5.000. Se decidió como escala básica la 1:25.000 complementada con escalas mayores para zonas concretas y reducidas, como son áreas urbanas y sus posibles zonas de expansión.

En los últimos dos años, el contenido de estos mapas geotécnicos a escala 1:25.000 incluye una cartografía específica de riesgos, también a escala 1:25.000, si las condiciones del terreno así lo aconsejan, como es el caso del ámbito geográfico del presente Mapa, si bien se hace siempre una mención especial a los riesgos potenciales o reales que pueden presentarse en las distintas Zonas geotécnicas que se delimitan en el estudio.

En el caso concreto de Gijón, se precisa un conocimiento de las características geotécnicas de su suelo y subsuelo, en particular de los depósitos cuaternarios sobre los que se asienta y rodean a la ciudad y de los depósitos triásicos que ocupan importantes extensiones. También procede la cartografía de áreas con posibles y reales problemas de estabilidad de laderas y, en general, la cartografía de los riesgos que puedan afectar al área en estudio. Todo esto contribuye a establecer un marco geológico orientativo y una zonación geotécnica que simplifique las prospecciones a efectuar por particulares y ponga a su disposición la información obtenida en estudios precedentes.

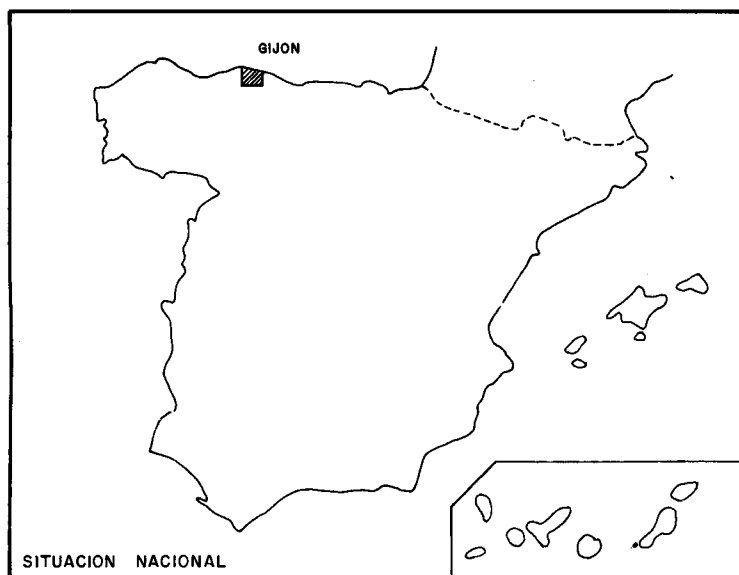
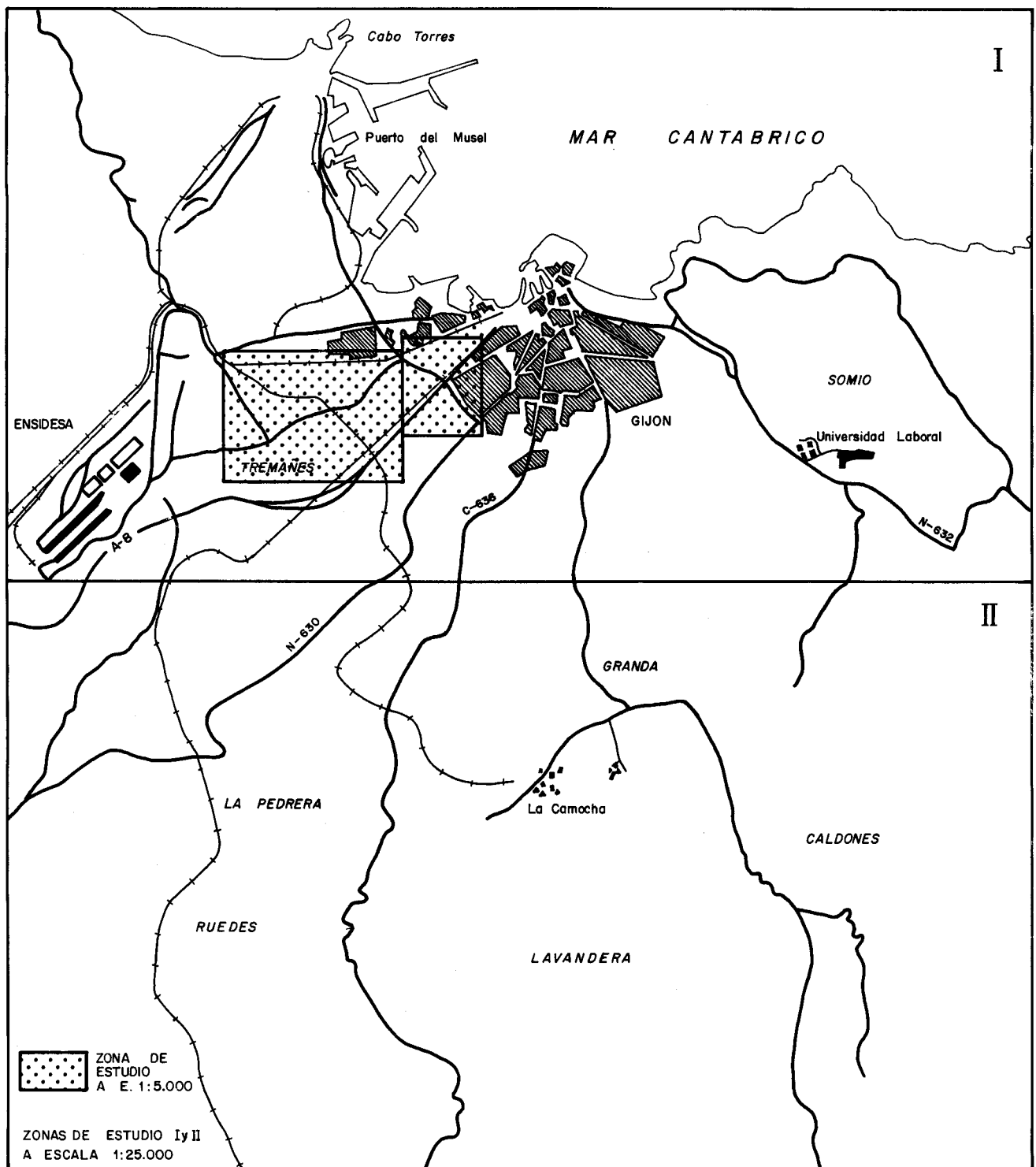


FIG. 1.- SITUACION DE ZONAS DE ESTUDIO

1.3. ZONA ESTUDIADA

A escala 1:25.000 se ha estudiado una zona delimitada por los meridianos 5° 35' W(G) y 5° 45' W(G), el paralelo de latitud 43° 26' 35" N y el mar. Por necesidades de representación esta Zona se divide en dos mapas, uno norte (I) y otro Sur (II) por el paralelo de latitud aproximada 43° 30' 33" N. En su mayor parte, abarca el término municipal de Gijón.

Tras conversaciones mantenidas con los técnicos del Excmo. Ayuntamiento de Gijón, se decidió el estudio a escala 1:5.000 de la zona de Tremañes, cuya delimitación puede verse en la figura 1.

1.4. METODO DE TRABAJO

Para la realización del estudio se han seguido los siguientes pasos:

A) Recopilación de información cartográfica, geológica, geotécnica e hidrogeológica. Se han obtenido de Organismos Públicos y empresas privadas estudios geológico-geotécnicos de gran utilidad realizados en el área investigada.

B) Cartografía geológica-geotécnica y de riesgos. En gabinete se efectuó una fotointerpretación utilizando las Hojas del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000 de Gijón (14) y Oviedo (29). En campo se realizó la cartografía a escalas 1:25.000 y 1:5.000 geológico geotécnica y de riesgos y la toma de los datos oportunos para la definición de las características de todas las formaciones.

C) Reconocimiento de campo. Se han realizado doce sondeos mecánicos con recuperación de testigo continuo que totalizaron 111,81 m y en parte fueron equipados con tubería PVC para control piezométrico. En cada sondeo se han efectuado tomas de muestras inalteradas y parafinadas, ensayos de penetración estándar (SPT) y desmuestres. También se han realizado 40 ensayos de penetración dinámica con penetrómetro tipo Borros, con peso de 65 kg, altura de caída 50 cm y puntaza de 4x4 cm² hasta obtener rechazo (penetración inferior a 0,1 cm/golpe). Se han ejecutado 40 pocillos de 3 m de profundidad con toma de muestras para ensayos de identificación y compactación.

D) Ensayos de laboratorio. Las muestras obtenidas en sondeos y pocillos se han sometido a los siguientes ensayos:

- a) Muestras procedentes de sondeos
 - Muestras alteradas (SPT y desmuestres):
 - Límites de Atterberg
 - Granulometría
 - Contenido en sulfatos
 - Contenido en materia orgánica
 - Contenido en carbonatos
 - Ensayo Lambe
 - Muestras inalteradas o parafinadas
 - Límites de Atterberg
 - Granulometría
 - Compresión simple
 - Edómetro
 - Resistencia al corte

- b) Muestras procedentes de pocillos
 - Límites de Atterberg

Granulometría
Contenido en materia orgánica
Proctor Normal
CBR

E) Síntesis de resultados y de la información geotécnica puntual, confección de los distintos mapas y redacción de la presente memoria.

El Mapa de Factores Geológicos con Incidencia Constructiva y el Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas se ajustan a la Metodología seguida en precedentes Mapas Geotécnicos a escala 1:25.000 y 1:5.000.

El Mapa de Riesgos Geológicos, a escala 1:25.000, contiene la delimitación de una serie de áreas en que puede preverse la aparición de los problemas siguientes:

- Áreas con riesgo de movimientos en laderas. Se estiman tres niveles de probabilidad de que ocurran los movimientos que se especifican en función de determinados factores (litológicos, morfológicos, tectónicos, movimientos ya sucedidos), como consecuencia de la aparición de fenómenos desestabilizadores (lluvias intensas, determinadas acciones antrópicas).

- Áreas con riesgos relacionados con estructuras de vertidos mineros o de otra procedencia, que llaman la atención sobre la situación de esos depósitos que pueden causar algún tipo de daño por fallo de su estabilidad.

- Áreas con riesgos de inundación, en las que se destacan las zonas en principio más conflictivas o con mayor grado de riesgo.

- Áreas con riesgos derivados de procesos de dinámica litoral, como pueden ser mareas, temporales y, con carácter menos probable, maremotos. Se delimitan las áreas en que por estas causas pueden sufrir daños personas o instalaciones, los acantilados en que pueden producirse movimientos (desprendimientos, deslizamientos) y las playas sometidas a las mareas habituales diarias.

- Áreas con riesgo potencial de intrusión marina que causaría la salinización del agua subterránea; se ha delimitado, de forma aproximada, la zona en que, en caso de sobreexplotación de los recursos subterráneos podría producirse dicha salinización.

- Se hace referencia al riesgo sísmico y a los daños que se pueden esperar.

- Por último, en blanco, figuran las áreas en que no se espera más que la posible aparición de problemas puntuales de escasa entidad.

El tratamiento en la Memoria de estos tipos de riesgos se efectúa en el apartado correspondiente a Riesgos Geológicos del estudio de cada Zona Geotécnica fruto de la zonación adoptada.

2. FACTORES CON INCIDENCIA CONSTRUCTIVA

2.1. FACTORES FISICO—GEOGRAFICOS

2.1.1. CLIMATOLOGIA Y METEOROLOGIA

En los apartados que siguen se dan datos sobre pluviometría, temperaturas, insolación y vientos, que proceden del Centro de Datos del Servicio Meteorológico Nacional y se refieren al periodo comprendido entre 1961 y 1984, y a la estación meteorológica de Gijón.

Temperaturas

La temperatura media anual en el período considerado es de 13,8° C; el mes más cálido es agosto con temperatura media de 19,4° C y el más frío enero con media de 9,4° C.

En el período 1961—1984, la temperatura más baja se registró el 10 de diciembre de 1980, con un valor de 4,8° C bajo cero y la mayor se produjo el 23 de septiembre de 1983, día en que los termómetros alcanzaron 34,6° C. La figura 2 muestra la evolución de la temperatura media a lo largo del año en el período citado y en el cuadro 1 pueden observarse también los valores extremos registrados.

Precipitaciones

La precipitación media anual, en el período 1961—84, fue de 970,8 mm; los meses más lluviosos son noviembre, diciembre y enero, con medias, respectivamente, de 126,7, 108,6 y 103,6 mm, y el mes que, en promedio, registra menores precipitaciones

es julio, con 35,9 mm. La figura 3 muestra la evolución mensual de la precipitación total media. La precipitación máxima en 24 horas en dicho período, se registró el día 2 de abril de 1974, con un valor de 74,7 mm. La precipitación máxima en 1 hora para un período de retorno de 10 años y nivel de probabilidad del 90 por ciento está comprendida entre 30 y 35 mm, según Instrucción de Carreteras, Drenaje, Norma 5.1—I.C. La Norma Tecnológica de Edificación, Drenajes y Avenamientos, sitúa el área estudiada en la Zona B respecto a precipitaciones máximas (P) en 1 hora para un período de retorno de 10 años: P=30–50 mm/h.

Vientos

En los cuadros que siguen se dan las direcciones dominantes por meses y por años en el período 1961–84.

MES	VIENTO DOMINANTE	MES	VIENTO DOMINANTE
Enero	SO	Julio	NE
Febrero	SO	Agosto	E–NE–NO
Marzo	E–SO	Septiembre	NE–NO
Abril	E	Octubre	SO
Mayo	NO	Noviembre	SO
Junio	E–NE	Diciembre	SO

AÑO	VIENTO DOMINANTE	AÑO	VIENTO DOMINANTE
1961	E–SO	1973	SO
1962	E–NE–SO	1974	SO
1963	E	1975	NO
1964	SO	1976	O–NO
1965	SO	1977	NE–NO
1966	E	1978	NE
1967	E–SO	1979	SO–ENE
1968	SO	1980	NE
1969	E	1981	E–ENE
1970	SO	1982	ENE
1971	SO	1983	ENE
1972	SO	1984	NO

Meses	Precipitación media (mm)	Precipitación máxima en 24 h.(mm)	Fecha	Temperatura Media °C	T.máxima absoluta °C y fecha	T.mínima absoluta °C y fecha
Enero	103,6	55,3	11- 1-79	9,4	23,7 7- 1-82	-3,4 22- 1-83
Febrero	87,8	37,2	27- 2-66	9,6	24,5 20- 2-67	-4,0 17- 2-83
Marzo	81,1	33,0	14- 3-79	10,6	27,0 10- 3-81	-2,0 11- 3-84
Abril	84,6	74,7	2- 4-74	11,9	28,0 21- 4-84	1,0 16- 4-82
Mayo	80,1	58,7	2- 5-72	14,0	27,3 17- 5-64	3,2 3- 5-77
Junio	45,1	42,2	12- 6-77	16,8	30,2 29- 6-76	5,8 11- 6-77
Julio	35,9	57,4	28- 7-77	19,1	28,8 30- 7-81	8,6 3- 7-80
Agosto	49,6	49,2	15- 8-83	19,4	30,0 11- 8-82	10,4 24- 8-77
Septiembre	71,5	59,2	15- 9-68	18,0	34,6 23- 9-83	5,0 22- 9-77
Octubre	96,2	59,1	4-10-84	15,1	30,2 2-10-66	2,6 20-10-80
Noviembre	126,7	64,0	9-11-80	11,9	25,6 14-11-68	-1,4 26-11-76
Diciembre	108,6	54,9	4-12-76	9,8	23,8 24-12-83	-4,8 10-12-80
AÑO	970,8	74,7	2- 4-74	13,8	34,6 23- 9 83	-4,8 10-12-80

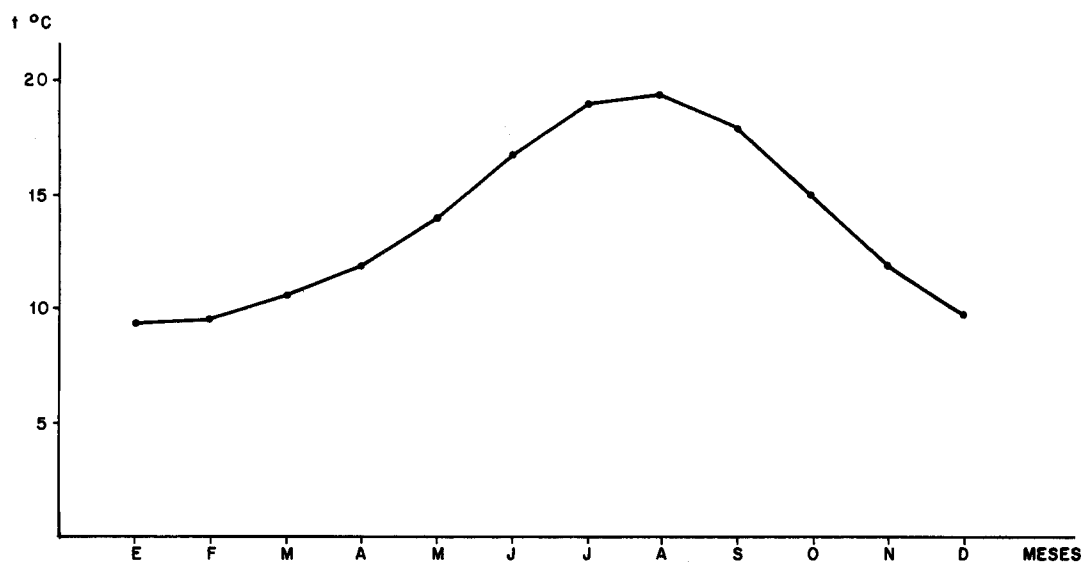


FIG. 2.- EVOLUCION DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL. PERIODO 1961-1984

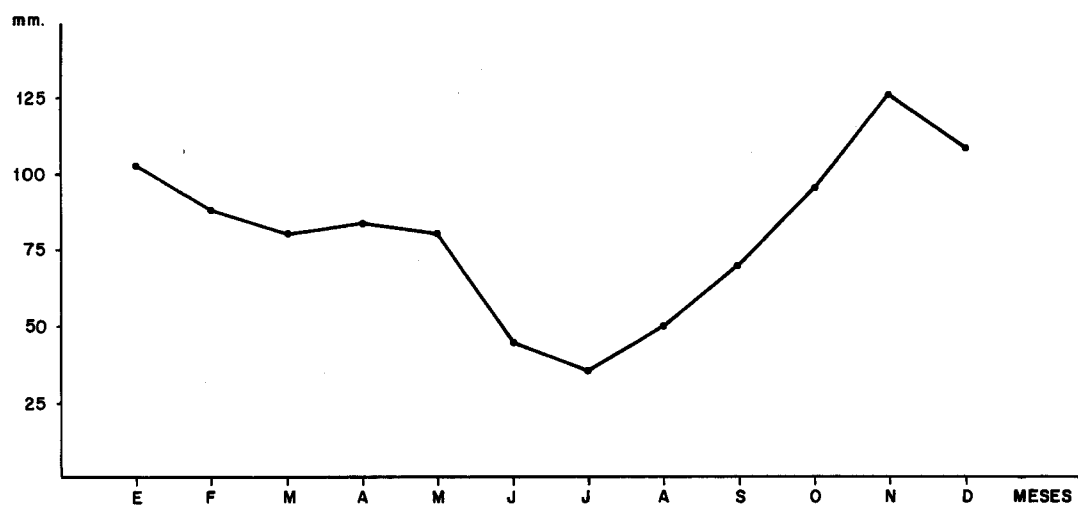


FIG. 3.- EVOLUCION DE LA PRECIPITACION TOTAL MEDIA. PERIODO 1961-1984

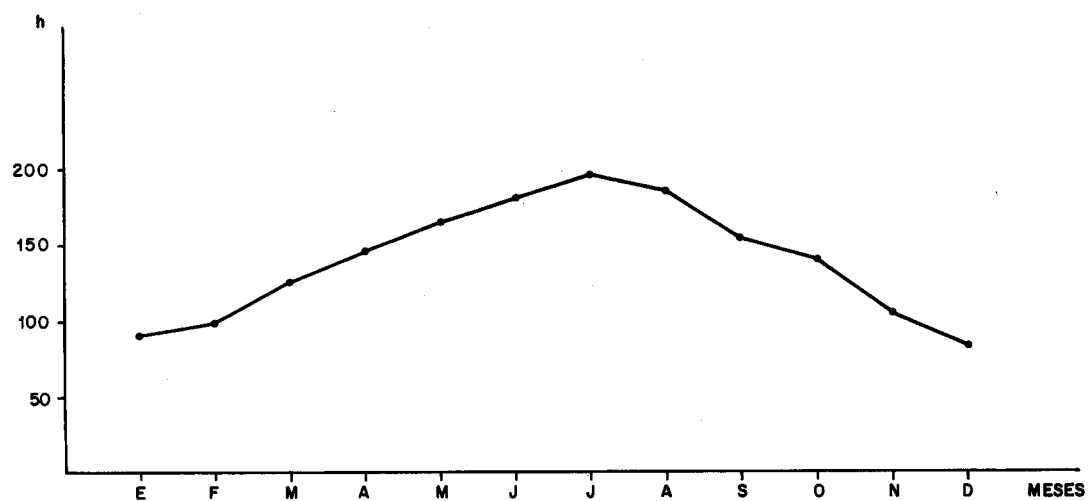


FIG. 4.- INSOLACION MEDIA MENSUAL. PERIODO 1961 - 1984

Insolación

El promedio de horas de sol al año en el período 1961—84 fue de 1672 horas y la evolución de la insolación, con valores medios, a lo largo del año puede verse en la figura 4; el máximo corresponde al mes de julio, con 196 horas y el mínimo a Diciembre con 83 h.

Incidencia climatológica en el Proyecto y Programación de obras

Según la publicación del M.O.P.U. "Datos climáticos para carreteras" (1984), los coeficientes medios anuales para la obtención del número de días útiles de trabajo a partir del número de días laborables son los siguientes, según el tipo de obra:

Hormigón	0,883
Explanaciones	0,766
Aridos	0,905
Riegos y tratamientos	0,394
Mezclas bituminosas	0,538

La Norma Tecnológica NTE—ECV/1973 del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo "Estructuras. Cargas de Viento", sitúa el área estudiada en la Zona Eólica Y. En ella, la carga total de viento a considerar sobre edificios oscila, para situación normal, entre $q=66 \text{ kg/m}^2$ y $q=123 \text{ kg/m}^2$ para alturas comprendidas entre 3 y 60 m sobre el nivel del suelo, respectivamente; para situación expuesta: q varía entre 73 y 135 kg/m^2 con la misma variación de altura. Se considera situación expuesta las costas, cumbres de montaña, desfiladeros, bordes de meseta y aquellos lugares en que pueda preverse la aparición de vientos de intensidad excepcional. Para edificios de planta rectangular o combinación de rectángulos, se considera una presión de barlovento $p=2q/3$ y una succión a sotavento $s=q/3$. Para el cálculo de la carga sobre acristalamientos u otras superficies en que pueda haber huecos abiertos, se tomará el valor de q . El cálculo de cargas de viento sobre cubiertas puede seguirse en la citada NTE—ECV.

A efectos de fijar las condiciones térmicas en los edificios y sus cerramientos y de predicción de condensaciones en los mismos, el artículo 13º de la Norma Básica de Edificación NBE—CT—79. Condiciones Térmicas en los Edificios, establece dos zonaciones según las cuales el área estudiada se encuentra en la Zona C del Mapa de Zonificación por grados/día/año: 801 a 1300 grados/día anuales y en la Zona W del Mapa de Zonificación por temperaturas mínimas medias de enero: 5°C.

Los edificios quedan definidos térmicamente por los conceptos:

- a) Transmisión global de calor a través del conjunto del cerramiento, definida por su coeficiente K_G .
- b) Transmisión de calor a través de cada uno de los elementos que forman el cerramiento, definida por sus coeficientes K .
- c) Comportamiento hidrotérmico de los cerramientos.
- d) Permeabilidad al aire de los cerramientos.

Los valores máximos del coeficiente de transmisión global K_G vienen dados, para la Zona C en la siguiente tabla:

Tipo de energía para calefacción	Factor de forma $f(m^{-1})$	Valores máx de K_G en kcal/h m ² °C	Coeficiente a en Kcal/h m ³ °C
Combustibles sólidos, líquidos o gaseosos	$\leq 0,25$	1,40	0,20
	$\geq 1,00$	0,80	
Edificios sin calefacción o calefacción con energía eléctrica directa	$\leq 0,25$	1,05	0,15
	$\geq 1,00$	0,60	

Para los valores intermedios de f , K_G se calcula con la fórmula $K_G = a (3 + 1/f)$, donde f es el factor de forma del edificio y a el coeficiente dado en la tabla anterior. El coeficiente de transmisión de los cerramientos, K , presentará los valores máximos que se dan en la siguiente tabla:

Tipo de cerramiento		Valores máximos de K en Kcal/h m ² °C
Cerramientos exteriores	Cubiertas	1,20
	Fachadas ligeras (< 200 kg/m ²)	1,03
	Fachadas pesadas (> 200 kg/m ²)	1,55
	Forjados sobre espacio abierto	0,86
Cerramientos con locales no calefactados	Paredes	1,72
	Suelos o techos	—

Para fijar las condiciones térmicas de los edificios y sus cerramientos y la predicción de condensaciones, la temperatura para la Zona W se toma igual a 8° C.

2.1.2. GEOMORFOLOGIA

En el marco geográfico que abarca el estudio pueden distinguirse tres zonas geomorfológicas fundamentales (MARTINEZ ALVAREZ, TORRES A., 1976): zona costera, zona de rasas litorales y zona montañosa intermedia.

En la zona costera se distinguen:

— acantilados formados por materiales diversos y con distintas alturas: en El Tranqueru y Xivares entre 25 y 50 m, en el área del Cabo Torres entre 75 y 100 m, al este de Gijón y hasta la playa de Peñarrubia varían crecientemente desde 5–10 m hasta 25 m y más hacia el este los acantilados muestran desniveles del orden de 50–75 m.

— estuarios y playas, sometidas a los procesos mareales, entre los que destacan las del Tranqueru, Xivares, San Lorenzo, Peñarrubia, Serín y La Ñora.

— realizaciones antrópicas que constituyen el complejo portuario del Musel, Astilleros y puerto viejo.

La zona de rasas litorales se extiende hacia el interior a partir de la costa y su parte más alta, en torno a la cota 100 m, presenta una superficie aproximadamente llana. Esta zona de rasas se ve surcada por diversos arroyos, al tiempo que, entre las que limitan por levante y poniente el área estudiada, se desarrolla una depresión sobre la que se asienta la ciudad de Gijón.

La zona montañosa intermedia, que en un ámbito geográfico más amplio está delimitada por la zona de rasas y la "depresión central" que se extiende hasta Oviedo, alcanza el límite meridional del área en estudio y presenta formas redondeadas, con altitudes crecientes de 200 a 600 m aproximadamente.

2.1.3. HIDROLOGIA SUBTERRANEA

El contenido de este apartado se ha obtenido de la publicación del I.G.M.E. "Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Norte. Asturias". Colección Informe.

En el área estudiada pueden distinguirse los Sistemas Acuíferos 1, Unidad Mesozoica Gijón—Villaviciosa y AB, Franja Móvil Intermedia; a su vez, el Sistema 1 se subdivide en el Subsistema 1A (Subsistema de Villaviciosa) y Subsistema 1B (Subsistema de Llantones).

Subsistema de Villaviciosa

En el ámbito geográfico del estudio se tienen dos niveles acuíferos. El primero lo constituye el Jurásico detrítico, representado por las areniscas y conglomerados de Gijón: las características hidráulicas son malas, con transmisividad y coeficiente de almacenamiento bajo. El segundo nivel acuífero está formado por una serie calcárea y dolomítica del Lías, con transmisividad y coeficiente de almacenamiento en general altos y variables en función de la fracturación, carstificación y presencia de niveles arcillosos; supone el acuífero más importante.

Las aportaciones que recibe el Subsistema de Villaviciosa se cifran en $183 \text{ hm}^3/\text{año}$, de los que 178 corresponden a lluvia útil y $5 \text{ hm}^3/\text{año}$ los recibe del exterior (procedentes de los Arroyos de La Vega, Meredal y Llantero). Sus recursos subterráneos ascienden a $58 \text{ hm}^3/\text{año}$ y las reservas estimadas se calculan en unos 800 hm^3 .

Subsistema de Llantones

Se distinguen dos niveles acuíferos: el acuífero Jurásico detrítico representado por calizas, areniscas y conglomerados, que poseen escasa importancia, y el acuífero Jurásico calcáreo, en general con peores características hidrológicas que el correspondiente en el Subsistema de Villaviciosa. El jurásico detrítico constituye un manto acuífero multicapa, a veces colgado, que se alimenta exclusivamente del agua de lluvia y se drena por multitud de manantiales y arroyos de escasa importancia. El jurásico calcáreo se alimenta fundamentalmente, del agua de lluvia y en menor proporción de la descarga de los horizontes acuíferos suprayacentes y por los aportes de la Franja Móvil Intermedia. La descarga se realiza a través de los ríos Aboño y Pinzales, los arroyos de La Vega y Meredal, el manantial de Llantones y otros manantiales menores.

Las aportaciones que recibe el Subsistema de Llantones se cifran en $55 \text{ hm}^3/\text{año}$, de los que 49 son de lluvia útil y $6 \text{ hm}^3/\text{año}$ son aportaciones exteriores. Sus recursos subterráneos se evalúan en $24 \text{ hm}^3/\text{año}$ y las reservas estimadas ascienden a unos 10 hm^3 .

Franja Móvil Intermedia

Supone una zona de fallas y cabalgamientos, con materiales cretácicos, jurásicos y triásicos. Los niveles acuíferos corresponden al Jurásico calcáreo, Jurásico detrítico, Cretácico calcáreo y Cretácico detrítico. El Cretácico calcáreo está constituido por una serie de tramos calizos intercalados entre dos arenosos; algunos de ellos tienen buenas características hidrogeológicas. El Cretácico detrítico comprende arenas del Coniaciense, niveles arenosos del Cenomanense y arenas del Albense. Los niveles Jurásicos corresponden a los descritos anteriormente. El Cretácico, en conjunto, constituye un acuífero multicapa, con superposición de niveles detríticos y calcáreos e intercalaciones margosas y arci-

llosas; entre aquéllos se produce una comunicación vertical. Los importantes cambios laterales de facies y de potencia de los niveles permeables e impermeables hacen que la comunicación entre los distintos acuíferos sea variable de un punto a otro.

Las aportaciones que recibe la Franja Móvil se evalúan en $46 \text{ hm}^3/\text{año}$, de los cuales, $39 \text{ hm}^3/\text{año}$ corresponden a lluvia útil y $7 \text{ hm}^3/\text{año}$ a aportación exterior (estimada). Los recursos subterráneos se evalúan en $14 \text{ hm}^3/\text{año}$.

La figura 5 muestra la distribución de los diferentes Sistemas Acuíferos en la zona que abarca este estudio.

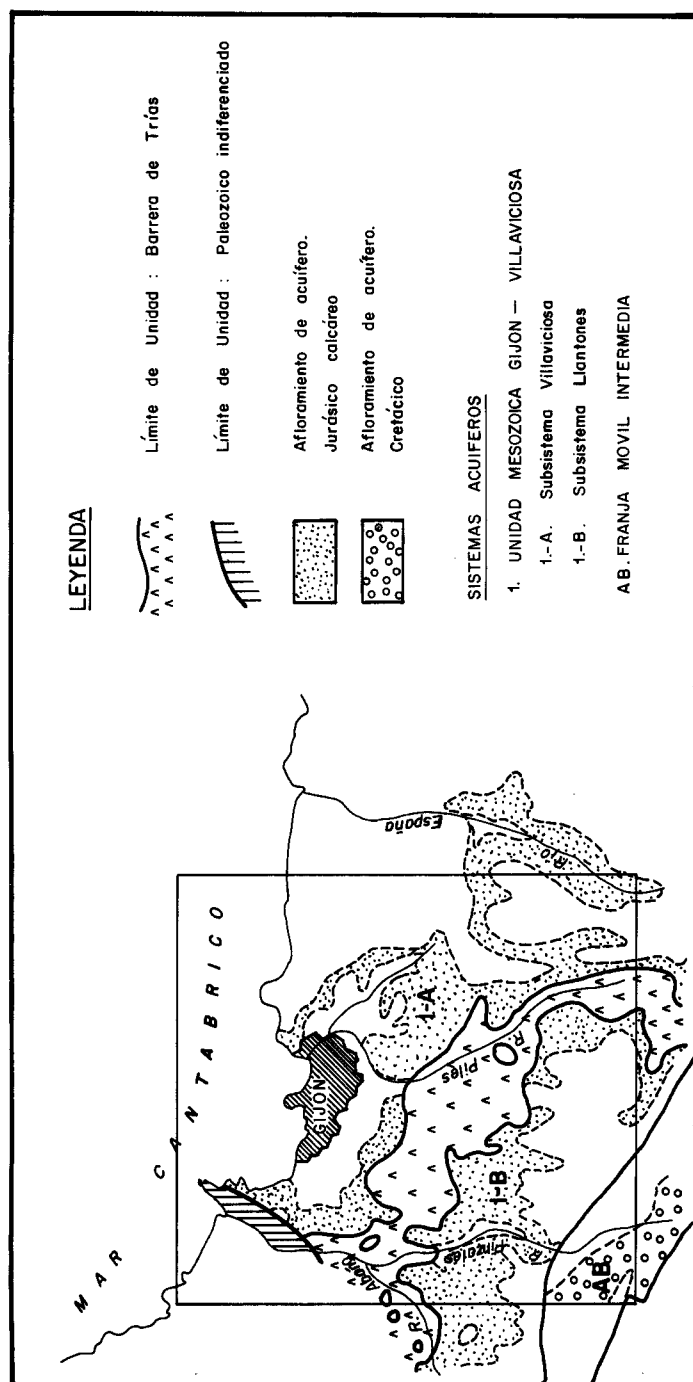


FIGURA. 5.- ESQUEMA HIDROGEOLOGICO DEL AREA ESTUDIADA

Fuente : "Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Norte : Asturias" IGME 1984
«Colección Informe»

2.2. BOSQUEJO GEOLOGICO

Dado que el estudio geotécnico se orienta y refiere a un conjunto de materiales cuyo estado y configuración actuales son fruto de su naturaleza y de los diversos procesos sufridos a lo largo del tiempo, es conveniente esbozar, de forma más o menos concisa, el marco geológico del área estudiada. Además este bosquejo geológico ayuda a comprender la División Zonal que más adelante se realizará.

Este bosquejo supone un resumen breve del contenido de las memorias del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000, Hojas 14, Gijón y 29, Oviedo.

2.2.1. ESTRATIGRAFIA

La edad de los materiales que aparecen en el ámbito del estudio abarca desde el Cámbrico hasta el cuaternario. La notación que se da a los distintos niveles corresponde a la que aparece en los Mapas de Factores Geológicos con Incidencia Constructiva a escala 1:25.000.

PALEOZOICO

Cámbrico—Ordovícico Inferior. CA

Constituye una estrecha franja que se localiza en la zona media del límite occidental del Mapa I. Está formada por una sucesión de pizarras verdosas y pardas que alternan con cuarcitas, que se conocen por la denominación Formación Oville.

Ordovícico Inferior. O₁

Se extiende desde el Cabo Torres hacia el interior con dirección aproximada NE—SO. Esta formación está constituida fundamentalmente por cuarcitas de tonos claros, con eventuales niveles de pizarras. Su potencia en el área del Cabo Torres se sitúa entre 400 y 500 m.

Silúrico Inferior—Superior. S₁

Está constituido por un conjunto de pizarras negras muy replegadas, cuyo espesor se estima en uno 150 m; se apoyan directamente sobre las cuarcitas de O₁ en esta zona estudiada, lo que supone la existencia de una laguna estratigráfica que abarca el Ordovícico Medio y Superior y el Llandovery Inferior.

Silúrico Superior—Devónico Inferior. S₂

Sobre las pizarras anteriores, conocidas como pizarras de Formigoso, aparece una formación de areniscas más o menos ferruginosas que alternan con pizarras, conocidas en Asturias como areniscas de Furada. El espesor total de esta formación se estima en 220—250 metros.

Devónico Inferior. D₁

Los afloramientos de esta edad se localizan en el conjunto paleozoico del ángulo NO del Mapa I; su mayor extensión la alcanza a ambos márgenes de los arroyos Reconco y Pervera y también aparecen sendos retazos en las playas de Xivares y Ría de Aboño. Están formados por calizas grises, a veces con tonos crema, dispuestas en bancos con desigual espesor; asimismo se observan niveles de margas arenosas de tonos amarillentos y rojizos.

Devónico Inferior—Medio. D2

En el área estudiada solamente aparece un afloramiento en El Tranqueru, al oeste de la ría de Aboño. Conocida esta formación como Caliza de Moriello, consta de unos 400 m de calizas ricas en fauna, si bien este carácter no es general.

Devónico Medio. D3

Los afloramientos de esta edad se localizan también en la playa del Tranqueru y sus inmediaciones. Presentan areniscas de tonos rosados y ferruginosos con intercalaciones de pizarras pardas; su espesor se evalúa en 400–500 m.

Devónico Medio—Superior. D4

Se localiza en el ángulo NO del área situada, aunque los afloramientos de mayor extensión aparecen hacia el NO, constituyendo la denominada Caliza de Candás. La serie completa consta, de muro a techo, de calizas algo margosas (60 m), areniscas de grano fino (45 m), pizarras y margas con algunos braquiópodos (50–100 m?), calizas arrecifales (200 m), arenisca amarillenta y ferruginosa con niveles pelíticos (80 m) y calizas y margas grises con un nivel de 10 m areniscas finas (150 m).

Devónico Superior. D5

Constituye una pequeña mancha adyacente al tramo anterior; la formación, conocida como Areniscas de Candás, está integrada esencialmente por areniscas y presenta grandes cambios de espesor: en el área estudiada (playa de Carranques) ofrece una potencia de 20–25 m mientras que más al norte (playa de Antromero, fuera del ámbito del presente estudio) alcanza de 350 a 400 m.

Las areniscas que definen D5 son de tonos ferruginosos pero a veces muy blancas; en la parte más alta de la formación, en Carranques, aparece un nivel calizo rico en corales.

Carbonífero. H1 y H2

Se encuentran afloramientos de esta edad en el ángulo NO del Mapa I. Se distingue un Carbonífero Inferior, H1, constituido por calizas de tonos claros de 10–12 m de espesor, a los que siguen calizas nodulosas rojas, de potencia entre 25 y 30 m.

Sobre ellas aparecen las calizas oscuras (Caliza de Montaña), H2, cuyos niveles más bajos presentan aún tonos algo rojizos; su potencia se evalúa alrededor de los 300 m.

MESOZOICO

Triásico. TG1 y TG2

Incluye buntsandstein y Keuper. Los sedimentos referibles al Buntsandstein (TG1) se localizan al NO de Gijón, entre el Cabo Torres y Candás, discordantes sobre el paleozoico. Están constituidos por una alternancia de areniscas y arcillas, de tonos rojizos, las areniscas son de grano fino y los bancos en que aparecen no sobrepasan el metro de espesor. Los sedimentos Triásicos situados en una banda de dirección aproximada NO–SE que ocupa una considerable extensión de los mapas I y II, TG2, se atribuyen fundamentalmente al Keuper. La serie comienza con un conglomerado cuarcítico (atribuible al Bunt) con matriz arenosa fina al que siguen arcillas arenosas compactas rojas, e intercalaciones de areniscas de grano fino; hacia techo disminuyen las facies detríticas y predominan las arcillas rojas con niveles verdosos y grisáceos y, ocasionalmente, yesos. La potencia del Triásico se estima en unos 500 m.

JURASICO

Lías. Hettangiense—Sinemuriense Medio. J₁

Ocupa una notable extensión en el ámbito geográfico del estudio y se reparte en dos manchas de dirección aproximada NO—SE separadas por afloramientos del Trías. La serie se inicia con un nivel de tránsito Keuper—Hettangiense en el que aparecen calizas dolomíticas tableadas y arcillas rojas, cuyo espesor se estima en 30—40 m; también se encuentran margas hojosas de tonos grises más o menos oscuros. En los tramos calizo—dolomíticos se observa una disminución en el contenido en dolomía a medida que se asciende en la serie. El espesor medio del Hettangiense se cifra en 160—175 m. El Sinemuriense Inferior y Medio está representado por calizas grises dispuestas en bancos gruesos, con un espesor medio del orden de 70 m.

Lías. Sinemuriense Superior—Toarciense. J₂

Sobre el tramo anterior, se diferencia al Este del Mapa I y ángulo NE del Mapa I una banda constituida por la alternancia de calizas y margas estratificadas regularmente en capas delgadas, de espesor medio 20—40 cm, que contienen abundantes fósiles. En el acantilado de la playa de Serín puede distinguirse un conjunto de 90 m de potencia formado por una alternancia de margas y calizas arcillosas (Pliensbachiense) al que siguen 20 m de cantos calizos y arcillas limolíticas grises y amarillentas.

Dogger. J₃

En discordancia sobre J₂ o sobre J₁, se dispone un conjunto fundamentalmente conglomerático, conocido con el nombre de "Fabuda". Estos conglomerados están constituidos esencialmente por cantos bien rodados de cuarcita, con cemento oscuro de arenisca; su potencia aumenta hacia el oeste, variando entre 50 y 80 m. En esta formación también se observan intercalaciones de areniscas de tonos ocre y amarillentos, materiales que predominan en el afloramiento próximo al puerto del Musel, en contacto con el Paleozoico.

Malm. J₄

Sobre los materiales anteriores se sitúa una serie de facies Purbeck cuya composición litológica varía en los distintos puntos del área estudiada. Así, en el ángulo NE del Mapa I se tiene un conjunto de arcillas arenosas y limolíticas, abigarradas, y areniscas de grano fino a medio; hacia la parte superior de esta serie se intercalan bancos de margas y calizas arcillosas de tonos grisáceos.

En Santa Cecilia, zona central del Mapa II, sobre el conglomerado que constituye la "Fabuda", aparecen unos 140 m de areniscas de grano medio a las que siguen arcillas rojas arenosas con intercalaciones de areniscas de grano medio o grueso y niveles de calizas microcristalinas de 1-3 m de espesor.

CRETACICO

Los materiales cretácicos afloran, en el área estudiada, en el ángulo suroeste del Mapa II. Se distingue:

Cretácico Inferior en facies Weald. C₁

Está constituido, fundamentalmente por un conglomerado de cantos y bolos bien rodados, menos consolidado que el que define la "Fabuda", con niveles de areniscas ocre

y blanquecinas y algún nivel de arenas arcillosas blanquecinas. Su potencia se estima del orden de 35 m.

Aptense. C₂

Comprende los siguientes materiales, de muro a techo; areniscas con arcillas rojizas y grises, arcillas calcáreas con intercalaciones de calizas arenosas recristalizadas y, en la parte superior de la serie, unos 5 m de calizas y margas grises y pardas.

Albense. C₃

Está formado por arcillas más o menos arenosas, abigarradas y arenas y areniscas poco cementadas de tonos blanquecinos, amarillentos y rojizos, de grano medio o grueso. También aparecen intercalaciones conglomeráticas muy constantes, poco compactas y de espesor entre 10 y 25 m. La potencia del conjunto en esta zona parece tener un máximo de 150 m.

Cenomanense. C₄

En el ámbito de este estudio, el Cenomanense está constituido por, esencialmente, calizas grisáceas con algunos niveles margosos.

TERCIARIO

Paleoceno—Oligoceno. T₁

En el área estudiada solamente aparece un pequeño retazo en el ángulo SO del Mapa II perteneciente a la extensa mancha terciaria que se extiende hasta Oviedo. Los materiales, de facies continental, son conglomerados cementados, con matriz arenosa escasa, de cantos calizos, heterométricos, de diámetro hasta 80 cm; también se presentan arcillas arenosas rojizas y niveles de areniscas y arenas también de tonos rojizos. La potencia de la serie terciaria parece difícil de establecer: en la zona de Oviedo se han medido unos 150 m y algunos sondeos efectuados en el surco Oviedo—Infiesto han atravesado 250 m; la potencia en el centro de la cuenca puede ser mayor.

CUATERNARIO

Entre los depósitos cuaternarios se han distinguido los siguientes tipos:

Depósitos eluvio—coluviales. QE—C

Corresponden al cuaternario del área de Gijón y otras zonas próximas. Están constituidos por arcillas más o menos arenosas que engloban cantos de caliza en proporciones variables. Su potencia varía de un punto a otro pero no parece sobrepasar los seis metros.

Depósitos coluviales. QC

Se han representado solamente los situados al oeste del Puerto del Musel, constituidos por arenas limosas, algo arcillosas, con cantos angulosos de cuarcitas y areniscas. Su potencia máxima debe situarse en torno a los 3—4 m.

Deben mencionarse, aunque no cartografiados, los que aparecen sobre las laderas que limitan al Arroyo de Rioseco, en el límite este del Mapa II, constituidos por arcillas que engloban cantos y bloques, cuya potencia en algún punto, puede alcanzar los diez metros.

Por último cabe considerar que en numerosos puntos se observa la presencia de este tipo de depósitos con potencias reducidas, no cartografiados.

Depósitos aluviales. QA

Se asocian a los principales cursos de agua de la zona estudiada: ríos Piles, Pinzales, Aboño y sus afluentes. Comprenden una mezcla de arenas, gravas y arcillas que se disponen de forma errática, dando lugar a cambios laterales y en profundidad acentuados.

Depósitos de ría. QM

Se han cartografiado depósitos de este tipo, basados en ocasiones en datos procedentes de estudios geotécnicos, en la zona de desembocadura del río Piles y en otras dos áreas del casco urbano de Gijón, sus límites no se han podido establecer con precisión. Son depósitos fruto de la acción combinada de la dinámica fluvial y la marina, con aportes de sedimentos procedentes de ambos medios. Sus materiales son arenas silíceas limosas, grises, fangos y niveles de turba con desigual espesor. Su potencia máxima puede ser del orden de trece metros, muy variable.

Depósitos de playa. QP

Aparecen los más destacados en El Tránquru, Xivares y en Gijón, parte de cuyas edificaciones se encuentran sobre materiales de esta naturaleza. Están formadas por arenas amarillentas calcáreas que sufren indentaciones con los depósitos de ría, pero generalmente se sitúan sobre ellos. Su potencia es muy variable, incluso entre puntos muy próximos (del orden de 15–20 m), pudiendo alcanzar, según los datos de que se dispone, cifras del orden de 8 metros.

Depósitos antrópicos. QH1 y QH2

Se ha cartografiado un conjunto de depósitos actuales, de origen antrópico y se ha distinguido entre los depósitos con tratamientos mecánicos de algún tipo que suponen el acondicionamiento del terreno para obras de distinta naturaleza, QH2, y los depósitos que constituyen acumulaciones de vertidos de distinta naturaleza (escombreras, vertidos más o menos controlados), QH1

2.2.2. TECTONICA

Se distingue entre la tectónica herciniana que, salvo en las fases más tardías, es una tectónica de plegamiento y la tectónica de fallas que se desarrolla durante las citadas fases tardías de la hercínica, el Mesozoico y el Terciario.

La estructura del área paleozoica es esencialmente una estructura de plegamiento y en líneas generales forma un gran sinclinorio en cuyos extremos NO y SE afloran los materiales más antiguos (cuarcitas del Ordovícico Inferior), el segundo representado en el área estudiada. Se distinguen dos sinclinales (Perlora y Carranques) con materiales carboníferos (H1 y H2) representados en el ámbito del estudio) conservados en sus núcleos, separados por un anticlinal bastante agudo en cuyo núcleo aflora una estrecha franja de caliza de Moniello (D2), fuera ya del marco geográfico del presente trabajo. En dos flancos de estos pliegues se observa un cierto desarrollo de la esquistosidad, especialmente en los niveles formados por alternancia de calizas y margas. Tal como se acepta generalmente para la Cordillera Cantábrica, la deformación debió producirse en varias fases, en el Wesfáliense y en el Estefaniense.

La tectónica hercínica más tardía es una tectónica de fallas con un sistema más patente de orientación NO–SE. La falla más importante de este sistema es la falla Venta-

niella, que cruza toda la Cordillera Cantábrica, produciendo un desplazamiento en dirección de unos 4 km; esta falla desplaza las cuarcitas de la franja que termina en el Cabo Torres según movimiento dextrógiro.

La tectónica que afecta a los sedimentos triásicos y jurásicos es muy sencilla y se puede definir como de tipo ondulado—tabular. Las pendientes de los estratos es suave, salvo accidentes locales. La directriz tectónica, a pesar de su general indecisión, deja apreciar la influencia de un plegamiento alpino que ha dado lugar a alineaciones largas y estrechas cuyos ejes se presentan ondulados a lo largo de una dirección predominante NO—SE. Otros elementos tectónicos que caracterizan la cobertera mesozoica son fracturas y fallas normales con salto débil pero que origina contactos anormales; estas fallas presentan dos direcciones principales: una NO—SE, de directriz alpina y otra NE—SO ligada a antiguas alineaciones hercínicas.

Finalmente la Franja tectonizada intermedia se encuentra fuertemente plegada y fallada; sus elementos tectónicos, en el ámbito de este estudio, presentan direcciones dominantes NO—SE.

La figura 6 muestra un bosquejo estructural del marco geológico del área estudiada, tomado de las Hojas 1:50.000 de Gijón y Oviedo.

En el capítulo de la Neotectónica cabe mencionar que en la Cordillera Cantábrica se produjo un levantamiento general en el Pleistoceno Inferior que causó la elevación de las rasas costeras y que en los últimos 10.000 años el nivel del mar ha estado subiendo en el Cantábrico.

2.2.3. HISTORIA GEOLOGICA

Durante el Ordovícico Inferior se produjo una sedimentación de arenas de grano relativamente grueso en un mar de escasa profundidad, que dieron lugar a la Cuarcita de Barros (O₁). En el área de estudio, falta totalmente el Ordovícico Medio y Superior, que en el Cabo Peñas está representado por pizarras oscuras y una sucesión vulcano—detrítica. En esa zona el Silúrico sigue en continuidad estratigráfica al Ordovícico, pero pronto la cuenca se uniformiza y las pizarras con graptolites (S₁) que abarcan parte del Llandovery y del Wenlock se extienden ampliamente, con facies y espesores semejantes. En el Wenlock Medio la sedimentación cambia, depositándose areniscas ferruginosas (S₂).

El Devónico, de facies Astur—Leonesa, se caracteriza por su carácter en gran parte nerítico. Se van depositando formaciones detríticas en medios de escasa profundidad, formaciones carbonatadas a veces con facies neríticas y conchíferas, otras veces arrecifales. A finales del Fameniense (Devónico Superior) se produce una transgresión que da lugar a que en toda la zona cantábrica se deposite un cierto espesor de areniscas para, a continuación, en el Carbonífero, depositarse las calizas nodulosas rojas (H₁) y las calizas de Montaña (H₂) formadas en un medio muy reductor. Durante el Carbonífero (Westfaliense y Estefaniense) tiene lugar la orogénesis herciniana.

La historia geológica de la cuenca meso—terciaria comienza al final del Carbonífero, cuando la fase de descompresión que siguió a la tectónica hercínica provoca el hundimiento de la parte septentrional de la región asturiana a lo largo de dos accidentes profundos que originaron la cuenca Gijón—Villaviciosa al Norte y la franja móvil intermedia al sur.

Durante el intervalo que transcurrió entre el final de la tectónica hercínica y la transgresión triásica, el área de la cuenca mesozoica que se iba formando se vio afectada por un relieve morfológico o estructural. Los sedimentos pérmicos y en parte los del Bunt se depositaron en las zonas deprimidas, rellenándolas, siendo solapados posteriormente por la transgresión del Keuper evaporítico.

Durante el Lías comienza un régimen marino al principio de sedimentación muy somera y se depositan sedimentos carbonatados de facies nerítica o costera; este régimen continúa durante el Sinemuriense Inferior y Medio, si bien con biofacies algo más profundas, de carácter nerítico, con profundidades del mar del orden de 40 m. A partir del Sinemuriense Superior el mar se hace más profundo con sedimentación, nerítica siempre, margocalcárea.

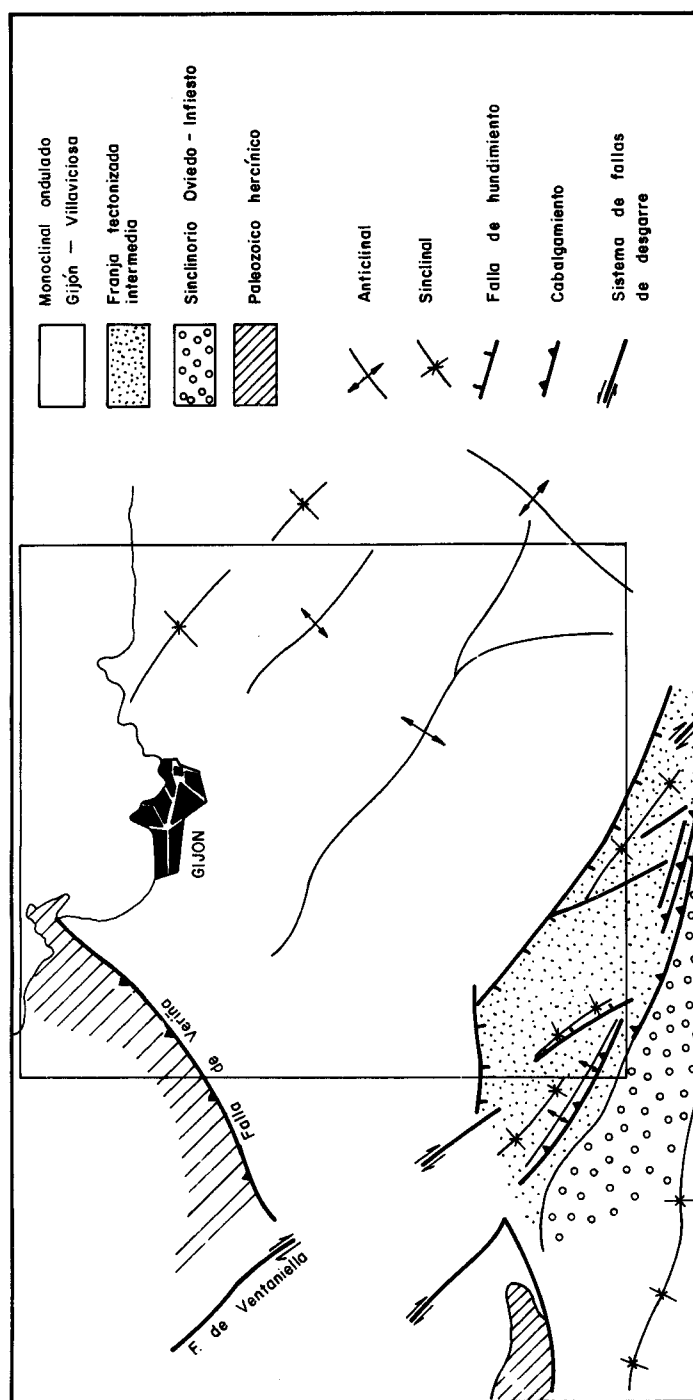


FIGURA. 6.- BOSQUEJO ESTRUCTURAL DEL MARCO GEOLOGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

En el Dogger, como efecto de las primeras fases Neokiméricas, se inicia un movimiento de elevación que da paso a una sedimentación de facies continental que empieza con el conglomerado del Dogger ("Fabuda"). Durante el Malm (facies Purbeck) cesan los aportes fluviales de elementos gruesos, prosiguiendo una sedimentación lacustre y salobre. Después de la sedimentación del Malm se acentúa la regresión, seguida por la deposición de la facies Weald (C1) con materiales, fundamentalmente, fluviales sedimentados en una cuenca muy somera, salobre o, al menos, de salinidad más baja que la marina normal. Durante el Aptense (C2) se produce una invasión marina y se depositan sedimentos a lo largo de una estrecha faja que correspondería a parte de la actual Franja Móvil Intermedia.

Durante el Albense (C3) los aportes terrígenos vuelven a predominar y se depositan arenas, arcillas y conglomerados en facies Utrillas.

En el Cretácico Superior (C4) se produce un ciclo transgresivo con sedimentos de facies de borde de cuenca, generalmente neríticas o costeras. En el Coniacense se inicia un ciclo regresivo como consecuencia de las primeras fases de la orogenia Alpina. El mar se retira definitivamente comenzando un régimen de sedimentación continental. Durante el Terciario, los movimientos Alpinos se hacen más intensos, plegando la zona y acentuándose el escarpe de la "Franja Móvil Intermedia" lo que origina la formación de potentes conglomerados.

2.3. SISMOLOGIA Y RIESGO SISMICO

El área estudiada, según la Norma Sismorresistente PDS-1 (1974) se encuentra en la Zona 1ª, o Zona de **intensidad baja**, en la que G (grado de intensidad sísmica en la escala macrosísmica internacional M.S.K.) es menor de VI. Al casco urbano de Gijón corresponde un grado $G = V$.

El grado V se caracteriza por los siguientes aspectos o fenómenos:

a) El sismo es percibido en el interior de los edificios por la mayoría de las personas y por muchas en el exterior. Muchas personas que duermen se despiertan y algunas huyen. Los animales se ponen nerviosos. Las construcciones se agitan con una vibración general. Los objetos colgados se balancean ampliamente. Los cuadros golpean sobre los muros o son lanzados fuera de su emplazamiento. En algunos casos los relojes de péndola se paran. Los objetos ligeros se desplazan o vuelcan. Las puertas o ventanas abiertas batien con violencia. Se vierten en pequeña cantidad los líquidos contenidos en recipientes abiertos y llenos. La vibración se siente en la construcción como la producida por un objeto pesado arrastrándose.

b) En las construcciones de tipo A son posibles ligeros daños (clase 1).

c) En ciertos casos se modifica el caudal de los manantiales.

Las construcciones de tipo A son las que presentan muros de mampostería en seco o con barro, de adobe o de tapial y los daños ligeros o de clase 1 consisten en fisuras en los revestimientos y caída de pequeños trozos de los mismos.

La probabilidad de ocurrencia de un sismo de grado V o **Riesgo Sísmico R** es 1 para un periodo de 50 años. Respecto a **prescripciones**, la Norma no es obligatoria para las obras situadas en la Zona 1ª.

Factores de cimentación

Los efectos de un sismo sobre una construcción se traducen en acciones que pueden estudiarse determinando por separado sus correspondientes horizontal y vertical. En general, se puede prescindir de los efectos debidos a las fuerzas sísmicas verticales que sólo se considerarán en determinados casos. La componente horizontal F se calcula mediante la fórmula $F = sQ$, donde:

Q = peso correspondiente al punto considerado

s = coeficiente sísmico, cuyo valor viene dado por $s = \alpha \cdot \eta \cdot \beta \cdot \delta$, siendo:

α = factor de intensidad

η = coeficiente de distribución

β = factor de respuesta

δ = factor de cimentación

Los valores de α , β y η pueden consultarse en la citada Norma PDS-1 (1974), epígrafe 4.10, 4.11 y 4.12 respectivamente y los valores del factor de cimentación para las diferentes Zonas Geotécnicas en que se ha dividido el área estudiada corresponden a los que se dan en la siguiente tabla:

TIPO DE CIMENTACION	ZONAS GEOTECNICAS			
	A	B	C	D
Pilotes				
— Resistentes por el fuste	1,0	0,7	—	—
— Resistentes por la punta	0,9	0,6	—	—
Zapatas				
— Aisladas	1,1	0,8	0,5	0,5
— Corridas	1,0	0,7	0,4	0,3
Losas	0,7	0,5	0,3	(0,2)

A: IV₁, IV₂¹, IV₃

B: II₁, II₂, II₃⁴, II₄², II₄³, III₁, IV₂², IV₂³

C: I₁, I₂, I₃¹, I₃², I₄³, II₃¹, II₃², II₃³, II₄¹, II₄⁴

D: I₄¹, I₄², I₄⁴, I₄⁵, I₅

2.4. YACIMIENTOS Y EXPLOTACIONES DE MATERIALES UTILIZADOS EN CONSTRUCCION

La figura 7 muestra la distribución de explotaciones de materiales que se han utilizado o se utilizan en el campo de la construcción en el entorno de Gijón. Se ha obtenido del Mapa de Rocas Industriales a escala 1:200.000. Hoja 3, Oviedo.

Aridos

Los materiales que proporcionan áridos, unas veces naturales, otras de trituración, son: cuarcitas, calizas, dolomías, arenas, areniscas y conglomerados.

Los niveles cuarcíticos explotados pertenecen al Ordovícico y se localizan al oeste de Gijón. Las explotaciones son de dimensiones grandes, efectuándose el arranque mediante explosivos, salvo en zonas muy trituradas donde pueden extraerse por medios mecánicos. Datos de ensayos y análisis contenidos en la Memoria del Mapa de Rocas Industriales proporcionan las siguientes cifras:

	Devónico	Carbonífero	Lías	Cretácico
SiO ₂	0,20- 3,20	0,22- 1,30	0,60- 3,20	0,60- 1,96
Al ₂ O ₃	0- 0,30	0,02- 0,20	0,09- 0,41	0,10- 0,51
Fe ₂ O ₃	0,03- 1,10	0,14- 0,54	0,26- 1,86	0,20- 1,26
MgO	0,36- 7,67	0,24- 1,76	0,46- 2,52	0,54- 3,82
CaO	44,34-55,48	53,42-55,32	49,57-54,77	42,40-54,85
K ₂ O	0,08	no	0- 0,07	no
Na ₂ O	0,06	no	0- 0,08	no
SO ₃	no	no	0- 0,31	0- 0,27
P.p.c	43,25-43,99	42,82-45,27	41,93-43,72	42,56-43,94
Peso específico aparente	2,69- 2,76	2,69- 2,85	2,66- 2,83	2,73- 2,76
Peso específico real	2,78	2,74- 2,79	2,73- 2,90	2,77- 2,81
Absorción %	0,267	0,251- 0,864	0,267-0,873	0,538-0,892
Estabilidad al So y Mg %	1,116	0,77- 2,86	0,81- 1,71	1,13- 1,45
Desgaste Los Angeles "A"	23,1 -40,3	23,2 -30,4	21,1 -38,7	25,5 -31,2

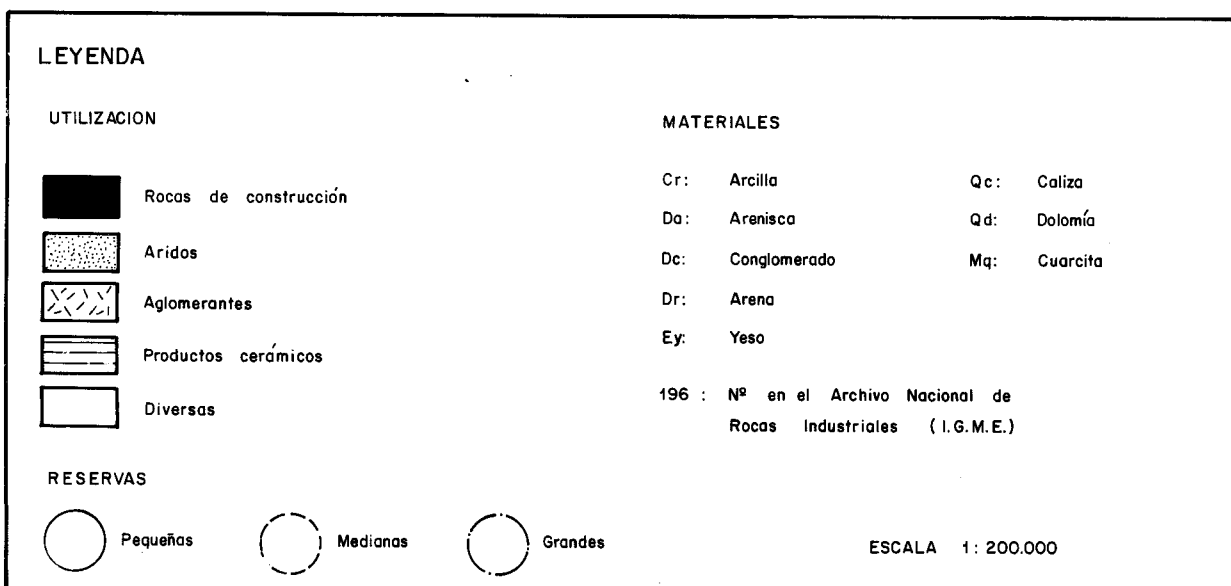
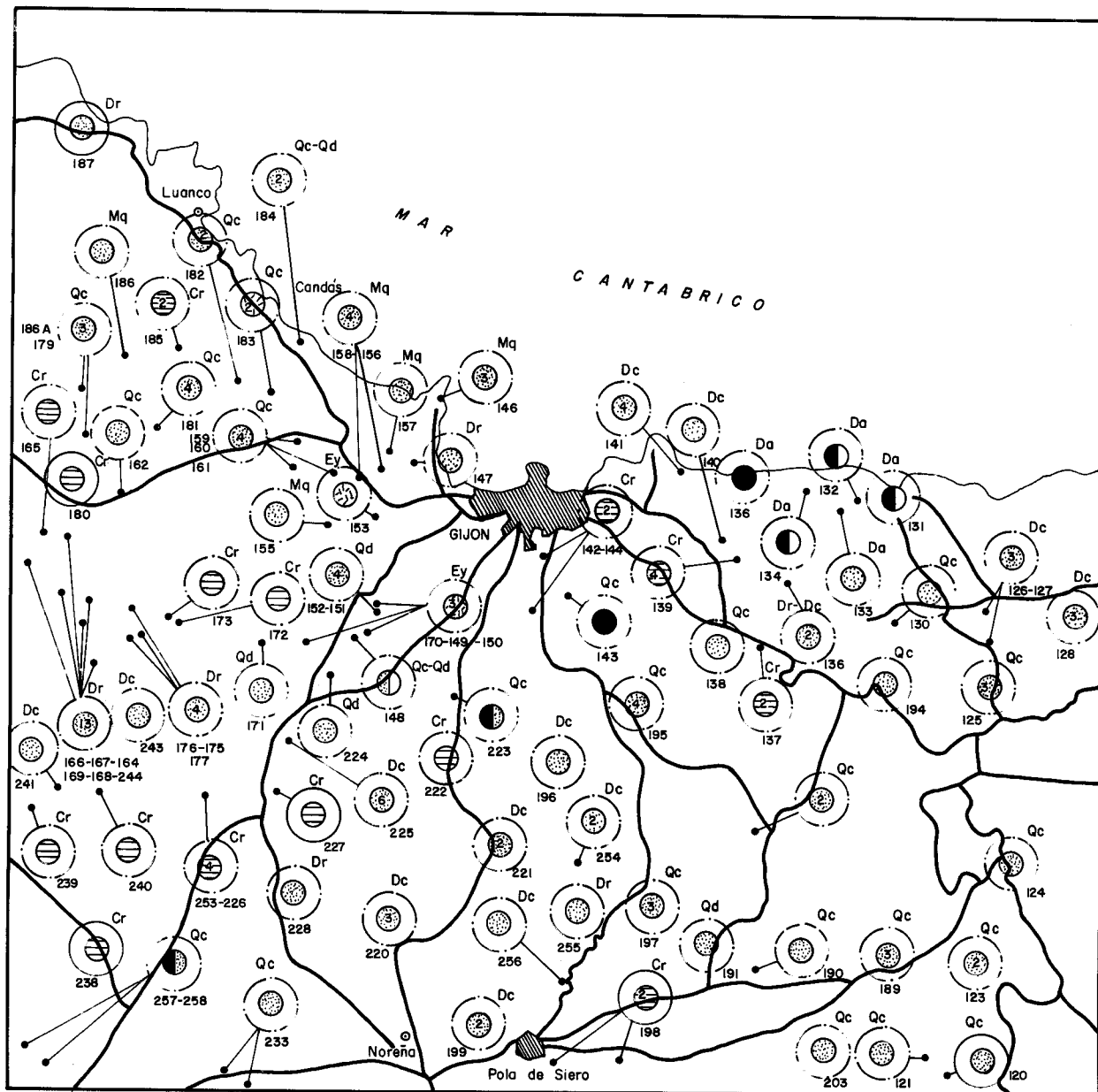


FIGURA. 7.- SITUACION DE EXPLOTACIONES DE MATERIALES UTILIZADOS EN CONSTRUCCION EN EL ENTORNO DEL AREA DE ESTUDIO

Peso específico aparente	2,40—2,64	Desgaste Los Angeles "A"	No apto—41,0
Peso específico real	2,59—2,71	SiO ₂	92,44—98,95
Absorción (tanto por ciento)	0,95—4,64	Fe ₂ O ₃	0,11—0,48
o/o Estabilidad al SO ₄ Mg	No apto—1,22		

Los materiales calizos utilizados en el campo de los áridos pertenecen al Carbonífero y Jurásico fundamentalmente, si bien aparecen explotaciones del Devónico y Cretácico. En el Mapa de Rocas Industriales se facilitan los siguientes análisis y ensayos:

Las dolomías utilizadas como áridos de trituración pertenecen al Lías y se han utilizado también como fundentes; es ésta su aplicación fundamental.

Se extraen arenas para áridos en las formaciones ordovícicas, jurásicas y cretácicas. Las arenas del Ordovícico proceden de la alteración intensa de los niveles cuarcíticos. La máxima concentración de explotaciones se presenta en los niveles jurásicos y cretácicos; las arenas jurásicas muestran tonos amarillentos y alternan a veces con niveles arcillosos. Las arenas cretácicas (facies Utrillas) son amarillentas, blancas o rojizas y presentan lentejones de conglomerado y arcillas. El Mapa de Rocas Industriales aporta estos datos:

	Ordovícico	Jurásico	Cretácico
o/o materia orgánica	0,02	0,01—0,03	0,01—0,04
Equivalencia de arena	28,1	25—34	19,7—58,3

Las areniscas jurásicas se han empleado esporádicamente como áridos, en tanto que son los conglomerados del Dogger y los cretácicos objeto de explotación más difundida. A partir de estos conglomerados, de matriz arenosa, se obtienen gravas y arenas; la extracción se efectúa siempre a cielo abierto, combinando explosivos y medios mecánicos en función del grado de compactación de los materiales. Se dan las siguientes características:

	Jurásico	Cretácico
o/o materia orgánica	0,01—0,03	0,01—0,03
Equivalencia en arena	21,3—25,8	22,6—37,6

Rocas de construcción

Se han obtenido bloques para sillería, mampostería, bordillos, etc., de las areniscas jurásicas, al este de Gijón y como roca ornamental o de construcción las calizas negruzcas tableadas del Lías, con una importancia industrial muy reducida.

Aglomerantes

Calizas para cementos y cales se explotan en niveles devónicos y carboníferos, particularmente estos últimos, que muestran condiciones de explotabilidad muy buenas, con frentes naturales y accesibilidad al menos aceptable.

Yesos con utilización en el campo de los aglomerantes se tienen al oeste y suroeste de Gijón, donde se han beneficiado yesos grisáceos interestratificados con las arcillas del Trías. Su análisis mineralógico arroja contenidos en SO₄Ca 2H₂O del 72,7 por ciento y su composición genérica, según los datos que figuran en el Mapa de Rocas Industriales, es la siguiente:

SiO ₂	3,34—4,88	CaO	30,19—32,30
Al ₂ O ₃	0,16—1,46	MgO	1,47— 2,43
Fe ₂ O ₃	0,50—0,78	K ₂ O	0,04— 0,16
		Na ₂ O	0,03— 0,23

Productos cerámicos

En el marco geográfico que abarca la figura 7, las explotaciones de arcillas para fabricación de productos cerámicos se centran en las formaciones triásicas (Keuper), jurásicas y cretácicas. Las primeras muestran sus típicos colores abigarrados, su explotabilidad es buena y sus reservas grandes. Los niveles arcillosos del Jurásico alternan con areniscas y arenas y son materiales de tonos grises que a veces pasan a rojizos y amarillentos. En el Cretácico se presentan los niveles arcillosos en las facies Utrillas, alternando con arenas, con coloraciones grises, amarillentas y blanquecinas.

Análisis mineralógicos, contenidos en el Mapa de Rocas Industriales, de la fracción menor de 20 micras dan estos resultados:

	Triásico	Jurásico	Cretácico
Esmectitas	0-5	—	—
Cloritas	0-10	0-5	—
Micas (Illita)	50-70	35-90	35-70
Sepiolita	0-10	—	—
Kanditas	15-30	10-35	20-65

3. ESTUDIO DEL AREA A ESCALA 1:25.000

3.1. ZONACION GEOTECNICA

El objeto de este trabajo es la delimitación en el área estudiada de una serie de Zonas relativamente homogéneas en sus características geotécnicas y el estudio de éstas, prever sus problemas e indicar las soluciones generales a adoptar para que las diversas instituciones, entidades y personas interesadas tengan una guía a la hora de actuar. A este respecto, se hacen unas observaciones generales de los criterios seguidos, sus límites y la división realizada.

3.1.1. CRITERIOS DE DIVISION

La superficie estudiada se ha dividido en Areas y, posteriormente, cada Area en Zonas. El criterio seguido para la división en Areas ha sido fundamentalmente geológico, entendido como síntesis de aspectos litológicos, tectónicos y geomorfológicos que, conjuntamente, dan a cada Area una entidad bien marcada y condicionan cierta homogeneidad en sus características geotécnicas. Para la división de cada Area en Zonas se ha atendido fundamentalmente a criterios litológicos (tipo de materiales, compacidad, potencia), que contribuían de forma más acusada a diferenciar cada Zona dentro de su Area.

3.1.2. DIVISION EN AREAS Y ZONAS GEOTECNICAS

En el ámbito estudiado a escala 1:25.000 se ha diferenciado un total de cinco Areas, I, II, III, IV y V, definidas de esta forma:

Area I. Comprende los terrenos paleozoicos.

Area II. Engloba los depósitos mesozoicos (Trias, Jurásico y Cretácico).

Area III. Comprende los depósitos terciarios (Paleoceno—Oligoceno).

Area IV. Incluye los materiales cuaternarios.

Area V. Incluye los diversos tipos de depósitos antrópicos actuales.

Las cinco Areas se ha dividido en un total de veintiocho Zonas de la forma siguiente:

Area I. Zonas: I₁, I₂, I¹₃, I²₃, I¹₄, I²₄, I³₄, I⁴₄, I⁵₄, I₅.

Area II. Zonas: II₁, II₂, II¹₃, II²₃, II³₃, II⁴₃, II¹₄, II²₄, II³₄ y II⁴₄.

Area III. Zona III₁.

Area IV. Zonas: IV₁, IV¹₂, IV²₂, IV³₂, y IV₃.

Area V. Zonas: V₁ y V₂.

En las Areas I y II los subíndices se relacionan con las edades de los materiales en tanto que los supraíndices atienden a los tipos de materiales existentes. En el área IV el subíndice 1 se dedica a los depósitos marinos, el 2 a los continentales y el 3 a los depósitos mixtos continental—marinos. Cada Zona se define así:

Zona I₁

Incluye las pizarras y cuarcitas de edad Cámbrico—Ordovícico y corresponde a la formación CA del Mapa de Factores Geológicos con Incidencia Constructiva.

Zona I₂

Comprende las cuarcitas del Ordovícico (O₁).

Zona I¹₃

Está constituída por las pizarras negras del Silúrico (S₁).

Zona I²₃

Incluye las areniscas ferruginosas cuya edad se sitúa en el Silúrico—Devónico (S₂).

Zona I¹₄

Está definida por calizas, dolomías y margas del Devónico Inferior (D₁).

Zona I²₄

Comprende calizas del Devónico Inferior—Medio (D₂).

Zona I³₄

Comprende areniscas ferruginosas del Devónico Medio (D₃).

Zona I⁴₄

Coincide con las formaciones de calizas arrecifales del Devónico Medio—Superior (D₄).

Zona I⁵₄

Está definida por areniscas del Devónico Superior (D₅).

Zona I₅

Incluye calizas rojas y caliza oscura de Montaña, del Carbonífero (H₁ y H₂).

Zona II₁

Está constituida por las areniscas y arcillas, fundamentalmente, del Buntsandstein (TG₁).

Zona II₂

Comprende los materiales triásicos (Bunt—Keuper) constituidos por arcillas, areniscas y a veces conglomeradores y evaporitas (TG₂).

Zona II¹₃

Está definida por calizas, dolomías y margas grises del Lias (Hettangiense—Sinemuniense Medio) (J₁).

Zona II²₃

Comprende una alternancia de arcillas amarillentas, margas y calizas del Lias (Sinemuniense Superior—Toarciense) (J₂).

Zona II³₃

Incluye los conglomerados y areniscas del Dogger (J₃).

Zona II⁴₃

Incluye los materiales del Malm (facies Purbeck), constituidos por arcillas, margas, areniscas y calizas (J₄).

Zona II¹₄

Está constituida por conglomerados y areniscas del Cretácico Inferior (Barremiense en facies Weald) (C₁).

Zona II²₄

Comprende arcillas, arenas y calizas del Aptense (C₂).

Zona II³₄

Está definida por los materiales del Albense (facies Utrillas): arenas, arcillas y conglomerados (C₃).

Zona II⁴₄

Comprende calizas, margas y areniscas del Cretácico Superior (C₄).

Zona III₁

Incluye materiales terciarios constituídos por arcillas y conglomerados (T₁).

Zona IV₁

Corresponden los depósitos de playa (QP) constituídos por arenas.

Zona IV¹₂

Está definido por los depósitos aluviales (QA).

Zona IV²₂

Incluye depósitos eluvio—coluviales constituídos por limos—arcillas y arenas con cantos dispersos (QE—C).

Zona IV³₂

Está definida por depósitos coluviales arenosos o arcillosos con cantos (QC).

Zona IV₃

Está definida por depósitos de ría (arenas, limos, turbas) (QM), de origen mixto continental—marino.

Zona V₁

Engloba depósitos antrópicos constituídos por vertidos y escombreras de diversa naturaleza (QH₁).

Zona V₂

Comprende depósitos antrópicos que han sufrido un tratamiento para su acondicionamiento como soporte de algún tipo de construcción o servicio (QH₂).

3.2. ESTUDIO DE LAS ZONAS GEOTECNICAS

3.2.0. METODOLOGIA

Hasta el momento, después de conocer el ámbito geográfico que abarca el estudio y los elementos que integran el plan de trabajo para realizarlo, se ha analizado una serie de factores que afectan al conjunto del Area en cuestión: climatología, sismología, rasgos geomorfológicos e hidrogeológicos generales, aspectos geológicos globales y explotación de materiales para la construcción.

Se ha procedido a la separación en el territorio de determinadas zonas geotécnicas, para iniciar ahora su estudio detallado y concreto.

En el Mapa de Factores Geológicos con Incidencia Constructiva se caracteriza cartográficamente a cada una de las Zonas Geotécnicas, de modo que se pretende dar al usuario una idea de los aspectos siguientes:

LITOLOGIA. Se da:

- a) Descripción de los principales materiales presentes, su naturaleza, abundancia relativa y disposición mutua. Clasificación según el Sistema Unificado (USCS).
- b) Grado de homogeneidad o heterogeneidad de la formación, designado respectivamente con los adjetivos Uniforme y Errático.
- c) Espesor, cuando ello es posible, o una idea de él y sus variaciones.

Es importante señalar la limitación que este Mapa presenta debido a su escala. En general, cuanto más precisa es la delimitación litológica, más precisas son las restantes caracterizaciones, dado que la litología es el factor del que dependen los demás. De acuerdo con la escala básica (1:25.000) y en concordancia con las recomendaciones de la Comisión Internacional de Cartografía Geotécnica de la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería (Engineering Geological Maps. A guide to their preparation, 1976), las unidades taxonómicas empleadas son los Complejos Litológicos, que agrupan varias litologías diferentes. Ello es debido a la absoluta imposibilidad de separar a esta escala litologías con más precisión. Por ello es muy importante que se atienda a la homogeneidad o heterogeneidad (erraticidad) de las formaciones, que se indican tanto en la Memoria como en los mapas. Se ha señalado siempre la litología dominante, pero no debe olvidarse que las litologías subordinadas pueden en algunos sitios ser principales.

GEOMORFOLOGIA. Se da:

a) Pendientes del terreno: se ha elegido como parámetro descriptivo la pendiente P a la que corresponde un porcentaje menor o igual del 75 por ciento de valores menores en el terreno y un 25 por ciento de valores mayores. Es decir, que $P \leq 30$ por ciento, significa que en el 75 por ciento de la superficie de la Zona considerada la pendiente es menor o igual al 30 por ciento y en el 25 por ciento restante, mayor del 30 por ciento. Se trata de un dato aproximado dada la escala del trabajo, pero de indudable interés para el planificador ya que muestra dónde se encuentran los taludes más acusados que pueden impedir o delimitar ciertos tipos de desarrollo, al tiempo que muestra dónde pueden darse problemas de estabilidad de taludes con mayor probabilidad y la situación de llanuras o áreas en las que la topografía plantea pocos inconvenientes o restricciones a la construcción y al transporte.

Respecto al uso intensivo o extensivo del terreno en función de las pendientes, puede tomarse el siguiente criterio:

- Uso Intensivo: pendiente menor o igual al 3 por ciento.
- Uso Extensivo: pendiente menor o igual al 6 por ciento.

En las áreas costeras o usos turísticos, pueden tomarse valores del 6 por ciento para usos intensivos.

b) Formas topográficas del terreno.

HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA

Es un aspecto de gran importancia en numerosos tipos de obra. Ligado por una parte a la Climatología y Meteorología, está, por otra, relacionada con el tipo de terreno, vegetación y permeabilidad. Se definirá para cada Zona:

- a) Coeficiente de Escorrentía (según Instrucción de Carreteras, Drenaje. MOPU).
- b) Idea de la posición del nivel freático, basada en los sondeos realizados, mediciones de pozos y otras estimaciones.
- c) Comportamiento del material o materiales de la Zona frente a la infiltración: permeable, semipermeable, impermeable.
- d) Tipo de Drenaje principal: infiltración más escorrentía, escorrentía, infiltración.

e) Calidad del Drenaje: aceptable o deficiente (tendencia al encharcamiento o niveles freáticos muy altos). Se recomienda para mejor utilización de los datos expuestos en este trabajo en fases de diseño, la consulta de la Instrucción de Carreteras y de la Norma Tecnológica de Edificación. Drenajes y Avenamientos. Esta última en especial en lo que se refiere a drenajes de muros de contención y sótanos.

f) Agresividad de las aguas subterráneas.

RIESGOS GEOLOGICOS

Se indicará el tipo o tipos de riesgos existentes, así como sus causas, efectos y probabilidad de ocurrencia, relacionándolos con la cartografía de riesgos a escala 1:25.000 realizada, que constituye un documento gráfico independiente. El riesgo sísmico, por su incidencia general sobre todas las Zonas, se ha tratado en apartado exclusivo.

En los **Mapas de Factores Geológicos con Incidencia Constructiva** pueden verse cortes orientativos, que ayudarán al usuario a comprender lo que del terreno puede esperarse en profundidad. También figuran en estos Mapas los resultados puntuales obtenidos con sondeos, calicatas y pocillos, en lo que a factores geológicos hace referencia. A través de esta información puntual se puede matizar en una misma zona la caracterización extendida que en el Mapa se ofrece. Sin embargo, no debería procederse a interpolaciones simplistas dada la baja densidad de obras que se ha empleado y, por tanto, la gran separación entre puntos de reconocimiento.

En segundo lugar, en el **Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas** se da idea de las condiciones de cimentación y las condiciones para obras de tierra, cuyo contenido se verá más adelante.

Para definir las propiedades constructivas de cada Zona se consideran las características geomecánicas de sus materiales, que incluyen los parámetros que los caracterizan o identifican y las relaciones con el comportamiento en deformación por aplicación de esfuerzos. Dichas características geomecánicas se han investigado puntualmente mediante sondeos, penetraciones dinámicas y pocillos. Se han considerado los siguientes parámetros, cuyos valores están reflejados en el Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas: N (número de golpes para penetrar 30 cm en el ensayo SPT), p (penetración dinámica en centímetros/golpe, con puntaza de 4 x 4 cm²), qu, resistencia a compresión simple. Otros parámetros considerados, no reflejados cartográficamente, son $c-\phi$ (corte), C_c y e_0 (índice de compresión e índice de poros inicial, obtenidos del ensayo edométrico). También en el Mapa se incluye la densidad y humedad máxima del Proctor Normal y el índice CBR correspondiente al 100 por ciento de la densidad anterior.

Se decía que estas características se han investigado puntualmente y, sin embargo, es necesario reflejar características extendidas, zonales. El problema de pasar de valores puntuales a una valoración extendida es realmente complejo, complejidad que se agrava cuando determinada Zona se encuentra constituida por varios Tipos Litológicos y aún más Tipos Ingenieriles, cuando son estos últimos, precisamente, los que realmente interesan en una obra concreta de carácter puntual. Por consiguiente, la recomendación que se da es que se contemplen los valores numéricos que definen las diversas propiedades mecánicas estudiadas con carácter semicuantitativo cuanto mayor sea la homogeneidad de la Zona geotécnica o, dicho de otro modo, cuanto menor sea la dispersión de los valores que aquí se incluyen y, por otro lado, cuanto mayor sea la densidad de la obra realizada.

Todo esto es fruto de las limitaciones que la escala de trabajo impone. Respecto a su campo de aplicación debe considerarse que los estudios necesarios para la implantación de una obra se dividen en tres pasos consecutivos: a) Fase de viabilidad, b) Fase de Anteproyecto y c) Fase de Proyecto. El presente Mapa cubre principalmente la Fase de Viabilidad; puede, sin embargo, aplicarse a la Fase de Anteproyecto de estructuras ligeras y medias que no posean gran magnitud económica. Los restantes casos deben ser estudiados en particular de acuerdo con las orientaciones del presente trabajo.

En el **Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas** se da:

CONDICIONES DE CIMENTACION

— Presiones admisibles: son aquellas presiones de cimentación correspondientes a cargas verticales y centrales que garantizan la producción de asientos absolutos medios inferiores a 2,5 cm en suelos granulares (gravas, arenas, arenas limosas) y 5 cm en suelos cohesivos (arcillas, limos arcillosos). Se han determinado para zapata cuadrada de 1,50 x 1,50 m. Estos asientos son aquellos que para edificaciones u obras ordinarias no suelen originar problemas derivados de distorsiones angulares excesivas (agrietamientos, etc.).

Las presiones admisibles se han determinado en cuanto a su intervalo de variación. La obtención del valor de la presión admisible en cada uno de los puntos o en una malla suficientemente cerrada para el caso de una construcción puntual, por ejemplo de 100 x 100 m, es una empresa imposible a las escalas de trabajo utilizadas y con la densidad de investigación realizada. Esta imposibilidad puede subsanarse sólo en parte para las zonas más prospectadas mediante el uso de histogramas.

El método seguido para la obtención de los intervalos de presiones admisibles, siempre que no se indique lo contrario, se ha basado en los ensayos de campo y en los de laboratorio. Entre los ensayos de campo figura el valor N obtenido en el SPT; para el caso de materiales granulares se utiliza el ábaco Terzaghi—Peck (1967) SPT—Ancho de cimentación, con las oportunas consideraciones respecto a la posición del nivel freático, y para suelos cohesivos, en ausencia de ensayos de laboratorio, la fórmula aproximada $\sigma_{ad} = N/10$ (kg/cm²), siendo N el valor obtenido en el ensayo de penetración estándar. Tanto para suelos granulares como cohesivos, se tiene la fórmula empírica aproximada $\sigma_{ad} = 4 - p$ (kg/cm²), donde p es la penetración dinámica en cm/golpe, válida para valores de σ_{ad} comprendidos entre 0,5 y 3,5 kg/cm².

Los ensayos de laboratorio utilizados para este fin han sido la resistencia a compresión simple y ensayos edométricos. La presión admisible se ha determinado con factor de seguridad 3, respecto a la rotura y asientos garantizados por la fórmula $s = \sum m_{vj} H_j \Delta \sigma$, donde:

s = asiento en cm.

m_{vj} = módulo de compresibilidad volumétrica, en cm²/kg.

H_j = espesor de cada uno de los estratos en la zona comprimida, en cm.

$\Delta \sigma$ = presión inducida en el punto medio de cada uno de los estratos, en kg/cm².

Existen Zonas Geotécnicas que por su escasa entidad superficial ya sea en extensión o en potencia, no han sido prospectadas o lo han sido muy escasamente. En este caso se ha clasificado el suelo, mediante observaciones de campo, por su consistencia o densidad relativa a partir de la cual se han deducido presiones admisibles. Se trata de datos, en general, menos fiables que los de otras Zonas pero razonablemente adecuados a la finalidad perseguida por el presente Mapa.

Es de gran utilidad para el planificador urbanístico, el arquitecto y el ingeniero, conocer lo que significa concretamente la presión admisible. Como aproximación puede indicarse lo siguiente. Para que pueda utilizarse cimentación superficial por zapatas aisladas o combinadas, se precisa:

- Para edificios de 3 alturas, aproximadamente $\sigma_{ad} = 0,5$ kg/cm²
- Para edificios de 6 alturas, aproximadamente $\sigma_{ad} = 1$ kg/cm²
- Para edificios de 10 alturas, aproximadamente $\sigma_{ad} = 1,5$ kg/cm²

Para cimentación superficial por losas, se necesita, aproximadamente, la mitad de la presión admisible, pero deberán comprobarse cuidadosamente los asientos, en especial para presiones admisibles menores de 1 kg/cm². Caso de no poderse utilizar losa o de re-

sultar menos económica, deberá irse a cimentación profunda, por pilotaje, a cimientos flotantes, etc.

— Problemas de cimentación: una de las mayores utilidades que puede ofrecer este Mapa Geotécnico es la indicación de los principales problemas con que puede encontrarse toda cimentación concreta. Su conocimiento previo ayudará, tanto en el planteamiento de la Campaña de Investigación Geotécnica Suplementaria, como en el diseño y construcción de la cimentación. Estos problemas se indican en cada Zona Geotécnica.

OBRAS DE TIERRA

Se estudian los siguientes conceptos: facilidad de excavación, estabilidad de taludes, empujes sobre contenciones, aptitud para préstamos, aptitud para explanada de carreteras y obras subterráneas.

— Excavabilidad: los terrenos se han clasificado de acuerdo con la Norma Tecnológica de Edificación: Acondicionamiento del Terreno. Desmontes. Vaciados (NTE—ADV (1976)), en los siguientes grupos: 1) Duro. Atacable con máquinas y/o escarificador, pero no con pico, como terrenos de tránsito, rocas descompuestas, tierras muy compactas. 2) Medio. Atacable con el pico, pero no con la pala, como arcillas semicompactas, con o sin gravas o gravillas. 3) Blando. Atacable con la pala, como tierras sueltas, tierra vegetal, arenas. Cuando en la excavación se encuentran mezclados los terrenos se establece el porcentaje de cada uno de los tres tipos.

En los materiales rocosos se ha estimado si son ripables o, por el contrario, su excavación precisa el empleo de explosivos u otro método de arranque.

— Estabilidad de taludes: los taludes naturales se han observado en el terreno y se señalan los factores que pueden degradar la estabilidad. El análisis de estabilidad de taludes artificiales puede hacerse por alguno de los múltiples métodos que existen. En una primera aproximación, que deberá analizarse con mayor detalle, bajo el término estable se engloban los terrenos que admiten taludes, 1,5/1 (H/V) para alturas de unos 6 m, sin mayor problema e inestables los que no lo admiten.

— Empujes sobre contenciones. Hacen referencia a contenciones del terreno natural, no de rellenos realizados con los materiales de cada zona.

— Aptitud para préstamos. Se ha utilizado básicamente el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de la Dirección General de Carreteras (P.P.T.G.). El término No Apto designa suelos inadecuados; Marginal, designa suelos que unas veces son inadecuados y otras tolerables e incluso adecuados; el término Apto designa suelos tolerables, adecuados e incluso seleccionados. Las rocas se han clasificado con los criterios que se establecen en el citado Pliego.

— Aptitud para explanada de carreteras. Se ha tomado como referencia la Instrucción de Carreteras, Normas de Firmes Flexibles y Firmes Rígidos. Se entiende por suelo No Apto aquel que no puede constituir en desmonte ni en terreplén explanadas tipo E—1 (suelo tolerable al menos estabilizado en sus 15 cm superiores, con CBR de 5 a 10). Marginales son aquellos que cumplen a veces dicha condición; en especial suele referirse a terrenos frecuentemente adecuados y los seleccionados.

— Obras subterráneas. Se utiliza el término "muy difícil" para suelos muy blandos bajo el nivel freático o suelos potencialmente expansivos, "difícil" designa terrenos blandos o arenosos limpios bajo el nivel freático; "medio", a suelos firmes, casi rocas blandas, que sólo a veces presentan problemas de nivel freático, con cierta capacidad de autosopORTE y sin empujes fuertes.

En las formaciones rocosas se da una idea de su categoría en la clasificación de Bieniawski (1979), que obtiene un índice de calidad (RMR, Rock Mass Rating), mediante la valoración de cinco parámetros:

- Resistencia de la roca sana
- ROD
- Separación entre diaclasas
- Presencia de agua
- Disposición de las juntas respecto a la excavación

Bieniawski establece cinco categorías en función del valor del RMR:

Clase I. Roca muy buena: RMR = 81–100

Clase II. Roca buena: RMR = 61–80

Clase III. Roca media: RMR = 41–60

Clase IV. Roca mala: RMR = 21–40

Clase V. Roca muy mala: RMR \leq 20

El objetivo de esta clasificación es definir el sostenimiento a efectuar en obras subterráneas concretas.

3.2.1. AREA I

3.2.1.1. ZONAS I_1 , I_2 y I_3^1

Localización

El conjunto de estas tres Zonas se localiza en las proximidades del ángulo NO del área estudiada y constituye una franja de terreno que desde el Monte Areo (fuera del ámbito del estudio) se extiende con dirección aproximada SO–NE hasta el Cabo de Torres.

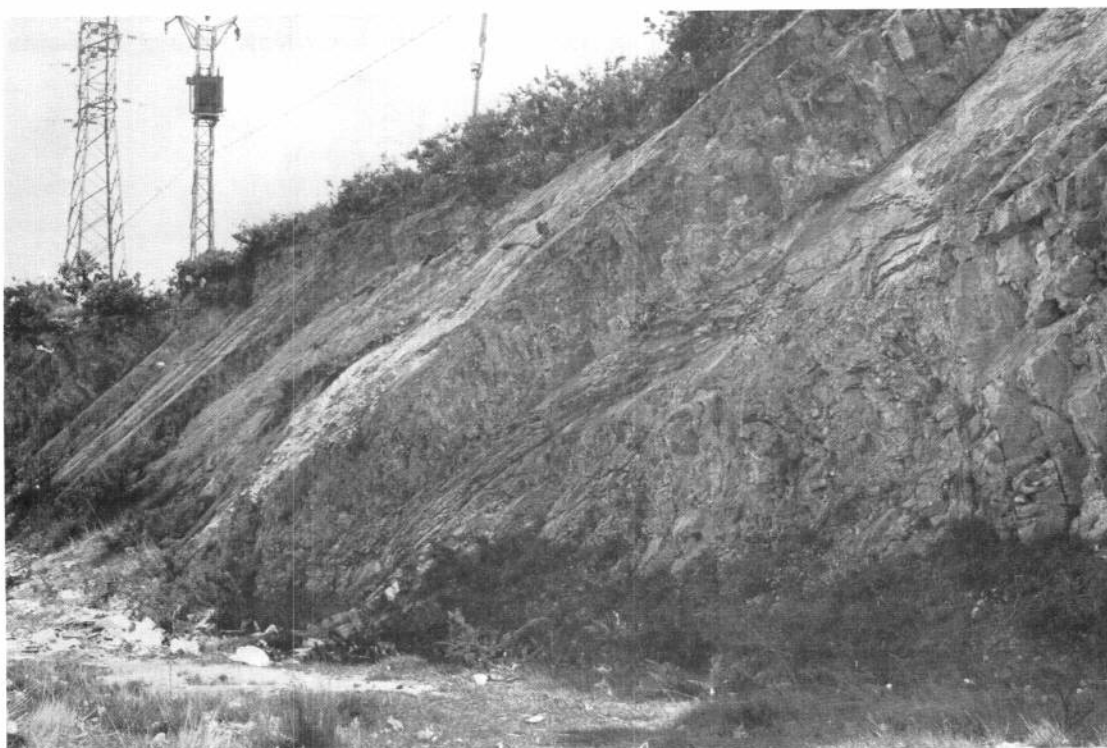
Características litológicas y tectónicas

Para su estudio, se han agrupado las Zonas I_1 , I_2 y I_3^1 en función de la presencia, aunque minoritaria, de tipos litológicos característicos de cada una de ellas en las demás.

La Zona I_2 , con una extensión ampliamente dominante sobre la de las Zonas I_1 y I_3^1 , está constituida por cuarcitas de tonos claros con intercalaciones esporádicas de pizarras con espesores decimétricos. Las cuarcitas se encuentran estratificadas en capas medias y delgadas (de acuerdo con la terminología recomendada por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas, espesor de capas 20–60 cm y 6–20 cm, respectivamente), con eventuales niveles francamente laminados, en capas muy delgadas (espesor menor de 6 cm), con dirección aproximada SO–NE y buzamientos que oscilan entre 40 y 70° por lo general. Se desarrolla con sistema de diaclasado subperpendicular a la estratificación que individualiza bloques de cuarcita de tamaño variable, desde menos de 1 dm³ hasta 1–2 m³.

Este sistema de diaclasado y las fracturas que se desarrollan relacionadas con la falla que limita esta Zona en su contacto con los materiales mesozoicos, conducen a la formación de áreas intensamente tectonizadas, en las que la cuarcita adquiere un aspecto brechiforme que implica problemas relacionados con la estabilidad de taludes, como más adelante se verá.

La potencia de este paquete de cuarcitas se estima entre 400 y 500 m y puede considerarse uniforme con un cierto carácter errático relacionado con el desarrollo de áreas trituradas que inducen un comportamiento geotécnico distinto. La fotografía n° 1 muestra el aspecto de los niveles de cuarcita de esta Zona I_2 .



Fotografía núm. 1.— Aspecto de las cuarcitas de la Zona I₂

La Zona I₁ supone una estrecha franja constituida por pizarras verdosas y pardas con intercalaciones de cuarcitas, cuya potencia media se sitúa en torno a los 75 m. Situada estratigráficamente sobre I₂ se encuentra una formación salina de pizarras negras replegadas, que definen la Zona I₁³ y limitan con aquélla en su parte norte; su potencia se estima en unos 150 m. Tanto la Zona I₁³ como la I₁ pueden considerarse uniformes en cuanto a naturaleza y disposición de los materiales.

Los suelos que se desarrollan en estas Zonas están constituidos por arcillas arenosas que engloban cantos de cuarcita o pizarra y su potencia es reducida, generalmente menor de 0,5 m.

Características geomorfológicas

El conjunto de las tres Zonas presenta una morfología de rasa litoral, con la parte más alta sensiblemente llana, con cotas entre 120 y 160 m. En su contacto con el mar se desarrollan acantilados con alturas comprendidas entre 75 y 100 m. Las pendientes de las laderas son sumamente variadas; en el área próxima al mar o en contacto con él se tienen taludes de ángulos superiores a 50° (P=129 por ciento). Hacia el interior se suavizan estas pendientes y puede tomarse como valor de P, según la definición dada en la Metodología, P= 32–70 por ciento, si bien existen amplias zonas con pendientes inferiores al extremo menor indicado.

En general, estas Zonas no admiten uso intensivo.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

Los materiales de las Zonas I₁, I₂ y I₁³ son impermeables, admitiendo una ligera infiltración a través de la red de diaclasado. Su drenaje se realiza prácticamente por esco-

rentía, favorecida por las pendientes topográficas que poseen. En las áreas altas llanas y en fondos de vaguada pueden producirse encharcamientos temporales ligados a desarrollo de suelos impermeables.

En general, el drenaje debe considerarse favorable y el coeficiente de escorrentía C , según Instrucción de Carreteras, puede tomarse $C = 0,65-0,80$ como intervalo más representativo.

b) Hidrología subterránea

Dadas las características hidrológicas globales de los materiales que definen estas Zonas, no existe un nivel freático definido en profundidad. Solamente cabe esperar concentraciones de agua de escasa entidad en áreas muy diaclasadas en las que se haya producido la infiltración del agua a través de las fisuras existentes; estas concentraciones locales pueden originar pequeños rezumes en excavaciones que los afecten.

Riesgos geológicos

En el Mapa de Riesgos Geológicos, centradas en la Zona 12, se han definido áreas con tres tipos de riesgos:

a) En los acantilados costeros como consecuencia de la acción más o menos intensa del oleaje, pueden producirse desprendimientos de bloques individuales o de masas rocosas en puntos en que el macizo presenta mayor grado de tectonización.

b) Se han señalado algunas áreas en las que pueden presentarse fenómenos de reptación o deslizamientos de carácter superficial del recubrimiento, fruto de procesos de humectación—desección. Se trata de áreas con riesgo bajo tanto en lo que se refiere a la probabilidad del suceso como a los daños que pueden originarse.

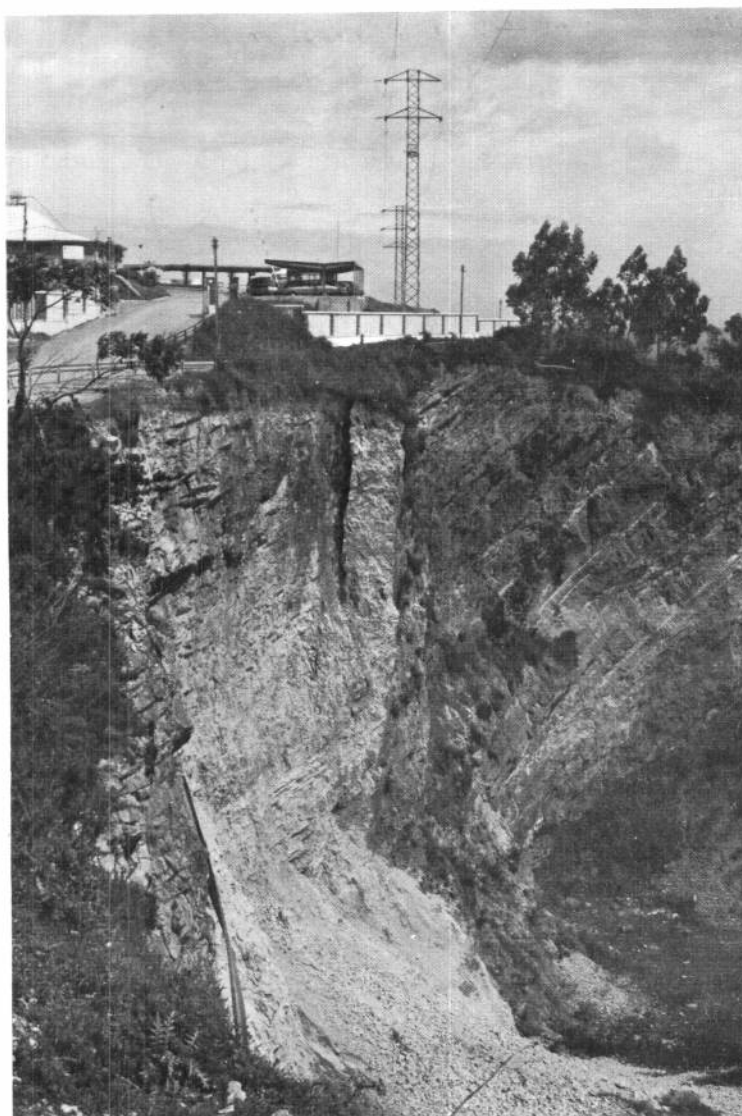
c) Las áreas con taludes verticales o de fuerte pendiente se han destacado como zonas con riesgo elevado de desprendimiento de masas rocosas que afectarían a zonas muy tectonizadas en las que la roca muestra un aspecto brechoide, sin descartar posibles desprendimientos de bloques individualizados. El historial de estas áreas cuenta con un desprendimiento importante ocurrido el día 4 de junio de 1976, que afectó a una masa rocosa en el acantilado del Musel de unas 20.000 a 25.000 t; causó daños en un depósito de agua, parte de un túnel, cintas transportadoras y diversas conducciones de superficie.

Actualmente se observan puntos, como se decía, cuyos materiales muestran un elevado grado de tectonización, en los que es muy probable se produzcan nuevos desprendimientos con desigual volumen que pueden causar daños importantes. La fotografía 2 ilustra este aspecto. En ella se observa el desprendimiento de una masa de cuarcitas brechificadas y la presencia de un lienzo separado del talud por una grieta con riesgo de inminente desprendimiento.

Los factores que inciden en el carácter inestable de estos taludes, además de los de tipo litológico y tectónico, se relacionan con la intensa actividad constructiva que desde finales del siglo pasado se ha desarrollado en este área, vibraciones y falta de protección de las cabeceras de talud frente a la progresión de la degradación natural de los materiales (meteorización y acción del agua y del hielo).

Características geomecánicas

Los materiales que constituyen las Zonas en estudio presentan, siguiendo la terminología recomendada por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM), resistencia a compresión simple alta o muy alta (cuarcitas, $q_u > 600 \text{ kg/cm}^2$) y moderada (pi-



Fotografía núm. 2.— Talud con desprendimiento de masas cuarcíticas y riesgo de nuevos desprendimientos.

zarras $q_u = 200\text{--}600 \text{ kg/cm}^2$). Ambas litologías son, pues, competentes y la resistencia del macizo está condicionada por tanto a las características geomecánicas y resistentes de sus discontinuidades. Como norma general puede decirse lo ya indicado en el apartado de características litológicas: los materiales de estas Zonas se disponen en capas medias y delgadas, con eventuales intercalaciones de niveles laminados, en capas muy delgadas. También se desarrollan zonas en que las cuarcitas (Zona 12) aparecen trituradas por procesos tectónicos. Las discontinuidades, además de las fracturas o fallas representadas cartográficamente, están definidas por los planos de estratificación y por las diaclasas de orientación varia que se disponen subperpendicularmente a la estratificación.

Las observaciones de campo efectuadas permiten considerar los materiales de estas Zonas en las categorías Media a Muy Mala según la clasificación de Deere (1963) basada en el R.Q.D. Recordemos que el R.Q.D. (Rock Quality Designation) se puede obtener de forma aproximada a partir de observaciones del macizo mediante la relación $RQD \cong 115 - 3,3 J_v$, siendo J_v el número total de juntas por metro cúbico, que se obtiene sumando las juntas que hay por metro de cada familia de las que existen en el punto de observación. La clasificación de Deere establece cinco tipos de roca:

Excelente:	RQD = 90—100
Buena:	RQD = 75— 90
Media:	RQD = 50— 75
Mala:	RQD = 25— 50
Muy Mala:	RQD = 0— 25

Cualquier estudio de detalle que precise la definición geomecánica del macizo rocoso deberá atender a la caracterización completa de esas discontinuidades (orientación, continuidad, espaciado, abertura, relleno, rugosidad), con especial atención a la localización de intercalaciones pizarrosas en las cuarcitas y de las áreas en que éstas aparecen trituradas.

Características constructivas

Condiciones de cimentación

A efectos de determinar la capacidad portante de los materiales que constituyen estas Zonas Geotécnicas, existen valores normalizados, entre otros, como son los que se recogen en la Norma DIN 1054; para roca sana o poco alterada en un medio estratificado y diaclasado se establece una presión admisible de 20 kg/cm^2 , valor que debe reducirse a la mitad en el caso de estar la roca muy diaclasada o presentar una disposición desfavorable de los estratos. Podría hablarse, en este caso, de presiones admisibles en torno a los 10 kg/cm^2 .

En las formaciones que constituyen las Zonas I₁, I₂, y I₃ debe tenerse muy en cuenta el fuerte buzamiento que casi siempre presentan las pizarras y cuarcitas, por lo que para edificios altos o construcciones con fuertes cargas concentradas, se requerirá un estudio detallado de resistencia y deformabilidad. En general, puede decirse que en el caso de edificios habituales, con cargas proyectadas inferiores a $3\text{--}4 \text{ kg/cm}^2$, la capacidad portante del terreno está asegurada y la cimentación será de tipo superficial, previa eliminación del recubrimiento, mediante zapatas, cuya superficie no debe ser inferior a unas 4 veces el área del pilar para evitar los efectos de concentración de tensiones o excentricidades; también se recomienda de modo general la extensión sobre el terreno de una capa de hormigón pobre al objeto de homogeneizar el contacto zapata—roca.

Entre los problemas que puede encontrar una cimentación determinada cabe citar:

- Variaciones del grado de diaclasado del macizo rocoso (como se dijo puede incluso presentar áreas trituradas) y del espesor de la estratificación, que pueden dar lugar a un comportamiento mecánico desigual en los distintos puntos de apoyo de la cimentación. También este comportamiento desigual puede proceder de la presencia de niveles pizarrosos alterados intercalados entre las cuarcitas. En estos casos puede recurrirse a una cimentación por losa, que suaviza los efectos de la anisotropía del macizo.

- Fuerte buzamiento de los estratos que puede obligar a la ejecución de pernos inyectados bajo los apoyos. Este hecho debe tenerse particularmente en cuenta si los apoyos se encuentran próximos al borde de taludes, en cuyo caso debe estudiarse la disposición y características de la estratificación y diaclasado para determinar la necesidad de recurrir a bulonados o anclajes que eliminen fenómenos de inestabilidad inducida por la aplicación de cargas.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

En función de las variaciones del espesor de capas y grado de diaclasamiento de las

cuarcitas, su excavación precisará bien de explosivos o bien podrá realizarse por medios mecánicos. Por su parte, las formaciones pizarrosas pueden considerarse, en general, ripables.

Estabilidad de taludes

Los taludes naturales, salvo los que están sometidos a la acción de la dinámica litoral, pueden considerarse estables según los conceptos establecidos en la Metodología.

Los problemas de inestabilidad, como ya se ha visto en el apartado relativo a Riesgos Geológicos, surgen en la realización de taludes artificiales, para cuyo proyecto es preciso estudiar los parámetros que son determinantes de la estabilidad: presencia de fallas o zonas de falla, estratificación y diaclasado (orientación, continuidad, espaciado, abertura, relleno), presencia de estratos débiles sensibles a la meteorización, circulación de agua.

En los taludes ya ejecutados se deberá proceder al control de su estabilidad y prevención de las causas que contribuyen a disminuirla. Acciones a emprender serían: dotar al talud de un ángulo menor que el ángulo de reposo de la roca suelta para evitar desprendimientos; en taludes más escarpados, sanear su frente, facilitar el drenaje en su coronación para disminuir los efectos de la degradación de la roca y evitar sobrecargas y vibraciones en el borde superior. Los desprendimientos eventuales de bloques sueltos pueden controlarse mediante mallas de cables.

Empujes sobre contenciones

En general serán bajos, salvo en zonas muy fracturadas o meteorizadas, en las que pueden ser de tipo medio.

Aptitud para préstamos

De acuerdo con el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puertos (P.P.T.G.) las cuarcitas son rocas adecuadas para su empleo en pedraplenes. Las pizarras aparecen en el grupo de las rocas que precisan estudio especial para esta utilización cuya posibilidad vendrá definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares según los requisitos a cumplir.

Además del tipo de material, deberán cumplir ciertas especificaciones que figuran en dicho P.P.T.G. relativas a granulometría y forma de partículas.

Aptitud para explanada de carreteras

Cabe distinguirse entre pedraplenes y desmontes. En el primer caso, la aptitud y categoría de la explanada dependerá de las características del material utilizado en la coronación. En el caso de desmontes la categoría de la explanada que se realiza en roca corresponde a la E-3; se recomienda el relleno de las depresiones que puedan existir y que retengan agua, con hormigón de cemento para situar encima una base del firme de suelo seleccionado de al menos 30 cm de espesor. En los desmontes en roca, la explanada tendrá la regularidad e inclinación de modo que se asegure la evacuación del agua infiltrada a través de las capas o puntal del firme de la calzada y arcenes.

Obras subterráneas

La aplicación de la clasificación de Bieniawski a las características generales de las Zonas Geotécnicas I₁, I₂ y I₃, las sitúa entre las clases III (Media) a V (Muy Mala). Recordemos que esta valoración posee un carácter orientativo, global y en rigor debe apli-

carse a la parte concreta del macizo en la que se proyecta un túnel u obra subterránea de otro tipo.

3.2.1.2. ZONAS I^2_3 , I^3_4 y I^5_4

Localización

Estas tres Zonas, de extensión relativamente reducida, aparecen en el cuadrante NO del Mapa I. I^2_3 constituye una franja de dirección aproximada SO—NE que se adosa a la Zona I^1_3 ; I^3_4 y I^5_4 aparecen en retazos a lo largo de la costa o próximos a ella.

Características litológicas y tectónicas

La constitución litológica análoga de las tres Zonas aconseja su inclusión conjunta en este apartado para su estudio.

Se trata de areniscas de grano fino a medio, de tonos variables entre blanquecinos, rosados y ferruginosos, con intercalaciones centimétricas de pizarras pardas y negruzcas, alteradas en superficie. El grado de alteración apreciado en superficie es muy variable, de II a V (escala de meteorización de D.G. Moye) y se disponen en bancos de espesor generalmente comprendido entre unos pocos cm (2—5) y unos 60 cm, es decir, con espesor de capas, según la terminología de la ISRM, entre Muy Delgadas y Medias.

Están recubiertas por un suelo eluvial constituido por arcillas arenosas marrones y pardo—oscuras, que engloban cantos angulosos procedentes de la disgregación de las areniscas; su espesor alcanza localmente los 2 m.

La potencia de los materiales que definen estas Zonas Geotécnicas es diversa: la de I^2_3 se estima entre 200 y 250 m, la de I^3_4 varía entre 400 y 500 m y la de I^5_4 , en el área estudiada, entre 20 y 25 m.

La dirección de los estratos es, aproximadamente, SO—NE y los buzamientos, al N, se sitúan en la Zona I^2_3 entre 35 y 80° mientras que en las Zonas I^3_4 y I^5_4 oscilan entre 25 y 50°. Los materiales de estas Zonas aparecen, al menos en superficie, densamente diaclasados, con desarrollo de fracturas, con relleno arcilloso en los tramos superficiales, normales a la estratificación, que individualizan bloques de tamaño vario.

Características geomorfológicas

La Zona I^2_3 ocupa una elevación montañosa con laderas de pendientes comprendidas entre el 8 y el 70 por ciento, repartidas a partes aproximadamente iguales en los intervalos 8—32 por ciento y 32—70 por ciento. La Zona I^3_4 se extiende a lo largo de una ladera con pendientes crecientes desde el interior, donde predominan valores $P = 8$ —32 por ciento, hasta el mar, donde los taludes superan los 50°.

En función de esta cuantía de las pendientes, estas Zonas no admiten uso intensivo; su accesibilidad puede calificarse, cuando menos, como media.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

En conjunto los materiales de estas Zonas son impermeables, pero admiten una ligera infiltración a través de las diaclasas. Su drenaje, que se considera favorable, se realiza en su mayor proporción por escorrentía, favorecida por las pendientes medias y fuertes que existen. El coeficiente de escorrentía puede tomarse $C = 0,50$ — $0,80$.

b) Hidrología subterránea

En estas Zonas cabe esperar solamente acumulaciones de agua locales de pequeña entidad, que pueden producir rezumes poco importantes en excavaciones.

Riesgos geológicos

En el Mapa de Riesgos Geológicos, en la Zona I³₄, se ha representado un área de contacto con el mar en la que, como consecuencia de la dinámica litoral, pueden producirse deslizamientos de tipo plano y desprendimientos de bloques. Más al interior, en esa misma Zona, se considera un riesgo moderado de deslizamientos de magnitud media o elevada en función de las fuertes pendientes que existen (ángulos de 18 a 50°).

Características geomecánicas

Salvo los tramos superficiales en que las areniscas se muestran más o menos alteradas, estas rocas presentan resistencia a compresión simple generalmente moderada ($q_u = 200-600 \text{ kg/cm}^2$), utilizando los términos recomendados por la I.S.R.M. Por tanto, la resistencia de macizo está condicionada al grado de alteración y a las características geométricas y resistentes de sus discontinuidades.

Las observaciones de campo que, lógicamente, han de referirse a los niveles aflorantes, permiten clasificar a los materiales de estas Zonas en la escala de Deere (1963) basada en el R.Q.D., en las categorías Buena a Muy Mala, que se describen en el epígrafe precedente. Existe, pues, gran dispersión en este sentido y, como se dijo anteriormente, cualquier estudio de detalle deberá atender a la caracterización de las discontinuidades, que marcarán el comportamiento de la masa rocosa.

Características constructivas

Condiciones de cimentación

La Norma DIN 1054 establece una presión admisible para roca quebradiza o con huellas de alteración en un medio estratificado o diaclasado de 10 kg/cm^2 . Este valor no es aplicable cuando existen buzamientos mayores de 30° o cuando la roca está alterada como sucede en la parte superficial de las Zonas Geotécnicas que se estudian en este apartado. Un valor orientativo de presión admisible podría ser la mitad del consignado, es decir 5 kg/cm^2 .

Puede en líneas generales, decirse algo análogo a lo indicado en el estudio de las Zonas I₁, I₂ y I¹₃: en el caso de edificaciones habituales, con cargas proyectadas inferiores a $3-4 \text{ kg/cm}^2$, la capacidad portante del terreno está asegurada; la cimentación podrá ser de tipo superficial y exigirá la eliminación del recubrimiento que presentan las areniscas, para efectuar el apoyo sobre éstas. La superficie de las zapatas no debe ser inferior a 4 veces el área del pilar para evitar efectos de punzonamientos o excentricidades.

Entre los problemas de cimentación puede citarse:

- variaciones del grado de diaclasado de la roca, de alteración y de espesor de las capas de estratificación, que pueden ocasionar comportamientos desiguales de los distintos apoyos de una cimentación. Si se estima que esas variaciones son importantes puede recurrirse a cimentación por losa.

- El fuerte buzamiento de los estratos, que puede aconsejar la ejecución de pernos inyectados bajo los apoyos. Esto debe tenerse particularmente en cuenta si los apoyos se encuentran próximos al borde de taludes, en cuyo caso debe estudiarse la disposición y características de la estratificación y diaclasado para determinar la necesidad de

efectuar bulonados o anclajes para prevenir inestabilidades derivadas de la aplicación de cargas.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

De acuerdo con los términos descritos en la Metodología, los recubrimientos que presentan las areniscas de estas Zonas son Medios; el sustrato rocoso, en función de su alteración y fracturación es ripable en los tramos más superficiales. Las excavaciones de más de 3 m, aproximadamente, deberán recurrir a martillo o al empleo de explosivos.

Estabilidad de taludes

Los taludes naturales se muestran estables, salvo los sometidos a la dinámica litoral; el riesgo de movimientos se relaciona fundamentalmente con las modificaciones antrópicas que sobre ellos se puedan ejercer.

Se han observado taludes artificiales del recubrimiento inestables con alturas de 1–1,5 m e inclinaciones mayores de 45°. Taludes artificiales en roca alterada grado IV–V presentan deslizamientos planos superficiales con inclinación de 45° y altura de talud de unos 6 m.

Empujes sobre contenciones

Serán de tipo medio–alto para los recubrimientos y bajo a medio para la roca en función de su grado de alteración, diaclasado y posible circulación de agua.

Aptitud para préstamos

De acuerdo con el P.P.T.G. las areniscas son rocas adecuadas para su empleo en pedraplenes, siempre que no se encuentren alteradas. Por otra parte, deben cumplir ciertas especificaciones, que figuran en dicho P.P.T.G., relativas a granulometría y forma de partículas.

Aptitud para explanada de carreteras

Puede indicarse lo dicho en el estudio de las Zonas I₁, I₂ y I₃.

Obras subterráneas

La aplicación de la clasificación de Bieniawski (1979) a las características generales de las Zonas I₂₃, I₃₄ y I₅₄, las sitúa entre las clases II (Buena) y IV (Mala); esta valoración posee un carácter orientativo, global y, en rigor, debe aplicarse a la parte de macizo afectado por la obra subterránea concreta que se estudie.

3.2.1.3. ZONA I₄

Localización

Aparece en el límite nororiental del Mapa I y en sendos retazos localizados en la ría de Aboño y Playa de Xivares. Su extensión total es de unos 2 km².

Características litológicas y tectónicas

La Zona I¹₄ incluye materiales del Devónico Inferior (D₁), constituidos por calizas, dolomías y margas. Las calizas y dolomías presentan tonos grises, a veces beige-gris y se disponen en bancos generalmente de espesor comprendido entre 20 y 60 cm (espesor moderado), aunque también aparecen zonas laminadas con estratos de unos 4 cm (espesor muy delgado). En general puede considerarse que presentan grado de alteración II (escala de D.G. Moye). Ocasionalmente aparecen niveles de margas arenosas amarillentas y rojizas con eventuales vetas negras.

Las calizas están recubiertas por un suelo arcillolimoso rojizo, con cantos de caliza, de potencia variable: en el área de la playa de Xivares es de 1,5–2 m y en el afloramiento de mayor extensión, que limita con la carretera Gijón–Avilés, varía de 0,20 a unos 2 m. Una muestra tomada en las proximidades del cruce de dicha carretera con la que se dirige a Candás, califica este suelo en el Sistema Unificado como tipo MH (limos de plasticidad alta), con límite líquido igual a 54 e índice de plasticidad 23,9; debe tenerse presente que estos datos corresponden a una muestra aislada.

Los estratos presentan buzamientos variables, tanto en dirección como en cantidad (casi siempre comprendida entre 35 y 60°). Su grado de fracturación medido por la distancia media de fracturas, se considera moderado (intervalo medio 20–60 cm), en los términos recomendados por la I.S.R.M.; las juntas, en los tramos superficiales observables aparecen rellenas de arcillas rojas. La potencia máxima de la formación se estima en unos 350 m.

Características geomorfológicas

En general presenta formas topográficas suaves, con inclinaciones entre 5 y 18°; las zonas acantiladas que limitan con el mar presentan taludes mayores de 35 y 50°.

Puede tomarse P = 8–32 por ciento. La Zona no admite uso intensivo.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

Los materiales de esta Zona son en conjunto, permeables. El drenaje se efectúa por escorrentía activa e infiltración a través de las fracturas de los materiales calcáreos; pueden producirse encharcamientos temporales en zonas llanas con recubrimiento arcillo-limoso, pero, globalmente, el drenaje puede considerarse favorable. El coeficiente de escorrentía, según Instrucción de Carreteras es C = 0,50–0,80 y en las áreas acantiladas costeras, C = 0,65–0,80.

b) Hidrología subterránea

Esta Zona constituye un acuífero con permeabilidad por fracturación y carstificación, con parámetros de transmisividad y coeficiente de almacenamiento muy variables en función de los niveles margosos y la densidad de fracturación e importancia de la carstificación. Este acuífero se considera explotable aunque no se esperan caudales elevados. No se esperan problemas de nivel freático a las cotas habituales de cimentación.

Riesgos geológicos

El tipo de riesgos detectados en esta Zona y representados en el Mapa de Riesgos Geológicos, se relaciona con movimientos en laderas; aparecen frecuentes reptaciones del recubrimiento arcillo-limoso, relacionadas con procesos de humectación-desección, y algún deslizamiento curvo superficial en taludes artificiales.

En la ría de Aboño se observan desprendimientos de bloques por descalce y en los acantilados costeros se considera la posibilidad de desprendimientos como consecuencia de la dinámica litoral.

Como riesgo remoto cabe considerar hundimientos sobre cavidades cársticas, que en esta Zona parecen poco desarrolladas.

Características geomecánicas

De acuerdo con la terminología recomendada por la ISRM, las calizas y dolomías de la Zona I¹₄ presentan resistencia a compresión simple de Moderada a Alta ($q_u = 200\text{--}600\text{ kg/cm}^2$, $q_u = 600\text{--}2000\text{ kg/cm}^2$ respectivamente). Al igual que se indicó en el estudio de Zonas Geotécnicas precedentes, la resistencia del macizo rocoso está condicionada a las características de sus discontinuidades. En los tramos superficiales, que serán los afectados por cimentaciones habituales, se indica que los estratos presentan espesor generalmente comprendido entre 20 y 60 cm, con zonas laminadas, buzamientos entre 35 y 60° y grado de fracturación moderado con juntas rellenas de arcilla. Las calizas y dolomías pueden clasificarse en la escala de Deere (1963) relativa al RQD en las categorías Buena (RQD = 75–90) y Media (RQD = 50–75).

Los niveles de margas se consideran de consistencia firme a muy firme ($q_u = 1\text{--}2\text{ kg/cm}^2$ y $q_u = 2\text{--}4\text{ kg/cm}^2$ respectivamente), basados en observaciones de campo, por tanto con valor simplemente orientativo.

Los suelos de alteración son inadecuados de acuerdo con las condiciones establecidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, en lo que a su uso en obras de tierra se refiere.

Características constructivas

Condiciones de cimentación

La Norma DIN 1054 indica presiones admisibles, para roca sana o poco alterada en un medio estratificado o diaclasado, de 20 kg/cm^2 . En función de la existencia de buzamientos superiores a 30° en la Zona I¹₄, un valor conservador de las presiones admisibles en calizas y dolomías puede ser $\sigma_{ad} = 10\text{ kg/cm}^2$. En los niveles margosos puede tomarse $\sigma_{ad} = 1\text{--}2\text{ kg/cm}^2$.

El tipo de cimentación más probable es el superficial mediante zapatas de superficie superior a 4 veces el área del pilar o $1 \times 1\text{ m}$ para evitar efectos de punzonamiento, y excentricidades; en el caso de que la cimentación afecte a materiales distintos, de diferentes condiciones mecánicas o ante la presencia de oquedades de disolución más o menos importantes, puede aconsejarse la cimentación por losa al objeto de minorar los efectos de la anisotropía del macizo. Los problemas de cimentación se centran en:

- necesidad de eliminar los recubrimientos de alteración.
- desigual comportamiento mecánico de los materiales, fruto de su distinta naturaleza litológica o de las variaciones del espesor de capas, fracturación y carstificación.
- el fuerte buzamiento general de los estratos debe tomarse en cuenta particularmente si los apoyos se encuentran próximos a zonas ataluzadas; pueden ser necesarios bulonados o anclajes para evitar fenómenos de inestabilidad derivados de la aplicación de cargas.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Las calizas y dolomías no son, en general ripables. Los recubrimientos de alteración y los niveles margosos, considerados como suelos, se clasifican como terreno Medio, de acuerdo con los términos definidos en la Metodología.

Estabilidad de taludes

En los taludes naturales se observan los ya citados fenómenos de reptación del recubrimiento y los posibles desprendimientos en acantilados costeros.

Taludes artificiales en roca, verticales, con alturas de 6–8 m se muestran estables salvo pequeños desprendimientos de lajas procedentes de los niveles laminados, y los taludes que afectan al recubrimiento con inclinación de 45° y altura de unos 2–3 m muestran frecuentes deslizamientos curvos superficiales.

Empujes sobre contenciones

Serán de tipo Medio–Alto en las contenciones de niveles margosos o del recubrimiento; en este último caso en función de su potencia. Las contenciones en roca no serán generalmente necesarias.

Aptitud para préstamos

Las calizas y dolomías son rocas adecuadas para su empleo en pedraplenes; deben cumplir ciertas especificaciones, que figuran en el P.P.T.G., relativas a granulometría y forma de partículas.

Aptitud para explanada de carreteras

El recubrimiento se considera No Apto, según los términos descritos en la Metodología. Respecto a la categoría de la explanada que se realiza en roca se indica lo mismo que en el caso de las Zonas Geotécnicas estudiadas en los epígrafes precedentes.

Obras subterráneas

La aplicación de la clasificación de Bieniawski (1979) califica a la Zona I¹₄ en las categorías II (Roca Buena) y III (Roca Media), eventualmente V (Roca Muy Mala) por la presencia de niveles laminados y paquetes margosos.

3.2.1.4. ZONAS I²₄, I⁴₄ y I₅

Localización

Las Zonas I²₄, I⁴₄ y I₅ constituyen afloramientos relativamente reducidos, localizados en el ángulo NO del mapa I.

Características litológicas y tectónicas

En este apartado se incluyen las formaciones calizas de distintas edades: D₂ (I²₄), del Devónico Inferior–Medio, D₄ (I⁴₄) del Devónico Medio–Superior, H₁ y H₂ (I₅), del Carbonífero Inferior y Superior respectivamente.

Están constituidas por calizas dispuestas en bancos de espesor moderado a grueso, con recubrimiento de arcillas pardas de espesor variable pero inferior a 1,50 m. La direc-

ción de los estratos es aproximadamente SO-NE y sus buzamientos oscilan entre 50° y 70°. En el ámbito del estudio las potencias de estas formaciones se estiman en 125 m (D₂), 280 m (D₄), 20-30 m (H₁) y unos 300 m (H₂).

Características geomorfológicas

La Zona I²₄ constituye laderas con pendientes comprendidas entre el 8 y el 30 por ciento; su límite con el mar muestra taludes con inclinación entre 35 y 50°. La Zona I₅ presenta pendientes comprendidas entre el 8 y el 30 por ciento y las pendientes de I⁴₄ se reparten a partes prácticamente iguales entre los intervalos 8-30 por ciento y 30-70 por ciento.

Estas zonas no admiten uso intensivo y su accesibilidad se considera media a difícil.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

Los materiales de estas Zonas son, en conjunto, permeables por fracturación y carstificación. El drenaje se considera favorable y el coeficiente de escorrentía puede tomarse $C = 0,50-0,80$, en zonas acantiladas $C = 0,65-0,80$.

b) Hidrología subterránea

Estas Zonas constituyen acuíferos con permeabilidad por fracturación y carstificación, con parámetros de transmisividad y coeficiente de almacenamiento muy variables en función de la densidad de diaclasado e importancia de la carstificación. Se consideran explotables aunque no se esperan caudales elevados. No se prevén problemas de nivel freático a las cotas habituales de cimentación.

Riesgos geológicos

Se han observado deslizamientos superficiales del recubrimiento en la Zona I⁴₄. En el Mapa de Riesgos Geológicos se ha destacado:

- en la Zona I²₄ el riesgo de desprendimientos en el área sometida a la dinámica marina.

- en la Zona I⁴₄, en áreas con pendientes comprendidas entre el 30 y el 70 por ciento, riesgo de deslizamientos superficiales del recubrimiento, de los que, como se decía, se tienen indicios. Se han señalado áreas con riesgo de tipo medio y áreas con riesgo bajo tanto en probabilidad de que se produzcan movimientos como en posible gravedad de los mismos.

Características geomecánicas

De acuerdo con la terminología recomendada por la I.S.R.M., las calizas de estas Zonas presentan resistencia a compresión simple Alta ($q_u = 600-2000 \text{ kg/cm}^2$); la resistencia del macizo está condicionada a las características de sus discontinuidades.

Utilizando la escala de Deere relativa al RQD, las calizas de estas Zonas pueden considerarse entre las categorías Media (RQD = 50-75) a Excelente (EQD = 90-100).

Respecto a su uso en obras de tierra, los suelos de alteración de estas Zonas son inadecuados de acuerdo con las condiciones establecidas en el P.P.T.G. para Obras de Carreteras y Puentes.

Características constructivas

Condiciones de cimentación

La Norma DIN 1054 establece presiones admisibles para roca sana o poco alterada en un medio estratificado o diaclasado, de 20 kg/cm^2 . Si bien esta Norma no es aplicable en un medio con buzamientos superiores a 30° , puede tomarse como valor indicativo una presión admisible de 10 kg/cm^2 .

El tipo de cimentación más probable es el superficial mediante zapatas, de superficie superior a 4 veces el área del pilar o $1 \times 1 \text{ m}$ para evitar efectos de punzonamiento y excentricidades. Si en los reconocimientos hechos para una cimentación concreta se observan cambios notables en la fracturación, alteración o presencia de cavidades cársticas, se aconseja la cimentación por losa, que suaviza los efectos de la anisotropía del macizo.

Los problemas de cimentación hacen referencia a:

- necesidad de eliminar los recubrimientos de alteración, para cimentar sobre el sustrato calizo.

- el fuerte buzamiento general de los estratos debe tenerse particularmente en cuenta si los apoyos de las estructuras se encuentran próximos al borde de taludes; en función de la orientación y características de la estratificación y de las diaclasas pueden ser necesarios anclajes o bulonados para evitar inestabilidades derivadas de la aplicación de cargas.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Las calizas de estas Zonas no son ripables. Los recubrimientos se consideran terreno Medio según los términos descritos en la Metodología.

Estabilidad de taludes

En taludes naturales pueden producirse repataciones del recubrimiento y desprendimientos en acantilados. En taludes artificiales se han observado deslizamientos curvos superficiales del recubrimiento y también pueden producirse roturas locales planas o en cuña como consecuencia del estado de fracturación.

En general, en los supuestos establecidos en la metodología, se consideran estables.

Empujes sobre contenciones

Serán de tipo Medio—Bajo en las contenciones del recubrimiento, en función de su espesor. Las contenciones en roca generalmente no serán necesarias.

Aptitud para préstamos

Las calizas de estas Zonas Geotécnicas son rocas adecuadas para su empleo en pedraplenes; deberán cumplir ciertas especificaciones contenidas en el P.P.T.G. relativas a granulometría y forma de partículas.

Aptitud para explanada de carreteras

El recubrimiento se considera No Apto de acuerdo con los conceptos establecidos en la Metodología. Respecto a la aptitud del sustrato calizo, puede decirse lo mismo que se indicó en el estudio de las Zonas Geotécnicas I₁, I₂ y I₃.

Obras Subterráneas

La aplicación de la clasificación de Bieniawski (1979) a las características generales de estas Zonas, permite clasificarlas entre las categorías III (Media) a I (Muy Buena).

3.2.2. AREA II

3.2.2.1. ZONA II₁

Localización

La Zona II₁ se extiende desde la Rfa de Aboño hasta el límite occidental del mapa I y ocupa una extensión aproximada de 4,5 km².

Características litológicas y tectónicas

Esta Zona comprende los depósitos del Buntsandstein (TG₁), situados en discordancia sobre el Paleozoico y constituidos fundamentalmente por areniscas con intercalaciones de arcillas arenosas o limolíticas rojas.

Las areniscas son de grano fino y presentan tonos rojos característicos; están compuestas en su mayor proporción por granos de cuarzo subredondeados o subangulosos con matriz de arcilla ferruginosa y cemento ferruginoso. Presentan estratificación cruzada y su grado de meteorización es variable, de II a V (escala de D.G. Moye); se disponen en estratos de espesor delgado (6–20 cm) a moderado (20–60 cm) y ocasionalmente aparecen laminadas (espesor muy delgado, menos de 6 cm). Están recubiertas por un suelo eluvial constituido por arcillas arenosas con cantos procedentes de la fracturación y disgregación de las areniscas; este suelo posee un espesor observado entre 0,5 y 2,5 m. Otras veces el suelo es francamente arenoso.

La muestra tomada en el pocillo A–19 indica un suelo tipo CL (no debe hacerse extensible a toda la formación), con cernido por el tamiz 200 igual al 65,9 por ciento, límite líquido 28,4 e índice de plasticidad 11,3.

Los materiales de II₁ presentan buzamientos suaves, inferiores a 20° y la fracturación observada en los 2–3 m superficiales puede calificarse de Moderada (intervalo medio 20–60 cm) a Cerrada (6–20 cm), siguiendo los términos recomendados por la I.S.R.M.

En general, la Zona II₁ puede considerarse errática en función de la presencia de niveles arcillosos y de las variaciones del grado de fracturación.

Características geomorfológicas

La Zona II₁ presenta un relieve relativamente suave, con pendientes predominantes comprendidas entre el 8 y el 30 por ciento, que corresponden aproximadamente a inclinaciones de 4,5° y 16,7°; también aparecen amplias áreas en que P es menor del 8 por ciento. Por tanto, su accesibilidad puede considerarse de fácil a media y no admite uso intensivo más que en parte.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

En conjunto los materiales de II₁ son impermeables pero localmente las areniscas poseen cierta permeabilidad por fracturación. El drenaje se considera en líneas generales favorable, salvo en algunas zonas llanas con recubrimiento arcilloso en la que es deficiente; se realiza en su mayor proporción por escorrentía activa. El coeficiente de escorrentía puede tomarse $C = 0,50–0,65$.

b) Hidrología subterránea

Cabe solamente, esperar alguna concentración de agua de pequeña entidad y de carácter local en función del grado de diaclasado de las areniscas. No son de esperar problemas de drenaje en obras de cimentación.

Riesgos geológicos

Se relacionan con movimientos en laderas o en taludes artificiales, pero siempre con un carácter muy local y de escasa importancia por lo que en el Mapa de Riesgos Geológicos se ha clasificado esta Zona entre las áreas sin riesgos generalizados y, eventualmente, en áreas con riesgo bajo de reptaciones o deslizamientos superficiales.

Características geomecánicas

La resistencia a compresión simple de las areniscas en los tramos superficiales se estima entre muy baja ($q_u < 60 \text{ kg/cm}^2$) y baja ($q_u = 60\text{--}200 \text{ kg/cm}^2$); el comportamiento en estos tramos superficiales, que serán los afectados por cimentaciones habituales, viene condicionado por el grado de alteración y de diaclasado de las areniscas, que, en la clasificación de Deere (1963) basada en el R.Q.D. se sitúan en las categorías Mala (RQD = 25–50) o Muy Mala (RQD = 0–25), siempre refiriéndonos a los 2–3 metros superficiales en que aparecen areniscas.

Los niveles arcillosos se consideran de consistencia firme a muy firme ($q_u = 1\text{--}2 \text{ kg/cm}^2$ y $q_u = 2\text{--}4 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente), basados en observaciones de campo; se trata, por consiguiente, de valores orientativos.

Respecto a parámetros relacionados con obras de tierra, los resultados de los ensayos de identificación y compactación realizados en los materiales del pocillo A–19 constituidos por suelos de alteración, son los siguientes:

Pocillo	Densidad máxima	Humedad óptima %	CBR 100 ^o /o Proctor N	Materia org. %	Límite líquido	% pasa tamiz 200	USCS
A–19	1,80	14,2	6,2	0,95	28,4	65,94	CL

De acuerdo con la clasificación establecida en el P.P.T.G., se trata de un suelo tolerable.

Características constructivas

Condiciones de cimentación

La Norma DIN 1054 da presiones admisibles para roca quebradiza o con huellas de alteración en un medio estratificado o diaclasado iguales a 10 kg/cm^2 , valor que puede considerarse válido siempre que la cimentación se realice previa eliminación del recubrimiento de alteración y de los niveles superficiales más alterados; además se supone un espesor de arenisca del orden de dos veces el ancho de cimentación por debajo de la cota de ésta, ante la transmisión de esfuerzos o posibles niveles arcillosos intercalados que den lugar a asientos totales o diferenciales inadmisibles.

Se estima que las presiones admisibles en el caso de cimentación sobre las arcillas de II₁ serán del orden de $1,5\text{--}2 \text{ kg/cm}^2$.

El tipo de cimentación más probable es el superficial mediante zapatas; su ancho debe ser superior a 4 veces el ancho del pilar o al menos $1 \times 1 \text{ m}$ para evitar los efectos de punzonamiento y excentricidades. En el caso de que se observen variaciones litológicas en

los terrenos a que afectará la cimentación concreta que se estudie, puede recurrirse a losa, previa comprobación de los asientos que puede inducir en los niveles arcillosos. La suave inclinación general de los estratos no hace prever problemas de estabilidad derivados de tal circunstancia.

Los problemas de cimentación se relacionan con el posible comportamiento mecánico desigual como consecuencia de variaciones en el grado de diaclasado y alteración de las areniscas y de la distribución de los niveles arcillosos.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Los suelos de alteración se consideran terreno Medio, según las definiciones dadas en la Metodología; los niveles más superficiales de areniscas, por su alteración y diaclasado son ripables pero en profundidad, de cuantía no determinable de forma orientativa, precisarán el empleo de explosivos para su excavación.

Estabilidad de taludes

En taludes naturales se observa esporádicamente alguna reptación del recubrimiento con potencia mayor de 1 m e inclinación de unos 15°.

En taludes artificiales, con altura de unos 6 m e inclinación de 60° se producen deslizamientos superficiales y flujos de barro que afectan al recubrimiento de alteración. Hay que distinguir entre taludes en roca con pequeño recubrimiento (menos de 1 m) y taludes con recubrimiento potente (más de 1 m). Los primeros son estables, salvo algún desprendimiento por rotura en cuña de las areniscas y en el segundo caso serán inestables, en los términos definidos en la Metodología, inestabilidad que afectará al recubrimiento además de desprendimientos locales del tipo anterior.

Empujes sobre contenciones

Las contenciones serán necesarias en el caso de que existan recubrimientos arcillosos potentes (más de 1,5–2 m) unido a una alteración fuerte de las areniscas; pueden esperarse empujes de tipo Medio.

Aptitud para préstamos

De acuerdo con el P.P.T.G., las areniscas son rocas adecuadas para su empleo en pedraplenes siempre que no se encuentren alteradas y cumplan determinadas especificaciones relativas a granulometría y forma de partículas.

Aptitud para explanada de carreteras

Los recubrimientos y niveles arcillosos se consideran Marginales según los términos definidos en la Metodología. En el caso de las areniscas, debe distinguirse entre pedraplenes y desmontes. En el primer caso, la categoría de la explanada dependerá de las características del material utilizado en la coronación y en desmontes la categoría de la explanada, en roca, corresponde a la E-3. Se recomienda el relleno de las depresiones que existan y que retengan agua con hormigón de cemento tipo H-50 para situar encima una base del firme de suelo seleccionado de al menos 30 cm de espesor; la explanada tendrá la regularidad e inclinación necesarias de modo que se asegure la evacuación del agua infiltrada a través de las capas o juntas del firme de la calzada y arcenes.

Si bien es difícil predecir el estado de fracturación en profundidad de las areniscas, puede considerarse a la Zona II₁ en conjunto como terreno de Clase III (Roca Media) en la clasificación de Bieniawski, por otra parte hay que tener en cuenta la presencia de niveles arcillosos intercalados entre las areniscas, que se clasificarían como Medios según las definiciones dadas en la Metodología.

3.2.2.2. ZONA II₂

Localización

La Zona II₂ ocupa una importante extensión en el ámbito del estudio; en el Mapa I se sitúa en la mitad oeste de su límite meridional y en el Mapa II supone una banda que enlaza con la anterior y se extiende hasta el borde suroriental.

Características litológicas y tectónicas

La Zona II₂ engloba los sedimentos triásicos (TG₂) cuyo tránsito entre las facies arenosas del Bunt y las arcillas del Keuper se hace de forma tan gradual que no es posible establecer su separación cartográfica. Los materiales predominantes en II₂ están constituidos por arcillas de color rojo, masivas o laminadas, con intercalaciones de tonos grises y verdosos; también presentan intercalaciones centimétricas de areniscas lajosas y ocasionalmente, algún nivel de yeso. Su clasificación en el Sistema Unificado corresponde a tipos CL, ML, CL-ML y, en menor proporción a tipos CH y MH; eventualmente se clasifican como arenas arcillosas (SC). La variación de la plasticidad, según datos del presente trabajo y de otros estudios geotécnicos consultados puede verse en la figura 8.

Su densidad seca varía entre 1,45 y 1,89 t/m³ y el contenido en carbonatos es inferior al 4 por ciento. El contenido en sulfatos (SO₃) es variable de uno a otro punto de la Zona; los datos cuantitativos de que se dispone indican contenido nulo y los cualitativos dan indicios o positivo con débil reacción, que puede suponer contenidos inferiores al 0,2 por ciento. En vista de ello se recomienda determinar sistemáticamente el contenido en sulfatos en las obras a situar en esta Zona para prever posibles problemas de agresividad.

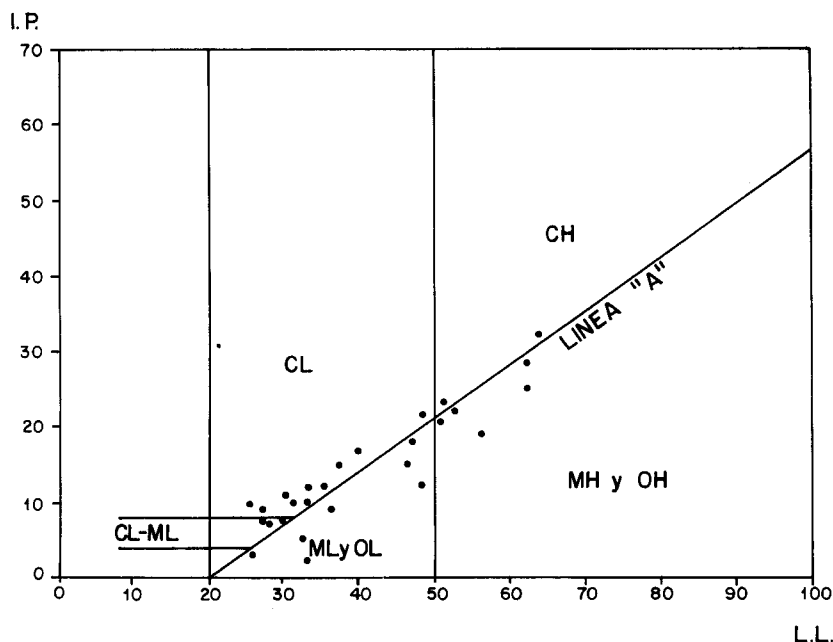


FIG. 8.- PLASTICIDAD DE LOS MATERIALES DE LA ZONA II₂

También aparecen en II₂ areniscas de tonos rojizos, amarillentos y blanquecinos, alteradas superficialmente (grados III—IV en la escala de D.G. Moye), dispuestas en bancos con espesor máximo de 40 cm, entre los que se intercalan niveles laminados (espesor de estratos de Moderado a Muy Delgado). Asimismo aparecen, con carácter más restringido, conglomerados de cantos redondeados o subredondeados de cuarcita, de diámetro menor de 10 cm.

Los materiales de II₂ citados están recubiertos por suelos de alteración constituídos por arcillas de baja plasticidad (CL) y por depósitos coluviales formados por arcillas con cantos calizos o de areniscas abundantes, con potencia inferior a 2 m. Sobre los materiales de II₂ situados en el ángulo SE del mapa II, se desarrollan potentes coluviones con espesor del orden de 3—6 m que juegan un destacado papel en los fenómenos de inestabilidad.

La potencia de esta formación triásica se estima, en valor medio, en unos 500 m; dado que con carácter puntual no se observan variaciones litológicas importantes, puede considerarse relativamente homogénea.

Los materiales de II₂ presentan buzamientos en general suaves (menos de 15—20°), aunque localmente alcanzan valores de 35 y 40°; en el área de Tremañes están afectados por una falla de distensión que localmente produce el contacto mecánico con las calizas del Lías (Zona II₁₃).

Características geomorfológicas

Los terrenos que forman el valle del Arroyo del Meredal presentan pendientes comprendidas entre el 8 y el 30 por ciento, haciéndose más abruptas en su contacto con la Zona II₁₃, en el que alcanzan valores del 70 por ciento, que corresponden a inclinaciones de 35°. Aquellos valores también predominan en el área de Santa Cecilia.

En el resto de la Zona, las pendientes se suavizan globalmente de modo que quedan comprendidas en los intervalos $P = 8-15$ por ciento y $P < 8$ por ciento a partes aproximadamente iguales.

La accesibilidad de la Zona II₂ es, por tanto, muy variable, de Fácil a Difícil y admite uso intensivo sólo en parte.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

La Zona II₂ se encuentra drenada por parte de los cursos de agua más destacados que existen en el área de estudio, bien directamente bien a través de los arroyos que nacen en las partes más altas de los relieves ocupados por otras Zonas geotécnicas y vierten aguas a aquéllos. Salvo el arroyo del Meredal que en su cabecera presenta pendientes longitudinales fuertes, del orden de 13—16 por ciento, los restantes cursos importantes (Arroyo Llantero, de la Vega, río Piles y río Tremañes) a su paso por II₂ poseen pendientes inferiores al 4 por ciento.

La permeabilidad por porosidad intergranular es baja en los niveles superficiales constituídos por suelos arcillosos, coluviones de arcillas y gravas y formación alterada y nula en profundidad. El drenaje, en general, es favorable y se efectúa mayoritariamente por escorrentía; el coeficiente de escorrentía puede tomarse $C = 0,50-0,65$. Se producen encharcamientos temporales en zonas llanas y vaguadas.

b) Hidrología subterránea

Dada la impermeabilidad de los materiales de la Zona, no aparecerá agua en profundidad; en los niveles superficiales anteriormente citados pueden encontrarse contenidos en humedad natural debida a infiltración francamente altos.

Riesgos geológicos

El tipo de riesgos detectado en esta Zona se relaciona con movimientos en laderas; en el Mapa de Riesgos se han delimitado áreas con riesgo bajo, en las que los movimientos que se puedan esperar son deslizamientos superficiales y reptaciones de carácter local, áreas con riesgo medio de que se produzcan esos tipos de movimientos y áreas con riesgo elevado, en las que pueden presentarse deslizamientos de magnitud importante.

Los movimientos apreciados de I_2 afectan a la formación alterada y a los potentes coluviones que, en particular, se observan en el ángulo SE del Mapa II.

Entre los procesos o agentes que producen los movimientos citados se encuentran:

a) La lluvia y los ciclos de humectación—dsecación, cuyos efectos sobre la estabilidad de los taludes se traducen en la disminución de la cohesión.

b) Procesos constructivos, en particular la apertura de vías de comunicación lineales, que introducen cambios en la altura o inclinación del talud y producen el aumento de los esfuerzos cortantes, que se asocian posteriormente a los efectos citados en el punto anterior.

En algunos puntos se observan movimientos en el contacto de I_2 con las calizas de la Zona I_3 , con deslizamiento de la Zona alterada del Trías, que produce el descalce y caída de los bloques calizos suprayacentes.

Características geomecánicas

En lo que a parámetros relacionados con la resistencia medidos in situ se refiere, los ensayos de penetración estándar (SPT), realizados como mínimo a 1,5 m de profundidad, han dado rechazo siempre salvo en una ocasión en que N fue igual a 69; se trata por tanto, de materiales de consistencia rígida según la clasificación de Terzaghi—Peck. Los ensayos de penetración dinámica realizados en el marco del presente estudio y los consultados procedentes de diversos estudios geotécnicos, dan rechazo a profundidades que oscilan entre 2 y 6 m; los valores de p : resistencia a la penetración dinámica en cm/golpe, obtenidos entre 1,50 y 3 m de profundidad varían, cuando no se produce rechazo, entre 0,65 y 2 y entre 3 y 4 m, de 0,15 a 1,4 cm/golpe.

Los ensayos de resistencia al corte realizados o procedentes de otros estudios geotécnicos muestran valores de la cohesión (ensayo rápido) entre 0 y 6,5 t/m²; el ángulo de rozamiento interno aumenta con la profundidad de la muestra de 17° a 40° en materiales tipo CL. Se tienen datos de una muestra clasificada como arena arcillosa (SC) a 26,50 m de profundidad con $C = 2,8$ t/m² y $\varphi = 47,7^\circ$.

En cuanto a expansividad, los ensayos Lambe realizados o consultados señalan que las arcillas de I_2 no crearán generalmente problemas en ese sentido (se clasifican como no críticos y marginales); conviene, sin embargo, analizar el potencial expansivo en muestras con plasticidad alta en la zona del terreno sometida a cambios de humedad.

Respecto a las propiedades de deformabilidad, los ensayos edométricos dan los siguientes valores del índice de compresión C_c para los intervalos de presiones especificados:

0,2— 1 kg/cm ² ,	$C_c = 0,014—0,030$
1— 3 kg/cm ² ,	$C_c = 0,046—0,075$
3— 6 kg/cm ² ,	$C_c = 0,086—0,106$
6—12 kg/cm ² ,	$C_c = 0,103—0,172$

Los valores más altos corresponden a muestras procedentes de los niveles superficiales más degradados y la deformación bajo cargas de cimentación habituales, menores de 3—4 kg/cm², de los materiales sanos será pequeña o muy pequeña, como corresponde a materiales fuertemente preconsolidados.

El índice de poros inicial, en el terreno, varía entre 0,438 y 0,959.

Respecto a parámetros relacionados con obras de tierra, los resultados de los ensayos de identificación y compactación realizados con los materiales de los pocillos A-12 y A-14 son los siguientes:

Pocillo	Densidad máxima	Humedad óptima %	CBR 100 ^o /o Proctor N	Materia org. %	Límite líquido	% pasa tamiz 200	USCS
A-12	1,45	29,50	2	4,20	62,1	87,08	MH
A-14	1,89	13,50	4,8	1,10	25,2	49,02	SC

De acuerdo con la clasificación establecida en el P.P.T.G. se trata de suelos inadecuados o tolerables.

Características constructivas

Condiciones de cimentación

Las presiones admisibles en los suelos superficiales, a profundidad mínima de 1,50 m pueden establecerse en el intervalo 0,75–1 kg/cm², si se excluyen zonas reblandecidas o saturadas. Para la formación arcillosa sana, cuya localización en profundidad puede estimarse entre 2 y 6 m en general, se considera el intervalo de presiones admisibles $\sigma_{ad} = 2\text{--}3,5$ kg/cm². Si la cimentación se efectúa sobre areniscas sanas o conglomerados con potencia superior a 2 veces el ancho de la cimentación, las presiones admisibles pueden elevarse a unos 5 kg/cm².

Salvo para estructuras muy ligeras, se recomienda la cimentación sobre la formación sana; dicha cimentación podrá ser superficial mediante zapatas con espesor moderado de la zona alterada o recubierta y deberá efectuarse por pozos o pilotes perforados en caso contrario.

Entre los problemas de cimentación cabe enumerar:

- Posible agresividad de los suelos por presencia desulfatos, por lo que, como ya se indicó, se recomienda su determinación sistemática en esta Zona.

- Variabilidad del espesor de la zona alterada y gran sensibilidad al agua del material arcilloso sano.

- Posibles problemas de expansividad, no generalizables; deberán considerarse en los puntos en que se detecten materiales de plasticidad alta.

Condiciones de obras de tierra

Excavabilidad

Los recubrimientos, ya sean eluviales o coluviales, se consideran terreno Medio, según las definiciones establecidas en la Metodología; la formación arcillosa sana se considera terreno Duro y su excavación podrá efectuarse por medios mecánicos sin dificultad. La presencia de niveles de areniscas o conglomerados de espesor variable puede conceder el carácter de no ripable a determinadas áreas.

Estabilidad de taludes

En los taludes naturales se dan fenómenos de reptación con inclinaciones superio-

res a unos 20°, si bien la mayoría de los movimientos se asocia a taludes artificiales, cuyo comportamiento difiere notablemente según afecten a la formación alterada, a recubrimientos coluviales o a la formación sana.

En los dos primeros casos los taludes serán inestables (según los criterios establecidos en la Metodología) a corto plazo; en el último caso la acción continuada de la lluvia producirá incisiones lineales y afloramientos de pie que progresarán con el tiempo, como se ha observado en taludes con inclinación de 25–30° y altura total de unos 10 m.

Empujes sobre contenciones

Pueden variar entre Bajos para la formación sana, que progresivamente aumentarán si se produce la meteorización y degradación de los materiales, y Altos para los recubrimientos con potencia apreciable (2–3 m).

Aptitud para préstamos

En general se trata de materiales No Aptos y Marginales según los criterios expuestos en la Metodología.

Aptitud para explanada de carreteras

Los materiales de II₂ se consideran No Aptos, a lo sumo Marginales, como material de explanada, por lo que deberá extenderse sobre ellos una explanada mejorada.

Obras subterráneas

Utilizando los términos definidos en la Metodología, los materiales de II₂ constituyen terreno Medio.

3.2.2.3. ZONAS II¹₃ y II²₃

Localización

La Zona II¹₃ ocupa una importante superficie repartida por todo el ámbito geográfico del estudio; II²₃ aparece en la mitad oriental del Mapa I y forma una franja que se extiende hacia el sur, desapareciendo en el ángulo NE del Mapa II.

Características litológicas y tectónicas

En este apartado se han agrupado las Zonas II¹₃ y II²₃ en virtud de su semejanza litológica, si bien la Zona II²₃ es más homogénea en la distribución rítmica de sus materiales.

La Zona II¹₃ está definida por materiales del Lias (J₁), Hettangiense–Sinemuriense Medio que, a grandes rasgos, incluye calizas, calizas dolomíticas y arcillas grises, negras y, menos frecuentes, de tonos abigarrados, dispuestas alternativamente en niveles de espesor respectivo muy variable. La potencia del Hettangiense se estima en 160–175 m y la del Sinemuriense Inferior–Medio en un máximo de unos 70 m. Las características de los materiales citados son las siguientes:

a) Las calizas, calizas dolomíticas y calizas margosas presentan tonos grises y amarillentos, a veces blanquecinos; aparecen estratificadas en bancos de espesor muy variable entre 10 y 80 cm (espesor de delgado a grueso); ocasionalmente laminados (espesor muy



Fotografía núm. 3.— Aspecto de las calizas de J_1

delgado), con intercalaciones eventuales de estratos centimétricos de arcillas amarillentas. La potencia de los niveles calizos es también muy variable, desde unos 40 cm hasta varias decenas de metros. Sondeos realizados en el marco del Estudio Geotécnico de la Red Arterial de Gijón señalan la presencia ocasional de lechos de yeso entre calizas margosas.

Se desarrollan sistemas de fracturas perpendiculares o subnormales a la estratificación, a veces rellenas de arcilla, cuyo espaciado da origen a una amplia gama de intensidad de fracturación; así, aparecen niveles prácticamente triturados y niveles tan sólo algo fracturados. También se observan tramos carstificados, característica no aplicable al conjunto de la formación. Las calizas, cuando aparecen en superficie, están recubiertas por suelos arcillosos oscuros con cantos de caliza, de espesor menor de dos metros.

b) Los niveles arcillosos dominantes están constituídos por arcillas y margas gris oscuras y negras, compactas, a veces con aspecto pizarreño; se intercalan entre los niveles calizos y su espesor es también muy variable, desde niveles decimétricos hasta de más de 15 m. Su clasificación en el Sistema Unificado corresponde al tipo CL en la mayoría de los casos (arcillas de baja plasticidad) y en menos ocasiones a tipos SC y SM (arenas arcillosas y arenas limosas) y CL—ML (intermedios entre arcillas y limos de baja plasticidad). A partir de los ensayos efectuados y los que proceden de diversos estudios geotécnicos consultados, se ha elaborado el gráfico de la figura 9 en el que se observa un agrupamiento de las muestras de arcillas y margas grises o negras en los intervalos de Límite Líquido 25—34 e índice de plasticidad 4—13.

Estos materiales presentan contenido en carbonatos inferiores al 25 por ciento y en alguna ocasión dan indicios de sulfatos.

Intercalados entre las calizas en forma de lechos delgados o constituyendo estratos de espesor reducido, del orden de 1 m como máximo generalmente, aparecen arcillas compactas de tonos amarillentos, de plasticidad variable como se observa en la figura 9, que corresponden a tipos CL—ML y CH (arcillas de plasticidad alta) en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

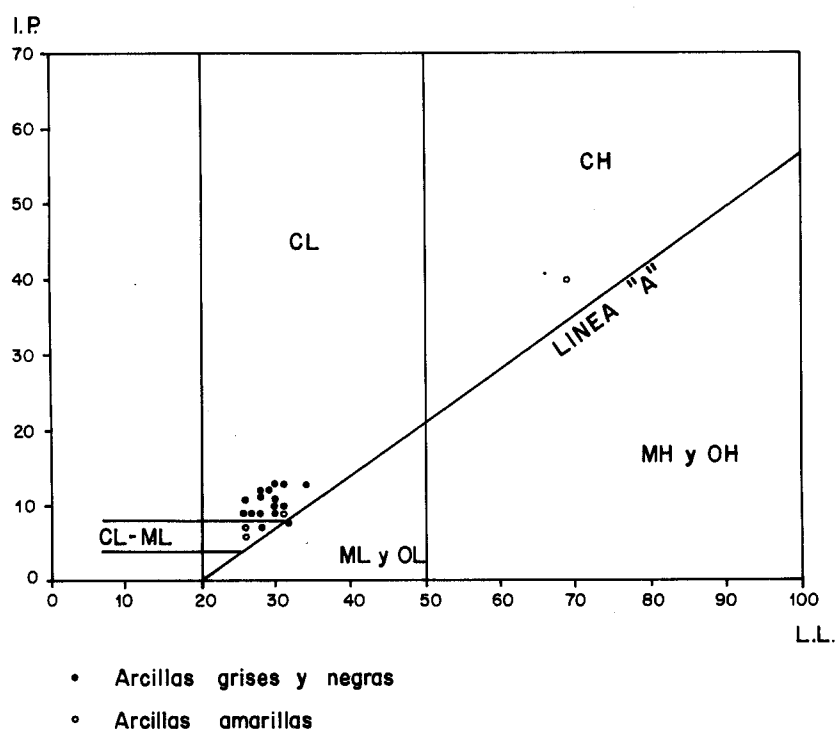


FIG. 9.- PLASTICIDAD DE LOS NIVELES ARCILLOSOS DE II^1_3

Son de destacar los potentes coluviones que recubren la Zona II^1_3 en las laderas del valle del Arroyo Rioseco, en el ángulo SE del Mapa II, constituidos por arcillas con cantos y bloques de areniscas y conglomerados, que en algunos puntos alcanzan potencias del orden de 6 m. La Zona II^1_3 , en función de la variación de la naturaleza y espesor de estratos de sus materiales, incluso en distancias relativamente reducidas, debe considerarse errática.

La Zona II^2_3 está definida por materiales del Sinemuriense Superior—Toarciense (J_2); consta de una alternancia de calizas de tonos claros dispuestas en bancos de 20—40 cm de espesor y margas grises en niveles de 10 a 60 cm de potencia, es decir, con espesor de capas Moderado. También están afectadas por una fracturación sensiblemente normal al buzamiento de los estratos.

Los materiales de II^1_3 y II^2_3 presentan buzamientos suaves, en general menores de 15° aunque ocasionalmente alcanzan inclinaciones de 35° . En conjunto muestran disposición ondulado—tabular, con pliegues muy amplios.

La fotografía 3 ofrece el aspecto de un paquete de calizas de la Zona II^1_3 ; puede observarse el alto grado de fracturación en ese punto y la variación del espesor de los estratos calizos.

Características geomorfológicas

La Zona II^2_3 forma laderas con pendientes comprendidas entre el 8 y el 30 por ciento en el Mapa I, que aumentan a valores de $P = 30$ —70 por ciento en el Mapa II; en su contacto con el mar presenta acantilados subverticales.

La Zona II^1_3 ocupa la parte más baja de las elevaciones montañosas y parte de la depresión sobre la que se asienta Gijón. En el Mapa I, donde se encuentran sus menores cotas, predominan las pendientes menores del 8 por ciento, aunque aparecen extensas áreas con $P = 8$ —30 por ciento; en el Mapa II predominan estas últimas pendientes, que aumentan al intervalo 30—70 por ciento en las proximidades del contacto de II^1_3 con II^2_3 y II^3_3 .

En función de dichas condiciones topográficas la Zona II^2_3 no admite uso intensivo y su accesibilidad puede considerarse de media a difícil; la Zona II^1_3 admite en parte uso intensivo y su accesibilidad varía entre fácil y difícil.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

Los materiales de II^1_3 son permeables por fracturación y carstificación, permeabilidad que varía en función de la importancia de la fracturación y carstificación; el drenaje, en general, es favorable y se realiza por escorrentía superficial y por infiltración a través de fracturas u oquedades de disolución.

El coeficiente de escorrentía depende de las condiciones topográficas de cada área, pero en términos generales puede considerarse $C = 0,35-0,65$.

Los materiales de II^2_3 son, en conjunto, impermeables y su drenaje, favorable, se realiza prácticamente sólo por escorrentía; el coeficiente de escorrentía puede tomarse $C = 0,50-0,65$.

b) Hidrología subterránea

En cuanto a la Zona II^1_3 cabe distinguir entre su parte situada al N de la franja que constituyen los depósitos triásicos (Zona II^2_3) y la situada al S de los mismos. La primera se engloba en lo que se conoce en la "Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Norte: Asturias", publicada por el IGME en la Colección Informe, por Subsistema de Villaviciosa; constituye un acuífero cuyos coeficientes de almacenamiento y transmisividad son variables en función de la intensidad de fracturación, carstificación y presencia de niveles arcillosos, pero, en general, altos, por lo que supone un acuífero de gran importancia.

Se trata de un acuífero en gran parte confinado, con alimentación fundamental por agua de lluvia y en menor cuantía por descarga de horizontes acuíferos suprayacentes (Zonas II^3_3 y II^4_3) y la infiltración de los Arroyos que lo atraviesan (Vega, Llantero, Meredal). Su descarga se efectúa en parte al mar, parte a través de ríos (Peña Francia, Santurio, Rioseco) y parte a través de diversos manantiales.

La parte de II^1_3 localizada al sur de II^2_3 se engloba en el Subsistema de Llantones. Constituye un manto acuífero con alimentación fundamental a partir del agua de lluvia y en menor proporción de los horizontes acuíferos suprayacentes y de los aportes procedentes de la llamada Franja Móvil Intermedia (ver figura 5). Su descarga se realiza a través de los ríos Aboño y Pinzales, los arroyos de La Vega y Meredal y diversos manantiales.

Pueden originarse problemas derivados de la presencia de aguas freáticas en cimentaciones habituales situadas a cotas inferiores a 25-30 m.s.n.m. Dado el carácter impermeable de los materiales de II^2_3 no se espera la presencia de aguas subterráneas en la misma.

Riesgos geológicos

En los terrenos que constituyen la Zona II^1_3 se ha establecido una zonación, representada en el Mapa de Riesgos Geológicos, que abarca los siguientes conceptos:

a) Áreas sin riesgos generalizados. Se trata de áreas en las que no se han observado movimientos u otro tipo de riesgos y en las que se estima que a lo sumo pueden producirse problemas de orden puntual, de escasa relevancia y con pequeña probabilidad de que ocurran.

b) Áreas con riesgo de movimientos en laderas. Se han clasificado en tres cate-

rías según la intensidad estimada de riesgo. Los movimientos observados o potenciales responden a los siguientes tipos:

- Reptaciones de suelos de alteración ligados a procesos de humectación–desecación fundamentalmente, son muy frecuentes en toda la zona y se presentan con inclinaciones de más de 15° . La fotografía 4 muestra el aspecto de una ladera con este tipo de movimientos.

- Desprendimientos de bloques calizos en algunos puntos de contacto de II^1_3 con II^2_2 , que se producen por descalce debido a erosión o deslizamiento de los materiales arcillosos subyacentes a las calizas.

- En diversos puntos se produce el deslizamiento de los depósitos coluviales, constituidos por arcillas que engloban cantos y bloques de diverso tamaño. Estos movimientos se reactivan con las lluvias y en gran parte se vinculan a la apertura de carreteras o pistas; otras veces la causa es o puede ser la tala de árboles, como es el caso del deslizamiento de la foto 5, en la carretera de Fontaciera.

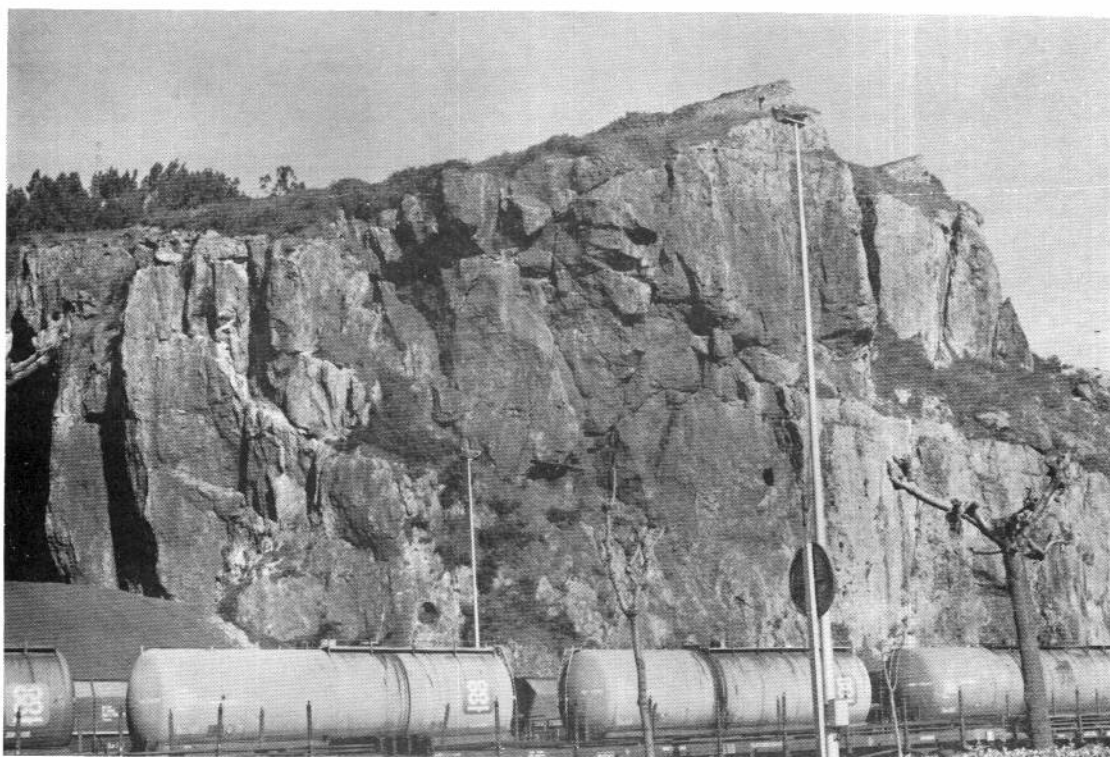
- Desprendimientos de bloques en taludes artificiales con cuñas rocosas debidas al diaclasamiento de los materiales cuyo equilibrio puede verse afectado por la descomposición, meteorización y presión del agua en las juntas. La fotografía 6 muestra un talud de la zona del Musel con puntos muy fracturados que pueden ser foco de desprendimientos futuros.



Fotografía núm. 4.— Reptaciones en J_1 en la zona del Musel

c) Aantilados costeros con riesgo de desprendimientos y deslizamientos. Los movimientos que afectan o pueden afectar a estas áreas son de dos tipos: por un lado desprendimientos de bloques calizos por erosión o socavación de niveles de margas más débiles (se hace extensivo a la Zona II^2_3) intercalados y, por otro, flujos de barro de arcillas ocre–amarillentas que rellenan cavidades, como sucede en los acantilados situados al E de la playa de San Lorenzo y próximos a ella.

d) Por último, en el Mapa de Riesgos se ha señalado una zona sin límites bien definidos en la que debe considerarse el riesgo de intrusión salina marina en el caso de que se produzca una sobreexplotación del acuífero que constituye II^1_3 , si bien hoy ese problema no existe.



Fotografía núm. 6. – Riesgo de desprendimientos de cuñas en taludes de calizas en El Musel.

Los ensayos de resistencia al corte (ensayo sin consolidación) dan valores de la cohesión $c = 0\text{--}2,33 \text{ kg/cm}^2$ (valor medio $0,86 \text{ kg/cm}^2$, desviación típica $0,5 \text{ kg/cm}^2$) y del ángulo de rozamiento interno $\phi = 17,7\text{--}49^\circ$ (valor medio $36,9^\circ$, desviación típica 6°). Respecto a expansividad, se ha realizado un ensayo Lambe con materiales del sondeo 12, que ha dado un índice de expansividad de $0,091 \text{ kg/cm}^2$, que los califica como No Críticos.

En cuanto a sus propiedades de deformabilidad, los ensayos edométricos muestran los siguientes valores del índice de compresión C_c para los intervalos de presiones que se especifican:

$0,1\text{--}0 \text{ kg/cm}^2$, $C_c = 0,006\text{--}0,028$ (media $0,012$; desviación típica $0,005$)

$1\text{--}2 \text{ kg/cm}^2$, $C_c = 0,023\text{--}0,050$ (media $0,033$; desviación típica $0,008$)

$2\text{--}4 \text{ kg/cm}^2$, $C_c = 0,030\text{--}0,056$ (media $0,040$; desviación típica $0,010$)

El índice de poros inicial (en el terreno) varía entre $0,321$ y $0,542$.

Estos valores permiten suponer que su deformabilidad bajo cargas de edificación habituales (menos de 4 kg/cm^2) será muy pequeña.

Se poseen algunos datos de las arcillas amarillas intercaladas entre niveles calizos. Los valores de su resistencia a compresión simple varían entre $0,80$ y $4,5 \text{ kg/cm}^2$, que corresponden a materiales de consistencia Media a Rígida (Terzaghi—Peck). Los ensayos de resistencia al corte, sin consolidación, dan valores de cohesión entre $0,35$ y $0,72 \text{ kg/cm}^2$, con ángulo de rozamiento interno entre $18,6$ y $48,6^\circ$.

Para determinar las características litológicas y condiciones de compactación de los materiales situados en superficie en la Zona II¹₃ se han efectuado diversos pocillos y se han efectuado ensayos Proctor Normal y CBR en los que seguidamente se relacionan.

Estos datos y los contenidos en el estudio geotécnico de la Red Arterial de Gijón permiten calificar a los recubrimientos de la Zona II¹₃ como materiales tolerables e inadecuados, para su uso en terraplenes.



Fotografía núm. 5.— Deslizamiento, en la carretera de Fontaciera, de materiales coluviales sobre J_1 .

Características geomecánicas

Se distingue entre las propiedades mecánicas de las calizas y de las margas y arcillas grises o negras.

a) *Calizas*. Según la terminología recomendada por la I.S.R.M. las calizas de estas zonas presentan resistencia a compresión simple de Baja o Alta ($q_u = 60.200 \text{ kg/cm}^2$ y $q_u = 600\text{--}2.000 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente) con valores extremos, según datos de diversos estudios geotécnicos, de 155 y 880 kg/cm^2 . Utilizando la escala de Deere relativa al R.Q.D., las calizas en II^1_3 y II^2_3 se encuentran en las categorías de Muy Mala a Excelente ya que su grado de fracturación es sumamente variado; así aparecen tramos con RQD = 0 y tramos con RQD = 95 por ciento.

Recordemos que el comportamiento del conjunto está ligado a los aspectos estructurales definidos por el diaclasamiento y los aspectos que con él se relacionan (espaciado de juntas, rugosidad, relleno, presencia de agua, etc.).

b) *Arcillas y margas grises o negras*. Respecto a parámetros relacionados con la resistencia medidos en campo, los valores de N obtenidos en los ensayos de penetración estándar (valores procedentes de los reconocimientos efectuados en el marco del presente estudio y de otros estudios geotécnicos consultados) se sitúan en el intervalo $N = 29\text{--}Rechazo$, con neto predominio de los rechazos; se trata, por tanto, de materiales de consistencia Dura o Rígida (Terzaghi—Peck).

Los ensayos de resistencia a compresión simple realizados o procedentes de diversos estudios geotécnicos muestran valores de q_u comprendidos entre 1 y $11,3 \text{ kg/cm}^2$, valores en consonancia con los obtenidos en los ensayos de penetración estándar. La figura 10 representa la resistencia a compresión simple en función del índice de desecación ($W/L.P.$); puede verse que las resistencias, en general, son altas, como corresponde a arcillas y margas preconsolidadas.

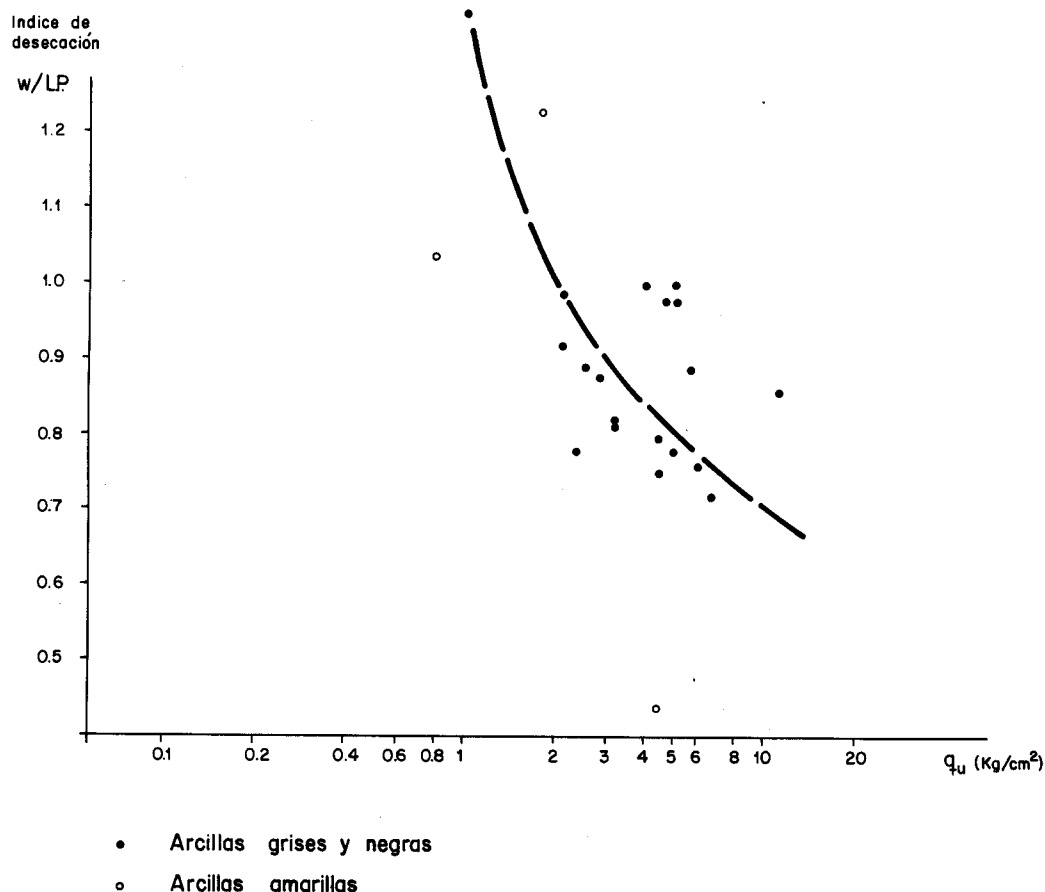


FIG. 10.- VARIACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE CON EL INDICE DE DESECACION EN LOS NIVELES ARCILLOSOS DE LA ZONA II₃¹

Pocillo	Densidad máxima	Humedad óptima %	CBR 100 ^o /o Proctor N	Materia org. %	Límite líquido	% pasa tamiz 200	USCS
A-10	1,82	13,9	9,6	0,75	25,4	52,50	CL
A-26	1,54	28,5	3,1	2,25	51,8	85,83	CH
A-32	1,58	21,5	3	1,90	43,3	92,68	CL

Características constructivas

Condiciones de cimentación

Las presiones admisibles presentan un intervalo de variación notable según se consideren cargas sobre niveles de arcillas o margas o sobre niveles de caliza y en este último caso dependen de sus condiciones de fracturación, espesor de estratos y presencia de niveles arcillosos intercalados o subyacentes.

En el caso de las margas o arcillas grises puede tomarse como intervalo de presiones admisibles más probable $\sigma_{ad} = 1,5-3 \text{ kg/cm}^2$ y para las calizas $\sigma_{ad} = 3-10 \text{ kg/cm}^2$, valores estos últimos un tanto conservadores, puesto que en áreas poco fracturadas, según la Norma DIN 1054, pueden tomarse presiones admisibles del orden de 20 kg/cm^2 .

El tipo de cimentación más probable es el superficial mediante zapatas o losas en

el caso de que las variaciones litológicas del terreno de cimentación sean importantes. En el caso de cimentación sobre las calizas se recomienda que el área de las zapatas no sea inferior a unas 4 veces el área del pilar o 1×1 m para evitar problemas derivados de excentricidades y punzonamiento de la masa rocosa. Entre los problemas de cimentación cabe citar:

- necesidad de eliminar los recubrimientos, de espesor a veces importante,
- probable presencia de agua a profundidades habituales de cimentación en áreas con cota inferior a 25–30 m.s.n.m.,
- variaciones laterales y en profundidad de la naturaleza litológica con los materiales, circunstancia que si no se prevé puede originar asentamientos diferenciales inadmisibles.

En la Zona II²₃, dado el pequeño espesor de los niveles calizos puede tomarse como intervalo de previsiones admisibles el $\sigma_{ad} = 1,5\text{--}3 \text{ kg/cm}^2$ y la cimentación podrá ser de tipo superficial. En esta Zona no se prevé la existencia de agua a profundidades de cimentación habituales y los problemas de cimentación se reducen a las variaciones citadas en II¹₃.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Los recubrimientos, de alteración o coluviales, se consideran terrenos Medios según las definiciones dadas en la Metodología. Las margas o arcillas negras, Medio–Duro. Las calizas en función de su resistencia y fracturación pueden calificarse de Ripables a No Ripables.

Estabilidad de taludes

La estabilidad de los taludes naturales ya se ha contemplado implícitamente en el apartado relativo a Riesgos Geológicos. Los taludes artificiales con espesor de recubrimiento eluvial o coluvial superior a unos 2 m serán inestables, con deslizamientos superficiales. Los taludes en margas grises serán estables a corto plazo en los supuestos hechos en la Metodología, pero a medio y largo plazo esos materiales sufrirán alteración y degradación pudiendo ocasionar deslizamientos y aterramientos de pie.

En los taludes en caliza pueden producirse desprendimientos de piedras y bloques en función de la disposición del diaclasado y de la estratificación y como consecuencia de la erosión de niveles blandos intercalados.

Empujes sobre contenciones

Pueden variar de Altos a Bajos, en función de la naturaleza y alteración de los materiales y la presencia de agua.

Aptitud para préstamos

Los materiales margosos y arcillosos de II¹₃ y II²₃ son suelos entre No Aptos y Marginales según los criterios establecidos en la Metodología. Las calizas, de acuerdo con el P.D.T.G. son rocas adecuadas para su empleo en pedraplenes.

Aptitud para explanada de carreteras

Los materiales de recubrimiento de estas Zonas se consideran No Aptos–Marginales, de acuerdo con lo expuesto en la Metodología; las arcillas grises pueden considerarse Marginales y no es conveniente que sean directamente explanada.

Las explanadas que se realicen en roca corresponden a la categoría E–3 y puede indicarse lo dicho a este respecto en el estudio de anteriores Zonas Geotécnicas.

Obras subterráneas

Los niveles margosos o arcillosos de II^1_3 se consideran terreno Medio, según los criterios expuestos en la Metodología. La aplicación de la clasificación de Bieniawski (1979) a las calizas de esa Zona las sitúa entre las clases Muy Mala y Muy Buena, dadas las notables variaciones tanto de fracturación como de resistencia y posibles flujos de agua.

La Zona II^2_3 , en conjunto, puede considerarse entre las clases IV (Mala) y V (Muy Mala).

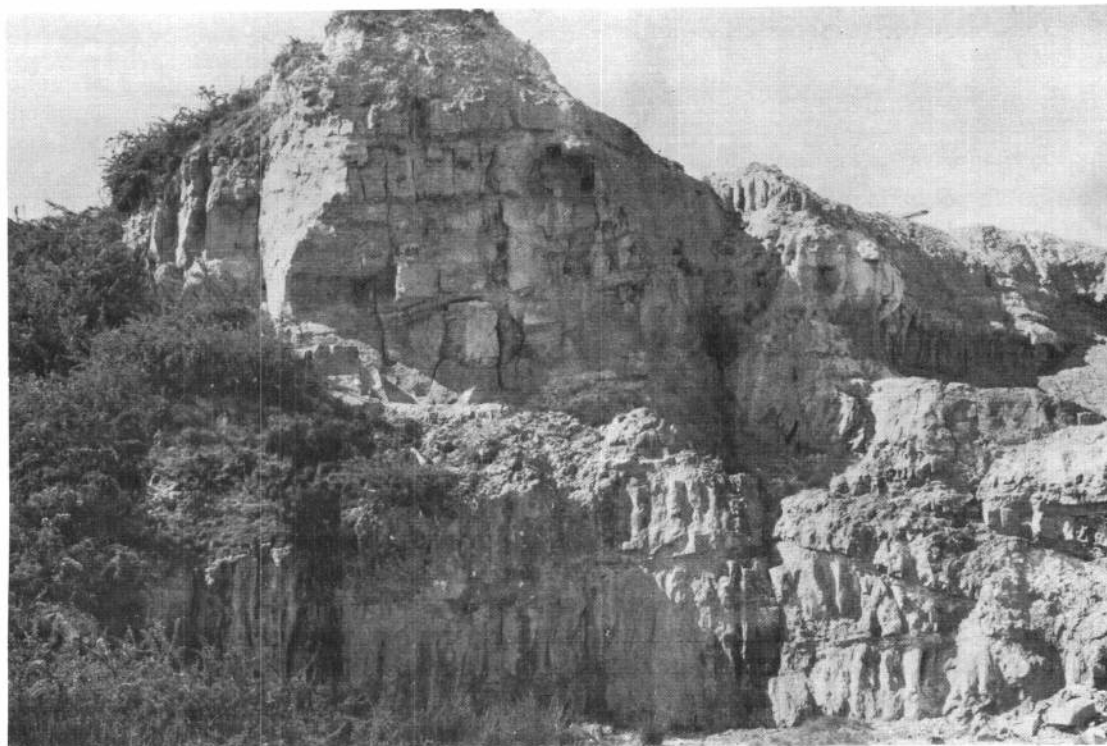
3.2.2.4. ZONA II^3_3

Localización

La Zona II^3_3 se dispone formando bandas en contacto con las Zonas II^1_3 y II^2_3 ; se encuentra en la mitad E del Mapa I y, también en él, en los relieves que limitan con los materiales paleozoicos que alcanzan el cabo de Torres. En el Mapa II se extiende de este a oeste formando fajas de amplitud variable.

Características litológicas y tectónicas

Esta Zona incluye los materiales del Dogger (J_3), en general constituídos por conglomerados de cantos de cuarcita, heterométricos, con matriz arenosa y desigual grado de cementación. Se intercalan lentejones de areniscas y arenas amarillentas, ocasionalmente. El tamaño máximo observado de los cantos es de 25 cm. En los afloramientos próximos al Cabo de Torres (ver fotografía 7), la Zona II^3_3 está formada por areniscas de tonos ocres y amarillentos, dispuestas en bancos de espesor máximo del orden de 1 m, con intercala-



Fotografía núm. 7.— Aspecto de J_3 (Zona II^3_3) en el afloramiento situado al oeste del Musel.

ciones de arenas limosas con potencia máxima de 20 cm. Generalmente los conglomerados antes descritos se presentan en bancos potentes, de varios metros de espesor (3–5 m).

La potencia de esta formación varía entre 50 y 80 m y puede considerarse errática, a veces con cambios de facies laterales y verticales importantes y otras veces francamente homogénea.

La disposición de los materiales de II^3_3 sigue la línea general del Jurásico: buzamientos suaves por lo común inferiores a 15° , con valores locales algo superiores. A escala de afloramiento, se desarrollan diaclasas sensiblemente normales a la estratificación con ocasionales fracturas oblicuas que individualizan bloques de diverso tamaño.

Características geomorfológicas

Laderas con pendientes generalmente comprendidas entre 30 y 70 por ciento; a veces la Zona II^3_3 llega a ocupar la parte más alta de las rasas litorales, como sucede al E de Gijón en cuyo caso las pendientes dominantes son inferiores al 5 por ciento. Por consiguiente, la Zona II^3_3 es de accesibilidad entre fácil y difícil y sólo admite en parte uso intensivo.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

La permeabilidad de los materiales de II^3_3 está ligada a su naturaleza, grado de cementación y diaclasado. En principio solamente los niveles de areniscas son permeables; los conglomerados, a veces, se encuentran sin cementar y su comportamiento frente a la infiltración es análogo al de las areniscas.

El drenaje, en general, es favorable y se realiza por escorrentía fundamentalmente e infiltración local. El coeficiente de escorrentía puede tomarse $C = 0,35–0,65$.

b) Hidrología subterránea

Los niveles de areniscas y alguna zona de conglomerados dan lugar a pequeños acuíferos independientes entre sí y de escasa continuidad e importancia. Sus características hidráulicas son deficientes, con valores de transmisividad y coeficiente de almacenamiento bajos. A cotas de cimentación habitual pueden presentarse problemas de nivel freático de pequeña relevancia y de carácter local.

Riesgos geológicos

Se relacionan con movimientos de laderas, en las que se han observado reptaciones y deslizamientos activos del recubrimiento de carácter local. También pueden producirse desprendimientos en los cantiles costeros ante la acción combinada de la erosión marina y el desarrollo de presiones hidrostáticas en la red de diaclasado.

En el Mapa de Riesgos Geológicos, la Zona II^3_3 se ha representado con niveles de riesgo, de la naturaleza citada, medio y bajo.

Características geomecánicas

No se han efectuado labores de reconocimiento en campo en esta Zona; las observaciones permiten suponer que la resistencia de los niveles conglomeráticos cementados y de las areniscas es Alta y Moderada respectivamente, utilizando los términos recomendados por la ISRM. Los niveles de conglomerados no cementados muestran compacidad Muy densa y las arenas densa o muy densa.

En el estudio de las características mecánicas del macizo deben tenerse presentes las fracturas que lo afectan.

Características constructivas

Condiciones de cimentación

Las presiones admisibles, en función de la naturaleza y compacidad de los materiales pueden estimarse en el intervalo $\sigma_{ad} = 3-6 \text{ kg/cm}^2$. La cimentación deberá efectuarse sobre material sano, eliminando los suelos y la parte superficial alterada o descompuesta; podrá ser de tipo superficial mediante zapatas o losa en el caso de que se detecten variaciones litológicas o mecánicas importantes.

Los problemas de cimentación se reducen a la necesidad de eliminar la zona superficial alterada, las posibles variaciones litológicas que pueden originar asientos diferenciales y la posible existencia de aguas freáticas que no producirán problemas de agotamiento importantes.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

La zona de suelo de formación alterada constituye Terreno Medio; los conglomerados son ripables o no ripables en función de su compacidad y cementación.

Estabilidad de taludes

Los taludes artificiales serán estables según los términos definidos en la Metodología. El desarrollo de la fracturación puede originar desprendimientos de bloques y la degradación superficial da lugar a caída de cantos.

Empujes sobre contenciones

Serán de tipo Bajo o Medio.

Aptitud para préstamos

Los materiales de II^3_3 , con excepción de sus recubrimientos arenoarcillosos, son Aptos; de hecho, se han utilizado y se utilizan los procedentes de algunas explotaciones que en esta formación se encuentran en el área estudiada.

Aptitud para explanada de carreteras

Se trata de materiales entre Marginales y Aptos.

Obras subterráneas

De acuerdo con los términos definidos en la Metodología, se consideran terreno Medio.

3.2.2.5. ZONA II^4_3

Localización

En el Mapa I constituye los terrenos de su límite oriental, en el Mapa II ocupa una importante extensión que limita con la precedente Zona Geotécnica.

Características litológicas y tectónicas

La Zona II^4_3 comprende materiales del Malm en facies Purbeck (J_4). En el ámbito del estudio su composición litológica incluye areniscas de tonos pardos dispuestas en bancos de espesor muy variable de una zona a otra, entre 10 cm y unos 4–5 m, en ocasiones laminadas; en superficie muestran grado de alteración III–IV (escala de D.G. Moye). Estas areniscas son de grano fino a medio, de subanguloso a subredondeado, de cuarzo y cuarcita. Entre los paquetes areniscosos se intercalan arcillas más o menos arenosas de tonos variados (marrón–rojizo, grisáceo, verdoso, vinoso), dispuestas en bancos de espesor inferior a un metro, masivas o laminadas.

Ocasionalmente se observan niveles de calizas pardas en bancos de espesor menor de 20 cm, muy fracturadas. La potencia de la formación se evalúa entre 140 y 160 m y, dadas las variaciones litológicas y de espesor de sus materiales puede considerarse errática.

Al igual que las Zonas precedentes, la disposición de los materiales de II^4_3 es subhorizontal con buzamientos máximos del orden de 15° , salvo en la franja que limita con los materiales cretácicos, donde se acentúan, alcanzándose inclinaciones alrededor de los 30° .

A escala de afloramiento, se desarrollan fracturas normales a los planos de estratificación que, con otras diaclasas oblicuas, forman cuñas rocosas de desiguales dimensiones.

Características geomorfológicas

La Zona II^4_3 forma laderas con fuertes pendientes entre las que predominan las comprendidas en el intervalo $P = 30$ – 70 por ciento, si bien se encuentran áreas amplias en que $P = 8$ – 30 por ciento. A esas laderas siguen cimas redondeadas en las que se dan áreas con pendientes inferiores al 8 por ciento.

La accesibilidad de II^4_3 es, pues, variable, entre fácil y difícil y admite uso intenso en una proporción bastante reducida.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

La permeabilidad de los materiales II^4_3 es variable en función de su naturaleza: los niveles areniscosos admiten una cierta permeabilidad intergranular y por fracturación, en tanto que los niveles arcillosos son prácticamente impermeables. El drenaje, en general, es favorable y se realiza por escorrentía e infiltración; se realiza a través de los numerosos arroyos que la surcan. El coeficiente de escorrentía puede considerarse variable en el intervalo $C = 0,35$ – $0,65$.

b) Hidrología subterránea

Puede indicarse algo análogo a lo dicho en la Zona II^3_3 : los niveles de areniscas dan lugar a pequeños acuíferos independientes entre sí y de escasa continuidad e importancia. Los valores de transmisividad y coeficiente de almacenamiento son bajos y en relación con cimentaciones pueden aparecer problemas de drenaje que, en principio, no parecen graves, relacionados con el agua retenida por dichos niveles areniscosos.

Riesgos geológicos

También en esta Zona los riesgos observados y representados puntual y zonalmente en el Mapa de Riesgos Geológicos, se relacionan con problemas de estabilidad en laderas, en particular originados por la apertura de carreteras o pistas. El proceso

constructivo aumenta la inclinación natural del talud con el consiguiente incremento de los esfuerzos cortantes; a ello se une la acción del agua que infiltrada a través de juntas o de las propias areniscas produce la saturación de los niveles arcillosos y desencadena el deslizamiento de estos materiales a los que acompañan bloques de areniscas de los niveles suprayacentes.

Asimismo, se han observado fenómenos de reptación en pendientes superiores a 18°.

Características geomecánicas

Los ensayos de campo realizados en esta Zona se han reducido a la ejecución de dos penetraciones dinámicas y dos pocillos para toma de muestras destinadas a efectuar ensayos de compactación.

Las penetraciones dinámicas dieron rechazo a 3,82 y 2,64 m, con valores de p a más de 1 m de profundidad inferiores a 0,9 cm/golpe.

Aunque no se dispone de datos de laboratorio, se estima que la resistencia a compresión simple de las areniscas sanas puede ser moderada ($q_u = 200-600 \text{ kg/cm}^2$) según los términos descriptivos recomendados por la ISRM. Las observaciones de campo permiten suponer a los niveles arcillosos sanos con consistencia Moderadamente Firme a Firme, con probable resistencia a compresión simple comprendida entre 1 y 4 kg/cm^2 ; su deformabilidad bajo cargas de cimentación habituales (menos de 4 kg/cm^2) debe ser pequeña por tratarse de arcillas preconsolidadas.

Los ensayos efectuados con los materiales de los pocillos A-1 y A-2 han proporcionado los siguientes resultados.

Pocillo	Densidad máxima	Humedad óptima %	CBR 100 ^o /o Proctor N	Materia org. %	Límite líquido	% o pasa tamiz 200	USCS
A-1	1,78	14,9	5	1,60	28,2	74,85	CL
A-2	1,91	11,3	19	1,25	—	37,96	SM

De acuerdo con el PPTG los materiales de A-1 y A-2 constituyen suelos tolerables para su empleo en terraplenes.

Características constructivas

Condiciones de cimentación

Las presiones admisibles en la Zona II⁴₃ pueden variar notablemente en función de la naturaleza areniscosa o arcillosa del terreno de cimentación, el diaclasamiento y el espesor de los estratos. Puede considerarse el intervalo $\sigma_{ad} = 1,2-5 \text{ kg/cm}^2$, límites que corresponderían a las arcillas moderadamente firmes y a las areniscas en un medio estratificado a veces bastante diaclasado. El tipo de cimentación más probable es el superficial mediante zapatas o losa si se prevén variaciones litológicas o estructurales importantes. La cimentación deberá efectuarse sobre la formación sana, lo que eventualmente puede exigir pozos o pilotes perforadores si el espesor alterado es importante.

Los problemas de cimentación se relacionan con la presencia de tramos superficiales alterados, las variaciones litológicas y mecánicas de los materiales existentes y la posible presencia de aguas freáticas que precisen agotamientos que no se prevén importantes. Debe tenerse en cuenta las modificaciones en los taludes que la construcción en zonas con pendientes fuertes introducirá; ya se ha indicado la alta sensibilidad de los materiales de II⁴₃ a los cambios de su geometría actual, a los que responden con deslizamientos, que afectarían a la estabilidad de la cimentación.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Los materiales superficiales alterados se consideran terreno Medio—Duro y los sanos pueden variar entre Duros y No ripables.

Estabilidad de taludes

En las condiciones descritas en la Metodología, los taludes realizados en II^4_3 pueden ser estables o inestables según los materiales a que afecten. En general, puede decirse que los taludes deben dotarse de sistema de drenaje adecuado a sus características pues de lo contrario a corto o medio plazo se producirá su ruína, si la componente arcillosa en su estructura es importante.

Empujes sobre contenciones

Pueden variar entre Medios y Altos.

Aptitud para préstamos

Las areniscas se consideran rocas adecuadas para su empleo en pedraplenes si cumplen determinadas exigencias de granulometría y forma de partículas después de su proceso de triturado y clasificación. Las arcillas se consideran No Aptas.

Aptitud para explanada de carreteras

De acuerdo con las definiciones establecidas en la Metodología, la parte superficial más o menos alterada, de II^4_3 se considera Marginal por tratarse de suelos tolerables, que no es conveniente constituyan directamente explanada.

Obras subterráneas

En conjunto se considera II^4_3 como terreno Medio, con mejores características de los tramos areniscosos que en la clasificación de Breniawski (1979) pueden encontrarse en las clases III (Media) y IV (Mala).

3.2.2.6. ZONA II^1_4

Localización

La Zona II^1_4 constituye una banda de dirección aproximada NO—SE localizada en el ángulo SO del Mapa II, limitada al N por la Zona geotécnica precedente.

Características litológicas y tectónicas

La Zona II^1_4 está definida por materiales del Cretácico Inferior, Barremiense, en facies Weald (C_1). Consta de conglomerados masivos predominantes con cantos heterométricos, hasta tamaño bloque, de cuarzo y cuarcita; su matriz es arenosa y no se encuentran cementados pero sí más o menos compactos. Aparecen niveles minoritarios de areniscas ocre y blanquecinas, de tipo lentejonar, de espesor del orden de 40 cm y desigual grado de alteración y compacidad. También se observa la presencia de arenas arcillosas blanquecinas y arcillas de tonos rojizos y blanquecinas que corresponden al tipo CL (arcillas de baja plasticidad) en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, con límite líquido de

una muestra ensayada igual a 39,9 e índice de plasticidad 15,9. La potencia de esta formación en el área estudiada es de unos 35 m y puede considerarse algo errática por la variedad y disposición de sus materiales.

La formación presenta buzamientos del orden de 30° al SO.

Características geomorfológicas

Constituye laderas con pendientes predominantes P entre 30 y 70 por ciento. Su accesibilidad, en general, es difícil y no admite uso intensivo.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

Los materiales de II^1_4 son semipermeables o con permeabilidad baja, con presencia de niveles arcillosos impermeables. El drenaje de la Zona es favorable y en su mayor proporción se efectúa por escorrentía. El coeficiente de escorrentía puede tomarse $C = 0,50-0,65$.

b) Hidrología subterránea

Dada la baja permeabilidad de sus materiales la Zona II^1_4 no posee interés como acuífero. En relación con las cimentaciones puede aparecer localmente algún pequeño problema de nivel freático.

Riesgos geológicos

Se observan algunas reptaciones y deslizamientos superficiales del recubrimiento y en algunas zonas con niveles arcillosos y arenosos. En el Mapa de Riesgos Geológicos aparecen áreas con los tres niveles de riesgo de movimiento en laderas especificadas en su correspondiente leyenda.

Características geomecánicas

Si bien no se han efectuado sondeos u otro tipo de reconocimiento en esta Zona, las observaciones de campo indican que los conglomerados son materiales muy compactos según la escala de compacidad descrita por Terzaghi—Peck. Los niveles arenosos, cuando no son areniscas, son compactos (en la misma escala), lo que equivaldría a valores de N en el ensayo de penetración estándar comprendidos entre 30 y 50; los niveles arcillosos presentan una consistencia media a semidura (Terzaghi—Peck, 1948).

Características constructivas

Condiciones de cimentación

Las presiones admisibles, en función de la naturaleza y compacidad de los materiales existentes pueden considerarse variables en el intervalo $\sigma_{ad} = 1,5-6 \text{ kg/cm}^2$. El límite inferior viene marcado por la presencia, aunque minoritaria, de niveles de arcillas. El tipo de cimentación más probable es el superficial mediante zapatas o losa en el caso de que existan variaciones litológicas importantes.

Los problemas de cimentación se relacionan con esas variaciones litológicas que originen asentamientos diferenciales inadmisibles y la posible presencia de aguas freáticas relacionadas con niveles colgados, que es probable no produzcan problemas de agotamiento importantes.

Dadas las pendientes topográficas de la Zona, la ejecución de cimentaciones exigirá un acondicionamiento del terreno que puede introducir factores de inestabilidad, de forma particular si las explanaciones afectan a niveles arcillosos, en cuyo caso deberán tomarse las medidas oportunas para evitar deslizamientos más o menos importantes.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Los conglomerados pueden ser ripables o no ripables, la excavación de los niveles arenosos o arcillosos pueden hacerse por medios mecánicos sin dificultad.

Estabilidad de taludes

Los taludes artificiales en los supuestos establecidos en la Metodología, se consideran estables. Se han observado taludes verticales de unos 15 m de altura estables pero con algunos desprendimientos de cantos.

Empujes sobre contenciones

Pueden variar desde Bajos a Medios.

Aptitud para préstamos

Salvo los materiales arcillosos, los restantes materiales de II^1_4 son Aptos; la categoría del suelo dependerá de las características del material elaborado.

Aptitud para explanada de carreteras

Se trata de materiales Aptos, aunque pueden producirse variaciones en su capacidad portante por las diferencias litológicas existentes.

Obras subterráneas

Según las definiciones dadas en la Metodología, se trata de terreno Medio.

3.2.2.7. ZONAS II^2_4 y II^3_4

Localización

Estas dos Zonas aparecen contiguas a la precedente y situadas con el ángulo suroeste del Mapa II.

Características litológicas y tectónicas

La Zona II^2_4 incluye materiales del Aptense (C_2) y la II^3_4 del Albense (C_3); se han agrupado para su estudio por las semejantes características litológicas que muestran en el área estudiada. En conjunto, predominan los materiales arcillosos y arenosos, con intercalaciones más bien esporádicas de niveles calizos.

La Zona II^2_4 está compuesta por areniscas de grano medio que alternan con arcillas rojizas y grises, arcillas limolíticas y arenosas entre las que se intercalan algunos niveles de calizas arenosas recrystalizadas y, a techo de la formación aparecen, unos 5 m de calizas y margas grises y pardas. La potencia del conjunto se evalúa en unos 140 m.

La Zona II^3_4 está integrada por arcillas más o menos arenosas de tonos grises, roji-

zos y blanquecinos y arenas pardas, ocre—amarillentas y blancas, limpias o algo limosas, con desigual grado de cementación, desde cementadas hasta prácticamente sueltas. Una muestra de arcillas blancas tomada se clasifica como arcillas de baja plasticidad (CL), con límite líquido de 27,1 e índice de plasticidad 11,7; su cernido por el tamiz 200 es del 69,6 por ciento. La formación presenta también algún potente nivel conglomerático intercalado. La potencia de II^3_4 en el área estudiada alcanza un máximo de 150 m.

La disposición de estos materiales es lentejonar, con cambios laterales importantes que confieren a estas Zonas carácter de erráticas.

El conjunto de los materiales del Aptense y del Albense se encuentra fuertemente fallado y plegado, con direcciones dominantes de los elementos tectónicos en el área estudiada NO—SE; los estratos presentan buzamientos en torno a los 30° .

Características geomorfológicas

Las Zonas II^2_4 y II^3_4 ofrecen un relieve alomado con pendientes dominantes comprendidas en el intervalo 8—30 por ciento que suponen inclinaciones de 5 a 18° aproximadamente. Su accesibilidad oscila entre media y difícil y, en general, no admiten uso intensivo.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

La naturaleza litológica de estas Zonas implica la coexistencia de materiales permeables, semipermeables e impermeables. Su drenaje, globalmente, es favorable, con esorrentía activa e infiltración por porosidad intergranular variable. El coeficiente de esorrentía admite el intervalo $C = 0,35—0,65$.

b) Hidrología subterránea

El tipo, distribución y potencia de los niveles permeables e impermeables hacen que estas Zonas constituyan acuíferos de variables características. Pueden aparecer acuíferos colgados que, en relación con las cimentaciones, pueden dar problemas de agotamiento más o menos importantes.

Riesgos geológicos

Los riesgos detectados en estas Zonas se relacionan con movimientos en laderas, ya sean por causas naturales o por introducción de factores de inestabilidad como son la apertura de pistas o el acondicionamiento del terreno para la construcción. Los deslizamientos profundos más importantes se encuentran en el límite oeste del área estudiada, en el Albense (II^3_4), ocurridos con ocasión de lluvias intensas hace del orden de 60 años. Por otra parte, tanto en II^2_4 como en II^3_4 se observan numerosas reptaciones y deslizamientos superficiales preferentemente localizados en áreas con pendientes topográficas superiores a 18° .

Características geomecánicas

La variabilidad de los materiales de estas Zonas conduce a una gama de sus condiciones mecánicas notable. Las observaciones de campo indican que los niveles arenosos, cuando no constituyen areniscas, presentan compacidad de Media a Compacta (Terzaghi—Peck, 1948), a profundidad mayor de 1—1,5 m, que supondría valores de N en el ensayo de penetración estándar comprendidos entre 10—30 y 30—50 respectivamente. Los niveles arcillosos poseen consistencia entre Media y Semidura y son presumibles resistencias a compresión simple entre 0,5 y 2 kg/cm².

La muestra E-49, procedente de un demuestre superficial, se sometió al ensayo Lambe para determinar su potencial expansivo y dio por resultado su calificación de crítica, con índice de expansividad de $0,614 \text{ kg/cm}^2$. Ello conduce a recomendar el estudio de las propiedades de expansividad de los materiales arcillosos de estas Zonas particularmente en el tramo de terreno sometido a cambios de humedad.

No se han efectuado ensayos de compactación en estas Zonas pero puede decirse que los niveles arenosos constituyen suelos adecuados o seleccionados para su empleo en terraplenes según las especificaciones contenidas en el PPTG; los niveles de arcillas arenosas pueden constituir suelos tolerables como máximo.

Características constructivas

Condiciones de cimentación

Por las características de compacidad y consistencia de los materiales de II^2_4 y II^3_4 pueden considerarse presiones admisibles variables en el intervalo $\sigma_{ad} = 0,4-3,5 \text{ kg/cm}^2$; estos valores pueden ser superiores en algún punto en que aparezcan niveles conglomeráticos o calizos potentes.

El tipo de cimentación puede ser superficial o profunda. En el caso de utilizar cimentación superficial es recomendable, si el aspecto económico lo permite, la losa debido al carácter errático de las formaciones y siempre que los asientos inducidos sean aceptables.

Los problemas de cimentación se relacionan con el carácter fuertemente errático de la distribución de los materiales que puede originar asuntos diferenciales inadmisibles; ello obligará a reconocimientos minuciosos para conocer en cada punto las características litológicas y mecánicas de los materiales a que afectará la cimentación. Entre estas últimas debe considerarse la posible expansividad de los niveles arcillosos. Otro problema que puede presentarse es la intercepción del nivel freático relacionado con acuíferos colgados como ya se indicó en el apartado referente a características hidrológicas.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

En líneas generales los materiales de II^2_4 y II^3_4 se consideran terreno Medio, sin embargo la presencia de estratos calizos y conglomeráticos puede exigir el uso de martillo o incluso explosivos en función de su potencia, alteración y diaclasado.

Estabilidad de taludes

Los taludes artificiales del tipo descrito en la Metodología pueden ser estables o inestables; arenas con talud vertical y altura de unos 2 m se muestran estables con pequeño aterramiento de pie. El factor desestabilizante esencial es el agua que retenida por los niveles detríticos gruesos va saturando niveles arcillosos subyacentes y muchas veces se produce el deslizamiento a corto plazo.

Empujes sobre contenciones

Serán de tipo Medio a Alto, en función de la naturaleza del terreno y la presencia de agua.

Aptitud para préstamos

Los materiales de II^2_4 y II^3_4 se consideran Marginales y Aptos.

Aptitud para explanada de carreteras

Se trata de materiales Marginales o Aptos según las definiciones dadas en la Metodología.

Obras subterráneas

Se consideran terrenos Medios o Difíciles, incluso localmente Muy Difíciles.

3.2.2.8. ZONA II⁴₄

Localización

La Zona II⁴₄ constituye varios afloramientos dentro del conjunto cretácico del ángulo SO del Mapa II.

Características litológicas y tectónicas

Los materiales que forman la Zona II⁴₄ son calizas arenosas entre las que se intercalan margas arcillosas y arenas. El espesor del conjunto se evalúa en unos 60 m. Estos materiales se encuentran muy tectonizados, con buzamientos comprendidos entre 10 y 30° y forman estructuras sinclinales.

Características geomorfológicas

Las pendientes dominantes se encuentran en el intervalo P = 32–70 por ciento, que corresponde a inclinaciones entre 18 y 35° aproximadamente; se observan algunos cantiles en su contacto con la Zona II³₄.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

Coexisten materiales permeables por fracturación y por porosidad intergranular y materiales impermeables. El drenaje, favorable, se verifica fundamentalmente por escorrentía. El coeficiente de escorrentía puede tomarse C = 0,50–0,65.

b) Hidrología subterránea

Los niveles calizos, en función de su fracturación, pueden almacenar agua pero, en relación con cimentaciones, no se esperan problemas graves en ese sentido.

Riesgos geológicos

Se relacionan con movimientos en laderas. Se observan algunas reptaciones del recubrimiento y algún desprendimiento de bloques calizos en cantiles, producidos por descalce debido a la erosión de niveles blandos subyacentes.

Características geomecánicas

Se estima que la resistencia a compresión simple de las calizas de II⁴₄ es Moderada ($q_u = 200\text{--}600 \text{ kg/cm}^2$) según la terminología recomendada por la ISRM; la compacidad de los niveles arcillosos y arenosos parece análoga a la de las Zonas II²₄ y II³₄. La resistencia del macizo calizo está condicionada a las características de sus discontinuidades;

utilizando la escala de Deere (1963) relativa al RQD, las calizas pueden clasificarse en las categorías Mala (RQD= 25–50) a Media (RQD= 50-75).

Características constructivas

Condiciones de cimentación

Las presiones admisibles, en función de la naturaleza de los materiales que integran la Zona II⁴, pueden considerarse variables en el intervalo $\sigma_{ad} = 1,2-10 \text{ kg/cm}^2$. El límite inferior viene definido por la presencia de niveles margosos y arenosos y el superior es aplicable a los materiales calizos.

El tipo de cimentación más probable es el superficial mediante zapatas o losa si se prevén cambios litológicos importantes en la zona de apoyo. Las zapatas sobre calizas deben poseer una superficie mayor de 4 veces el área del pilar o $1 \times 1 \text{ m}$ para evitar efectos de punzonamiento y excentricidades. Los problemas de cimentación se centran en el desigual comportamiento mecánico de los materiales existentes y de posible presencia de agua freática ligada a los niveles calizos, aunque no se esperan problemas de agotamiento importantes.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Los materiales de II⁴ se consideran terrenos de Medio–Duro a No Ripable; las calizas salvo zonas muy fracturadas, precisarán el empleo de explosivos para su excavación.

Estabilidad de taludes

Incide en la estabilidad la naturaleza de los materiales del talud: los realizados en calizas serán estables, salvo posibles desprendimientos puntuales debidos a la fracturación; los que afecten a margas, arcillas y arenas pueden ser inestables a corto plazo si no se les dota de los sistemas de drenaje adecuados.

Empujes sobre contenciones

Las contenciones de los niveles calizos no serán necesarias; los empujes debidos a los niveles arcillosos y arenosos pueden variar de medios a altos.

Aptitud para préstamos

Las calizas se consideran rocas adecuadas en el P.P.T.G. para su empleo en pedraplenes. Los restantes materiales se consideran Marginales, según las definiciones dadas en la Metodología.

Aptitud para explanada de carreteras

La explanada que se realiza en roca posee categoría E–3; los demás materiales se consideran Marginales de acuerdo con lo establecido en la Metodología.

Obras subterráneas

Las calizas pueden situarse en la clasificación de Bieniawski (1979) entre las categorías III (Media) y II (Buena). Los materiales margosos y arenosos se consideran terreno Medio según los términos dados en la Metodología.

3.2.3. AREA III

3.2.3.1. ZONA III₁

Localización

La Zona III₁ constituye una pequeña mancha triangular localizada en el ángulo SO del Mapa II y representa una pequeña muestra de la extensa cuenca terciaria que se extiende hacia el sur hasta Oviedo.

Características litológicas y tectónicas

En el ámbito geográfico del presente estudio los materiales terciarios que constituyen III₁ son conglomerados de cantos calizos, heterométricos, con tamaños de diámetro hasta de 80 cm, con matriz arenosa escasa y cementados. Se encuentran niveles discontinuos de areniscas rojizas, arenas poco limosas del mismo tono y arcillas arenosas también rojizas. Una muestra tomada de estas últimas indica que son arcillas arenosas de baja plasticidad (CL), con límite líquido 38,7 e índice de plasticidad 13,7; su cernido por el tamiz 200 fue del 63,11 por ciento. La disposición mutua de todos esos materiales es muy errática como puede observarse en la fotografía 8.

El espesor de los depósitos terciarios se evalúa en unos 150 m en la zona de Oviedo y algunos sondeos mineros realizados en los bordes del surco Oviedo—Infiesto han atravesado 250 m. En el aspecto tectónico, se observan algunas fracturas de espaciado muy amplio.



Fotografía núm. 8.— Aspecto del Terciario (T₁), Zona III₁.

Características geomorfológicas

Laderas con pendientes del orden del 5—10 por ciento; su accesibilidad es fácil—media y admite en parte uso intensivo.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

Los materiales de III₁ se consideran, en el ámbito del estudio, de semipermeables a impermeables. Su drenaje es aceptable, efectuándose por escorrentía y débil infiltración. El coeficiente de escorrentía puede tomarse $C = 0,50-0,65$.

b) Hidrología subterránea

No se espera la presencia de agua a cotas habituales de cimentación; sí solamente un grado de saturación más o menos alto debido a la infiltración del agua de lluvia. Por consiguiente no se presentarán problemas de drenaje por afluencia importante de agua a las excavaciones.

Riesgos geológicos

En esta Zona no se aprecian riesgos específicos más que los de tipo general como es el riesgo sísmico.

Características geomecánicas

Los materiales conglomeráticos cementados poseen una resistencia alta y los niveles de arcillas arenosas, salvo el metro más superficial presentan consistencia entre Dura y Semidura en la escala de Terzaghi—Peck (1948), que puede suponer resistencias a compresión simple entre 1 y 4 kg/cm².

Características constructivas

Condiciones de cimentación

Las presiones admisibles pueden considerarse variables en el intervalo $\sigma_{ad} = 1,20-6$ kg/cm², amplio debido a la variación de las características litológicas de los materiales de III₁. El tipo de cimentación más probable es el superficial preferentemente por losa debido a los notables cambios litológicos que aparecen en distancias reducidas; la utilización de zapatas supone un conocimiento previo muy exacto de la distribución y naturaleza de los materiales de apoyo.

Los problemas de cimentación se relacionan con la posible aparición de asientos diferenciales por los citados cambios litológicos, variaciones del espesor de estratos, presencia de niveles no cementados, etc.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Los materiales de III₁ se clasifican como terreno de Medio a No Ripable. La ejecución de zanjas puede precisar tanto el empleo de retroexcavadoras como la utilización más o menos continua de martillo perforador o pequeños barrenos incluso.

Estabilidad de taludes

Se han observado taludes artificiales subverticales con altura de unos 4—5 m estables, con algún desprendimiento de cantos procedentes del conglomerado. Los materiales arcillosos sufrirán una degradación a corto y medio plazo que producirá aterramientos de pie.

Empujes sobre contenciones

Pueden variar de Bajos a Medios.

Aptitud para préstamos

Los materiales de III₁ se consideran Aptos y Marginales

Aptitud para explanada de carreteras

Una vez eliminada la capa superficial vegetal, los materiales de esta Zona pueden considerarse Aptos o Marginales, en función de su naturaleza conglomerática o arcillosa respectivamente.

Obras subterráneas

De acuerdo con los términos establecidos en la Metodología, se trata de terreno Medio.

3.2.4. AREA IV

3.2.4.1. ZONA IV₁

Localización

La Zona IV₁, definida por los depósitos de playa, se localiza en el casco urbano de Gijón, donde en gran parte queda oculta por las edificaciones en ella ubicadas, y al oeste de la ría de Aboño, donde periódicamente queda cubierta por las aguas como consecuencia de los movimientos mareales.

Características litológicas

La delimitación de esta Zona en el casco urbano de Gijón se ha efectuado mediante contacto supuesto, basado en los numerosos sondeos de reconocimiento geotécnico facilitados por el Excmo. Ayuntamiento de Gijón y por Sondeos Cobián.

La Zona IV₁ está compuesta por arenas limpias de playa, calcáreas, de tonos amarillos, que en la parte correspondiente al casco urbano de Gijón se encuentran recubiertas por rellenos artificiales de naturaleza diversa con espesor hasta de 2,50 m. Su clasificación en el Sistema Unificado corresponde al tipo SW y prácticamente carecen de finos; su potencia, según los datos de que se dispone, alcanza un máximo del orden de 6 m.

Bajo estas arenas amarillas se encuentran materiales constituidos por depósitos de ría (arenas grises, conchíferas o no, con o sin gravas dispersas, fangos y niveles de materia orgánica) que se estudiarán de forma particular en el apartado correspondiente a la Zona IV₃ que definen. En sondeos realizados en la Avenida de Castilla se aprecia la indentación de las arenas grises de ría con las arenas amarillas que definen los depósitos de playa.

La Zona IV₁ debe considerarse errática por las variaciones de su potencia y la de los depósitos de ría subyacentes incluso notables en distancias muy reducidas (del orden

de 5–10 m), factor muy a tener en cuenta no ya para el diseño del tipo de cimentación sino para el cálculo de costos al poder variar sensiblemente las longitudes de los pilotes a utilizar.

Características geomorfológicas

Se trata de formas prácticamente llanas, con una ligera pendiente hacia el mar. Puede tomarse $P < 1$ por ciento. Admiten uso intensivo aquellas áreas que no sufren las inundaciones periódicas mareales.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

Los materiales de IV₁ son permeables y su drenaje, en general favorable, puede verse dificultado por la presencia del nivel freático a escasa profundidad. El coeficiente de escorrentía puede tomarse $C = 0,35–0,50$, según Instrucción de Carreteras. En la zona ocupada por la ciudad de Gijón el coeficiente de escorrentía, correspondiente a pavimentos de hormigón y bituminosos es $C = 0,70–0,95$.

b) Hidrología subterránea

El nivel freático aumenta desde la cota cero correspondiente al contacto con el mar hasta la profundidad de 3,50 m aproximadamente, con fluctuaciones periódicas correspondientes a los movimientos mareales. Debe tenerse en cuenta la agresividad del agua subterránea por presencia de cloruros.

Salvo pequeñas zanjas no próximas al mar, las excavaciones realizadas en esta Zona cortarán el nivel freático, originándose problemas de agotamiento, inestabilidad de paredes y sifonamientos.

Riesgos geológicos

Excepto la parte de IV₁ ocupada por el casco urbano de Gijón, el resto de esta Zona se encuentra sometida a las inundaciones periódicas mareales. En el Mapa de Riesgos Geológicos se ha señalado también un área aproximada en la que pueden dejarse sentir los efectos de mareas excepcionales y temporales y, con carácter remoto, cabe considerar los maremotos.

Características geomecánicas

Los datos de que se dispone, procedentes de los estudios geotécnicos citados, permiten indicar que las arenas de IV₁ presentan compacidad entre Muy Suelta ($N < 5$) y Media ($N = 10–30$), de acuerdo con la escala de Terzaghi–Peck, con predominio claro de la compacidad suelta, que corresponde a valores de N comprendidos entre 5 y 10.

Las características granulométricas de las arenas IV₁ permiten considerarlas como suelos adecuados o seleccionados para su uso en terraplenes, según la clasificación establecida en el P.P.T.G.

Características constructivas

Condiciones de cimentación

Las presiones admisibles, basadas en la densidad relativa o compacidad de las arenas y en la presencia del nivel freático y con los supuestos hechos en la Metodología pue-

den considerarse variables en el intervalo $\sigma_{ad} = 0,25-1,25 \text{ kg/cm}^2$. Por tanto, salvo para estructuras muy ligeras, la cimentación a utilizar en esta Zona es la profunda, mediante pilotes resistentes por la punta apoyados en los materiales jurásicos (Zona II¹₃) que subyacen; a título orientativo, que puntualmente deberá investigarse, las longitudes máximas de pilotes pueden situarse en torno a los 20–25 m.

La situación de cimientos por debajo del nivel freático constituye el mayor problema de esta Zona, pues deberá procederse a agotamientos importantes, aparecerán problemas de inestabilidad y sifonamientos; también deberá tenerse en cuenta las subpresiones sobre soleras y problemas de agresividad.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Se trata de materiales Blandos; la apertura de zanjas para ubicación de servicios podrá hacerse por medios mecánicos sin dificultad. Las dificultades aparecerán si estas zanjas interceptan el nivel freático pues, como se indicó anteriormente, se producirán problemas de agotamiento, inestabilidad de paredes y sifonamientos.

Estabilidad de taludes

Las excavaciones con profundidades superiores a 30 m y en muchas ocasiones con menor profundidad, interceptarán el nivel freático y serán inestables. Deberá recurrirse a pantallas.

Empujes sobre contenciones

Serán Medios sobre el nivel freático y Altos por debajo de él.

Aptitud para préstamos

Se trata de materiales Aptos pero por su localización carecen de interés.

Aptitud para explanada de carreteras

Se consideran materiales Aptos pero deberán compactarse adecuadamente.

Obras subterráneas

Afectarán la mayor parte de las veces a los depósitos de ría subyacentes, que se consideran terreno Muy Difícil. La construcción subterránea de túneles deberá hacerse por métodos especiales.

3.2.4.2. ZONA IV¹₂

Localización

Los aluviones más significativos, que definen la Zona IV¹₂, se localizan a lo largo de los ríos y arroyos más importantes del área estudiada; de oeste a este se tiene los ríos Pervera, Aboño, Pinzales y Piles y los arroyos Reconco, Veranes, Tremañes, Llantero, Vega, Meredal, San Miguel, Peña Francia y Ñora.

Características litológicas

La descripción de la naturaleza de los materiales que incluye esta zona se basa en

datos procedentes de los sondeos efectuados en el marco de este estudio y de diversos estudios geotécnicos consultados; los cortes naturales del terreno se reducen al margen de los arroyos, se permite observar un reducido espesor superficial de los aluviones.

La característica fundamental de la Zona es la heterogeneidad de los depósitos que la constituyen, tanto en aspecto, espesores y distribución. Aparecen, con carácter predominante, arcillas y limos de tonos pardos, marrón-rojizos, grises, pardo-amarillentos, entre los que se encuentran gravas subredondeadas con disposición lenticular; también se presentan arenas arcillosas marrón-rojizas y gravas con matriz arcillosa abundante. Predominan los materiales tipo CL (arcillas de baja plasticidad) y con menor frecuencia tipos ML (limos de baja plasticidad), CL-ML, SC, SM (arenas arcillosas y limosas) y CH (arcillas de alta plasticidad); su posición en el gráfico de plasticidad de Casagrande puede verse en la figura 11.

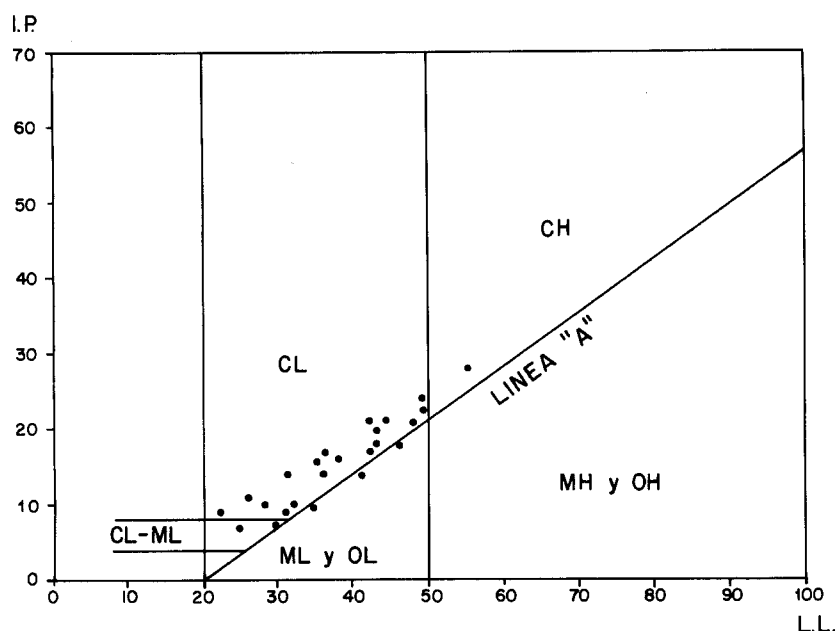


FIG. 11.- PLASTICIDAD DE LOS MATERIALES DE LA ZONA IV₂¹

La determinación cualitativa de sulfatos ha dado reacción débilmente positiva en algunas ocasiones, por lo que se recomienda investigar sistemáticamente el contenido en sulfatos.

La potencia de los aluviones es muy variable; incluso en distancias reducidas (10–15 m) se presentan variaciones de espesor de más de 2 m; según los datos de que se dispone varían entre 1,50 y 8–9 m, correspondiendo los valores más altos a los ríos Aboño y Piles. La Zona IV₂¹ debe considerarse errática.

Características geomorfológicas

En general, puede decirse que los aluviones de los ríos y arroyos muestran una amplitud progresiva desde su nacimiento hacia aguas abajo; sin embargo, se observan algunos encajamientos notables, en particular en los ríos Pinzales y Aboño como consecuencia de su paso por zonas rocosas con alta resistencia a la erosión. Los perfiles longitudinales, refiriéndonos a los ríos o arroyos cuyo nacimiento se encuentra en el ámbito geográfico del estudio, se inician con pendientes fuertes y muy fuertes, por encima del 20 e incluso del 30 por ciento, si bien en tramos relativamente cortos (del orden de 1 km o menos), las pendientes se suavizan uniformemente hasta el mar (existe, no obstante, algún aumento brusco intermedio) de forma que en la zona de desembocadura se tienen gradientes del orden del 0,4–0,5 por ciento.

Las laderas que limitan con los aluviones de IV₂ presentan pendientes variadas, que dependen de la naturaleza litológica de la Zona correspondiente; así el límite con II₁ y II₂ (depósitos triásicos) muestra inclinaciones comprendidas entre 5 y 18° en tanto que con las restantes zonas (calizas, conglomerados, cuarcitas) las inclinaciones se sitúan entre 18 y 35°, localmente mayores, hasta 50°.

La pendiente P puede tomarse $P < 5$ por ciento y, la Zona IV₁₂ admite, por tanto, uso intensivo, bajo este concepto.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

El coeficiente de escorrentía de la parte no inundada, según Instrucción de Carreteras, puede tomarse $C = 0,20-0,35$. Los materiales de IV₁₂ son permeables o semipermeables y el drenaje se considera aceptable, en parte dificultado por la presencia del nivel freático a muy poca profundidad, y se realiza en su mayor proporción por infiltración.

b) Hidrología subterránea

El nivel freático de los aluviones está, lógicamente, mantenido por el nivel del agua libre del río; la profundidad a que se encontrará el agua en los distintos puntos de la Zona será siempre relativamente pequeña, inferior a los 3 m, salvo en áreas donde se hayan acumulado vertidos antrópicos en los que dependerá del espesor de éstos.

Riesgos geológicos

Los aluviones presentan el riesgo de inundación por avenida. En el Mapa de Riesgos Geológicos se han representado las áreas inundables, que afectan a la totalidad de la Zona IV₁₂ e incluso localmente se extienden a Zonas Geotécnicas limítrofes. También se han destacado las áreas más conflictivas en principio, que corresponden a la confluencia de cursos de agua o zonas deprimidas con deficientes condiciones de evacuación. Entre las primeras se tiene la confluencia de los arroyos Reconco, Veranes y río Aboño, la de los arroyos Llantero y Vega con el río Piles y la confluencia del arroyo San Miguel con el río Piles; entre las segundas figura el área del arroyo de Tremañes en Tremañes.

El periodo de retorno de las avenidas en las áreas más amplias cartografiadas puede estimarse en 25–50 años, en tanto que el de los aluviales menores como son los de los arroyos Reconco, Pervera, Veranes, Peñaferuz y Meredal se estima en 5–10 años según datos testimoniales de inundaciones.

Las últimas inundaciones acaecidas en el ámbito del estudio datan del verano de 1983, cuando un fuerte temporal de lluvias afectó a gran parte de Asturias. Las lluvias, que en los días anteriores al 28 de julio habían afectado al casco urbano de Gijón, produjeron cuantiosos daños materiales, aunque no pérdidas humanas, al desbordarse los arroyos Aroles (Vega), Llantero y Tremañes el día 29 y afectar a los barrios de La Camocha, Granda, Mareo y Tremañes.

Características geomecánicas

Los ensayos de penetración estándar muestran valores de N comprendidos entre 8 y 47, correspondiendo las cifras más altas a niveles con gravas más o menos abundantes. Los ensayos de penetración dinámica efectuados en este estudio y los realizados en distintos estudios geotécnicos que se han consultado, muestran los siguientes intervalos de valores de p en cm/golpe:

— Para profundidades de 1,50–3 m	p = 0,4–10
— de 3 a 4,50 m	p = 0,2–5
— de 4,50 a 6 m	p = <0,1–2,2
— de 6 a 8 m	p = <0,1–2,25

La mayoría de las penetraciones dinámicas no sobrepasan los 8 m de profundidad. Estos valores de p evidencian la dispersión de las características resistentes de los niveles que integran los depósitos aluviales y la observación de los gráficos de penetración permite detectar la presencia de horizontes muy blandos, que corresponderían al valor de $N=2$.

En cuanto a parámetros de resistencia medidos en laboratorio, los valores de la resistencia a compresión simple obtenidos y otros procedentes de los diversos estudios geotécnicos consultados, varían en los niveles que constituyen el aluvial entre 0,56 y 1,08 kg/cm², cifras en consonancia con los valores de N en el S.P.T. para los niveles arcillosos. Los ensayos de resistencia al corte (ensayo rápido) dan cohesión $C=0,5-2,05$ kg/cm² y ángulo de rozamiento interno $\phi = 11,5-40^\circ$.

Respecto a las características de deformabilidad, los ensayos edométricos realizados dan los siguientes valores del índice de compresión C_c : para presiones entre 0,1 y 1,5 kg/cm², $C_c=0,017-0,014$; para presiones entre 1,5 y 3 kg/cm², $C_c=0,010-0,113$, entre 3 y 6 kg/cm² $C_c=0,040-0,133$ y para presiones entre 6 y 12 kg/cm², $C_c=0,086-0,179$. Los índices de poros en el terreno e_0 varían entre 0,608 y 0,723. En estos ensayos edométricos determinadas muestras constituídas por arcillas grises, desarrollan presiones por hinchamiento hasta de 3 kg/cm² (sondeo 8, muestra de 3,70-4 m).

Respecto a parámetros realizados con obras de tierra, se han efectuado ensayos de compactación e identificación cuyos resultados se muestran a continuación

Pocillo	Densidad máxima	Humedad óptima %	CBR 100% Proctor N	Materia org. %	Límite líquido	% pasa tamiz 200	USCS
A-6	1,83	14	8	2,10	33,3	43,24	SC
A-8	1,68	17,5	6	2,10	35,6	82,99	CL
A-15	1,61	20,6	5,2	—	45,9	91,35	CL
A-21	1,87	11,9	15,1	0,65	—	43,44	SM
A-29	1,58	25,7	3,8	2,65	48,7	87,15	CL

De acuerdo con el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, se trata de materiales inadecuados o tolerables, con predominio de los primeros.

Características constructivas

Condiciones de cimentación

Las presiones admisibles pueden considerarse variables en el intervalo $\sigma_{ad}=0,2-1,5$ kg/cm². Por el riesgo de inundación y la probable removilización de los aluviones en las avenidas se aconseja la cimentación profunda mediante pozos o pilotes apoyados en el sustrato. En el caso de que la potencia del aluvial sea reducida (< 2 m) cabe pensar en la cimentación directa sobre el sustrato. Para estructuras ligeras podrá, a veces, utilizarse la cimentación superficial mediante zapatas o losa, pero poniendo especial atención a los asientos diferenciales que se originarán por el carácter errático del terreno.

Los problemas de cimentación se relacionan con la presencia del nivel freático a poca profundidad, que causará subpresiones y requerirá agotamientos que pueden ser importantes. Deberá tenerse presente la posible expansividad de ciertos niveles y es conveniente el análisis sistemático del contenido en sulfatos.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

De acuerdo con la Metodología, los materiales de $IV^{1/2}$ se consideran Medios. La apertura de zanjas podrá hacerse por medios mecánicos sin dificultad, pero en caso de in-

terceptar el nivel freático se producirán problemas de afluencia de agua e inestabilidad local de paredes.

Estabilidad de taludes

Los taludes artificiales serán generalmente inestables, por la existencia de horizontes blandos y la presencia del nivel freático en la mayoría de los casos, salvo en excavaciones muy pequeñas.

Empujes sobre contenciones

En general serán altos.

Aptitud para préstamos

Según los criterios establecidos en la Metodología, los materiales de IV^1_2 se consideran en general No Aptos, a lo sumo Marginales. En muchos casos, por su reducido espesor, carecen de interés para préstamos.

Aptitud para explanada de carreteras

Pueden considerarse en líneas generales No Aptos.

Obras subterráneas

Por su débil espesor, las obras subterráneas afectarán el sustrato, cuya naturaleza depende de la ubicación del aluvial que se considere.

3.2.4.3. ZONAS IV^2_2 Y IV^3_2

Localización

La Zona IV^2_2 ocupa parte del área deprimida de Gijón, entre las rasas litorales que la limitan por el este y el oeste, en el Mapa I. La Zona IV^3_2 , definida por depósitos coluviales, se localiza en pequeños retazos distribuidos por la parte occidental del Mapa I.

Características litológicas

El afloramiento más extenso de IV^3_2 está constituido por arenas limosas, poco arcillosas, con cantos subredondeados y angulosos de cuarcitas y areniscas; otros coluviones representados se componen de limos de tonos ocre que engloban cantos y bloques de hasta 20 cm de diámetro, con potencia del orden de 3–5 m.

La Zona IV^2_2 definida por depósitos eluvio–coluviales, QE–C, engloba un conjunto de depósitos superficiales de origen vario, constituidos por materiales de alteración de los niveles calcáreos dolomíticos y margosos del Lías (J_1) y materiales detríticos intercalados o superpuestos a los anteriores de origen gravitacional. Todo ello da lugar a unos depósitos con un marcado carácter errático en naturaleza litológica, distribución mutua y espesor del conjunto, que puede variar entre unos pocos decímetros y unos 8 metros. Entre los materiales existentes se distingue:

– arcillas y limos ocre–amarillentos, a veces con gravas dispersas o formando delgados niveles; son los materiales predominantes y en el Sistema Unificado corresponde a tipos preferentemente CL, CL–ML y ML y con menor frecuencia CH y SC. A veces presentan sulfatos en pequeña proporción (< 0,2 por ciento) como se deduce de su débil reacción en la determinación cualitativa; su contenido en carbonatos es sumamente variable, desde nulo hasta valores del orden del 90 por ciento y más que se han obtenido en muestras de los sondeos 4 y 12 realizados en este estudio.

- arcillas marrón rojizas, con gravas, y arcillas abigarradas, que se clasifican en los tipo SC y CL.
- arcillas gris verdosas que corresponden a tipos MH y CL
- arcillas grisáceas de baja plasticidad (CL).

La situación de estos materiales en el gráfico de Casagrande puede verse en la figura 12.

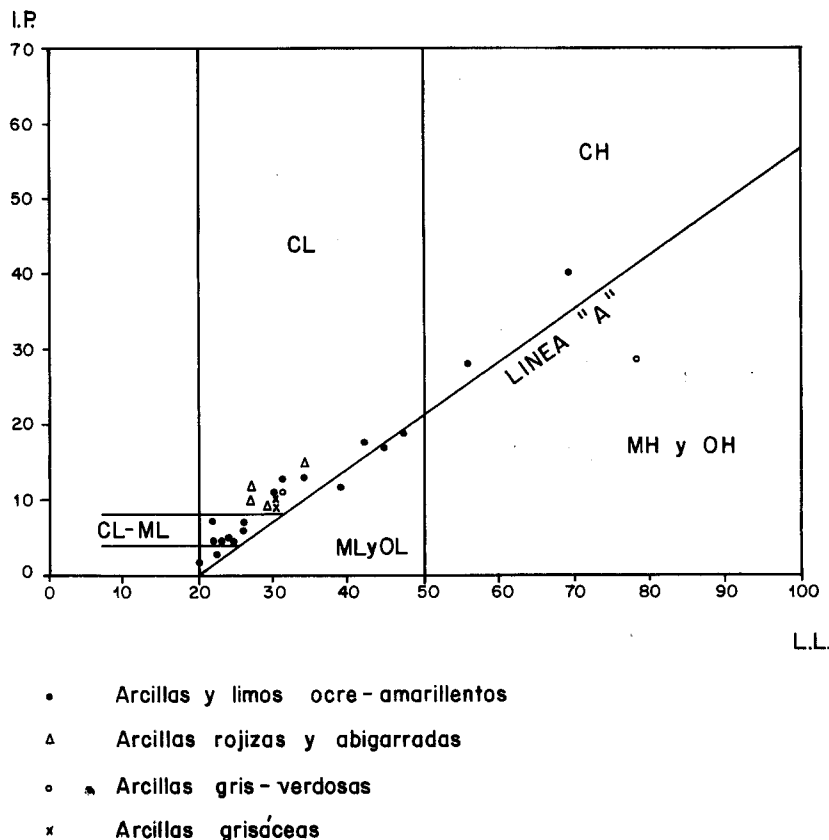


FIG. 12.- PLASTICIDAD EN LA ZONA IV_2^2

Características geomorfológicas

La Zona IV_2^2 presenta formas sensiblemente llanas, con pendientes suaves hacia el interior; puede tomarse $P < 3$ por ciento, alcanzándose localmente valores en torno al 8–9 por ciento. Su accesibilidad es, por tanto, muy fácil o fácil y en general admite uso intensivo.

La Zona IV_3^2 ocupa laderas con pendientes entre 4 y 30 por ciento y admite uso intensivo en una reducida extensión.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

Los materiales de la Zona IV_2^2 presentan permeabilidad por porosidad intergranular baja o muy baja; la calidad de su drenaje, que se realiza por escorrentía y débil infiltración, varía entre deficiente y aceptable. El coeficiente de escorrentía, según Instruc-

ción de Carreteras, puede tomarse $C = 0,35-0,50$, en áreas urbanas es $C = 0,70-0,95$.

Los materiales de IV^3_2 son permeables o semipermeables y su drenaje, en general, es favorable, efectuándose por infiltración más escurriente. El coeficiente C puede tomarse igual a $0,50-0,65$.

b) Hidrología subterránea

El nivel freático en esta Zona se relaciona con el acuífero calcáreo—dolomítico subyacente, que recordamos presentaba variables características hidrológicas en función de su carstificación, fracturación y presencia de niveles arcillosos.

En los reconocimientos practicados o consultados en la Zona IV^2_2 se ha detectado la presencia de agua a profundidades que varían entre 0,6 y unos 7 metros, por lo que en muchas ocasiones la ejecución de excavaciones interferirá el nivel freático.

Riesgos geológicos

En la Zona IV^3_2 se han detectado algunos deslizamientos superficiales en áreas de vaguada. En IV^2_2 no se aprecian riesgos específicos.

Características geomecánicas

Las arcillas y limos ocre—amarillentos muestran valores de N comprendidos entre 12 y rechazo, correspondiendo casi siempre los menores a la profundidad de 1,50 m; se trata, por tanto, de materiales de consistencia semidura y rígida (Terzaghi—Peck) con predominio de la segunda. Las arcillas rojizas, con cantos, dan valores de N , a 1,50 m, de 5 a 8, es decir, presentan consistencia media, que pasa a rígida a mayor profundidad. De las arcillas grises sólo se tiene un dato, a 3 m de profundidad, con $N = 20$, que corresponde a consistencia semidura.

Los ensayos de penetración dinámica dan los siguientes intervalos de valores de p , en cm/golpe:

— para profundidades menores de 1,50 m,	$p = < 0,1-6,65$
— de 1,50 a 3 m	$p = \text{Rechazo}-5$
— de 3 a 4,50 m	$p = \text{Rechazo}-2,85$
— de 4,50 a 6 m	$p = \text{Rechazo}-0,75$

Por lo general, en los gráficos de penetración no se observan grandes variaciones que indiquen la presencia de niveles blandos o muy blandos intercalados en profundidad.

En cuanto a parámetros de resistencia medidos en laboratorio, los valores de la resistencia a compresión simple obtenidos y otros procedentes de diversos informes geotécnicos consultados varían en el intervalo $qu = 0,97-6,8 \text{ kg/cm}^2$. Los ensayos de resistencia al corte, sin consolidación, dan valores de la cohesión $C = 0,64-1,29 \text{ kg/cm}^2$ y del ángulo de rozamiento interno $\phi = 26,5-33,8^\circ$ para las arcillas rojizas y abigarradas; las arcillas y limos ocre—amarillentos presentan $C = 0,5-1,2 \text{ kg/cm}^2$, $\phi = 16,7-32,5^\circ$ y de las arcillas grises se tienen los datos de un ensayo, con $C = 0,06 \text{ kg/cm}^2$, $\phi = 34,9^\circ$.

En lo que se refiere a las características de deformabilidad, los ensayos edométricos realizados o consultados dan los siguientes valores del índice de compresión C_c : para presiones entre 0,1 y 1,5 kg/cm^2 , $C_c = 0,017-0,030$; para presiones de 1,5 a 3 kg/cm^2 , $C_c = 0,016-0,123$; de 3 a 6 kg/cm^2 es $C_c = 0,023-0,106$ y para presiones entre 6 y 12 kg/cm^2 , $C_c = 0,026-0,186$. Los índices de poros en el terreno e_0 , varían entre 0,426 y 0,820.

Para determinar el potencial de expansividad de las arcillas ocre—amarillentas se han efectuado varios ensayos Lambe, cuyos resultados las califican desde no críticas a críticas, por lo que es conveniente estudiar esta propiedad si las cimentaciones se apoyan sobre estos materiales en la zona con posibles cambios en las condiciones de humedad.

Respecto a parámetros relacionados con obras de tierra, los ensayos de identificación y compactación realizados han dado los siguientes resultados:

Pocillo	Densidad máxima	Humedad óptima %	CBR 100% Proctor N	Materia org. %	Límite líquido	% pasa tamiz 200	USCS
A-9	1,91	10,5	18	0,37	19,7	44,05	SM
A-17	1,79	15	6	1,05	28,0	71,53	CL
A-37	1,58	24,6	3,1	0,49	46,2	87,83	

De acuerdo con el P.P.T.G. se trata de materiales inadecuados o tolerables.

Características constructivas

Condiciones de cimentación

Las presiones admisibles en IV^2_2 en los supuestos establecidos en la Metodología pueden considerarse variables en el intervalo $\sigma_{ad} = 0,6-2,40 \text{ kg/cm}^2$. El tipo de cimentación a utilizar puede ser bien superficial mediante zapatas o losa apoyadas sobre los materiales de esta Zona o sobre las calizas o margas grises subyacentes si el espesor de IV^2_2 es reducido ($< 2 \text{ m}$), bien profunda por pozos o pilotes apoyados sobre dichos materiales subyacentes si las características resistentes de los suelos de IV^2_2 no son adecuadas.

Respecto a la Zona IV^3_2 , las presiones admisibles se estiman en $\sigma_{ad} = 0,5-1 \text{ kg/cm}^2$ y la cimentación, superficial, deberá hacerse sobre el sustrato firme; si la potencia del coluvión es importante (más de $2-3 \text{ m}$) cabe pensar en cimentar mediante pozos sobre dicho sustrato firme.

Los problemas de cimentación se relacionan con la presencia de agua freática a veces a pequeña profundidad, que requerirá agotamientos más o menos importantes y puede dar origen a subpresiones. Otro problema a mencionar, derivado del carácter errático de las Zonas es la posible aparición de asentamientos diferenciales inadmisibles. También debe tenerse en cuenta la posible agresividad de los suelos, por presencia eventual de sulfatos, y su expansividad, que puede presentarse como demuestran los ensayos efectuados.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Los materiales de estas Zonas se consideran Medios-Duros, de acuerdo con los criterios establecidos en la Metodología.

Estabilidad de taludes

En general, los taludes artificiales serán estables por encima del nivel freático e inestables si lo interceptan. En los depósitos coluviales (Zona IV^3_2), taludes verticales con altura de unos 2 m se muestran estables pero con desprendimientos de algunos cantos.

Empujes sobre contenciones

Serán Medios por encima del nivel freático, con tendencia a aumentar con el tiempo por degradación de los materiales; por debajo del nivel freático serán Altos.

Aptitud para préstamos

En general son materiales No Aptos, Marginales en el mejor de los casos.

Aptitud para explanada de carreteras

En términos generales, se trata de materiales No Aptos.

Obras subterráneas

En la mayor parte de los casos, las obras subterráneas afectarán al sustrato (Zona II¹₃) debido al débil espesor de IV²₂ y IV³₂.

3.2.4.4. ZONA IV₃

Localización

La Zona IV₃ ocupa una pequeña extensión y las áreas cartografiadas se encuentran dentro del casco urbano de Gijón o en sus inmediaciones, en la Zona de desembocadura del río Piles.

Características litológicas

La Zona IV₃ está definida por depósitos de tipo mixto continental—marino, que se han denominado depósitos de ría (QM), asociados a la zona de desembocadura del río Piles y de otras zonas de salida del drenaje de la depresión de Gijón en las que se dejan sentir aportes de tipo fluvial y de origen marino. Las dos manchas cartografiadas en el centro del casco urbano de Gijón y en la zona del puerto viejo se basan en datos de sondeos realizados en diversos estudios geotécnicos, cuya procedencia se citó anteriormente; se han delimitado mediante contacto supuesto y quizá puedan tener más amplitud que la representada. Los materiales que constituyen estos depósitos están formados por:

- arenas limosas silíceas, grises, a veces con restos de conchas y gravas dispersas; se clasifican en los tipos SP—SM y SM, con cernidos por el tamiz 200 (datos del sondeo S—1 practicado en la zona de la Feria de Muestras en este estudio), entre 5,5 y 27 por ciento. Estas arenas se presentan en niveles de potencia comprendida entre 0,60 y unos 14 m, entre los que a veces se intercalan materiales orgánicos, turbosos y fangos.

- materia orgánica, a veces con aspecto turboso, en paquetes de espesor comprendido entre 0,30 y 4,30 m, según los datos de que se dispone.

- arcillas grises, con o sin restos de conchas y algún nivel delgado de concentración de gravas, que se clasifican como arcillas de baja plasticidad, CL, con límite líquido (datos únicos) 36 y 26 e índice de plasticidad 15 y 10.

En la zona del sondeo S—1 estos materiales aparecen recubiertos por un relleno importante, de 6 m de espesor.

La potencia del conjunto presenta un valor mínimo de 1,30 m y un máximo del orden de 15—18 m según los datos consultados y, debido a las variaciones de la naturaleza y espesor de sus materiales debe considerarse errática.

Bajo estos depósitos aparecen arcillas marrón rojizas con gravas y limos amarillentos de edad cuaternaria, que dan paso a las calizas jurásicas (J₁) que en superficie constituyen la Zona II¹₃.

Características geomorfológicas

La Zona IV₃ presenta formas topográficas llanas. Puede tomarse $P < 1$ por ciento.

Características hidrológicas

a) Hidrología superficial

Las arenas grises, que constituyen los niveles más altos, son materiales permeables. El drenaje de la Zona se considera favorable por porosidad intergranular pero puede verse dificultado por la presencia de un nivel freático alto. El coeficiente de escorrentía, según Instrucción de Carreteras, puede tomarse $C = 0,35-0,50$; en la zona de casco urbano es $C = 0,70-0,95$ correspondiente a pavimentos de hormigón y bituminosos.

b) Hidrología subterránea

El nivel freático se localiza en IV₃ a profundidades de 2 a 4 metros; en las proximidades del mar se verá afectado por las oscilaciones mareales. Debe investigarse la agresividad del agua subterránea por presencia de cloruros.

Riesgos geológicos

En el Mapa de Riesgos Geológicos se ha indicado en parte de IV₃ el riesgo de inundación por avenida en particular si se conjugan fuertes precipitaciones con mareas vivas.

Características geomecánicas

En función de los datos obtenidos en el sondeo S-1 y de los procedentes de los estudios geotécnicos citados consultados, puede indicarse que las arenas grises presentan densidad relativa o compacidad entre Suelta y Media (valores de $N = 4-10$ y $N = 10-30$ respectivamente), que localmente puede aumentar por la presencia de concentraciones de gravas. Las arcillas grises y niveles orgánicos poseen consistencia entre Muy Blanda y Semidura, que corresponden respectivamente a valores de N menores de 2 y entre 8-15.

No se poseen datos de ensayos edométricos de los niveles cohesivos pero puede presumirse su elevada compresibilidad ya que se trata de materiales normalmente consolidados o ligeramente preconsolidados por variaciones del nivel freático.

Respecto a parámetros relacionados con obras de tierra, se han ejecutado ensayos de compartición con las arcillas arenosas del pocillo A-4, cuyos resultados han sido los siguientes:

Pocillo	Densidad máxima	Humedad óptima %	CBR 100% Proctor N	Materia org. %	Límite líquido	% pasa tamiz 200	USCS
A-4	1,81	13,7	10	1,05	26,1	57,97	CL

Se trata, por tanto de un suelo tolerable; las arenas grises pueden considerarse suelos adecuados e incluso seleccionados. Los niveles arcillosos constituyen suelos inadecuados, a lo sumo tolerables.

Características constructivas

Condiciones de cimentación

En cierta medida, las condiciones constructivas de esta Zona pueden asimilarse a las descritas para la Zona IV₁. Sin considerar los rellenos artificiales practicados que, se-

gún datos del sondeo S-1 presentan compacidad de suelta a media, las presiones admisibles se estiman variables en el intervalo $\sigma_{ad} = 0,1-1,50 \text{ kg/cm}^2$. El valor extremo inferior corresponde a puntos en que aparecen prácticamente en superficie (a profundidad de 1,50 m) suelos orgánicos de resistencia muy baja y alta deformabilidad. El extremo superior viene dado por arenas de consistencia media bajo el nivel freático, siempre suponiendo un espesor de las mismas suficiente para que no se transmitan cargas excesivas a niveles orgánicos blandos subyacentes.

Por consiguiente, excepto para estructuras muy ligeras y en puntos concretos, el tipo de cimentación a utilizar en esta Zona es el profundo, mediante pozos o pilotes según el espesor de arenas y niveles arcillosos, apoyados en el sustrato jurásico subyacente.

La situación de cimientos por debajo del nivel freático supone el mayor problema de esta Zona ya que deberá procederse a agotamientos y aparecerán problemas de inestabilidad, sifonamientos o levantamientos de fondo; deberán tenerse en cuenta subpresiones y posible agresividad de las aguas freáticas.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Se trata de materiales Blandos, según las definiciones establecidas en la Metodología; los rellenos se consideran terreno Medio. La apertura de zanjas podrá hacerse por medios mecánicos, pero si interceptan el nivel freático aparecerán problemas de inestabilidad y agotamientos.

Estabilidad de taludes

Las excavaciones que intercepten el nivel freático serán inestables y deberá recurrirse a métodos de contención adecuadamente diseñados.

Empujes sobre contenciones

Serán Medios sobre el nivel freático y Altos por debajo de él.

Aptitud para préstamos

Coexisten materiales Aptos y No Aptos.

Aptitud para explanadas de carreteras

Se consideran terrenos variables entre Marginales y No Aptos.

Obras subterráneas

Se trata de terrenos muy difíciles y, como se indicó en la Zona IV₁, la construcción subterránea de túneles deberá hacerse por métodos especiales si afecta a los materiales que aquí se considera.

3.2.5. AREA V

3.2.5.4. ZONA V₁

Esta Zona comprende acumulaciones de residuos de diverso origen, como es la minería, los residuos urbanos y material procedente de excavaciones, entre los que destacan los cartografiados en La Camocha, proximidades de la autopista Oviedo-Gijón, cercanías de la N-630 a su paso sobre el río Pinzales, confluencia de los ríos Pervera y Reconco y vertedero controlado contiguo a la factoría de ENSIDESA.

Por su naturaleza no tiene gran interés analizar las características de distinto tipo que se detallan en las restantes Zonas Geotécnicas. En el capítulo de riesgos geológicos cabe indicar que en las escombreras y balsas fundamentalmente pueden presentarse fenómenos de inestabilidad que produzcan su ruina total o parcial, en particular las que se ubican sobre aluviales o próximos a ellos.

En el aspecto constructivo conviene indicar que no deben ser asiento de edificaciones por sus deficientes características mecánicas y de estabilidad; sólo cabe pensar en escombreras antiguas, con una cierta compactación natural, la ubicación de alguna estructura muy ligera.

3.2.5.2. ZONA V₂

La Zona V₂ está definida por un conjunto de depósitos antrópicos de naturaleza litológica muy variada acondicionados por el hombre para ser asiento de construcciones industriales, comerciales o viarias. Los de mayor importancia son los que constituyen la zona del Musel y la factoría de ENSIDESA.

Al igual que en la Zona Geotécnica precedente, no tiene mayor interés analizar las diversas características que se estudian en las restantes Zonas.

Sí posee interés observar los distintos **riesgos geológicos** a que está o puede estar sometida la Zona V₂, reflejados cartográficamente en el Mapa de Riesgos Geológicos. En el área portuaria se ha indicado el posible riesgo de daños a personas e instalaciones derivados de temporales marítimos, mareas excepcionales y, con carácter remoto, maremotos. En la zona de la factoría de ENSIDESA se ha destacado, por una parte, un área con riesgo de inundación por avenida en lo que constituye la prolongación del aluvial del río Pinzales, que posee un carácter más conflictivo en la zona próxima al estrechamiento que su cauce presenta al paso por los materiales paleozoicos, en la que pueden producirse mayores alturas de lámina de agua por disminución de la sección del perfil transversal.

También en el área de la factoría de ENSIDESA se ha indicado un riesgo potencial de inundación, por fallo de la presa del embalse de San Andrés.

3.2.6. INVESTIGACIONES GEOTECNICAS SUPLEMENTARIAS PARA OBRAS PUNTUALES

En los Mapas de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas se encuentra una columna en la que se indican los objetivos que deben tener las investigaciones puntuales y su intensidad.

Ya se ha dicho que los valores numéricos que se dan poseen un carácter esencialmente orientativo. Por tanto, su campo de aplicación fundamental es el de los anteproyectos; para proyectos servirán a los de escasa o normal entidad o para estructuras no permanentes. Los valores numéricos a aplicar, que no sean los mínimos dados, deben seleccionarse con criterios estadísticos. Sin embargo, la aplicación de estos criterios simplistas no puede suplir a la observación de las condiciones geotécnicas de una obra ni a la realización de una campaña de investigación geotécnica para obras de una mínima importancia. Lo que resultará de la aplicación de estos Mapas es, por una parte, el conocimiento previo de la variabilidad estratigráfica de cada Zona, que permite detectar los más débiles o problemáticos y, por otra, el conocimiento previo del conjunto de problemas de cada zona. Asimismo, orienta respecto a parámetros que pueden hacer prever las condiciones de cimentación y obras de tierra. Para obras de una mínima importancia, en especial en Zonas problemáticas, será conveniente, por razones de seguridad y economía, realizar una Investigación Geotécnica Suplementaria.

Cada campaña recomendada se caracteriza por:

a) Número superior, que indica los objetivos principales perseguidos. Se tiene:

1. Se aplica a Zonas constituídas por materiales rocosos. Sus objetivos son: determi-

nación de potencias de recubrimiento, detección de discontinuidades, niveles compresibles, presencia de oquedades, etc. según la naturaleza litológica de las rocas. El método de investigación será el sondeo mecánico.

2. Se aplicará a Zonas con estratigrafía errática; su objeto es definir litológica y mecánicamente el área a que afectará la cimentación. El método preferente de investigación será el sondeo mecánico.
3. Se aplicará a Zonas que, en principio, no admiten cimentación superficial y su objetivo, además de definir los materiales mecánicamente en profundidad, será la localización de niveles resistentes que sirvan de apoyo a los pilotes. El método de investigación será el sondeo mecánico, que puede complementarse con ensayos de penetración estática o dinámica.

Zonas geotécnicas	Campaña de investigación geotécnica suplementaria	Zonas geotécnicas	Campaña de investigación geotécnica suplementaria
I ₁ , I ₂ , I ₃ ¹	IG _M ¹	II ₄ ² , II ₄ ³	IG _A ^{2,7}
I ₃ ² , I ₄ ³ , I ₄ ⁵	IG _M ¹	II ₄ ⁴	IG _M ¹
I ₄ ¹	IG _M ¹	III ₁ ⁴	IG _A ²
I ₄ ² , I ₄ ⁴ , I ₅	IG _M ¹	IV ₁	IG _A ^{3,5}
II ₁	IG _{M-A} ^{1,2,6}	IV ₂ ¹	IG _A ^{3,5,6,7}
II ₂	IG _{M-A} ^{4,6}	IV ₂ ² , IV ₂ ³	IG _A ^{2,(1),5,6,7}
II ₃ ¹ , II ₃ ²	IG _{M-A} ¹	IV ₃	IG _A ^{3,5}
II ₃ ³	IG _M ¹	V ₁	---
II ₃ ⁴	IG _A ^{1,2}	V ₂	---
II ₄ ¹	IG _M ¹		

4. Se aplica a Zonas con estratigrafía relativamente homogénea y su objetivo es definir mecánicamente los materiales a que afectará la cimentación. El método de investigación será el sondeo mecánico.
5. Constituye un aspecto de las campañas precedentes, como es la localización del nivel freático.
6. Supone otro aspecto de las anteriores: investigación de la posible agresividad de los suelos por presencia de sulfatos.
7. También supone un aspecto específico como es la determinación de la expansividad de determinados niveles.

b) Letra Inferior, que designa la intensidad de la campaña.

A título orientativo, para cimentaciones pueden utilizarse en una primera aproximación los siguientes valores para el número de puntos a reconocer n .

A (Alta)	1 cada 50–200 m ²
M (Media)	1 cada 100–400 m ²
B (Baja)	1 cada 200–800 m ²

La densidad máxima se tomará para edificaciones pesadas. En todo caso n no será nunca menor de 2. Para las distintas Zonas Geotécnicas se tienen las siguientes campañas:

4. ESTUDIO DEL AREA A ESCALA 1:5.000

4.1. ZONACION GEOTECNICA

El área artografiada a escala 1:5.000, denominada Area de Tremañes, se encuentra al oeste e inmediata al casco urbano de Gijón y está limitada, aproximadamente, por la factoría de E.N.S.I.D.E.S.A., la línea del ferrocarril Madrid-Gijón y la autopista A-8, Oviedo-Gijón, como puede observarse en la figura 1. Por necesidades de representación se ha dividido en dos mapas adyacentes (I y II).

En su cartografía geotécnica se ha adoptado la misma nomenclatura de zonación que la efectuada en la cartografía a escala 1:25.000. Se tiene:

Area II: depósitos mesozoicos.

Area IV: materiales cuaternarios.

Area V: depósitos antrópicos.

Las Zonas Geotécnicas diferenciadas son las siguientes:

ZONA II₂: definida por materiales triásicos (Keuper).

ZONA II¹₃: comprende calizas, dolomías y arcillas grises del Lás (Hettangiense-Sinemuriense Medio).

ZONA IV¹₂: incluye depósitos aluviales.

- ZONA IV²₂:** comprende depósitos eluvio—coluviales constituídos por limos, arcillas y arenas con cantos dispersos.
- ZONA IV³₂:** engloba depósitos coluviales arcilloarenosos con cantos.
- ZONA V₁:** definida por depósitos antrópicos constituídos por materiales de vertidos y escombreras de diversa naturaleza.
- ZONA V₂:** incluye depósitos antrópicos de materiales que han sufrido un tratamiento para su acondicionamiento como soporte de algún tipo de construcción o servicio.

4.2. AREA II

4.2.1. ZONA II₂

Los materiales del Keuper que definen esta Zona aparecen en los ángulos SO y SE del mapa I (a escala 1:5.000).

Su **litología** corresponde, en esta área de Tremañes a arcillas y argilitas de tonos ocre—rojizos y rojos, con eventuales intercalaciones de delgados niveles calizos y areniscos. En superficie y en un tramo del orden de dos metros como máximo se encuentran alteradas y engloban algunos cantos lajosos dispersos. Su clasificación en el Sistema Unificado corresponde a arcillas de baja plasticidad (CL), con límite líquido entre 30 y 35 e índice de plasticidad entre 10 y 12; también se encuentran arenas arcillosas (SC) y un conjunto mayor de determinaciones incluiría probablemente los tipos ML y CL—ML que se señalan en el estudio a escala 1:25.000, en el que, por otra parte, se indica también que estos materiales presentan buzamientos suaves y que el afloramiento del ángulo SO se pone en contacto con los materiales del Lías por medio de una falla distensiva.

En el aspecto **morfológico**, las pendientes del terreno presentan valores inferiores al 8 por ciento excepto en una franja del afloramiento SO en la que se alcanzan valores del 25 por ciento.

Los materiales de II₂ son impermeables, con una cierta permeabilidad de los niveles superficiales alterados cuya saturación puede producir pequeñas afluencias de agua a excavaciones que en esta Zona se realicen. Su drenaje puede considerarse favorable o aceptable y se realiza fundamentalmente por escorrentía. El coeficiente de escorrentía C oscila entre 0,50 y 0,65.

En el capítulo de **riesgos** cabe considerar el de inundación de parte de la Zona del ángulo SE, relacionada con las posibles avenidas del arroyo de Tremañes producidas por precipitaciones intensas.

En lo que a **características geomecánicas** se refiere, los datos de que se dispone indican que, excepto en los tramos superficiales alterados, los materiales de II₂ muestran consistencia rígida, con rechazo en los ensayos de penetración estándar; respecto a otros parámetros mecánicos puede consultarse lo indicado en esta Zona en el estudio a escala 1:25.000. Se dispone de algunos datos de ensayos de compactación. Los ensayos Proctor Normal dan valores de la densidad máxima comprendidos entre 1,68 y 1,82 t/m³ y humedades óptimas entre 15,5 y 19,5 por ciento. Los índices CBR al 100 por cien del Proctor Normal oscilan entre 4,5 y 5,5 (materiales tipo CL) y 7,5—10,5 (materiales tipo SC); estos valores, unidos a sus características granulométricas y de plasticidad permiten calificar a los suelos de II₂ en esta Area como tolerables, de acuerdo con la clasificación establecida en el P.P.T.G.

Las **condiciones de cimentación** pueden equipararse a las señaladas en el estudio a escala 1:25.000. Las presiones admisibles para la formación sana se estiman en 2—3,5 kg/cm² y solamente salvo para estructuras muy ligeras, la cimentación deberá realizarse sobre ella. Esta cimentación podrá ser superficial si el espesor del horizonte alterado

es moderado y, en caso contrario deberá recurrirse a pozo o pilotes perforados. Entre los problemas de cimentación cabe considerar la posible agresividad por presencia de sulfatos diseminados, la variabilidad del espesor del horizonte meteorizado, la gran sensibilidad al agua del material arcilloso sano y pequeñas afluencias de agua a las excavaciones ligadas a la saturación de los niveles superficiales alterados.

Respecto a condiciones para **obras de tierra**, se tienen las siguientes características:

- Excavabilidad: horizonte alterado, terreno Medio; formación arcillosa, terreno duro, ripable, aunque puede surgir alguna dificultad por presencia de niveles calizos o areniscosos.

- Estabilidad de taludes: los taludes naturales se muestran estables; en los taludes artificiales se producirá una degradación progresiva por meteorización que se manifestará en incisiones lineales, aterramientos en pie y flujos de barro superficiales.

- Empujes sobre contenciones: varían entre Bajos para la formación sana con tendencia a aumentar por degradación de los materiales y Altos para los horizontes alterados potentes (2–3 m).

- Aptitud para préstamos y explanada: en general, se trata de materiales entre Marginales y No Aptos.

- Obras subterráneas: los materiales de II₂, de acuerdo con lo establecido en la Metodología, se consideran terreno Medio.

4.2.2. ZONA II¹₃

La caracterización litológica y geomecánica de los materiales de esta Zona fundamentalmente en lo que a datos numéricos se refiere, puede consultarse en el estudio efectuado en el capítulo 3, apartado 3.2.2.3., ya que dichos datos proceden de diversos reconocimientos geotécnicos practicados en el ámbito del Área de Tremañes; en el presente apartado sólo se harán algunas puntualizaciones específicas de esta área de estudio a escala 1:5.000.

Cabe indicar que los materiales típicos de II¹₃ se encuentran recubiertos en gran parte de la Zona por suelos eluviales o coluvio-eluviales con potencia muy variable (por lo general inferior a 3 m) tanto en valor como en distribución espacial; en algunos casos dichos suelos deberían considerarse de la Zona IV²₂ si se consiguiera su delimitación cartográfica correcta.

En el aspecto **morfológico**, la Zona II¹₃ presenta relieve suave, con pendientes decrecientes hacia el norte, y algunos resaltes pronunciados. Puede tomarse P, de acuerdo con el concepto establecido en la Metodología, < 10 por ciento; los resaltes muestran taludes con inclinaciones comprendidas entre 22 y 45°.

Respecto a características **hidrológicas**, los materiales de II¹₃ son, en conjunto, permeables constituyendo un acuífero importante, si bien sus parámetros hidrogeológicos son variables en función de la intensidad de fracturación, carstificación y presencia de niveles arcillosos. Pueden producirse problemas de drenaje en excavaciones importantes efectuadas en áreas con cotas topográficas inferiores a unos 25 m. En general, el drenaje de la Zona se considera favorable efectuándose por escorrentía e infiltración a través de fracturas; se producen encharcamientos en algunas áreas llanas con recubrimiento arcilloso. El coeficiente de escorrentía es $C = 0,35-0,50$ para pendientes menores del 10 por ciento y $C = 0,50-0,65$ con pendientes superiores.

En cuanto a condiciones de **cimentación** y **obras de tierra** pueden seguirse los conceptos y características dados en el apartado 3.2.2.3.

4.2.3. ZONA IV¹₂

La Zona IV¹₂ está constituida por los depósitos aluviales del río Tremañes; su prolongación hacia el norte en el Mapa II se ha representado con límites supuestos ante las dudas que planteaba su delimitación correcta. Según los reconocimientos geotécnicos efectuados en el marco del presente estudio y los datos procedentes de diversos informes consultores, la **litología** de la Zona IV¹₂ incluye predominantemente materiales finos constituidos por arcillas y limos de tonos diversos, marrones, rojizos, amarillentos, grises, a veces arenosos, que en el Sistema Unificado corresponden a tipos CL (arcillas de baja plasticidad), ML (limos de baja plasticidad) e intermedios CL—ML y, ocasionalmente, al tipo CH (arcillas de alta plasticidad). Entre los materiales finos se intercalan gravas subredondeadas y gran parte de la Zona se encuentra recubierta por rellenos artificiales de espesor comprendido entre 1 y 3 m aproximadamente. La potencia de los aluviones se estima entre unos 5 y 8 m y destaca su marcado carácter errático.

En el aspecto **morfológico**, la Zona IV¹₂ es prácticamente llana; puede tomarse $P < 1$ por ciento. En lo que se refiere a sus características **hidrológicas**, los materiales de IV¹₂ son semipermeables a permeables y el drenaje, que se efectúa en su mayor proporción por infiltración, se considera aceptable; el coeficiente de escorrentía oscila entre 0,20 y 0,35. Según los datos de que se dispone, el nivel freático se encuentra a profundidades comprendidas entre 1,80 y 3,60 m por lo que afectará a excavaciones de cierta entidad, produciendo inestabilidad de paredes y precisándose agotamientos de importancia no determinada.

En el capítulo de **riesgos** cabe señalar el de inundación, ya citado en el estudio a escala 1:25.000; la última acaecida data del 29 de julio de 1983, cuando las aguas del río Tremañes se desbordaron inundando naves industriales, diversos establecimientos y viviendas y arrastrando unas diez chabolas.

En cuanto a **condiciones de cimentación**, las presiones admisibles pueden considerarse variables en el intervalo 0,5—1,2 kg/cm². Tal como se apuntó en el estudio a escala 1:25.000, por el riesgo de inundación y la probable removilización de los aluviones se aconseja la cimentación mediante pozos o pilotes apoyados en el sustrato, en particular en el caso de estructuras medias y pesadas para las cuales, por otra parte, las presiones admisibles son insuficientes.

Los problemas de cimentación se centran en la presencia del nivel freático a pequeña profundidad (subpresiones, agotamiento, inestabilidad de excavaciones), en el carácter errático de los depósitos, la agresividad de los suelos (parte de las muestras analizadas contienen sulfatos) y la posible expansividad de ciertos niveles, de la que ya se poseen indicios en las muestras ensayadas.

Respecto a las condiciones para **Obras de Tierra** puede seguirse lo indicado en el apartado 3.2.4.2., del estudio de las Zonas a escala 1:25.000.

4.2.4. ZONAS IV²₂ y IV³₂

La Zona IV³₂ está representada por un pequeño afloramiento localizado en el ángulo SO del mapa I. Por su pequeño espesor carece de importancia geotécnica y en particular, las condiciones de cimentación se asimilan a las de la Zona II₂ subyacente. Análogamente a lo indicado en la Zona II₃ (apartado 4.2.2.), la caracterización litológica y mecánica de los materiales de IV²₂, que ocupa una amplia extensión en el Área de Tremañes, puede consultarse en su estudio realizado en el capítulo 3, apartado 3.2.4.3. puesto que los datos que la definen proceden en su mayoría de los reconocimientos practicados en el ámbito de dicha Área ya sea en el marco de este estudio o en los diversos estudios geotécnicos que en ella se han practicado y han sido consultados.

En cuanto a su morfología, la Zona IV²₂ ocupa vaguadas más o menos amplias que en el borde N dan paso a áreas con pendiente muy suave o prácticamente llanas. Puede tomarse $P < 3$ por ciento.

Respecto a las características **hidrológicas** de IV^2_2 , sus materiales poseen permeabilidad baja o muy baja y el drenaje puede considerarse entre deficiente y aceptable. El coeficiente de escorrentía, según Instrucción de Carreteras varía en el intervalo 0,35—0,50. En la Zona IV^3_2 puede tomarse $C = 0,65—0,80$.

Respecto a condiciones de **cimentación**, se estima el intervalo de presiones admisibles $\sigma_a = 0,6—2,40 \text{ kg/cm}^2$. el tipo de cimentación a utilizar puede ser superficial (para estructuras ligeras o con débil espesor de materiales de IV^2_2) o profunda mediante pozos o pilotes apoyados en los materiales de II^1_3 que subyace (calizas y arcillas grises). Los problemas de cimentación se relacionan con la pequeña profundidad a que en ocasiones aparecen las aguas freáticas, el carácter errático, sobre todo en espesor, de los sedimentos de IV^2_2 , la posible agresividad de los suelos (eventual presencia de sulfatos) y su expansividad, de la que se poseen indicios de acuerdo con los ensayos realizados.

En lo que se refiere a condiciones para **obras de tierra** puede consultarse lo indicado en el apartado 3.2.4.3.

4.2.5. ZONAS V_1 Y V_2

La Zona V_1 se encuentra en el ángulo SO del mapa I y está constituida por acumulaciones de residuos sólidos urbanos y escombreras de carbón. No se aconseja la cimentación sobre estos materiales dada su escasa resistencia y la elevada deformabilidad que de ellos debe esperarse. Puede, sin embargo, pensarse en cimentaciones profundas, apoyadas en el sustrato resistente, pero, por otra parte, será preciso acondicionar los tramos superficiales (adición de materiales adecuados, compactación) que constituyan asiento de viales u otros servicios.

La Zona V_2 está definida por depósitos antrópicos acondicionados para servir de asiento, en el Area de Tremañes, a vías de comunicación, o a instalaciones industriales. Cabe destacar los **riesgos** que presentan los rellenos de la factoría de ENSIDESA, descritos en el apartado 3.2.5.2. Por otra parte, no tiene mayor interés analizar las distintas características estudiadas en las restantes Zonas Geotécnicas.

4.2.6. INVESTIGACIONES GEOTECNICAS SUPLEMENTARIAS PARA OBRAS; PUNTUALES

Considerando las mismas notaciones establecidas en el apartado 3.2.6., se tienen los siguientes tipos de campañas de investigaciones geotécnicas para obras puntuales.

ZONAS GEOTECNICAS	CAMPAÑA DE INVESTIGACION GEOTECNICA SUPLEMENTARIA
II_2	$IG^{4,6}_{M-A}$
II^1_3	IG^1_{M-A}
IV^1_2	$IG^{3,5,6,7}_A$
IV^2_2	$IG^{2,(1),5,6,7}_A$
IV^3_2	$IG^{2,(1),5,6,7}_A$
V_1	—
V_2	—

- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
 - Mapa Geológico de España a E. 1:50.000. Hojas 14 (Gijón) y 29 (Oviedo).
 - Mapa Geológico de España a E. 1:200.000. Hoja 3, Oviedo.
 - Mapa de Rocas Industriales a E. 1:200.000. Hoja 3, Oviedo.
 - Mapa Geotécnico General a E. 1:200.000. Hoja 3, Oviedo.
 - Mapas Geotécnicos y de Riesgos Geológicos a E. 1:25.000, de Huelva, Granada, Palma de Mallorca, Alcoy, Valladolid, Sagunto.
 - Colección Informe. Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Norte: Asturias. 1984.
 - Geología y prevención de daños por inundaciones. 1985.
 - Informes sobre desprendimientos en el puerto de El Musel.
- NORMATIVA
 - Datos Climáticos para Carreteras. D.G. de Carreteras. MOPU. 1964.
 - Instrucción de Carreteras: Drenaje, Firmes Flexibles, Firmes Rígidos. D.G. de Carreteras, MOPU.
 - Norma Sismorresistente PDS-1 (1974). Presidencia del Gobierno.
 - Normas Tecnológicas de Edificación (Ministerio de la Vivienda).
 - Norma Básica de Edificación. Condiciones Térmicas en los Edificios (NBE-CT-79).
 - Cimentaciones. Estudios Geotécnicos (NTE-CEG).
 - Acondicionamiento de Terrenos. Desmontes. Vaciados (NTE-ADU).
 - Acondicionamiento del terreno. Desmontes. Explanaciones (NTE-ADE).
 - Estructuras. Cargas gravitatorias (NTE-ECG).
 - Acondicionamiento del terreno. Drenajes. Avenamientos (NTE-ADV).
 - Estructuras. Cargas de viento (NTE-ECV)
 - Cimentaciones. Contenciones. Taludes (NTE-CCT).
 - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. PG-3. D.G. de Carreteras. MOPU, 1975.
- Mapa Militar de España a E. 1:50.000. Hojas topográficas nº14 (Gijón) y 29 (Oviedo).
- MUNUERA J.M. El Mapa de Zonas Sísmicas Generalizadas de La Península Ibérica. Instituto Geográfico y Catastral. Madrid 1969.
- MARTINEZ ALVAREZ J.A. y TORRES-ALONSO M. Características geológicas y geotécnicas de los depósitos del Cuaternario de la Zona Central de Asturias. Bol. Geol. y Min. 1976, pp. 32-46.
- INFORMES GEOTECNICOS VARIOS, facilitados por el M.O.P.U. (Delegación Provincial de Oviedo), Excmo. Ayuntamiento de Gijón, Sondeos COBIAN, E.A.T. S.A.
- UNESCO. Engineering Geological Maps. A Guide to their preparation. 1976.
- Textos Generales de Geotécnia: Jiménez Salas, Lambe Whitman, Terzaghi-Peck, L'Hermier.
- S.G.O.P. Informe acerca de los desprendimientos de la ladera de Cabo Torres, en la zona de servicios del Puerto de Gijón. Madrid.
- Bieniawski, S.T. (1979). The Geomechanics Classification in rock engineering applications. 4º Congreso Int. de Mec. de Rocas. Montreux Tomo 2 pp 41-48.
- Deere D.V. (1963). Technical description of rock cores for engineering purposes. Felsmechanik und Ingenieurgeologie. Vol. 1 nº 1, pp. 16-22.

Se agradece la colaboración prestada por los siguientes Organismos de la Administración Central, Autonómica y Local para la realización del estudio:

- Gobierno Autónomo de Asturias.
- Excma. Diputación Provincial de Asturias.
- Excmo. Ayuntamiento de Gijón.
- Dirección Provincial del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Dirección Provincial del Ministerio de Industria y Energía.

También se agradece a las empresas privadas que han suministrado datos para la realización del estudio, en especial a Sondeos Cobián y EAT, S.A. por su aportación y a los particulares en general por las facilidades dadas para la ubicación de las obras de reconocimiento en sus propiedades.