Instituto Tecnológico GeoMinero de España

DIPUTACION DE LEON

MAPA GEOTECNICO Y DE PELIGROSIDAD NATURAL DE LA CIUDAD DE LEON Y SU AGLOMERACION URBANA

Escalas: 1/25.000 y 1/5.000

Serie: Ingeniería GeoAmbiental

Madrid 1991

El Instituto Tecnológico GEOMINERO de España, ITGE, que incluye, entre otras, las atribuciones esenciales de un "Geological Survey of Spain", es un Organismo autónomo de la Administración del Estado, adscrito al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, a través de la Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales (R.D. 1270/1988, de 28 de Octubre). Al mismo tiempo, la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica le reconoce como Organismo Público de Investigación. El ITGE fue creado en 1849.

MAPA GEOTECNICO
Y DE PELIGROSIDAD NATURAL
DE LA CIUDAD DE LEON
Y SU AGLOMERACION URBANA.

Escalas 1:25.000 y 1:5.000

I.S.B.N.: 84-7.840-074-5

Depósito Legal: M-24931-1991

N.I.P.O.: 232-91-003-5

Composición: **RHEA Consultores, S.A.** (Madrid)

Tirada: **Gráficas MAWIJO, S.A.** (Fuenlabrada, Madrid)

El Mapa Geotécnico y de Peligrosidad Natural de la Ciudad de León y su Aglomeración Urbana ha sido realizado mediante Convenio entre la Excma. Diputación Provincial de León y el Instituto Tecnológico GeoMinero de España (I.T.G.E.), actuando como operadora la empresa GEOPRIN, S.A. En su realización han intervenido los siguientes técnicos:

DIRECCION Y COORDINACION

D. Francisco López Santiago
Ingeniero Técnico de Minas (Area de Ingeniería GeoAmbiental del I.T.G.E)

EQUIPO TECNICO

D. Alfredo López Benito
Ingeniero de Minas (GEOPRIN, S.A.)

D. José Luis Peña Pinto
Ingeniero de Minas (GEOPRIN, S.A.)

D. Pedro Barba Regidor
Licenciado en Ciencias Geológicas (Servicio de Geología del I.T.G.E.)

ASESORAMIENTO

D. Luis Roberto Rodriguez Fernández
Licenciado en Ciencias Geológicas (Servicio de Geología del I.T.G.E.)

D. Luis Laín Huerta
Ingeniero de Minas (Area de Ingeniería GeoAmbiental del I.T.G.E.)

D. Joaquín Mulas de la Peña
Ingeniero de Minas (Area de Ingeniería GeoAmbiental del I.T.G.E.)

LABORATORIOS

MEDELSU, S.L. *(Ensayos geotécnicos).*
J.I. Sell Cantalapiedra *(Estudios geoeléctricos).*

Fotografía de portada: vista aérea de la ciudad (Paisajes Españoles, S.A.)

INDICE

Pag.

1. INTRODUCCION 9

1.1. La cartografía geotécnica y de peligrosidad natural en la ordenación urbana 9

1.2. Antecedentes y objetivos del presente mapa 10

1.3. Zona estudiada 11

2. METODO DE TRABAJO 15

2.1. Generalidades 15

2.2. Documentación consultada 16

2.3. Cartografía geotécnica 16

2.4. Cartografía de peligrosidad natural 16

2.5. Realización de los trabajos 17

2.5.1. Estudios geológicos 17
2.5.2. Estudios geotécnicos 17
2.5.3. Ensayos de laboratorio 17
2.5.4. Estudios geoeléctricos 17

2.6. Síntesis de resultados 18

3. FACTORES NATURALES CON INCIDENCIA CONSTRUCTIVA 19

3.1. Factores Físico-Geográficos 19

3.1.1 Climatología y Meteorología 19
3.1.2. Morfología 22
3.1.3. Hidrología superficial 23
3.1.4. Hidrología subterránea 23

3.2. Encuadre geológico 24

3.2.1. Litoestratigrafía 24
3.2.2. Tectónica 28

3.3. Sismicidad 28

3.3.1 Sismicidad histórica 28
3.3.2. Neotectónica 29
3.3.3. Datos geofísicos 29

3.4. Yacimientos de materiales de construcción 29

3.4.1. Canteras 29
3.4.2. Préstamos 29

3.5. Vegetación 31

4. ZONACION GEOTECNICA 33

4.1. Criterios de división 33

4.2. División en áreas, zonas y sectores geotecnicos 34

4.3. Metodología del estudio de las distintas geotecnicas 35

4.4. Descripción de las zonas 38

4.4.1. Area I-Zona I_1 38
4.4.2. Area I-Zona I_2 40
4.4.3. Area II-Zona II_1 41
4.4.4. Area II-Zona II_2 45
4.4.5. Area II-Zona II_3 48
4.4.6. Area II-Zona II_4 49

4.5. Caracterización geotecnica del Casco Urbano y Zona de Expansión 51

4.5.1. Introducción 51
4.5.2. Prácticas habituales de cimentación 51
4.5.3. Zonación geotécnica 51

5. ESTUDIO DE PELIGROSIDAD NATURAL 53

5.1. Peligros geológicos 54

5.1.1. Peligro sísmico 54

5.1.1.1. Caracterización del peligro 54
5.1.1.2. Factores de cimentación 54

5.1.2. Peligro de movimientos de ladera 55
5.1.3. Peligro de erosión 55

5.1.3.1. Factores que influyen en la erosionabilidad 56
5.1.3.2. Areas peligrosas 57

5.2. Peligros Hidrológicos 57

5.2.1. Inundaciones fluviales 57

5.2.1.1. Zonas inundables 57

5.2.2. Inundaciones torrenciales 58

5.3. Peligros Meteorológicos 59

5.4. Peligros Geotécnicos 59

6. AGRADECIMIENTOS 61

7. BIBLIOGRAFIA 63

1. INTRODUCCION

1.1. LA CARTOGRAFIA GEOTECNICA Y DE PELIGROSIDAD NATURAL EN LA ORDENACION URBANA.

La toma de decisiones en materia de Ordenación Urbana, debe ir precedida de una Información Básica previa y en particular relativa al Medio Físico, que condiciona el desarrollo y las actividades cotidianas de la ciudad y su entorno. 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. Existen, además, otras relaciones entre Medio Físico y 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 implica toda decisión urbanística. La repercusión de 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, sin embargo, se mantiene una vez que se ha decidido la expansión de la ciudad en una zona problemática.

En principio, la cartografía geotécnica trata de suministrar la información requerida a este respecto, e incluye varios aspectos relacionados con el Medio Físico como son las propiedades geomecánicas de los suelos y las rocas, su morfología, sus condiciones hidrológicas y también 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 en el concepto de Peligrosidad Natural.

El carácter eventual y aleatorio de los peligros naturales, hace que sean objeto de olvido en muchas ocasiones y no se tengan en cuenta al proyectar o ubicar construcciones. Pero, de cuando en cuando, la Naturaleza, sin que el Hombre sepa en qué momento pero con la certeza de que se van a producir, desencadena fenómenos como pueden ser lluvias torrenciales, terremotos, erupciones volcánicas, etc., que dan lugar a inundaciones, hundimientos, deslizamientos de ladera u otros fenómenos, y producen importantes pérdidas tanto materiales como humanas.

La puesta en evidencia de esos fenómenos, su naturaleza, su ubicación, la probabilidad de que se produzcan y su gravedad son el objeto de la Cartografía de Peligrosidad Natural.

Se ha preferido utilizar el término "peligro natural" en vez del tradicional de "riesgo geológico" por dos razones. La primera de ellas se basa en el hecho de que la palabra "riesgo" presenta, en su uso habitual, una connotación de cuantificación económica y social de los posibles daños causados por los fenómenos antes mencionados. Por otra parte, el adjetivo "natural" es más amplio que el "geológico" y permite incluir con mayor propiedad otros tipos de peligros como pueden ser los meteorológicos, los hidrológicos o los geotécnicos que no pueden ser considerados exclusivamente geológicos.

En los actuales momentos en que la racionalidad de las inversiones se cuida al máximo, pensamos que lo expuesto debe ser considerado por que tienen el poder de decisión en actuaciones urbanísticas. Con el presente estudio se trata de suministrar la información requerida a este respecto.

1.2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PRESENTE MAPA

Dada la rápida expansión industrial y urbana del país, la planificación de la ejecución de los proyectos insertos en el Programa Nacional de Investigación Geotécnica del I.T.G.E. se orientó de forma escalonada, cubriendo en principio grandes áreas a escalas reducidas, para, posteriormente, pasar a estudiar zonas pequeñas con mayor detalle.

Con este criterio se inició la elaboración de mapas geotécnicos a escala 1.200.000 que, sobre grandes áreas, eran idóneos para técnicos y organismos encargados de la planificación de extensas zonas. Una vez dominada la metodología de este tipo de documentos y ya con más de la mitad del territorio nacional cubierto, se atacaron, de forma directa, otros tipos de documentos encaminados a estudiar áreas concretas a escalas que oscilasen de 1:25.000 a 1:5.000. Por la amplitud de las zonas se decidió como escala básica la de 1:25.000 complementada con escalas mayores para zonas concretas y limitadas.

En el caso específico del Mapa Geotécnico y de Peligrosidad Natural de la Ciudad de León, los objetivos generales se dirigen a definir:

- Los factores geológicos con incidencia constructiva (y los físico-geográficos). Es decir: litología, estructura, geomorfología, etc. Prestando especial atención a la caracterización de las formaciones cuaternarias y depósitos recientes, paleocauces, llanuras de inundación, etc.

- La hidrología superficial y subterránea, sus oscilaciones en relación con factores climáticos o de impacto ambiental.

- Las condiciones de cada una de dichas zonas geotécnicas respecto a cimentaciones y obra de tierra: presiones admisibles y asientos asociados, tipologías de cimentación, etc., facilidad de excavación de taludes naturales y artificiales, empujes sobre contenciones, aptitud para préstamos, aptitud como explanada de viales, etc.

- La utilización de rocas industriales en la construcción. - Peligros naturales y definición cartográfica de zonas inestables y estables. Clases de peligros, análisis de sus causas y de posibles medidas correctoras.

En particular se han estudiado los peligros relacionados con:

- Sismicidad.
- Inundaciones por avenidas.
- Movimientos de ladera en las zonas escarpadas.
- Erosión superficial y deposición incontrolada de sedimentos.
- Subsidencia y susceptibilidad al colapso.
- Erosión y depósitos de naturaleza eólica.

Todo ello se ha definido en dos tipos de documentos gráficos: uno de ellos, el llamado *Mapa Geotécnico*, recoge los factores geológicos con incidencia constructiva, las características geomecánicas de las distintas zonas y las condiciones constructivas en ellas, tanto para obras de tierra como la cimentación tipo y las recomendaciones para estudios complementarios. En el otro documento gráfico, *Mapa de Peligrosidad Natural*, se definen las áreas conflictivas o con peligros naturales, determinándose áreas inestables (activas o potenciales), áreas inundables, áreas sometidas a erosión y aterramiento, áreas subsidentes, y áreas sometidas a la acción eólica.

El nivel obtenido en cuanto a la definición de los problemas se considera suficiente para los objetivos perseguidos pero no se ha pretendido en ningún caso eliminar la necesidad de reconocimientos puntuales para obras futuras.

No obstante, para cada zona o sector del estudio se determinan sus características generales y limitaciones y se recomienda el tipo de estudios complementarios para las obras puntuales. Así el proyectista no tiene resuelto el problema de la cimentación particular en cada caso pero sí centrado el mismo y podrá definir la investigación complementaria dentro de unos costos mínimos.

1.3. ZONA ESTUDIADA (ver figura 1.1)

El área estudiada y cartografiada a escala 1:25.000 tiene una superficie de 148 Km2 y se extiende entre los meridianos 5°31'10" y 5°40'50" y los paralelos 42°31'40" y 42°38'50" aproximadamente. Comprende la totalidad del término municipal de León así como parte de los términos municipales periurbanos con mayor desarrollo urbano e industrial (San Andrés del Rabanedo, Valverde de la Virgen, Santovenia de la Valdoncina, Onzonilla, Villaquilambre y Sariegos), los cuales incluyen un total de 25 núcleos de población que acogen a unos 171.000 habitantes. También se ha realizado una cartografía geotécnica y de peligrosidad natural a escala 1:5.000 que abarca una parte del casco urbano de la ciudad de León y de su zona de expansión.

El tramo estudiado se extiende en el sector de confluencia de los valles de los ríos Bernesga y Torío, pertenecientes ambos a la cuenca sedimentaria del Duero, en un área conocida bajo el nombre de "Meseta Leonesa". Está formado por páramos y vegas cuya altitud oscila entre los 800 y los 900 metros, separados por desniveles y formas poco pronunciadas y de suaves pendientes.

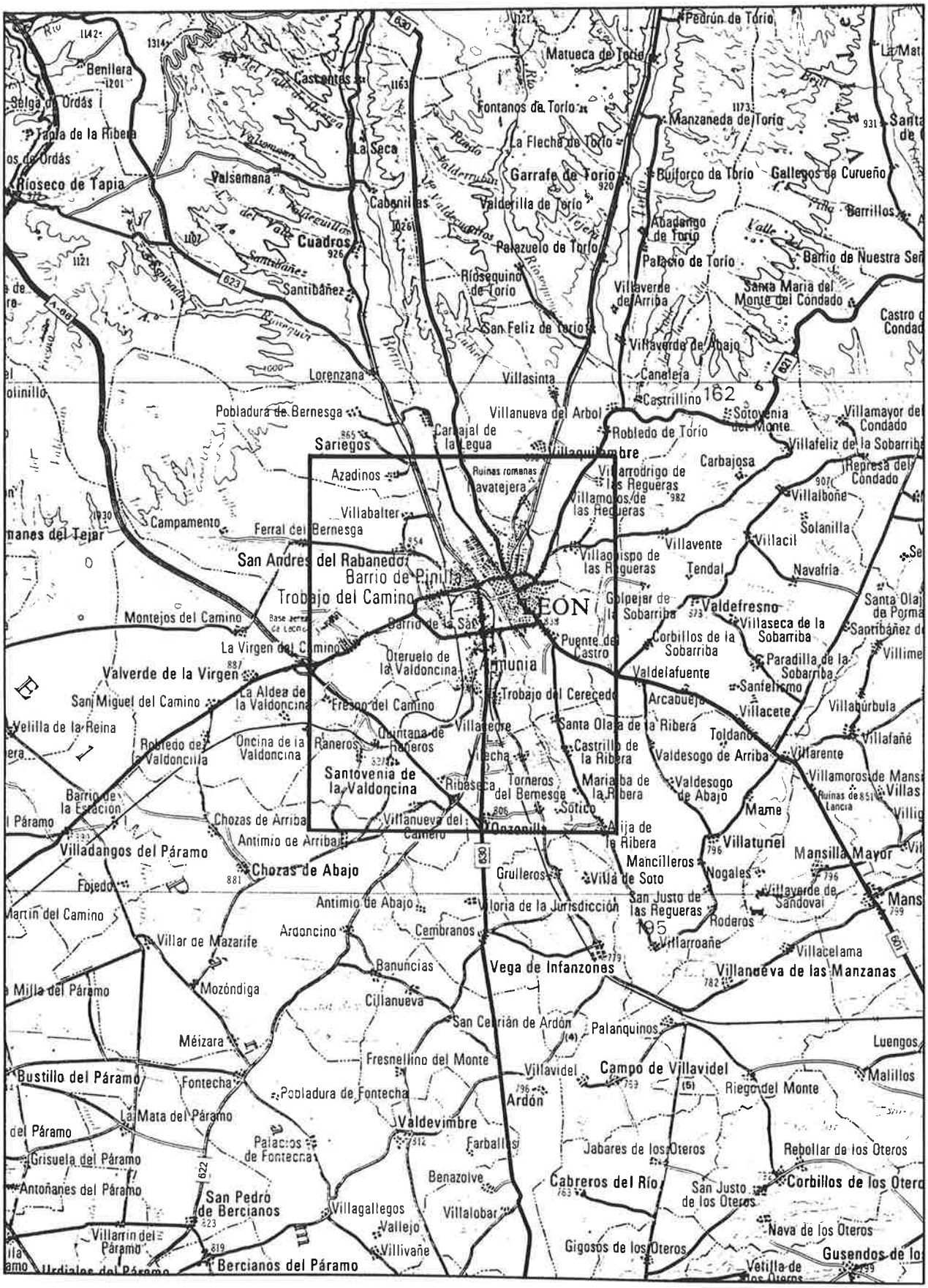


Figura 1.1. Plano de situación de la zona estudiada a E. 1:25.000 (E. 1:200.000).

2. METODO DE TRABAJO

2.1. GENERALIDADES

El estudio comenzó con la recopilación bibliográfica de toda la documentación accesible sobre el ámbito geográfico en cuestión y su entorno regional; la síntesis de estos datos junto con un estudio fotogeológico sobre fotografías aéreas de distintas épocas dió paso al estudio detallado de campo y a la realización de un mapa geológico y una litoestratigrafía básica que permitió el emplazamiento de las obras de campo (sondeos, penetraciones, pocillos, etc.).

Se seleccionaron de los testigos de sondeo un conjunto de muestras representativas de forma que se obtuviera el máximo de información sobre las formaciones naturales encontradas. Estas muestras se sometieron a los ensayos y análisis que más adelante se detallan.

Posteriormente los trabajos de gabinete supusieron el estudio comparado de la documentación obtenida, su plasmación sobre los distintos planos, la interpretación de los resultados de laboratorio y la redacción de esta Memoria.

2.2. DOCUMENTACION CONSULTADA

Aunque en el capítulo séptimo aparece una relación detallada de todas las obras consultadas, debe decirse aquí que se han tenido en cuenta varios tipos de trabajos. Unos referentes a obras generales sobre cartografía geotécnica o de peligros naturales, especificamente los publicados por la UNESCO y la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería así como diversos organismos estatales europeos y americanos. Finalmente, se consultaron todos los estudios existentes sobre el medio natural, en particular los de tipo geológico, hidrogeológico, climático, edafológico, geotécnico y cuantos de alguna forma incidían sobre el medio físico municipal.

2.3. CARTOGRAFIA GEOTECNICA

Debido a la inexistencia de cartografía geológica actualizada, el primer paso fue la realización de una cartografía geológica a escala 1:25.000 y de un estudio litoestratigráfico de los materiales miocenos y cuaternarios diferenciados que sirvió de base para la cartografía geotécnica y de peligrosidad natural. Este trabajo fue realizado por D. Pedro Barba Regidor de la División de Geología del Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Dado que las diferencias litológicas superficiales no son muy importantes, para la diferenciación de unidades se han tenido en cuenta fundamentalmente criterios geomorfológicos y datos procedentes de las columnas de sondeos y ensayos de laboratorio.

A partir de los datos geológicos, los estudios de campo permitieron caracterizar geotécnicamente las diversas formaciones y suelos agrupándolos en unidades homogéneas frente a las solicitaciones constructivas. En el capítulo cuarto se especifican los criterios adoptados para la definición de estas unidades y sus correspondientes rangos: Areas, Zonas y Sectores.

2.4. CARTOGRAFIA DE PELIGROSIDAD NATURAL

Partiendo de la misma base geológica, ya comentada en el punto anterior, se realizó el estudio de peligros naturales. Tradicionalmente se consideran cuatro tipos de peligros naturales: geológicos, meteorológicos, hidrológicos y geotécnicos.

De los peligros geológicos los más importantes en el área estudiada son los relacionados con la erosión, fundamentalmente fluvial, y la inestabilidad de laderas. Por su parte, el peligro de que se produzcan erupciones volcánicas debe considerarse como inexistente en León al no existir rocas efusivas en el ámbito del estudio, mientras que el peligro sísmico carece de importancia en el área de León, ya que historicamente se desconoce la existencia de ningún evento sísmico de características catastróficas. Otros peligros geológicos como el de hundimiento del terreno tienen escasa relevancia y se circunscriben a zonas muy localizadas.

El peligro de inundación, aunque paliado en el área urbana por las obras de canalización, debe tenerse en cuenta en otras áreas no urbanas. También debe tenerse en consideración la posibilidad de inundaciones torrenciales de ámbito local.

Evidentemente los ámbitos afectados por los distintos peligros, salvo en el caso de los terremotos, son específicos y limitados; así pues, se ha tratado de acotar las áreas sometidas a la influencia de

cada uno de ellos graduándolo allí donde ha sido posible.

2.5. REALIZACION DE LOS TRABAJOS

2.5.1. Estudios geológicos

Se ha realizado un mapa geológico a escala 1:25.000 del área estudiada así como estudios litoestratigráficos de las principales unidades diferenciadas.

2.5.2. Estudios geotécnicos

El estudio del terreno se ha realizado mediante sondeos mecánicos a rotación con extracción continua de testigo, y calicatas superficiales para la toma de muestras de suelos.

Se han perforado 60 metros mediante sondeos mecánicos a rotación en cinco emplazamientos. En total se han tomado 5 muestras inalteradas y realizado ensayos S.P.T. En cada uno de los sondeos se hizo un detallado desmuestre de los niveles perforados. Además se han realizado un total de nueve calicatas para toma de muestras superficiales.

Las columnas de sondeos y de calicatas pueden verse en los Anejos nº 1 y nº 2 (*), y su localización en los Mapas.

2.5.3. Ensayos de laboratorio

Con una selección de las muestras tomadas en los sondeos se han realizado los siguientes ensayos:

a) Ensayos de identificación y estado.
Análisis granulométrico por tamizado.
Límites de Atterberg.
Contenido de humedad natural.
Determinación de la densidad seca.

b) Ensayos mecánicos.
Compresión simple.
Los resultados de estos ensayos figuran en el Anejo nº 3 (*).

2.5.4. Estudios geoeléctricos

Se hicieron 17 sondeos eléctricos verticales (S.E.V.) distribuidos en cuatro perfiles. El tipo de dispositivo utilizado fué el Schlumberger asimétrico con una seperación interelectródica (AB) de 200 metros. Estos S.E.V. se ubicaron sobre las llanuras de inundación y las terrazas de los ríos y su situación exacta puede verse en los mapas. Los resultados del estudio geoeléctrico se reflejan en el Anejo nº 4 (*).

(*) Estos Anejos no forman parte de esta publicación. Pueden consultarse en el ITGE.

2.6. SINTESIS DE RESULTADOS

Los resultados de los trabajos de campo y ensayos de laboratorio junto con la documentación geotécnica se han utilizado para establecer la división de las distintas zonas y sectores en función de sus características litológicas, hidrogeológicas, mecánicas, geomorfológicas y de peligros naturales. Esta zonación es la que se describe en los Capítulos cuatro y cinco de esta Memoria.

3. FACTORES NATURALES CON INCIDENCIA CONSTRUCTIVA

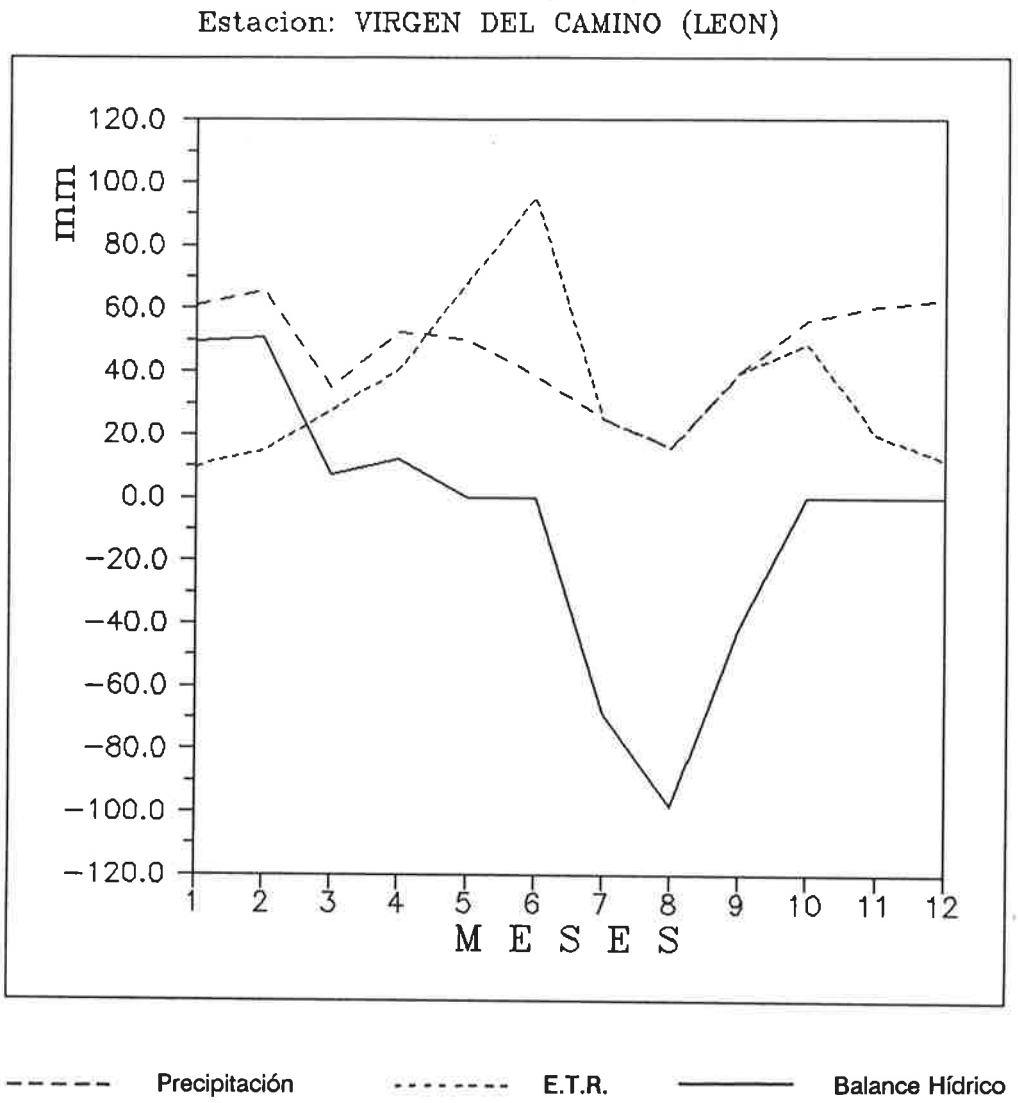
Se incluyen en este capítulo una serie de factores que inciden, de una manera directa, sobre el medio físico municipal. En unos casos dichos factores se presentan de forma "inerte" (Bosquejo geológico, yacimientos) mientras que en otros constituyen un conjunto de elementos actuantes sobre aquéllos para su modificación, actuando unas veces como procesos externos (Climatología, Meteorología, Hidrología superficial, etc.), y otras como procesos internos (sismicidad); por último, hay otros elementos que pueden considerarse como interacción del medio con los elementos modificadores (Hidrogeología, Morfología, etc.).

En este capítulo no se ha intentado hacer un estudio pormenorizado de cada uno de ellos, sino más bien describir la realidad ambiental del Territorio, así como los procesos modificadores, en tanto en cuanto tienen incidencia sobre los procesos constructivos y los peligros naturales; en el último capítulo se proporciona la bibliografía adecuada para el conocimiento, en detalle, de cada uno de ellos.

3.1. FACTORES FISICO-GEOGRAFICOS

3.1.1. Climatología y Meteorología.

Para la realización de este estudio se han tenido en cuenta diferentes factores climáticos conocidos (precipitación, temperaturas, viento, etc.), utilizando para ello los datos procedentes de la estación que



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P(mm)	60.9	65.6	34.9	52.5	49.8	38.6	25.0	15.9	39.5	56.0	60.4	62.5
t(°C)	3.1	4.3	6.5	8.6	12.0	16.3	19.6	19.7	16.7	11.7	6.8	3.8
ETP(mm)	9.84	14.76	27.81	40.32	68.04	92.25	119.04	114.24	81.12	48.45	19.68	11.85
ERT (mm)	9.84	14.76	27.81	40.32	68.04	92.25	25.0	15.9	39.5	48.45	19.68	11.85
B.H. (mm)	49.98	50.84	7.09	12.18	-	-	-68.93	-98.34	-41.62	-	-	-

P = precitipación; **t** = temperatura; **ETP** = evapotranspiración potencial; **ETR** = evapotranspiración - real; **B. H.** = balance hídrico.

Figura 3.1. Precipitación, evapotranspiración y balance hídrico.

el Instituto Nacional de Meteorología posee en La Virgen del Camino, localidad muy próxima a León capital, y cuyas coordenadas geográficas son las siguientes:

- Longitud: 5º 40' W.
- Latitud: 42º 35' N
- Altura sobre el nivel del mar: 913 metros.

El clima de la ciudad de León y sus alrededores puede clasificarse de mediterráneo por su clara, aunque corta, sequía estival, si bien la altitud y el aislamiento de la influencia marina provocan una continentalización que se manifiesta en inviernos rigurosos, veranos cortos y moderados y fuertes constrastes entre el día y la noche. El régimen térmico puede considerarse por tanto como **mediterráneo fresco** y el climático como **mediterráneo continentalizado**.

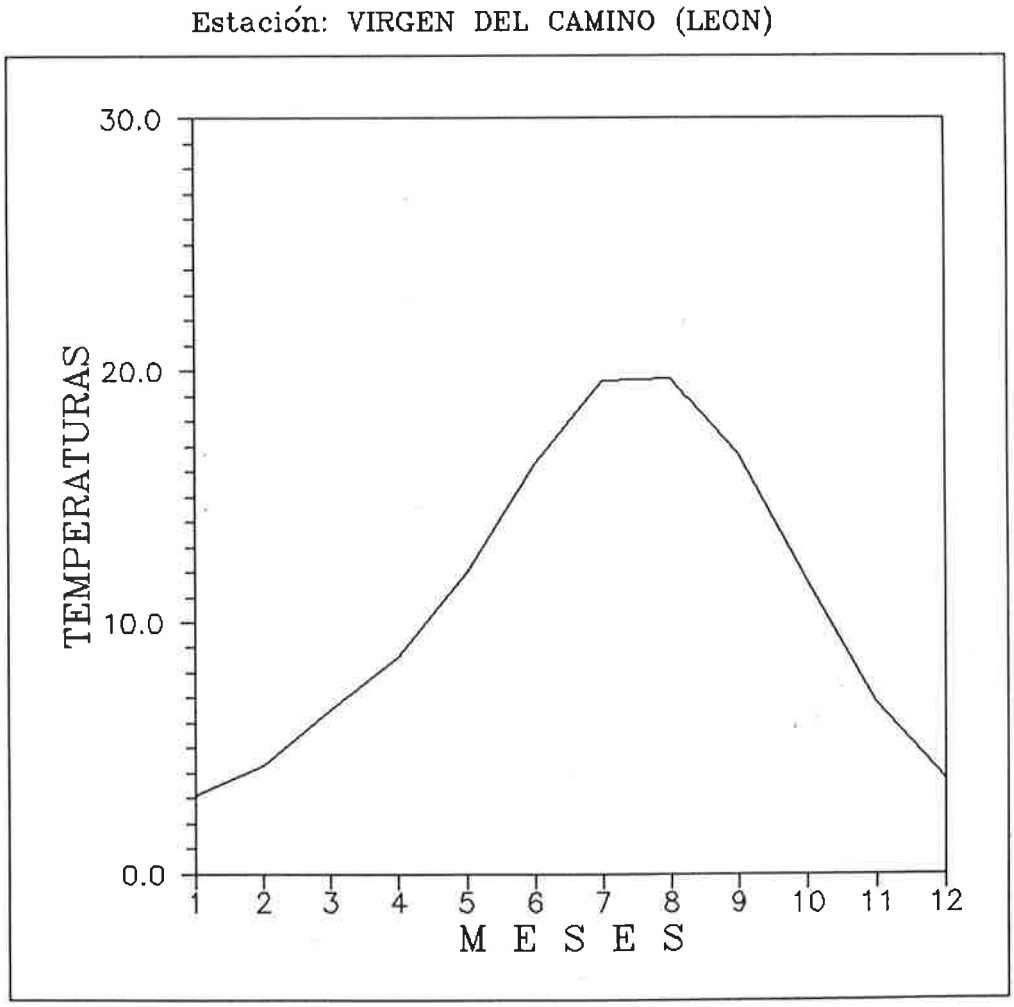


Figura 3.2. Temperaturas medias mensuales.

El índice de aridez de Martonne es de 27, lo cual clasifica el clima de León como de **cultivo de secano** y el termopluviométrico de Dantín y Revenga de 1,91, que le sitúa en la frontera entre clima **húmedo** y clima **semiárido**.

Las temperaturas de las zonas presentan una media anual de 10 - 11C°. Esta media tiene un índice de variabilidad muy bajo (0,4 - 0,5°C), lo que no permite hablar de años fríos o años cálidos. El mes más cálido es julio, con una temperatura media de 19,7°C y el mes más frío enero con 2,8°C. En cuanto a temperaturas extremas, la máxima absoluta registrada es de 38°C y la mínima absoluta de -17,4°C. El número medio anual de días con heladas es de 79,5, extendiéndose la época con peligro de heladas desde el mes de octubre hasta el de mayo.

En cuanto al régimen de vientos se refiere, éstos son mayoritariamente de componente oeste, aunque con carácter subordinado en frencuencia también se dan vientos con otros componentes tales como noroeste, norte y suroeste. La racha máxima registrada en este observatorio ha sido de 119 Km/h con dirección SSO, aunque el valor medio de rachas máximas observado es de 87 Km/h.

Las precipitaciones se producen mayoritariamente en los meses de octubre a febrero (57%). El máximo absoluto lo marca el mes de diciembre con el 11,1% del total de las precipitaciones y el mínimo, agosto, con un 2,8%. La precipitación total anual se cifra en torno a los 500 ó 600 mm. Al año se registran una media de 13 días de nieve, 6,1 de granizo y 26,1 de niebla.

En la figura 3.2 se han representado las lluvias medias recogidas durante los últimos treinta años en la estación de La Virgen del Camino, la evapotranspiración real y el balance hídrico calculado mediante el método de Thornwaite, y en la 3.3 las temperaturas medias mensuales correspondientes al mismo periodo de tiempo.

Si se supone una capacidad media de almacenamiento de agua del suelo de 100 mm, el balance hídrico pone de manifiesto que el suelo permanece seco durante los meses de julio, agosto y septiembre y se produce escorrentía y/o recarga de acuíferos profundos durante diciembre, enero, febrero y marzo. Abril, mayo y junio pueden considerarse meses durante los cuales el suelo se deseca progresivamente, mientras que octubre y noviembre es la temporada de humedecimiento del suelo.

3.1.2. Morfología

La morfología de la región de León está especialmente influenciada por la acción fluvial de los ríos Bernesga y Torío que da lugar a un paisaje típico de terrazas.

Sobre un Mioceno detrítico sensiblemente horizontal, la acción de estos ríos ha originado un valle fluvial en forma de "Y" en cuyo vértice se ubica la ciudad de León. Escalonadamente a partir de este valle y apoyándose directamente sobre el Mioceno se han desarrollado cinco sistemas de terrazas (T1 a T5) de edad pliocuaternaria, ocupando las más antiguas las cotas más altas. Por debajo del nivel de la más moderna se sitúa la llanura de inundación aluvial actual.

Los valles son asimétricos, circulando los ríos próximos al borde izquierdo de la llanura fluvial, formándose así un escarpe oriental, más acusado en el curso del río Torío, donde abundan los desplomes y deslizamientos producidos fundamentalmente por la acción de zapado basal que el río ejerce.

Al ser los terrenos que se encuentran en esta zona bastante blandos, a menudo los cauces efímeros producen una intensa erosión que se traduce en la existencia de numerosos barrancos de paredes relativamente verticalizadas que discurren en dirección sensiblemente perpendicular a la de los ríos principales. Los conos de deyección producidos por estos cursos de agua suelen ser difíciles de observar por estar muy modificados por las labores agrícolas.

3.1.3. Hidrología superficial

A escala regional, la Meseta Septentrional Castellana presenta dos características fundamentales desde el punto de vista de su hidrología superficial: por un lado una gran abundancia de aguas superficiales y, por otro, una red hidrográfica escasamente desarrollada con muy poca densidad de cursos de agua y divisorias de cuencas mal definidas y de trazado dudoso. Esto se debe a que la gran mayoría de los ríos nacen en el perímetro montañoso que circunda la meseta, donde las precipitaciones son altas y las condiciones geológicas y topográficas propician una fuerte escorrentía superficial. Por el contrario, en la meseta, con muy débiles pendientes y abundancia de materiales permeables en superficie, la escorrentía superficial es muy pequeña, comportándose como un área arreica.

Dentro del tramo estudiado, la hidrología superficial está determinada por las cuencas de los ríos Bernesga y Torío, que disectan en sentido norte-sur todas las formaciones. Sus caudales estan muy influidos por los riegos antrópicos por lo que los aforos realizados no son significativos.

Un factor muy importante es el flujo subterráneo local que implica a los materiales de los valles y a una parte de la infiltración en los interfluvios.

3.1.4. Hidrología subterránea.

El tramo estudiado se encuadra dentro del Sistema Acuífero número 8, perteneciente a la Cuenca del Duero. Desde un punto de vista hidrogeológico, los acuíferos, tanto superficiales como profundos, son de escasa importancia.

De los acuíferos superficiales el más notable es el constituído por los sistemas de terrazas, compuestos por cantos y bolos de cuarcita en una matriz arcillo-arenosa. La permeabilidad es baja, con valores de transmisividad menores de 10 m^2/día. Los pozos dan caudales comprendidos entre 1 y 2 l/s, resultando en general un acuífero pobre.

De menor importancia aún, si cabe, son los aluviales de los ríos Bernesga y Torío, cuyo desarrollo es escaso. En la actualidad todos los pozos existentes en estas formaciones están abandonados.

El más importante de los acuíferos profundos es el Terciario detrítico (Mioceno), el cual presenta transmisividades inferiores a 1 m^2/día y los pozos que en él se han implantado han dado caudales comprendidos entre 0,5 y 2 l/s, lo cual da idea de la pobreza de este acuífero. Las aguas son en general de buena calidad, siendo destacable la escasez de sales disueltas en el agua retenida por todas las formaciones mencionadas, existiendo únicamente peligro de contaminación por los nitratos provenientes de los regadíos.

3.2. ENCUADRE GEOLOGICO

Geológicamente, el área de León, se sitúa en el Noroeste de la depresión Terciaria del Duero, enclavada entre la Cordillera Cantábrica al norte y los Montes de León al oeste, extendiéndose el resto de la depresión por el este y por el sur.

La zona objeto de estudio, está formada por una potente acumulación (alrededor de 500 metros) de sedimentos terciarios sobre los que se ha instalado un importante sistema de terrazas relacionado con los ríos Bernesga y Torío, afluentes del Duero.

Los materiales de edad terciaria, en esta zona, son casi exclusivamente detríticos (conglomerados, areniscas, limos y arcillas) existiendo localmente algunos niveles de enriquecimiento en carbonatos.

El sistema de terrazas, de edad pliocuaternaria, es litológicamente bastante homogéneo estando constituído fundamentalmente por gravas y arenas en las que predominan cantos de cuarcita.

3.2.1. Litoestratigrafía

Terciario. La sección más completa de terciario que aparece en el área de estudio, se sitúa en la carretera de Villaobispo a La Candamia, en la margen izquierda del río Torío y tiene una potencia de más de 82 metros. Litológicamente se distinguen (ver figura 3.3):

- Orto y microconglomerados. Formados sobre todo por cantos de cuarcita y en menor medida de arenisca y caliza. Tienen centiles de hasta 15 cms. en la base de los paquetes. Constituyen secuencias granodecrecientes. Sus bases son erosivas y localmente canalizadas.

- Arenas pardas de grano medio a microconglomeráticas. Forman niveles de hasta 4 metros depotencia, que componen secuencias granodecrecientes y de barras. Ambas corresponden al relleno de canales trenzados (braided).

- Arcillas pardo-rojizas. Interpretadas como correspondientes a llanuras de inundación.

- Niveles de carbonatos. Se sitúan a techo de las secuencias granodecrecientes. Son de origen pedogenético y representan paradas en el medio de sedimentación aluvial. Alcanzan hasta 1 metro de espesor.

Todos los materiales descritos corresponden a facies distales de abanicos aluviales y su edad es miocena.

En las zonas en las que afloran estos materiales terciarios se producen abarrancamientos y deslizamientos de pequeños bloques, sobre todo de materiales blandos.

Cuaternario. Los depósitos de esta edad se dividen en terrazas, llanuras de inundación, y otros depósitos en los que se incluyen fondos de valle y conos de deyección. Todos estos materiales se consideran de edad pliocuaternaria.

- Terrazas. Se pueden diferenciar 5 sistemas de terrazas, si bien en la margen derecha del río Torío aparece un sexto nivel, T4', entre T4 y T5.

  Las alturas de estas terrazas sobre el nivel del río oscilan entre 110 mts. (T-1 del Río Torío) y 8 mts. (T-5 del río Bernesga).

  Los porcentajes entre los que se mueven los 3 componentes litológicos de las terrazas (clastos, arena, arcilla) son los siguientes:

  Clastos: 40% en T-2 a 70% en T-3
  Arena:de 27% en T-3 a 42% en T-2
  Arcilla:de 7% en T4 a 19% en T4'

  Tanto entre los clastos como en el tamaño de arena, el componente principal es cuarcítico, llegando a ser de un 85% en arenas y hasta de un 90% en clastos.

  El grado de cementación aumenta en las terrazas superiores y disminuye progresivamente, estando la terraza T-5 prácticamente sin consolidar.

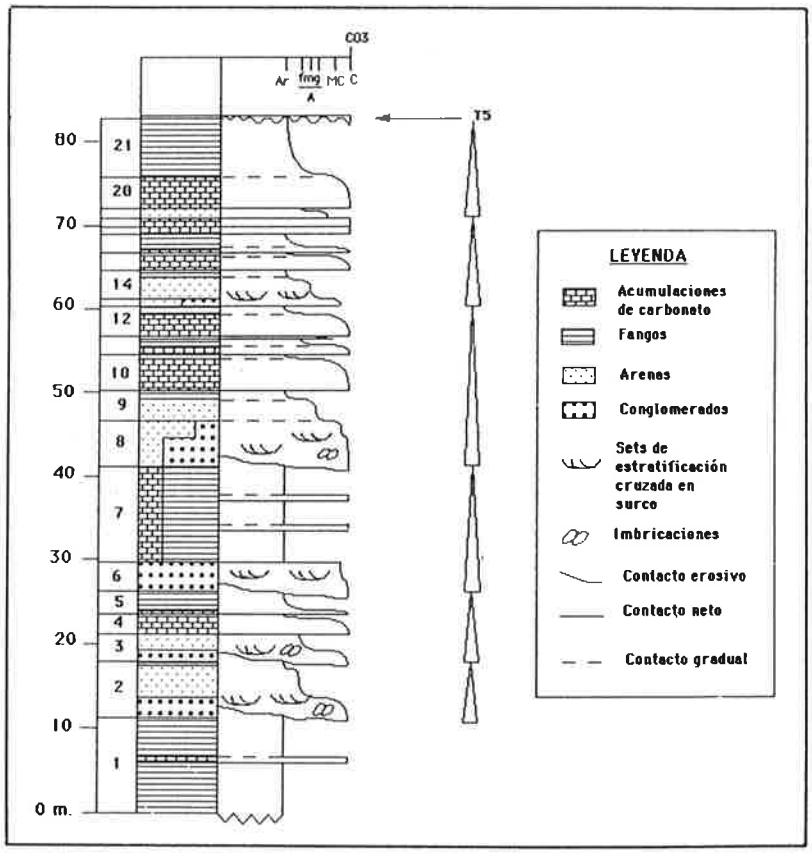


Figura 3.3. Columna estratigráfica de los terrenos miocenos.

- Llanuras de inundación. La llanura del río Bernesga tiene un espesor visible de unos 2 ó 3 mts. y en ella se diferencian dos tramos. En la parte más baja, de 0,75 a 1,2 mts. de potencia, se encuentran gravas no consolidadas con un 60 a un 80% de clastos, siendo estos mayoritaria-

mente de cuarcita, en menor medida de arenisca y algunos de otras rocas. La matriz está compuesta casi en su totalidad por materiales cuarcíticos de tamaño arena. En la parte más alta se encuentra otro tramo de carácter discontínuo formado por arenas de grano medio a fino, limos y arcillas ricas en materia orgánica.

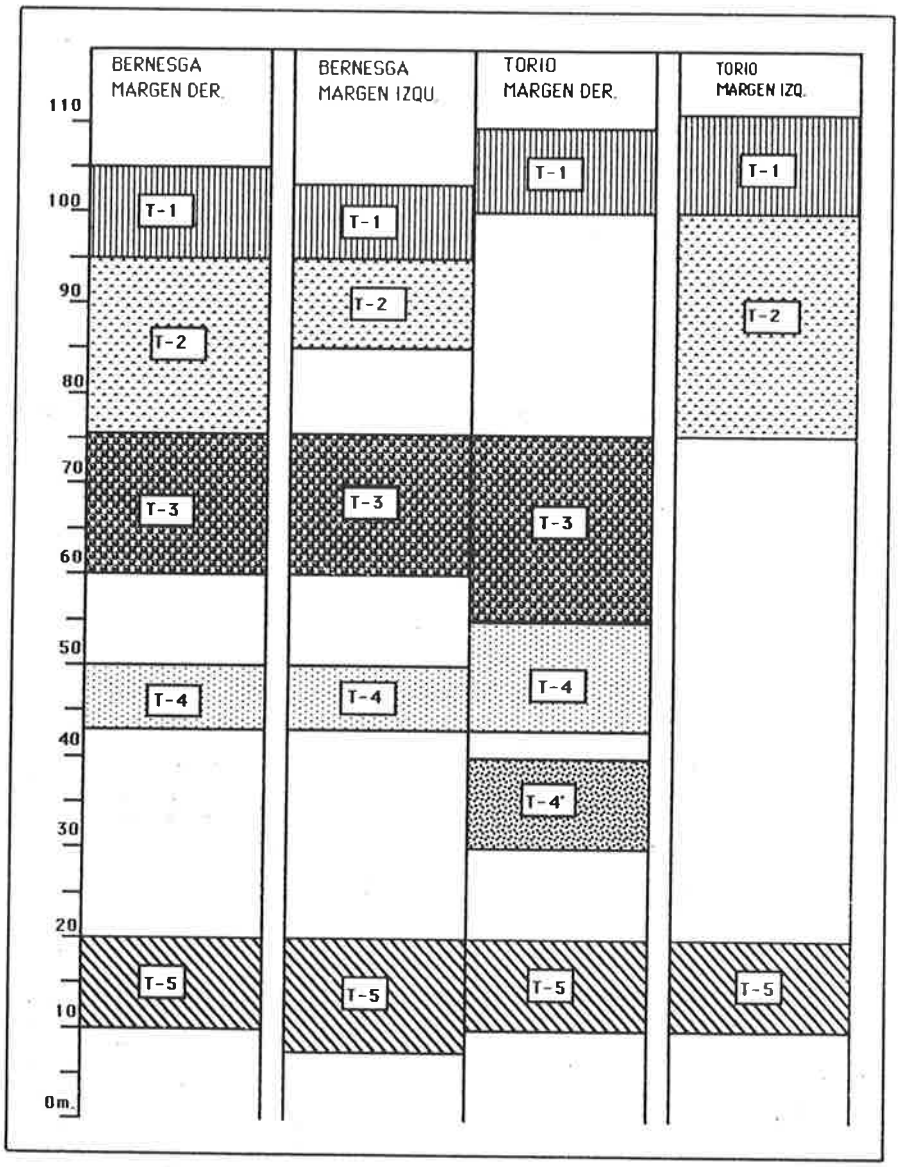


Figura 3.4. Alturas sobre el nivel del cuace de los ríos Bernesga y Torío de los distintos sistemas de terrazas.

La llanura del rio Torío está bastante modificada por la actividad humana, siendo difícil de observar inalterada. En el lecho del río y en sus márgenes afloran materiales miocenos y, sobre ellos, con base erosiva, se sitúa la llanura de inundación con 1,4 metros de espesor que presenta los dos tramos ya establecidos para el río Bernesga.

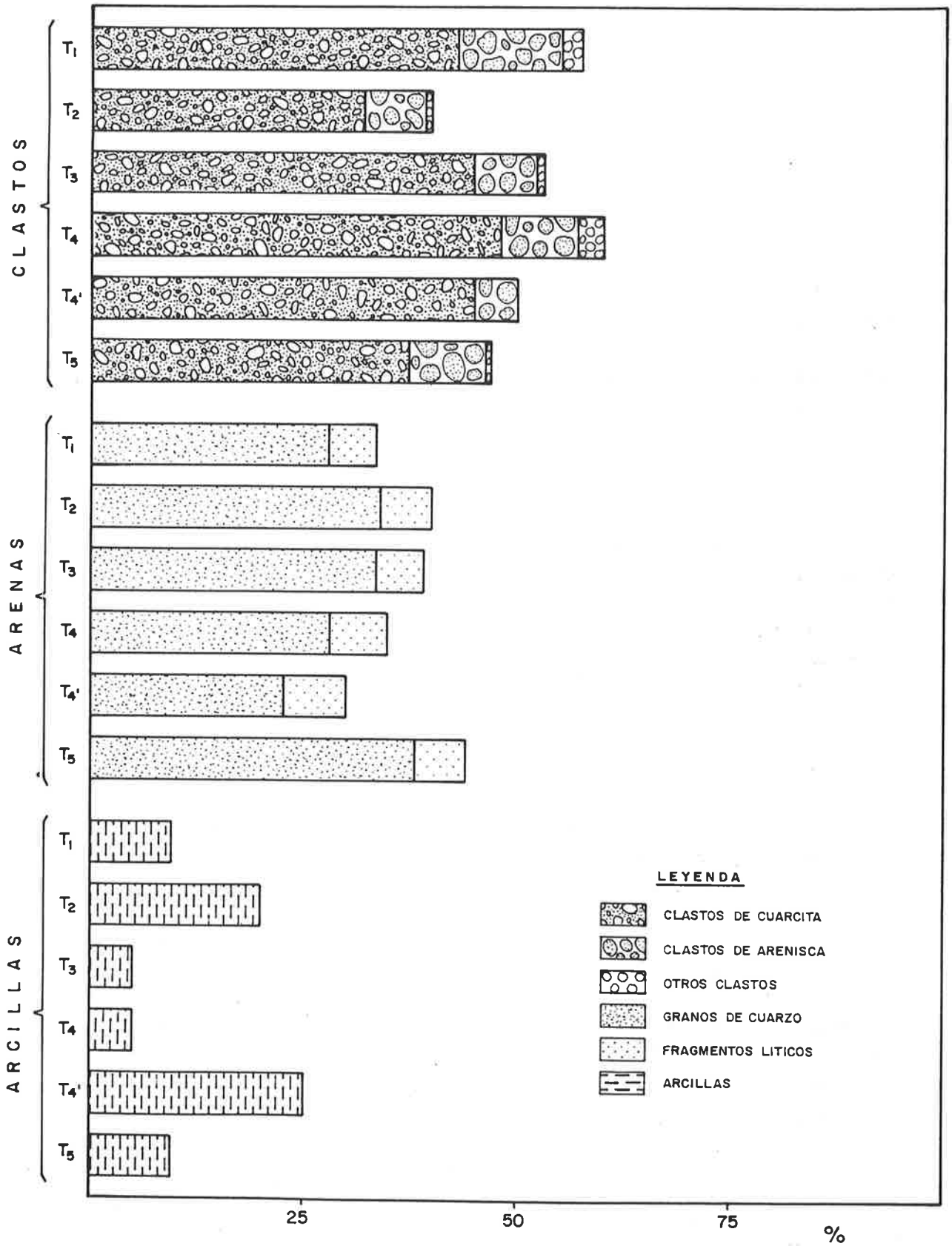


Figura 3.5. Composición litológica de los distintos sistemas de terrazas.

- Otros materiales. Los fondos de valle ocupan las partes bajas de los cauces relacionados con cursos de agua estacionales. Aparecen muy recubiertos por sedimentos antrópicos y por vegetación. Están constituídos por gravas, arenas y limos. Su génesis está muy relacionada con los sedimentos que afloran en las laderas. Son transportados por arrastre de agua, solifluxión y "creep". Los conos de deyección aparecen situados a la salida de los fondos de valle siendo su composición litológica muy similar a las terrazas

3.2.2. Tectónica

Todos los materiales que afloran en la zona de estudio tienen carácter postectónico, habiéndose depositado con posterioridad a las últimas fases del ciclo alpino que generaron la Cuenca del Duero, y siendo resultado del funcionamiento de los abanicos y ríos que se originaron a los pies de los nuevos relieves. Esta circunstancia motiva que la disposición de todos los sedimentos sea subhorizontal, y que no existan en el área estructuras tectónicas tales como pliegues o fracturas.

3.3. SISMICIDAD

Los datos que se poseen actualmente para reconocer la actividad sísmica de la zona de León, son fundamentalmente de tres tipos: estadística sísmica, elementos geotectónicos regionales y elementos geofísicos complementarios. El conjunto de todos ellos permite, por una parte, predecir la intensidad máxima probable en el entorno leonés, medida en la escala macrosísmica M.S.K. (Medvedev, S.V., Sponhever y Karnik, V. 1967), y por otra la probabilidad de que ocurra un movimiento sísmico de intensidad media que afecte a la ciudad.

3.3.1. Sismicidad histórica

Según consta en el Catálogo General de Isosistas de la Península Ibérica y en el Catálogo de Sismos, ambas obras publicadas por el Instituto Geográfico Nacional, no se tienen referencias de ningún epicentro sísmico registrado en la ciudad de León o en su entorno.

Esto no quiere decir que el área de estudio no esté sometida a la acción sísmica, sino que los sismos cuyos efectos en el pasado se dejaron sentir en León tenían sus epicentros en los lugares que se recogen en el cuadro 3.1. En ellos las intensidades epicentrales no sobrepasaron el grado VIII (salvo el terremoto de Lisboa del año 1755). La atenuación de los frentes de ondas supuso en León intensidades máximas de grado V. Por tanto, León es un área que puede considerarse asísmica en sí misma y en la que el peligro sísmico histórico es de grado bajo.

Tabla 3.1. Terremotos históricos acaecidos en el entorno de la ciudad de León.

	Localización del epicentro			Intensidad	Sísmica
Fecha	Longitud	Latitud	Ciudad más próxima	Epicentral	En León
01-XI-1755	10° 00'W	37° 00'N	W Cabo S. Vicente	X+Réplicas	V
10-II-1961	6° 12'W	41° 43'N	Zamora	VI	II
15-III-1964	7° 45'W	36° 8'N	Golfo de Cádiz	VII	II

3.3.2. Neotectónica

En el área abarcada por el presente estudio no se tiene conocimiento de la existencia de ningun fenómeno que pueda ser considerado como neotectónico. El único dato de relativa importancia en este sentido es la existencia en el tramo comprendido en la Hoja n 160 (Benavides) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, de una falla de dirección aproximadamente este-oeste que, con un salto de más de ocho metros, afecta a la terraza más alta del río .

3.3.3. Datos geofísicos

El área de la cuenca del Duero en la província de León muestra en su conjunto una anomalía gravimétrica negativa que alcanza los valores máximos al norte de la ciudad de León. En el área de estudio, las isoanómalas se disponen de forma aproximadamente paralelas, en dirección este-oeste y aumentando su valor en el sentido sur-norte. Ello da idea de una mayor profundidad del zócalo paleozoico en la zona norte y, por tanto, un mayor espesor de sedimentos miocénicos en esta zona.

3.4. YACIMIENTOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

3.4.1. Canteras

En la figura 3.4 se han consignado las explotaciones existentes, ya sean activas o inactivas, en el ámbito del entorno municipal de León.

Los datos se han obtenido del Mapa de Rocas Industriales a escala 1:200.000 de la hoja nº 19 correspondiente a León (1974), convenientemente actualizada en lo que se refiere al estudio de actividad o inactividad de los distintos frentes, editado por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

Como materiales de construcción solamente se explotan en el tramo considerado dos sustancias: arcillas y áridos.

A) **Arcillas:** Al norte de León, entre los ríos Bernesga y Torío se encuentran una serie de explotaciones de arcillas miocenas, la mayoría de ellas hoy día abandonadas. Su uso fundamental es en la industria cerámica.

B) **Aridos:** Las zonas más interesantes se centran en las llanuras de inundación aluvial de los ríos Bernesga y Torío. De menor cantidad como yacimiento de áridos son las terrazas, algunas de las cuales pueden ser susceptibles de explotación.

3.4.2. Préstamos

La posibilidad de utilización de ciertos tipos de materiales del entorno leonés, para su uso como préstamo, en general para obras de carreteras, deben evaluarse dentro de las características de los mismos definidos en el "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes". De acuerdo con sus especificaciones deben considerarse como no aprovechables los rellenos

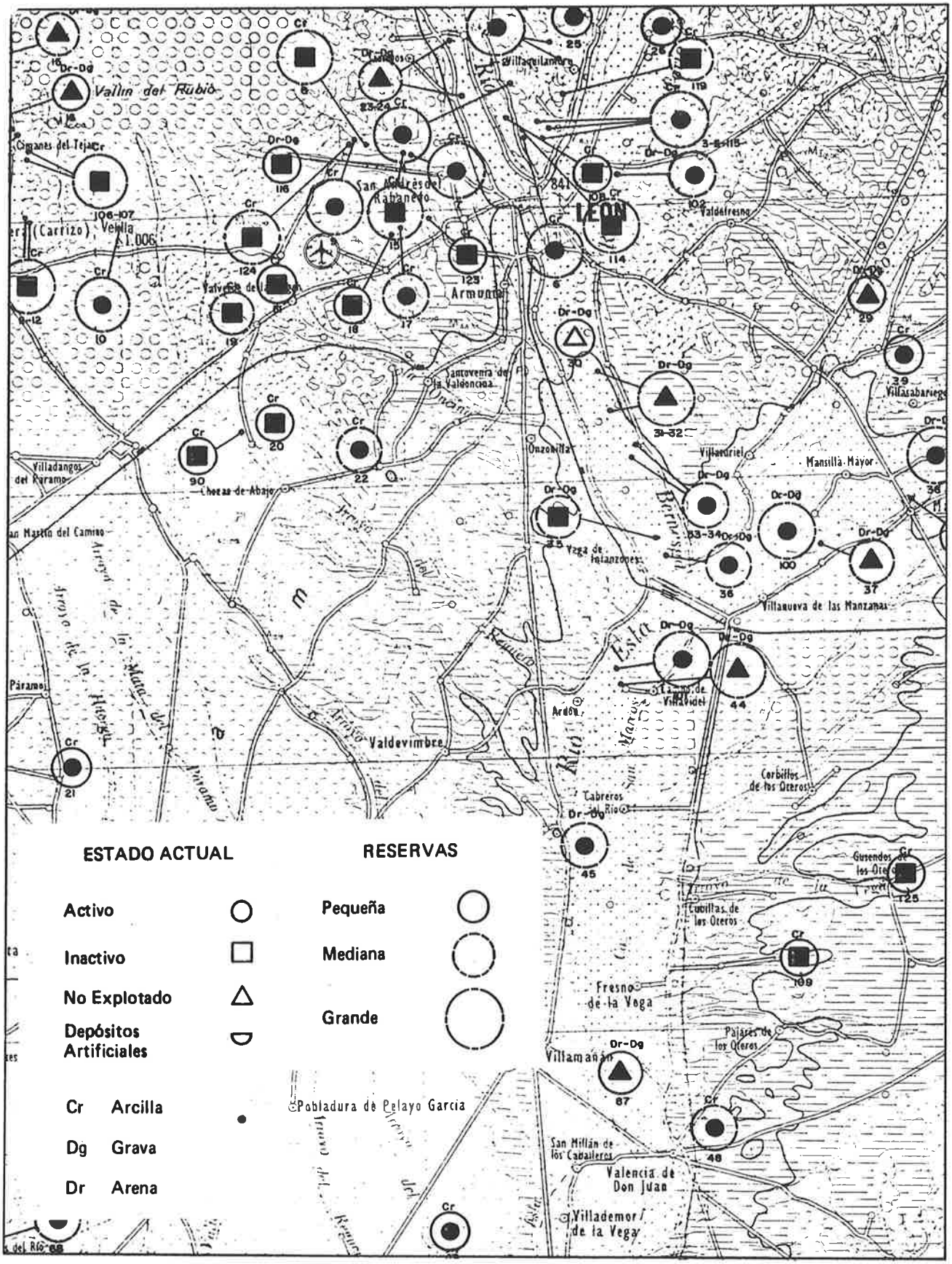


Figura 3.6. Situación de los principales yacimientos de materiales de construcción (E. 1:200.000).

limosos de fondo de valle y los materiales arcillosos miocenos que sirven de base a todas las formaciones cuaternarias presentes. El resto de los materiales, en particular los granos y arenas procedentes de los aluviales y de las terrazas, deben considerarse como aprovechables aunque deberán determinarse sus características en orden a evaluar su comportamiento futuro, como materiales constitutivos de las futuras carreteras.

3.5. VEGETACION

En la realización de este apartado se han tenido en cuenta los datos de la Hoja nº 161 (León) del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos editada por el Ministerio de Agricultura en el año 1977, actualizados con otros posteriores cuando ello ha sido posible.

Climatología y meteorología son los dos factores naturales que influyen en el aspecto y distribución de la vegetación existente en una zona determinada. Sin embargo, la acción modificadora del Hombre sobre la vegetación natural es, sin duda, el factor más determinante de la flora actual.

Desde el punto de vista de la ecología de los cultivos, el tramo estudiado se caracteriza por inviernos tipo **avena fresco** y veranos tipo **maíz**, según la clasificación de Papadakis.

La potencialidad agroclimática está definida por unos valores del índice C.A. de Turc comprendidos entre 5 y 20 en secano y entre 30 y 45 en regadío.

Edafológicamente, los suelos presentes son suelos imperfectamente drenados, bastante erosionados, ácidos, de textura **franca** a **franca-arcillo-arenosa** y del tipo inceptisoles y alfisoles.

La llanura de inundación de los ríos Bernesga y Torío se encuentra recubierta casi en su totalidad por cultivos de regadío, entre los que destacan los cereales, fundamentalmente trigo y cebada. También existen en esta zona cultivos hortícolas y hortofrutícolas, de los cuales el más importante es la patata. Las legumbres también son importantes dentro de este mismo tipo de cultivo, sobre todo la alubia.

De entre las plantas forrajeras, la que ocupa mayores extensiones es la alfalfa, casi tanto como la alubia y superiores incluso a las de la cebada.

Los terrenos miocenos se dedican en su mayor parte a la labor intensiva sin arbolado, consistente en cultivos de secano en alternativa de año y de vez. Trigo y centeno son los cultivos de mayor relevancia de esta modalidad.

Por su parte, las terrazas suelen dedicarse a prados naturales permanentes de secano, más o menos húmedas, cuyo aprovechamiento fundamental es el pastores con ganado vacuno.

El terreno arbolado ocupa extensiones relativamente pequeñas, siendo las especies más corrientes el chopo y el pino, éste último procedente de repoblaciones forestales, ya que la especie autóctona es el chopo.

El cuadro de tipos de vegetación existentes se completa con arbustos de las especies quercus pyrenaica y quercus tozza, asociadas siempre a matorrales y pastizales.

4. ZONACION GEOTECNICA

En este apartado se ha realizado la división de todo el tramo estudiado en una serie de zonas de similares características con vistas a realizar una aproximación a los posibles problemas de índole geotécnica que los diferentes terrenos pueden presentar.

En este estudio, lógicamente orientativo, ha sido necesario en ocasiones realizar una generalización a áreas bastante grandes de datos puntuales, por lo cual se aconseja realizar estudios de más detalle a la hora de proyectar obras de cierta importancia.

4.1. CRITERIOS DE DIVISION

Utilizando fundamentalmente criterios de tipo geológico (edad de los terrenos, litología y génesis), hidrogeológico (permeabilidad, transmisividad, características de drenaje) y geotécnico, la superficie abarcada por este estudio a escala 1:25.000 ha sido dividida en áreas, éstas a su vez en zonas y, por último, las zonas en sectores. Con ello se ha pretendido realizar una zonificación en parcelas relativamente homogéneas a las cuales fuese posible otorgar unas características geotécnicas determinadas que permitan prever la respuesta del terreno a las posibles solicitaciones constructivas.

Algunos sectores, en particular los denominados bajo las siglas I_1^a y I_1^b, correspondientes a terre-

nos de edad miocena, no han podido ser separados cartográficamente al tratarse éste último de lentejones aislados, en ocasiones con tránsito gradual, prácticamente imposibles de controlar en superficie a la escala a la que se ha trabajado.

Algunos sectores si individualizados cartográficamente, tales como los distintos sistemas de terrazas, se han presentado juntos en algunos cuadros de características por presentar variaciones continuas de las mismas. No obstante, en el texto, donde hay lugar para más explicaciones, si se tratarán separadamente.

4.2. DIVISION EN AREAS, ZONAS Y SECTORES GEOTECNICOS

El tramo estudiado no presenta una gran variedad de materiales que den lugar a un fuerte contraste de características geotécnicas, pudiendo establecerse en una primera aproximación dos grandes áreas:

AREA I

Corresponde a los terrenos del Mioceno, compuestos fundamentalmente por materiales arcillosos, más o menos compactados, y con una cantidad muy variable de limos, arenas y gravas.

AREA II

Incluye los terrenos cuaternarios, que se apoyan directamente sobre el Mioceno y están formados por materiales polimétricos, de naturaleza variable, que van desde gravas gruesas de más de 15 cm. de diámetro hasta partículas de tamaño arcilla, con grados de cementación variables. Constituyen estos materiales las terrazas aluviales, las llanuras de inundación de los ríos Bernesga y Torío y los fondos de los valles relacionados con pequeños cursos de agua, muchas veces efímeros.

Estas dos áreas se han dividido en las seis zonas siguientes:

AREA I
ZONA I_1

Litológicamente se compone de los niveles arcillosos, generalmente de alta plasticidad, que forman el Mioceno en su mayor parte.

ZONA I_2

Se han incluido en esta zona los niveles de gravas y arenas intercalados entre los niveles arcillosos del área AREA I1, se encuentran en forma de lentejones diseminados, a menudo con contactos graduales con los materiales antes citados.

AREA II
ZONA II_1

Sistemas de terrazas de los ríos Bernesga y Torío. Se han diferenciado cinco de estos sistemas, haciendo corresponder un sector a cada uno de ellos. Litológicamente son gravas y arenas en una

matriz con un contenido variable de arcillas y limos y un grado de cementación variable. En particular, la terraza más reciente se encuentra prácticamente sin consolidar.

ZONA II_2

Engloba los terrenos situados en los márgenes de los cauces actuales de los ríos Bernesga y Torío que conforman la llanura de inundación de dichos ríos.

ZONA II_3

Corresponde al cauce actual de los ríos Bernesga y Torío.

ZONA II_4

Los materiales de esta zona tapizan el fondo de los valles y litológicamente se componen de arcillas, arenas y gravas provenientes de las terrazas y del Mioceno.

4.3. METODOLOGIA DEL ESTUDIO DE LAS DISTINTAS ZONAS GEOTECNICAS

Una vez realizada la zonificación a escala regional se ha analizado separadamente cada zona, definiendo para cada una de ellas los siguientes factores: Litología, rasgos geomorfológicos, hidrología superficial y profunda, condiciones de cimiento, obras de tierra en cuanto a facilidad de excavación, estabilidad de taludes, empuje sobre contenciones, aptitud para préstamos, aptitud como explanada de carreteras y aptitud para obras subterráneas.

Litología

Para cada una de las zonas geotécnicas se definen los principales materiales presentes, tanto en lo que se refiere a su naturaleza como a su abundancia relativa y disposición mutua. También, mediante los adjetivos **uniforme** o **errático**, se ha tratado de establecer el grado de homogeneidad de la formación.

Es importante señalar que la escala básica de trabajo de este mapa (1:25.000) obliga, de acuerdo con las recomendaciones de la Comisión Internacional de Cartografía Geotécnica de la A.I.G.I. (Engineering Geological Maps. A Guide to their preparation, 1975), a agrupar dentro de una misma zona varias litologías diferentes. Por ello se han señalado siempre las características geotécnicas de la litología dominante, pero ha de tenerse en cuenta la existencia de litologías de importancia subordinada por su extensión pero que localmente pueden llegar a ser principales.

Geomorfología

Por un lado se han descrito las formas topográficas del terreno y por otro las pendientes del mismo. Cuando a un terreno se le asigna una pendiente P se esta queriendo decir que el 75 % del mismo tiene pendientes menores que P y que el 25 % restante las tiene mayores. Con este dato se ha pretendido dar una idea aproximada del posible uso del suelo: intensivo (urbano, industrial, agrícola) o extensivo. Para ello puede usarse el siguiente criterio:

Uso intensivo: pendientes menores o iguales al 3 %.
Uso extensivo: pendientes menores o iguales al 6 %.

Hidrología Superficial y Subterránea

Para cada zona se definen:

a) Coeficiente de escorrentía, según la Instrucción de Carreteras: Drenaje (MOPU).

b) Idea de la posición del nivel freático, en forma cualitativa y aproximada, basada en los sondeos realizados, mediciones en pozos de la zona u otras estimaciones.

c) Comportamiento del material o materiales de la zona frente a la infiltración: permeable, semipermeable o impermeable.

d) Tipo de drenaje principal: infiltración, infiltración más escorrentía, escorrentía.

e) Calidad del drenaje: aceptable o deficiente (tendencia al encharcamiento o niveles freáticos muy altos).

f) Agresividad de las aguas subterráneas.

Condiciones de Cimentación

En este apartado se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

a) **Presiones admisibles**, considerando éstas como las presiones de cimentación correspondientes a cargas verticales y centradas que garanticen la producción de asientos absolutos medios inferiores a 2,5 cm. en suelos granulares (gravas, arenas, limos arenosos) y 5 cm. en suelos cohesivos (arcillas, limos arcillosos). Se han determinado para zapata cuadrada aislada de 1,5 x 1,5 m. y a profundidades de 1,5, 3 y 8 m.

El método de cálculo empleado ha sido el descrito en las Normas Tecnológicas de la Edificación, basado en el conocimiento previo del tipo de suelo, el número de golpes obtenido en el ensayo S.P.T. (en el caso de suelos granulares) y la resistencia a compresión simple (en el caso de suelos cohesivos).

b) **Tipo de cimentación más probable**, dada en función de las características geomecánicas de los terrenos que componen cada zona. Se distinguen fundamentalmente tres tipos: profunda, semiprofunda y superficial.

c) **Problemas de cimentación:** se indican los problemas más frecuentes que pueden surgir en cada zona al efectuar un tipo de cimentación determinada.

Obras de tierra

Dentro de este apartado se han considerado los siguientes aspectos concretos: facilidad de exca-

vación, estabilidad de taludes, empujes sobre contenciones, aptitudes para préstamos, aptitudes para explanada de carreteras y obras subterráneas.

a) **Facilidad de excavación:** las formaciones no rocosas se han clasificado en los siguientes grupos:

1) **Duras.** Atacables con máquinas y/o escarificador, pero no con pico, como terrenos de tránsito, rocas descompuestas, tierras muy compactas.

2) **Medias.** Atacables con pico pero no con pala, como arcillas semicompactas, con o sin gravas.

3) **Blandas.** Atacables con pala, como tierras sueltas, tierra vegetal, arenas.

En las formaciones rocosas la clasificación según su facilidad de excavación se ha realizado en:

1) **Ripables.** Atacables con máquinas.

2) **No ripables.** Atacables únicamente mediante explosivos.

b) **Estabilidad de Taludes.** El talud tipo utilizado ha sido de una altura de seis metros, aunque en el tramo estudiado es difícil que haya que recurrir a realizar taludes de más de cuatro metros, salvo obras de gran envergadura tales como autopistas o variaciones del trazado de vías férreas. En general se consideran estables aquellos terrenos que admiten taludes 1,5/1 (H/V) sin problemas de estabilidad. Para el cálculo se ha empleado el método descrito en las Normas Tecnológicas de la Edificación (MOPU), basado en el conocimiento del tipo de suelo y de la resistencia a compresión simple del mismo. En general se hace referencia a taludes provisionales sin sobrecarga. Para taludes definitivos será necesario hacer un estudio mucho más detallado que se escapa del objetivo de este trabajo.

c) **Empujes sobre contenciones:** Hacen referencia a contenciones del terreno natural, no a rellenos realizados con los materiales de la zona. Para su cálculo se ha empleado el método de Terzaghi, considerando taludes de tres metros de altura sin sobrecarga. El método se ha considerado por su sencillez y por dar resultados suficientemente aproximados para los objetivos de este trabajo.

d) **Aptitud para préstamos.** En este sentido, los terrenos han sido clasificados de acuerdo con el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-4) de la Dirección General de Carreteras en:

1) **No aptos.** Bajo este término se designan los suelos inadecuados según el referido PG-4.

2) **Marginales:** son aquellos suelos que unas veces son inadecuados y otras tolerables e incluso adecuados.

3) **Aptos:** son aquellos suelos tolerables, adecuados o seleccionados.

e) **Aptitud como Explanada de Carreteras.** Se ha tomado como referencia la Instrucción de Carreteras: Normas de Firmes Flexibles y Firmes Rígidos (MOPU) para clasificar los terrenos en:

1) **No aptos.** Se trata de suelos que no pueden constituir en desmonte ni en terraplén explanadas tipo E-1 (suelo tolerable al menos, estabilizado en sus 15 cm. superiores con cal o cemento y con un índice C.B.R. comprendido entre 5 y 10).

2) **Marginales.** Suelos que en ocasiones cumplen la condición antes expuesta.

3) **Aptos.** Hace referencia a suelos adecuados o seleccionados y se cita el tipo de explanada que se puede realizar en ellos.

f) **Obras Subterráneas.** Para las formaciones blandas, constituidas por suelos, o rocas cuyo comportamiento es asimilable al de suelos, se emplean los siguientes términos:

1) **Muy difíciles.** Se designan así las obras subterráneas realizadas en suelos blandos bajo el nivel freático o en suelos potencialmente expansibles.

2) **Difíciles**, son las realizadas en terrenos blandos o arenosos limpios bajo el nivel freático.

3) **Medias.** Se designan con grado de dificultad medio a las obras subterráneas realizadas en suelos firmes que solo a veces presentan problemas de nivel freático, con cierta capacidad de autosoporte y sin empujes fuertes.

Para las rocas se ha recogido la experiencia local y en otros puntos de la Geografía Española en formaciones rocosas similares de túneles de carretera y minería.

4.4. DESCRIPCION DE LAS ZONAS

En lo que sigue, y durante el resto del capítulo, se describen pormenorizadamente cada una de las zonas establecidas.

4.4.1. Area I - Zona I_1

a) **Localización**

Ocupa prácticamente la totalidad del tramo estudiado, sirviendo de base a todas las formaciones presentes.

b) **Características Litológicas**

Litológicamente se compone de arcillas de color pardo con algunas arenas y gravas de potencias muy variables y estratificación horizontal. Se atribuye edad miocena a estos terrenos.

c) **Características Geomorfológicas**

Se presenta formando relieves alomados y llanuras suavemente onduladas. Sus afloramientos se sitúan delimitando las zonas entre terrazas, las cuales se apoyan directamente sobre él. Ocasionalmente da lugar a terrenos de fuerte pendiente cuando los cursos de agua han tenido la suficiente energía para excavar en él sus cauces, como en el caso de la margen derecha del rio Torío. En estos últimos

casos la erosión actúa de forma intensa dando lugar a formas acarcavadas.

d) **Características Hidrológicas**

Son terrenos impermeables por lo que su drenaje se realiza por escorrentía superficial a través de las vaguadas. Aunque poseen una elevada capacidad de almacenamiento, su transmisividad es prácticamente nula comportándose por tanto como acuicludos.

e) **Características Geomecánicas**

Se trata de materiales de alta plasticidad, con límites líquidos que oscilan entre 21 y 42 e índices de plasticidad comprendidos entre 8 y 20. En la figura 4.1 se han representado las muestras correspondientes a esta formación proyectadas sobre el diagrama de plasticidad de Casagrande, obteniéndose una alineación sensiblemente paralela a la recta límite entre suelos de alta y baja plasticidad.

Los resultados del ensayo S.P.T. suelen estar comprendidos entre 30 y 50 aunque en zonas muy compactadas y con elevado contenido de gravas puede dar rechazo. La resistencia a compresión simple oscila entre 2,50 y 2,80 Kg/cm^2. El índice C.B.R. para el estado de máxima densidad oscila entre los valores 2,65 y 3,5.

Según la Clasificación Unificada son suelos de tipo CL. El índice de grupo según la clasificación H.R.B. varía entre 8 (en las zonas más arenosas) y 15. Según este criterio se consideran suelos tipo A-6.

f) **Características Constructivas**

- Condiciones de cimentación

La cimentación previsible es superficial, debiendo tenerse especial cuidado con la posible expansividad de las arcillas y con la proximidad del nivel freático. Dada la escasa agresividad de las aguas presentes, no será necesario el empleo de cementos especiales. Las presiones admisibles en las condiciones descritas en la Metodología oscilan entre 1,5 y 2,0 Kg/cm^2.

- Facilidad de excavación

Toda la formación se considera ripable y excavable, aunque localmente, en zonas muy compactadas, será necesario el uso de martillo neumático.

- Estabilidad de taludes

Para alturas menores de seis metros son estables taludes provisionales sin sobrecarga con ángulos de hasta 60°.

- Empujes sobre contenciones

En las condiciones descritas en la Metodología, los empujes horizontales previsibles son del orden de 0,30 Kg/cm^2. Para el cálculo de estas contenciones pueden tomarse los siguientes parámetros: Angulo de rozamiento interno, 22°; cohesión, 0,1 kg/cm^2 y peso específico, 1,7 kg/dm^3.

- Aptitud para préstamos

Según las condiciones mínimas exigidas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carretera y Puentes, se trata de materiales **no aptos**.

- Aptitud para explanadas de carreteras

De acuerdo a lo dispuesto en el mencionado Pliego de Prescripciones Técnicas, se consideran terrenos **no aptos**.

- Obras subterráneas

Difíciles, necesitan entibación total.

4.4.2. Area I - Zona I_2

a) **Localización**

Son niveles intercalados en la zona I1, en general de escasa extensión horizontal y prácticamente imposibles de cartografiar a la escala básica de trabajo.

b) **Características Litológicas**

Litológicamente se trata de lentejones aislados de arenas y gravas con pequeña cantidad de arcillas que, localmente, pueden presentar niveles de encostramiento por carbonatos.

c) **Características Geomorfológicas**

Los relieves y formas del terreno son idénticos a los de la zona I_1.

d) **Características Hidrológicas**

La permeabilidad de estos niveles es algo superior a la de la zona I^1 aunque se consideran también terrenos impermeables. El drenaje se realiza fundamentalmente por escorrentía superficial y, en pequeña cantidad, por infiltración.

e) **Características Geomecánicas**

Se trata de materiales en general no plásticos, correspondientes al tipo SC-GC según la Clasificación Unificada de Suelos. Los resultados del ensayo S.P.T. dan rechazo en todos los casos.

f) **Características Constructivas**

- Condiciones de cimentación

La cimentación previsible es de tipo superficial, por medio de zapatas o de losas. Los problemas más probables que se pueden presentar son, por un lado, los derivados de la posible expansividad de la formación infrayacente (zona I_1) y, por otro, de la posibilidad de la existencia de asientos diferenciales.

Otro problema que puede surgir ocasionalmente es el del pequeño espesor que pueden tener localmente estos terrenos, lo que obligaría a cimentar sobre el nivel de arcillas. No se prevén problemas por agresividad del agua contenida en la formación. Las presiones admisibles en las condiciones descritas en la Metodología oscilan entre 2,0 y 2,5 Kg/cm^2.

- Facilidad de excavación

Toda la formación se considera ripable y excavable. Localmente, en los niveles de encostramiento por carbonatos, será necesario el uso de martillo neumático.

- Estabilidad de taludes

Los taludes excavados en esta formación presentarán en general problemas de estabilidad, no siendo recomendables ángulos de más de 30º en taludes provisionales sin sobrecarga.

- Empujes sobre contenciones

En las condiciones descritas en la Metodología, los empujes horizontales previsibles son del orden de 0,15 Kg/cm^2. Para el cálculo de estas contenciones pueden tomarse los siguientes parámetros: Angulo de rozamiento interno, 35º; cohesión nula y peso específico 1,9 kg/dm^3.

- Aptitud para préstamos

Según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, se consideran suelos en general no aptos aunque marginalmente pueden considerarse como tolerables.

- Aptitud para explanadas de carreteras

Utilizando los criterios del Pliego de Prescripciones Técnicas generales para Obras de Carreteras y Puentes, estos terrenos pueden clasificarse como tolerables y pueden ser empleados para explanadas de carretera tipo E-1 una vez estabilizados con cal o cemento.

- Obras subterráneas

Las obras subterráneas realizadas en esta zona deberán realizarse utilizando entibación total.

4.4.3. Area II-Zona II_1

a) **Localización**

Se engloban dentro de esta zona todos los terrenos pertenecientes a las terrazas de los ríos Bernesga y Torío. Como ya se vio en el apartado 3.2, se distinguen en total cinco sistemas de terrazas (T-1 a T-5) a cada uno de los cuales se ha hecho corresponder un sector geotécnico (II_1^a a II_1^e).

b) **Características Litológicas**

Desde un punto de vista litológico, las terrazas están compuestas por gravas y arenas en una matriz

Foto 1. Talud en arcillas miocenas.

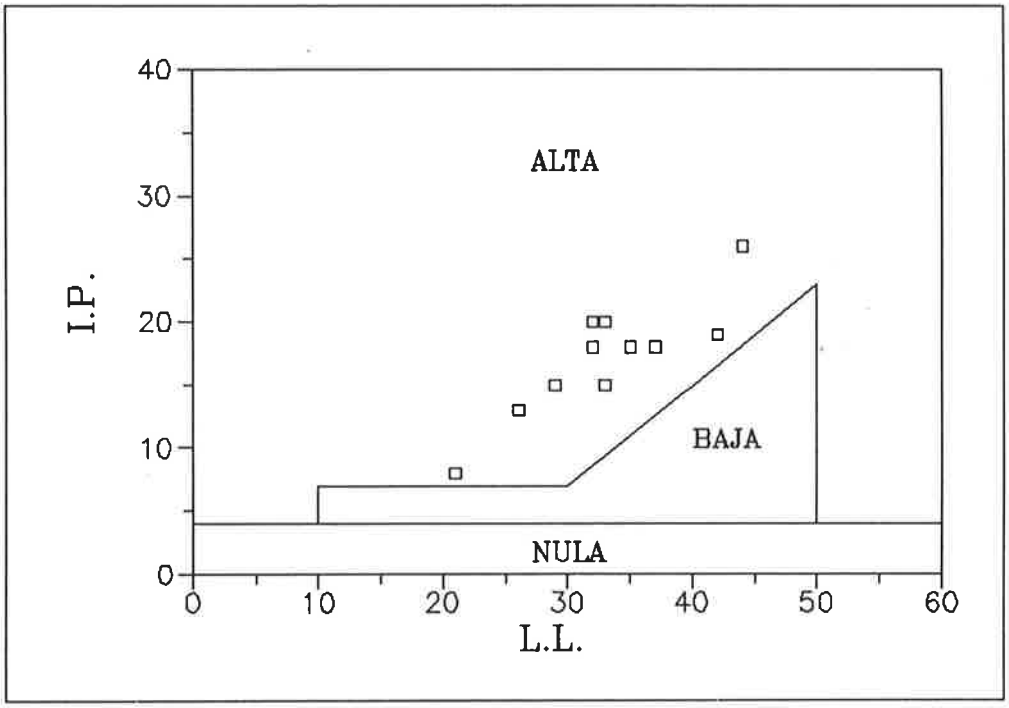


Figura 4.1. Proyección sobre el gráfico de plasticidad de Casagrande de las muestras correspondientes a terrenos miocenos.

Foto 2. Explotación de arcillas miocenas. Obsérvese el contacto entre las arcillas y las gravas correspondientes a la terraza.

limo-arcillosa. El grado de cementación es variable, aumentando a medida que éstas son más antiguas. En particular, la terraza más baja está practicamente sin consolidar. Intercalados entre estos materiales pueden aparecer niveles limo-arcillosos.

c) **Características Geomorfológicas**

Geomorfológicamente, esta zona se compone de terrenos llanos, separándose unas terrazas de otras por espacios escarpados, ocupados generalmente por terrenos miocenos. A menudo existe una levísima pendiente (< 1 %) hacia los ríos Bernesga y Torío.

d) **Características Hidrológicas**

Se consideran terrenos de elevada permeabilidad en general aunque, a veces, ésta se ve disminuida por los niveles arcillosos. El drenaje se efectúa fundamentalmente por infiltración, salvo en aquellos lugares en que afloran los niveles arcillosos, en los que se produce escorrentía superficial.

e) **Características Geomecánicas**

Son terrenos de alta compacidad, como lo demuestra la obtención de rechazo en todas los ensayos S.P.T. realizados. La fracción fina (arcilla), cuya proporción oscila entre el 3 y el 37 %, presenta una alta plasticidad, con límites líquidos comprendidos entre 21 y 42 e índices de plasticidad entre 8 y 24. La resistencia a compresión simple máxima de esta fracción es de 4,5 Kg/cm^2. En la figura 4.2 se han proyectado sobre el gráfico de plasticidad de Casagrande las fracciones finas de las muestras correspondientes a los materiales cuaternarios del tramo estudiado.

Según la Clasificación Unificada de Suelos, son suelos tipo SC y GM-GC.

f) **Características Constructivas**

- Condiciones de cimentación

El tipo de cimentación más probable es la superficial mediante el empleo de zapatas o losas apoyadas sobre los niveles de gravas. En las condiciones descritas en la Metodología las presiones admisibles de cimentación se sitúan en el intervalo 2,5 - 3,0 kg/cm^2. El único problema importante que puede surgir es la posible producción de colapsos por sifonamiento. Este fenómeno puede darse sobre todo en las terrazas más bajas.

- Facilidad de excavación

Se considera toda la formación como ripable y excavable. En las terrazas más antíguas será necesario en ocasiones el uso de martillo neumático.

- Estabilidad de taludes

Los taludes excavados en esta formación se consideran estables, pudiéndose realizar provisionalmente subverticales.

- Empujes sobre contenciones

En las condiciones descritas en la Metodología, los empujes horizontales previsibles son del orden de 0,08 Kg/cm^2. Para el cálculo de estas contenciones pueden tomarse los siguientes parámetros: Angulo de rozamiento interno, 35°; cohesión nula y peso específico 1,9 kg/dm^3.

- Aptitud para préstamos

Según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, se consideran suelos en general tolerables aunque pueden ser adecuados eliminando las gravas de tamaños superiores a 5 cm.

- Aptitud para explanadas de carreteras

Utilizando los criterios del Pliego de Prescripciones Técnicas generales para Obras de Carreteras y Puentes, estos terrenos pueden considerarse como adecuados y pueden ser empleados para expla-

nadas de carretera tipo E-1.

- Obras subterráneas

Las obras subterráneas realizadas en esta zona deberán realizarse utilizando entibación total y escudo para avance de frentes. Pueden considerarse como muy difíciles.

4.4.4. Area II - Zona II_2

a) **Localización**

Se localiza esta zona en los márgenes de los cauces actuales de los ríos Bernesga y Torío y constituye su llanura de inundación aluvial.

b) **Características Litológicas**

Litológicamente pueden diferenciarse dos tramos, con un espesor total en general inferior a tres metros. El primero de estos tramos (sector II_2^a) es un nivel de gravas bien redondeadas no consolidadas en una matriz arenosa prácticamente libre de arcillas. El segundo tramo (sector II_2^b) , que aparece de forma discontinua, se apoya sobre el anterior y consta de arenas, limos y arcillas con abundante materia orgánica. La pequeña extensión de estos niveles hace casi imposible su representación cartográfica a la escala básica del presente trabajo.

Foto 3 Aspecto de la litología de las terrazas.

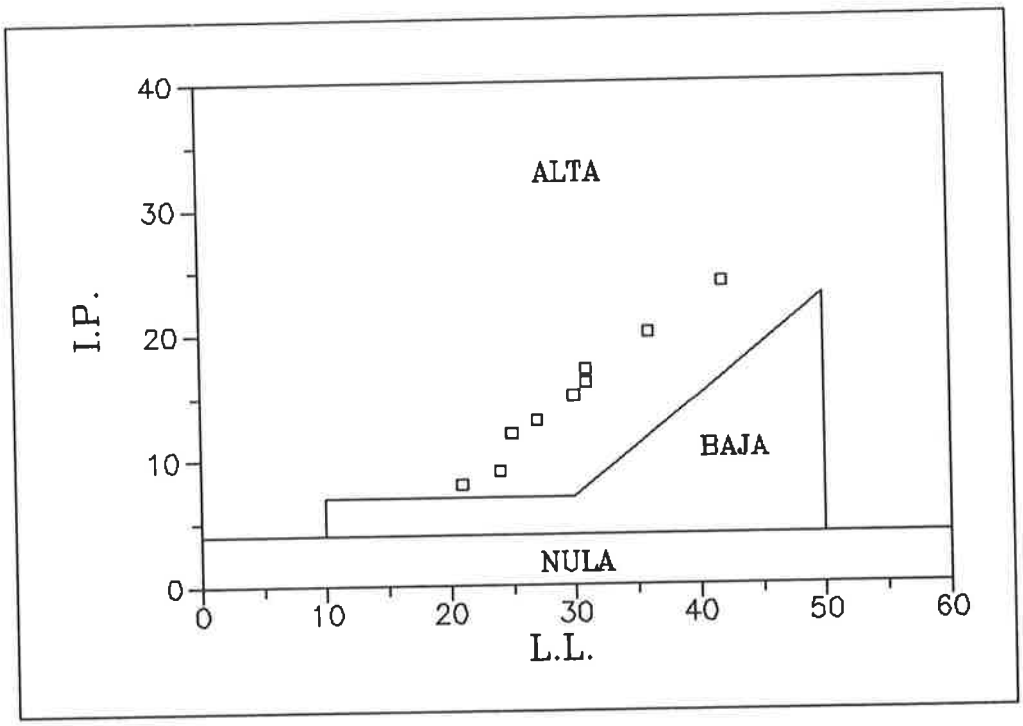


Figura 4.2. *Proyección sobre el gráfico de plasticidad de Casagrande de las muestras correspondientes a terrenos cuaternarios.*

Foto 4. *Aspecto de la llanura de inundación del río Bernesga.*

c) **Características Geomorfológicas**

Son zonas de relieve plano. En planta presentan formas acintadas.

d) **Características Hidrológicas**

Los niveles de gravas son terrenos de elevada permeabilidad que se drenan fundamentalmente por infiltración. Los niveles areno-arcillosos son prácticamente impermeables y su drenaje se efectúa mayoritariamente por escorrentía superficial. El nivel freático se encuentra muy alto y puede dar lugar a encharcamientos.

e) **Características Geomecánicas**

Los niveles de gravas presentan una compacidad media, con resultados del ensayo de penetración estándar (S.P.T.) comprendidos entre 10 y 30 golpes, siendo los finos contenidos en dicho nivel muy escasos y, en general, no plásticos. Por el contrario, los niveles areno-arcillosos son muy plásticos, pudiéndose estimar valores de 31 para el límite líquido y de 17 para el índice de plasticidad, y muy compresibles debido al alto contenido de materia orgánica.

f) **Características Constructivas**

- Condiciones de cimentación

La cimentación más probable es superficial por medio de zapatas dimensionadas apoyadas directamente sobre el nivel de gravas. Los mayores problemas que pueden presentarse son los relativos a la posición del nivel freático, muy somero en esta zona. Por otro lado, la escasa potencia de esta formación es un factor a tener muy en cuenta a la hora de proyectar cualquier tipo de cimentación. Se consideran presiones admisibles comprendidas entre 2,0 y 2,5 Kp/cm^2 en el nivel de gravas y entre 0,5 y 1,0 Kp/cm^2 en el nivel areno arcilloso.

- Facilidad de excavación

Se considera toda la formación como ripable y excavable

- Estabilidad de taludes

Los taludes realizados en esta formación serán en general inestables. Para taludes provisionales sin sobrecarga de seis metros de altura se recomienda no sobrepasar inclinaciones de 30°.

- Empujes sobre contenciones

En las condiciones descritas en la Metodología, los empujes horizontales previsibles son del orden de 0,07 Kg/cm^2 para el nivel de gravas y considerablemente superiores en el nivel areno-arcilloso. Para el cálculo de estas contenciones pueden tomarse los siguientes parámetros: Angulo de rozamiento interno, 32°; cohesión nula y peso específico 1,8 kg/dm^3.

- Aptitud para préstamos

Según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, los niveles de gravas se consideran suelos en general tolerables aunque pueden ser adecuados eliminando las gravas de tamaños superiores a 5 cm. Los niveles areno-arcillosos son materiales **no aptos**.

- Aptitud para explanadas de carreteras

Utilizando los criterios del Pliego de Prescripciones Técnicas generales para Obras de Carreteras y Puentes, los niveles de gravas pueden considerarse como adecuados y pueden ser empleados para explanadas de carretera tipo E-1. Los niveles areno-arcillosos son claramente terrenos no aptos para este cometido.

- Obras subterráneas

Las obras subterráneas realizadas en esta zona deberán realizarse utilizando entibación total y pueden considerarse como muy difíciles.

4.4.5. Area II - Zona II_3

a) **Localización**

Esta zona constituye el cauce actual de los ríos Bernesga y Torío.

b) **Características Litológicas**

Litológicamente estos terrenos están compuestos por gravas y arenas de naturaleza cuarcítica no consolidadas.

c) **Características Geomorfológicas**

Son zonas con pendientes longitudinales muy tendidas.

d) **Características Hidrológicas**

Constituye los acuíferos libres de ríos Bernesga y Torío.

e) **Características Geomecánicas**

Se trata de arenas y gravas con un contenido de finos no muy elevado. El ensayo de penetración estándar (S.P.T.) suele dar rechazo, por lo que se puede clasificar el aluvial como denso. En general son terrenos de baja plasticidad.

f) **Características Constructivas**

- Condiciones de cimentación

Puede realizarse cimentación superficial con presiones no superiores a los 2,5 Kp/cm^2. Debido a la dificultad de excavación, es recomendable la cimentación profunda por medio de pilotes empotrados en las arcillas miocenas.

- Facilidad de excavación

Se considera toda la formación como ripable y excavable

- Estabilidad de taludes

Los taludes realizados en esta formación serán en general inestables en todos los casos.

- Empujes sobre contenciones

En las condiciones descritas en la Metodología, los empujes horizontales previsibles son del orden de 0,07 Kg/cm^2. Para el cálculo de estas contenciones pueden tomarse los siguientes parámetros: Angulo de rozamiento interno, 35º; cohesión nula y peso específico 1,9 kg/dm^3.

- Aptitud para préstamos

Según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, estos materiales se consideran suelos en general tolerables aunque pueden ser adecuados eliminando las gravas de tamaños superiores a 5 cm.

- Aptitud para explanadas de carreteras

Utilizando los criterios del Pliego de Prescripciones Técnicas generales para Obras de Carreteras y Puentes, los niveles de gravas pueden considerarse como adecuados y pueden ser empleados para explanadas de carretera tipo E-1.

- Obras subterráneas

Las obras subterráneas realizadas en esta zona deberán realizarse utilizando entibación total y escudo para avance de frentes. Pueden considerarse como muy difíciles.

4.4.6. Area II - Zona II_4

a) **Localización**

Esta zona constituye los recubrimientos del fondo de los valles relacionados con cursos de agua efímeros.

b) **Características Litológicas**

Litológicamente se trata de gravas, arenas y limos de color pardo rojizo cuya naturaleza está ligada a los sedimentos que encajan o afloran en las laderas (Mioceno o terrazas).

c) **Características Geomorfológicas**

Son zonas estrechas con pendientes longitudinales muy tendidas y recubiertas por sedimentos de origen antrópico y por vegetación.

d) **Características Hidrológicas**

Son terrenos permeables con circulación interna de agua y nivel freático estacional. El drenaje se realiza por el interior del terreno.

e) **Características Geomecánicas**

El contenido de finos suele ser elevado (›70 %). Su plasticidad es media, con límites líquidos entre 20 y 40 e índices de plasticidad entre 5 y 25. Su grado de compactación es mínimo, lo que le confiere una estructura porosa con posibilidades elevadas de producir colapsos.

f) **Características Constructivas**

- Condiciones de cimentación

Debido a la posibilidad de originarse colapsos es recomendable la cimentación profunda por medio de pilotes empotrados en las arcillas miocenas.

- Facilidad de excavación

Se considera toda la formación como ripable y excavable

- Estabilidad de taludes

Los taludes realizados en esta formación serán en general inestables en todos los casos, no debiéndose superar en ningún caso inclinaciones de 30°. Presentarán problemas de erosión.

- Empujes sobre contenciones

En las condiciones descritas en la Metodología, los empujes horizontales previsibles pueden ser elevados. Para el cálculo de estas contenciones pueden tomarse los siguientes parámetros: Angulo de rozamiento interno, 25°; cohesión nula y peso específico entre 1,4 y 1,7 kg/dm^3.

- Aptitud para préstamos

Según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, estos materiales se consideran suelos en general tolerables.

- Aptitud para explanadas de carreteras

Pueden considerarse como marginales, dada la posibilidad de sufrir colapsos.

- Obras subterráneas

Serán muy difíciles y deberán realizarse utilizando entibación total.

4.5. CARACTERIZACION GEOTECNICA DEL CASCO URBANO Y ZONA DE EXPANSION

4.5.1. Introducción

La zona estudiada a escala 1:5.000 comprende la zona de expansión urbana de la ciudad de León así como una parte de su casco urbano.

Para la realización de esta parte del trabajo se ha considerado, aparte de la proveniente de las obras propias de este proyecto, la información contenida en diversos estudios geotécnicos realizados por diversos organismos oficiales y empresas privadas en el casco urbano y zona de expansión de León.

Al igual que en el estudio a escala 1:25.000, debe señalarse que, aunque la información expuesta es muy precisa en algunas zonas, deberá realizarse una investigación geotécnica complementaria para comprobar las condiciones locales.

4.5.2. Prácticas habituales de cimentación

Desde el punto de vista de sus características geomecánicas, el suelo de la ciudad de León puede considerarse en lineas generales como bueno, ya que la ciudad se asienta en una gran extensión sobre las terrazas de los ríos Bernesga y Torío. Ello permite cimentar mediante zapatas dimensionadas directamente sobre los niveles de gravas sin dificultad. En los lugares donde afloran las arcillas miocenas, la cimentación suele realizarse mediante pilotes empotrados en estos niveles. Sin embargo, la proximidad de los ríos Bernesga y Torío, unido a un clima bastante húmedo hace que surjan gran cantidad de problemas derivados de la escasa profundidad del nivel freático (no mayor de cinco metros). Esta circunstancia es particularmente palpable en los aluviales de los ríos, en los cuales son muy difíciles de realizar cualquier tipo de obras subterráneas. Para paliar esta dificultad se recurre a menudo a la utilización de pantallas perimetrales que, mediante bombeo, permiten rebajar la altura del nivel freático.

4.5.3. Zonación geotécnica

En el tramo estudiado a escala 1:5.000 afloran materiales de las zonas I_1, $II_1^{d,e}$ y $II_2^{a,b}$ descritas en la caracterización de los terrenos a escala 1:25.000, es decir, las arcillas miocenas, las terrazas más bajas y los aluviales de los ríos. Las características geotécnicas de estas zonas pueden verse en el apartado 4.4.

La localización geográfica de estas zonas es la siguiente:

- Zona I_1. Aflora en una zona de forma triangular al norte del tramo estudiado y sirve de base a

todas las formaciones presentes, tal y como lo demuestran los estudios geoeléctricos realizados.

- Zona $II_1^{d,e}$. La terraza más baja ocupa de norte a sur una franja que se ensancha hacia el norte, situada entre los ríos Bernesga y Torío. En cuanto a la zona II1d, ésta ocupa una pequeña zona del norte.

- Zona $II_2^{a,b}$. Esta formada por el cauce y la orla de inundación de los ríos Bernesga y Torío.

5. ESTUDIO DE PELIGROSIDAD NATURAL

La propia definición de peligro, entraña un carácter de acontecimiento imprevisible en el tiempo, aunque pueda ser localizado, de una manera aproximada, en el espacio.

No obstante lo anterior, lo que sí puede cuantificarse (al menos en parte), es un cierto nivel o "umbral de peligro" sobrepasado el cual, se produce de manera más o menos inmediata, el acontecimiento catastrófico.

En este sentido, el definir los peligros naturales en su vertiente temporal, o lo que es lo mismo, predecir cuando van a producirse aquellos, es poco menos que imposible, si se tiene en cuenta la gran cantidad de variables que intervienen en estos acontecimientos singulares.

Así, la cartografía de peligrosidad natural realizada, se ha enfocado desde el punto de vista del gran área afectada por los mismos, buscando siempre el punto de vista de su utilidad en cuanto a ordenación del territorio.

Los diversos tipos de peligros considerados en este trabajo son los siguientes: geológicos, hidrológicos, meteorológicos y geotécnicos.

El tramo estudiado puede ser considerado en general como una zona de peligrosidad baja. De ellos únicamente merecen atención especial los peligros de inundación producidos por la crecida de los ríos Bernesga y Torio y los posibles movimientos de ladera (deslizamientos y desplomes) de los terrenos miocenos.

5.1. PELIGROS GEOLOGICOS

Se incluyen dentro de este apartado unicamente tres tipos de peligro: sísmico, de movimientos de ladera y de erosión, ya que el peligro de hundimiento es practicamente inexistente y se reduce a la posibilidad de algunos colapsos localizados en las áreas de fondos de valle.

5.1.1.Peligro sísmico

Dentro de los peligros geológicos, el sísmico constituye el fenómeno más aleatorio, por cuanto es imposible de evitar, así como de predecir actualmente con absoluta fiabilidad.

Hoy por hoy, pueden controlarse en parte sus efectos, al menos hasta cierto punto, conociendo el tipo de sismo máximo previsible que puede originarse y reforzando, en consecuencia, las estructuras a construir en el área afectada.

Como ya se vió en el apartado correspondiente a sismicidad del área (3.3), no se ha producido ningún epicentro en la ciudad de León o su entorno desde el año 1309 (d.C.). Ahora bien, los terremotos cuyos epicentros se localizan en las provincias colindantes han producido frentes de onda que han alcanzado esta ciudad con una intensidad máxima de grado II (exceptuando el que tuvo su epicentro en las proximidades de la ciudad de Lisboa en el año 1755, que alcanzó León con una intensidad estimada en grado V). Otro dato a tener en cuenta es no solo la pequeña intensidad con que estos sismos se han dejado sentir en León sino tambien la escasez histórica de los mismos (solo tres en los últimos siete siglos).

5.1.1.1. Caracterización del peligro

De lo comentado anteriormente parece deducirse que el peligro de que el tramo estudiado se vea afectado por un terremoto de consecuencias catastróficas (intensidad superior a grado VIII) es nulo.

Según la Norma Sismorresistente PDS-1-74 actualmente en vigor, la ciudad de León se sitúa en la Zona Primera o de intensidad baja (grado inferior a VI).

5.1.1.2. Factores de cimentación

De acuerdo con lo dispuesto en la citada Norma Sismorresistente, en el área de León no es necesario tener en consideración el factor sísmico a la hora de proyectar y realizar ningún tipo de cimentación.

5.1.2.Peligro de movimientos de ladera

Es sin duda este tipo de peligro el de mayor importancia dentro de la zona, tanto por su frecuencia como por los daños que puede causar. La formación con un mayor índice de peligrosidad es la constituida por las arcillas miocenas, en particular la margen derecha del rio Torío, en la cual la acción erosiva del mismo ha originado un intenso zapado basal de estos terrenos, provocando desplomes de los materiales de la ladera. En esta misma zona tambien se ha desarrollado un intenso acarcavamiento debido al arrastre de materiales por las aguas de escorrentía superficial.

Dentro de la formación miocena también se consideran como zonas peligrosas los valles ligados a cauces de agua efímeros y los "escalones" entre terrazas, en los cuales se han detectado algunos deslizamientos.

Foto 5. Margen derecha del río Torío. Obsérvese como la erosión ha producido un apreciable acarcavamiento en los materiales arcillosos de edad miocena que forman dicha margen.

Así pués, toda la formación miocena puede considerarse como afectada por peligro de movimientos de ladera, hecho este que debe tenerse muy en cuenta a la hora de proyectar obras que requieran la realización de desmontes y terraplenes importantes. Asi mismo, deben tomarse las adecuadas precauciones en las obras situadas al pie de esta formación.

5.1.3.Peligro de erosión

De los tres tipos de erosión que actúan sobre el tramo estudiado, eólica, química y fluvial, solamente el último de ellos tiene verdadera importancia. Por otra parte, el clima de la región propicia la exis-

tencia de una cobertera vegetal bien desarrollada que protege el suelo de la erosión de forma bastante efectiva. La litología también es un factor importante pués solamente son las áreas donde aflora el Mioceno las que presentan un peligro erosivo verdadero.

5.1.3.1.Factores que influyen en la erosionabilidad

Las causas que intervienen en el hecho erosivo son varias, aunque resumiendo pueden considerarse como principales las siguientes:

- Las pendientes y relieve del terreno, dado que serán más facilmente erosionables las áreas de pendientes longitudinales altas que las de pendientes suaves.
- La cobertera vegetal, que actúa de dos maneras diferentes en cuanto a protección de la erosión; por un lado, evita con las hojas y ramas el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo y, por consiguiente, la proyección y removilización de la tierra, y, por otro lado, el sistema radicular de las plantas "sujeta" la tierra entre las raices, evitando su desplazamiento.

- La erosionabilidad del terreno, ligada directamente a su litología. Es decir, serán más facilmente erosionables los materiales poco cohesivos (arcillas, limos, arenas, etc.) que las rocas consolidadas (calizas, areniscas, etc.).

Foto 6. Deslizamiento de terrenos miocenos.

5.1.3.2. Areas peligrosas

Como ya se ha dicho anteriormente, los terrenos miocenos son los más proclives a la erosión, en particular los que forman los escalones entre las distintas terrazas, donde es frecuente el desarrollo de fenómenos de acarcavamiento.

Sin embargo, el área más problemática de todo el tramo es la margen derecha del rio Torío, donde las elevadas pendientes han provocado una intensa acción de zapado basal por parte del rio, lo cual se traduce, como se vió en el apartado anterior, en una zona con frecuentes movimientos de ladera y un intenso acarcavamiento.

5.2. PELIGROS HIDROLOGICOS

Dentro del tramo estudiado, se deben tener en consideración tres tipos distintos de peligros de inundación, cada uno de los cuales regido por mecanismos diferentes y que han sido estudiados por separado:

- Inundación de la llanura aluvial de los ríos Bernesga y Torío.

- Inundación de los valles relacionados con cauces de agua efímeros.

- Inundación de los diferentes abanicos aluviales situados en la desembocadura de los cauces anteriormente citados, donde se articulan con las terrazas de los ríos mayores.

En general, los dos últimos peligros mencionados obedecen a un mecanismo de inundación casi siempre de caracter torrencial.

5.2.1.Inundaciones fluviales

El peligro de inundación se encuentra disminuido, en gran parte, respecto de los naturales, en el casco urbano de la ciudad de León por las obras de canalización de los ríos Bernesga y Torío a su paso por la ciudad. No obstante, las cuencas en conjunto no estan reguladas y, de hecho, se producen inundaciones con cierta frecuencia.

Por tanto, es conveniente considerar una serie de medidas, tales como el uso racional de la llanura de inundación, encaminadas a evitar las cuantiosas pérdidas producidas por una avenida al incidir sobre una llanura de inundación de una cuenca no totalmente regulada.

El Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo en su obra "Análisis General de las Inundaciones en la Península" (1984) no señala dentro del área estudiada ningún punto conflictivo, desde el punto de vista de inundaciones.

5.2.1.1.Zonas inundables

Se usa aquí el concepto de regulación del uso de la llanura de inundación en el sentido de su

utilización óptima, con un índice de peligrosidad mínimo, de tal forma que los daños originados por una posible avenida , junto con los gastos de protección de aquella, sean inferiores a los beneficios obtenidos por su utilización.

Antes de la realización de las obras de encauzamiento de los ríos Bernesga y Torío, era frecuente el encharcamiento de la zona sur de la ciudad de León. Este problema parece resuelto totalmente en la actualidad.

En el Mapa de Peligrosidad Natural se han diferenciado dos zonas. La primera de ellas corresponde a lo que puede considerarse el cauce mayor del río. En esta zona son esperables inundaciones frecuentes y debe conservarse integramente en su estado natural, sin que sobre ella se realice ningún tipo de construcción u obra.

La segunda zona señalada se corresponde con el resto de la llanura de inundación aluvial de los ríos. En ella son previsibles inundaciones esporádicas, sobre todo en una franja de aproximadamente un kilómetro de anchura que se extiende a lo largo de las márgenes izquierda y derecha de los ríos Bernesga y Torío y en ella no es recomendable construir sedes de servicios indispensables para la comunidad en tiempos de catástrofe (hospitales, cuarteles de bomberos, etc.). Tampoco deben instalarse en esta zona fábricas que produzcan elementos tóxicos, nocivos y peligrosos para la salud pública sin contar con normas de seguridad muy estrictas.

5.2.2.Inundaciones torrenciales

Dentro de este apartado, pueden diferenciarse por un lado, aquellas áreas correspondientes a los fondos de los valles de topografía plana, que cuando se producen precipitaciones importantes concentradas, dan lugar a inundaciones y anegamientos de aquellas zonas y por otra parte, los abanicos aluviales que son áreas propensas al asentamiento humano, ya que son zonas fértiles, con el nivel freático relativamente alto y pendiente longitudinal poco pronunciada.

Foto 7. Talud inestable. Obsérvese el deslizamiento de los terrenos (arcillas miocenas) en las inmediaciones del puente sobre la vía férrea .

El peligro en los valles no suele ser importante, salvo pérdida eventual de cosechas, ya que en ellas no suelen existir inmuebles; por el contrario, la urbanización de los conos de deyección es frecuente. El proceso por una parte impermeabiliza el terreno e impide la infiltración y por otro ciega los distributarios secundarios que en el estado original supondrían el desagüe natural de los excesos. De esta forma, el peligro de inundación incluye la totalidad del abanico aluvial. No obstante, los abanicos aluviales son escasos y de pequeña extensión, por ello puede decirse que este peligro es de pequeña importancia en el tramo estudiado.

5.3. PELIGROS METEOROLOGICOS

Como peligros meteorológicos se han considerado los de heladas, nieblas, tormentas, granizadas y nevadas. Aunque ya se hizo un estudio de las condiciones climatológicas y metereológicas de la zona de estudio, conviene aquí destacar algunos datos que permitan establecer el nivel de peligrosidad que revisten los distintos fenómenos meteorológicos.

Los datos que figuran a continuación proceden de las observaciones realizadas durante los últimos treinta años en el observatorio meteorológico que el Instituto Meteorológico Nacional posee en La Virgen del Camino. Para una mayor brevedad y claridad en la exposición se ha preferido dar estos datos en forma sintética:

- Temperatura máxima absoluta	38,0ºC.
- Temperatura mínima absoluta	-17,4ºC.
- Número medio de días de nieve	13,0 días/año(3,5 %)
- Número medio de dias de granizo	6,1 días/año(1,7 %)
- Número medio de días de tormenta	16,7 días/año(4,6 %)
- Número medio de días de niebla	26,1 días/año(7,2 %)
- Número medio de días con heladas	79,5 días/año(21,8 %)

5.4. PELIGROS GEOTECNICOS

Dentro del apartado de peligros geotécnicos se incluyen los peligros relacionados con la expansividad de arcillas y los relacionados con la agresividad de aguas y suelos.

En el area estudiada ninguno de los dos peligros citados deben ser considerados como importantes ya que, por un lado las formaciones arcillosas tienen, al menos desde un punto de vista regional, un escaso grado de expansibilidad y, por otro, el contenido en sulfatos tanto de los suelos como de las aguas es en general muy inferior al umbral mínimo necesario para que deba ser tenido en cuenta a la hora de proyectar estructuras.

6. AGRADECIMIENTOS

El Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE) desea agradecer las facilidades y aportaciones dadas para la realización de este Mapa a los siguientes organismos y empresas:

- Excma. Diputación Provincial de León
- Excmo. Ayuntamiento de León
- RODIO, Cimentaciones Especiales, S.A.
- Agrupación de Ingenieros, S.A.

7. BIBLIOGRAFIA

CATALOGO DE SISMOS.- Banco de datos del Instituto Geográfico Nacional. Fecha 26-X-1982.

CATALOGO GENERAL DE ISOSISTAS DE LA PENINSULA IBERICA.- Publicación 202, del Instituto Geográfico Nacional, 1982.

ENGENEERING GEOLOGICAL MAPS. A GUIDE TO THEIR PREPARATION.- Unesco, 1976.

LA CIUDAD DE LEON Y SU ALFOZ.- Por Lorenzo López Trigal. Universidad de León, 1987.

MAPA DE ROCAS INDUSTRIALES A ESCALA 1:200.000.- Hoja n 19 (León). Instituto Tecnológico Geo-Minero de España, 1974.

MAPA GEOTECNICO GENERAL A ESCALA 1:200.000.- Hoja n 19 (León). Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1975.

MAPA DE CULTIVOS Y APROVECHAMIENTOS A ESCALA 1:50.000.- Hoja nº 161 (León). Ministerio de Agricultura, 1977.

NORMATIVA (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo)

- *Norma Básica de la Edificación. Condiciones Técnicas de los Edificios (NBI-CT- 79).*
- *Cimentaciones. Estudios Geotécnicos (NTE-CEG).*
- *Cimentaciones. Taludes (NTE-CCT).*
- *Cimentaciones. Zapatas (NTE-CSZ).*
- *Acondicionamiento de Terrenos. Desmontes, Vaciados (NTE-ADV)*
- *Norma Sismorresistente PDS-1 (1974).*
- *Normas Tecnológicas de la Edificación.*
- *Instrucción de Carreteras. Drenaje superficial (5.2-IC).*
- *Instrucción de Carreteras. Explanadas*
- *Pliego de Prescripciones Generales para Obras de Carretera y Puentes.*

NOTAS PARA UNA CLIMATOLOGIA DE LEON.- Por Antonia Roldán Fernández. Instituto Nacional de Meteorología, 1987.

PLAN NACIONAL DE INVESTIGACION DE AGUAS SUBTERRANEAS.- Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del Duero. Sistemas números 8 y 12. Instituto Geológico y Minero de España, 1979.

Instituto Tecnológico
GeoMinero de España
Area de Ingeniería GeoAmbiental
Ríos Rosas, 23 28003 Madrid.
Tel. (91) 441 65 00. Telex. 48054
Fax: 442 62 16