

# Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Merida-Ciudad Real  
Tramo: Puebla de Don Rodrigo-Ciudad Real



**NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE LOS  
“ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO”  
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL**

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *“Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras”* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.
- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población ...)
- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.
- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.
- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.
- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía..., disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

serie monografías

# Estudio Previo de Terrenos

---

Itinerario Merida-Ciudad Real

Tramo: Puebla de Don Rodrigo-Ciudad Real



Ministerio de Fomento  
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte  
Dirección General de Carreteras

# ÍNDICE

	Pág.
<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>4</b>
<b>2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO .....</b>	<b>7</b>
2.1. CLIMATOLOGIA .....	7
2.2. TOPOGRAFÍA .....	15
2.3. GEOMORFOLOGIA .....	17
2.4. ESTRATIGRAFIA .....	25
2.5. TECTONICA .....	29
2.6. SISMICIDAD .....	31
<b>3. ESTUDIO DE ZONAS .....</b>	<b>34</b>
3.1. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO.....	34
3.2. ZONA 1: CAMPOS DE CALATRAVA .....	36
3.2.1. Geomorfología .....	36
3.2.2. Tectónica.....	37
3.2.3. Columna estratigráfica.....	37
3.2.4. Grupos litológicos.....	39
3.2.5. Grupos geotécnicos.....	60
3.2.6. Resumen de los problemas geotécnicos que presenta la Zona 1 .....	63
3.3. ZONA 2: SIERRAS PALEOZOICAS .....	64
3.3.1. Geomorfología .....	64
3.3.2. Tectónica.....	68
3.3.3. Columna estratigráfica.....	72
3.3.4. Grupos litológicos.....	72
3.3.5. Grupos geotécnicos.....	96
3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 2....	97

## ÍNDICE (cont.)

	Pág.
3.4. ZONA 3: DEPRESIONES ENTRE SIERRAS.....	98
3.4.1. Geomorfología .....	98
3.4.2. Tectónica.....	104
3.4.3. Columna estratigráfica .....	104
3.4.4. Grupos litológicos.....	106
3.4.5. Grupos geotécnicos.....	148
3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 3....	151
<b>4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO.....</b>	<b>153</b>
4.1. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS TOPOGRAFICOS.....	153
4.2. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS HIDROLOGICOS.....	153
4.3. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS LITOLOGICOS.....	154
4.4. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOMORFOLOGICOS.....	154
4.5. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOTECNICOS .....	156
4.6. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS .....	157
<b>5. INFORMACION SOBRE YACIMIENTOS.....</b>	<b>163</b>
5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO.....	163
5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS.....	163
5.3. YACIMIENTOS GRANULARES.....	166
5.4. MATERIALES PARA PRESTAMOS.....	169
5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE .....	169
<b>6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....</b>	<b>172</b>
<b>7. ANEJOS.....</b>	<b>173</b>
7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS .....	174
7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS.....	177

## 1. INTRODUCCION

El objeto del presente Estudio Previo de Terrenos es establecer en lo posible, las características litológicas, estructurales y geotécnicas más sobresalientes, de los diferentes terrenos de un área determinada, con vistas a su uso en posteriores estudios relacionados con obras en las carreteras. El presente Estudio Previo, del Itinerario Ciudad Real - Badajoz, corresponde al Tramo: Ciudad Real - Puebla de Don Rodrigo.

El Tramo Ciudad Real - Puebla de Don Rodrigo está ubicado enteramente en la provincia de Ciudad Real (véase su situación en la Figura 1), y comprende las siguientes hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1 : 50.000:

Nº	Hoja	Cuadrantes
758	Las Casas del Río	1, 2, 3 y 4
759	Piedrabuena	3 y 4
782	Valdemanco de Esteras	1
783	Abenojar	1 y 4
784	Ciudad Real	4

El Estudio Previo de Terrenos consta de dos documentos: Memoria y Planos.

La Memoria está dividida en seis capítulos, cuyo contenido se describe brevemente a continuación.

El primer capítulo constituye la presente introducción al Estudio. En el segundo se realiza una descripción general del Tramo, atendiendo a sus características topográficas, geomorfológicas, estratigráficas, tectónicas y sísmicas.



Figura 1. Esquema de situación del Tramo Ciudad Real - Puebla de Don Rodrigo

El tercero de los capítulos se inicia con una división del Tramo en Zonas, según criterios geomorfológicos. Después, para cada una de las Zonas, se establecen sus caracteres geomorfológicos y tectónicos, y su columna estratigráfica, y se describen los grupos o formaciones litológicas existentes. Se termina el capítulo con un resumen de los problemas geotécnicos detectados más importantes.

Un resumen de los problemas generales topográficos, hidrológicos, litológicos, geomorfológicos y geotécnicos, junto con los corredores de trazado sugeridos, se presenta en un cuarto capítulo.

En el quinto capítulo se hace un estudio resumido de los yacimientos rocosos y granulares más importantes ubicados en el Tramo.

Por último, los capítulos sexto y séptimo se dedican a la bibliografía consultada y a los anejos, respectivamente.

En cuanto a los Planos, se incluyen un mapa litológico-estructural a escala 1:50.000, representando la totalidad de la extensión del Tramo, y cuatro esquemas: geológico, geomorfológico, de suelos y formaciones de pequeño espesor, y geotécnico, a escala 1:200.000.

Este Estudio Previo de Terrenos ha sido supervisado y ejecutado por:

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Servicio de Geotecnia

D. Jesús Santamaría Arias  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Jesús Martín Contreras  
Ldo. en Ciencias Geológicas

y por parte de la empresa consultora UTE INECO-INGEMISA:

D. José Luis Antón Vicente  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Carlos León Buendía  
Ingeniero de Minas

## **2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO**

### **2.1. CLIMATOLOGIA**

En el análisis climatológico del Tramo, se han utilizado las estaciones meteorológicas de Piedrabuena, Luciana, Porzuna, Abenojar y Ciudad Real. Aunque las estaciones de Abenojar y Ciudad Real se encuentran fuera del Tramo, se han utilizado ya que Ciudad Real es la única que posee datos de temperaturas, y junto con la de Abenojar son las más completas. No obstante, estas dos estaciones, debido a su situación geográfica, son muy significativas del clima del Tramo de estudio.

La estación de Ciudad Real posee el periodo de observaciones meteorológicas más completo y abarca desde 1904 hasta 1996, casi 92 años de registros. Las estaciones de Abenojar y Piedrabuena tienen registros desde 1948 a 1996, Luciana desde 1965 a 1996 y Porzuna desde 1950 a 1973. Estos periodos se consideran aptos para obtener los valores de los promedios de los datos, denominados "Normales Climatológicas Estándar", según recomienda la organización Meteorológica Mundial para la clasificación meteorológica.

El clima del Tramo, como corresponde a su situación en el centro de la península ibérica, es seco y de temperaturas extremadas. La ausencia de precipitaciones es debida a que los frentes de borrascas atlánticas que penetran por el noroeste de la península se descargan principalmente en el macizo galaico, el sistema central y su prolongación de las sierras lusitanas. Un caso análogo ocurre con los chubascos tormentosos procedentes del sur con las cordilleras béticas y Sierra Morena.

Los datos reflejados en las figuras 2, 3, 4, 5, 6 nos permite seguir la marcha anual de las precipitaciones medias en las diferentes estaciones del Tramo. El valor de la precipitación es referente a todo el agua que cae procedente de las nubes, cualquiera que sea su forma, ya sea esta en lluvia, nieve, granizo, etc... En la observación de las diferentes estaciones estudiadas se detectan tres máximos de lluvia, en primavera otoño e invierno. Hay un mínimo muy acusado, en verano, con precipitaciones muy bajas en julio y agosto. El valor máximo de las normales mensuales de precipitación, corresponde a abril y diciembre y el mínimo en julio. El valor normal total anual es bajo, con un promedio de 500 mm.

El número medio anual de días de lluvia es bajo con un promedio de 62 días, y es en Ciudad Real con 81 días la estación que recoge más precipitación al año. Abril es el mes más lluvioso seguido de diciembre, y julio el que menos con 0'6 días de promedio. Por lo que respecta a los días de nieve, hay una media anual de 3 días en la estación de Ciudad Real, 1 en Piedrabuena y Porzuna. Conviene señalar que la estación de Luciana, que se encuentra a orillas del Guadiana, no presenta días de nieve al año debido a que

el río Guadiana suaviza las temperaturas en su vega. Durante los meses de mayo a octubre no se registra ninguna nevada. La distribución de los días de granizo tiene una distribución geográfica irregular, quizás por que la estación de Ciudad Real sea la más rigurosa en sus medidas, o por que en los últimos 30 años este fenómeno meteorológico se ha hecho mucho menos frecuente. No obstante, y de forma general en el Tramo se registra un máximo en el mes de abril. El hecho de que en la estación de Luciana no se registren días de granizo al año puede ser debido a la mencionada suavización de temperaturas del río Guadiana.

Realizando un análisis estadístico de los años más secos y lluviosos se deduce que la precipitación máxima se registró en el año 1969 con 857.2 mm, continuando el año 1963, con 707.9 mm. Los años más secos fueron 1945, con 188.8 mm y el 1954 con 193.0 mm. La diferencia entre el valor más alto, 857.2 mm, y el más bajo, 188.8 mm, de la serie de Ciudad Real, resulta relativamente elevado, 668.4. Esto es lo que en términos estadísticos se llama recorrido y en este caso se dice que la serie es bastante dispersa, hecho típico de los climas áridos. A nivel global existe una probabilidad de un 50 % de que las precipitaciones anuales en el Tramo sean inferiores a 392 mm, un 20 % de que sean inferiores a 325 mm, un 60 % de que sean inferiores a 436 mm, y un 80 % de que lo sean a 507 mm. En una distribución de frecuencias de las precipitaciones anuales se observa que las precipitaciones anuales más frecuentes en el Tramo son del orden de 350 mm a 400 mm.

Los fenómenos de niebla, rocío y escarcha depositan agua en el suelo y son de gran importancia tanto en la construcción como en la explotación de obras lineales de infraestructura. Existe una media anual de 32.45 días de niebla y corresponde el valor máximo de las medias mensuales a diciembre con 9.05 días. Durante los meses de julio a septiembre prácticamente no se registra ningún día de niebla. El número medio anual de días de rocío es 9.1, con un valor máximo de las medias mensuales de 3.0 en noviembre. Durante los meses de julio y agosto no hay ningún día de rocío. Mucho más elevado es el número medio anual de días de escarcha, 33.6, con un valor máximo en las medias mensuales de 11.3 días en enero. Durante los meses de mayo a septiembre, ambos inclusive, no aparecen escarchas. Es conveniente señalar que el fenómeno de la niebla es especialmente importante en el cauce y la vega del río Guadiana, sobre todo en el amanecer, mientras que en las áreas altas de las sierrezuelas del Tramo este fenómeno disminuye considerablemente.

Por lo que respecta a las heladas, el promedio anual es de 43'7 días, con un máximo mensual en enero, de 15'9 días. Durante los meses de mayo a septiembre, ambos inclusive, no se observa ningún día de helada. Estudiando la primeras y últimas heladas de cada invierno, se observa que para la estación de Ciudad Real la fecha más frecuente de la primera helada y la última son la segunda quincena de noviembre y la primera quincena de marzo respectivamente. La duración media del periodo invernal, que es el número de días transcurridos entre la primera y la última helada, es de 121 días.

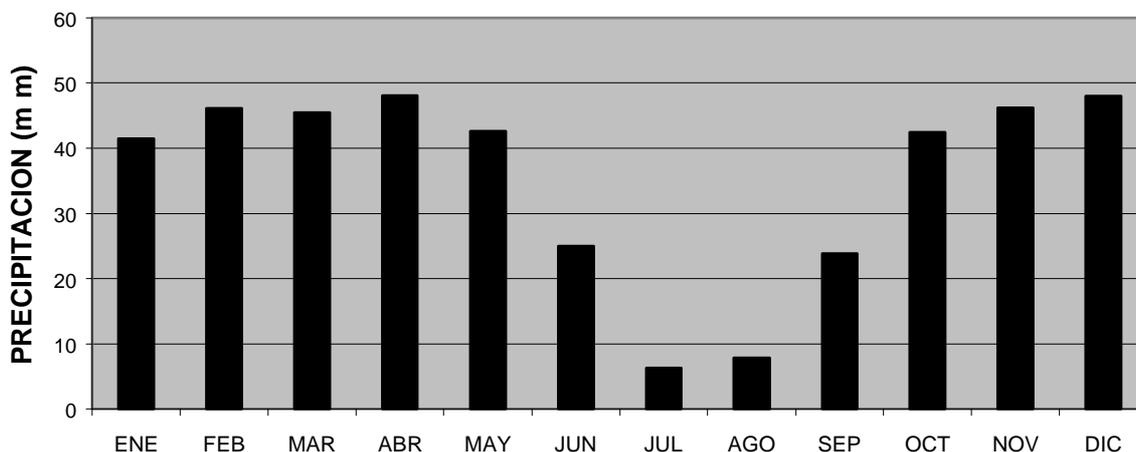
La temperatura media anual es 14.4 °C. El mes más cálido es julio con 25.25 °C de temperatura media, y el más frío es enero con 5.55 °C. Las temperaturas extremas registradas desde 1904 a 1990 en la estación de Ciudad Real son, 44.2 °C de máxima absoluta, el día 23 de julio de 1945, y -13.8 °C de mínima absoluta, el día 3 de enero de 1971. Esto da como resultado una considerable oscilación extrema, 58 °C, típica de los climas continentalizados.

En la marcha termométrica a lo largo del año, puede apreciarse una gran oscilación, tanto anual como diurna. La diferencia entre la temperatura media en el mes más cálido (25.25 °C) y la del mes más frío (5.55 °C), es de 19.7 °C. La oscilación media diurna es mayor en verano que en invierno, alcanzando su máximo en julio, mes en que la diferencia entre la media de las máximas (31.1 °C) y la media de las mínimas (18.6 °C), es de 12.5 °C. El valor mínimo corresponde a diciembre, con 9.1 °C de oscilación media. Gracias a esta considerable oscilación térmica diurna, el clima del Tramo no resulta tan duro como podría esperarse de sus extremadas temperaturas, pues aún en los días más calurosos del verano las noches son relativamente frescas, y en las épocas más frías del invierno los días son generalmente templados en sus horas centrales. Esto se debe a la gran transparencia de su atmósfera que permite que los rayos solares lleguen con mucha intensidad durante el día y favorece la fuerte irradiación durante la noche.

La insolación en el Tramo es alta, con un promedio anual de 2745 horas (un 61 % de la insolación teórica). A lo largo del año se observa un máximo muy elevado en verano y un mínimo en invierno. En valores medios, el máximo mensual corresponde a julio, con 384 horas (un 85 % de la insolación teórica), y el mínimo en diciembre, con 116 horas (un 39 % de la insolación teórica). La nubosidad, resulta al año con un promedio de 136.6 días despejados, un valor bastante elevado, 189.6 días nubosos y 39.1 días cubiertos. En valores medios, el máximo de los despejados corresponde a julio con 20.7 días y el mínimo a noviembre con 7.3 días. El número de días cubiertos es relativamente bajo, resultando en valores medios, el máximo de 7.6 días en diciembre, y el mínimo de 4 días en julio.

El clima del Tramo, según la clasificación de Köppen, se engloba dentro del tipo C, templado lluvioso. Este grupo se caracteriza por que la temperatura media normal del mes más frío es superior a -3 °C e inferior a 18 °C, y la precipitación normal en centímetros es mayor que el doble de la temperatura media anual en °C. Dentro de los climas de tipo C, se clasifica como Cs, mesotermal templado húmedo con verano seco, tipo mediterráneo y lluvioso en invierno. Se ha establecido el índice de aridez de Maronne, y con un valor de 16'3 engloba el clima del Tramo dentro del tipo estepa y mediterráneo seco. Por último también se ha establecido el índice termopluiométrico de Cereceda y Carbonell, dando como resultado 3'6 característico de las zonas áridas próximas a las semiáridas.

## CIUDAD REAL

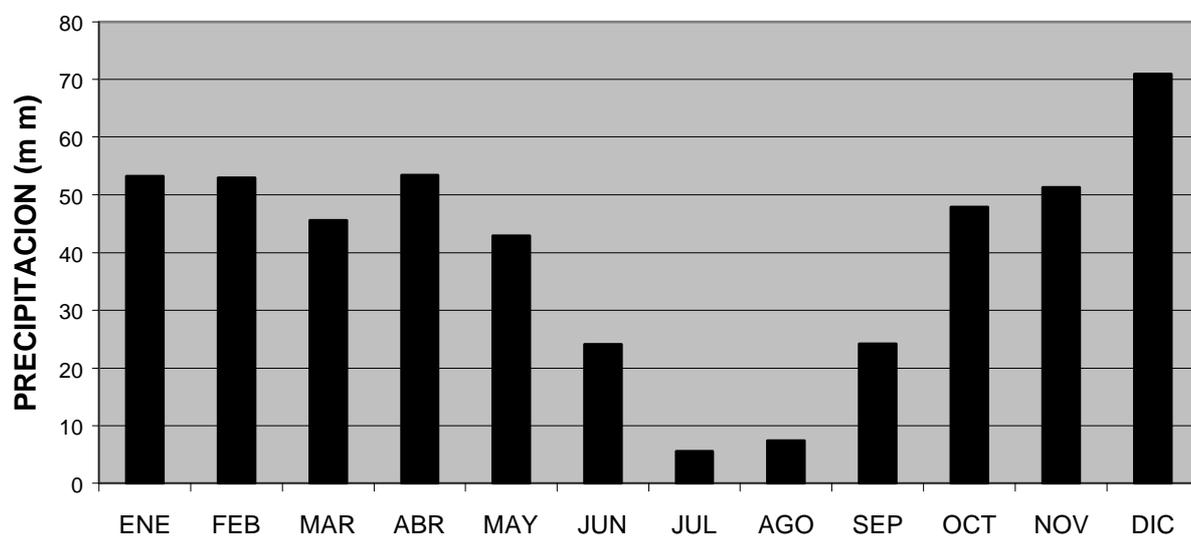


**Precipitación media anual = 424,5**

CIUDAD REAL 1904-1996	ENE	FRE	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación media mensual	41'5	46'1	45'5	48'1	42'6	25'0	6'3	7'9	23'9	42'5	46'2	48'
Precipitación max. 24 horas	41'2	57'0	37'8	34'0	67'6	47'4	37'6	57'4	37'8	54'6	35'0	47'8
Precipitación media anual	424.5											
Días de lluvia	8'2	8'4	9'2	9'8	8'0	4'9	1'5	1'7	4'5	7'8	8'6	8'5
Días de nieve	1'0	0'8	0'4	0'1	0	0	0	0	0	0	0'1	0'5
Días de granizo	0	0'3	0'3	0'7	0'4	0'2	0'1	0'1	0'1	0	0	0'1
Días de tormenta	0	0'2	0'7	1'7	1'7	3'4	1'5	1'5	2'0	0'9	0'2	0
Días de niebla	8'2	4'2	1'1	0'4	0'1	0	0	0	0'2	1'9	7'0	9'0
Días de precipitación	9'4	9'5	8'3	10'8	7'7	5'7	1'8	1'9	4'6	7'8	9'0	8'6
Temperatura media mensual	5'5	7'3	9'9	12'4	15'9	21'0	25'2	24'6	20'8	14'8	9'1	6'0
Temperatura media máxima	9'1	12'0	14'7	17'1	21'0	26'6	31'1	30'4	26'1	19'4	13'4	10'5
Temperatura media mínima	1'8	2'9	5'0	7'7	10'6	15'1	18'6	18'1	14'7	10'0	5'1	1'5
Temperatura máx. extre. abs.	20'2	25'0	30'0	34'0	37'4	41'2	44'2	42'2	40'0	32'4	28'0	20'2
Temperatura min. extre. abs.	-13'8	-9.4	-6'0	-3'8	0	4.2	6.2	7.2	1'0	-3'0	-8'0	-10'2

Figura 2. Resumen de los datos meteorológicos de la estación de Ciudad Real

## ABENOJAR

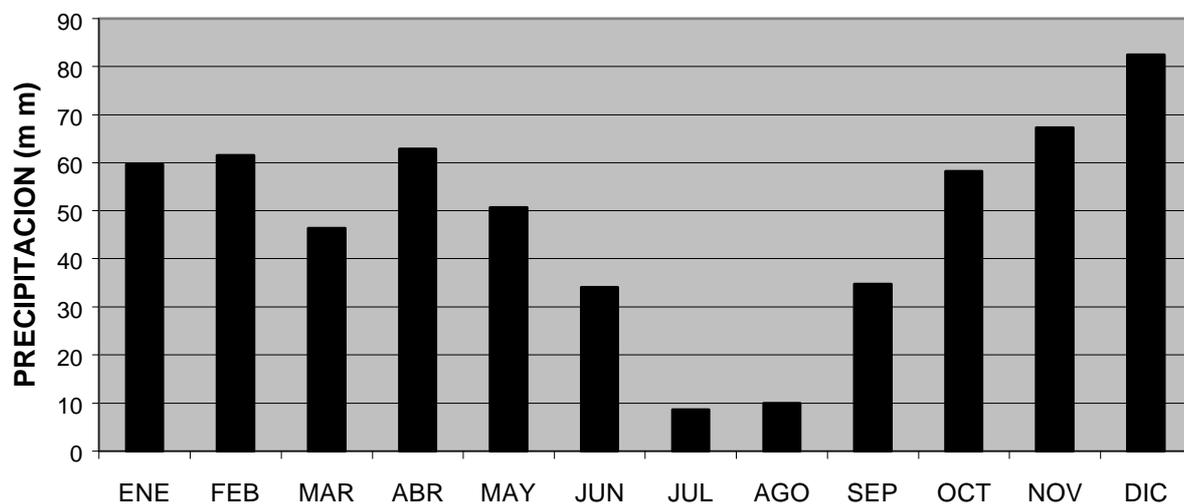


**Precipitación anual = 479,7**

ABENOJAR 1948-1996	ENE	FRE	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación media mensual	53'2	53'0	45'6	53'4	42'9	24'1	5'6	7'4	24'2	47'9	51'3	71'0
precipitación max. 24 horas	17'5	16'4	14'2	17'4	16'8	12'9	3'6	6'1	11'6	18'6	18'5	21'4
Precipitación media anual	479'7											
Días de lluvia	5'3	4'6	4'9	4'9	4	2	0'5	0'7	2'1	4'1	4'5	5
Días de nieve	0'2	0'5	0'2	0'1	0	0	0	0	0	0	0	0'3
Días de granizo	0	0	0	0'2	0	0	0	0	0	0	0	0
Días de tormenta	0	0'1	0'2	0'5	1'1	0'9	0'2	0'4	1'0	0'6	0'1	0
Días de niebla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Días de precipitación	6'5	6'6	6'0	6'5	4'9	2'5	0'7	0'8	2'8	4'9	5'4	6'9

*Figura 3. Resumen de los datos meteorológicos de la estación de Abenojar*

## PIEDRABUENA

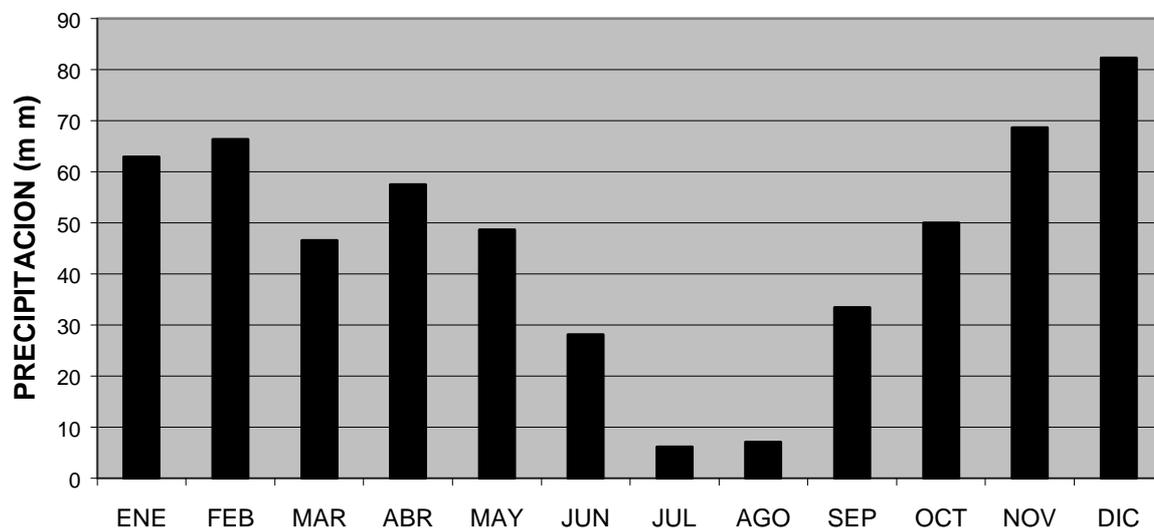


**Precipitación anual = 576,6**

PIEDRABUENA 1948-1996	ENE	FRE	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación media mensual	59'7	61'5	46'3	62'9	50'7	34	8'6	9'9	34'7	58'2	67'3	82'5
Precipitación max. 24 horas	20.1	18'9	15'4	20'5	18'6	17'7	5'3	7'9	16'4	18'4	20	24
Precipitación media anual	576'6											
Días de lluvias	5'3	4'9	5'0	5'7	4'7	3'0	0'7	0'9	2'9	5'8	5'1	5'4
Días de nieve	0'3	0'4	0'1	0'1	0	0	0	0	0	0	0	0'2
Días de granizo	0	0'1	0'1	0'2	0'1	0'1	0	0	0'1	0	0	0
Días de tormenta	0	0	0'1	0'3	0'3	0'7	1	0'4	0'6	0'7	0'2	0
Días de niebla	0'4	0'1	0	0	0	0	0	0	0	0'1	0'2	0'2
Días de precipitación	6'4	7	6'1	8'7	6'0	3'4	1	1'2	3'3	6'2	6'1	7'0

*Figura 4. Resumen de los datos meteorológicos de la estación de Piedrabuena*

## LUCIANA

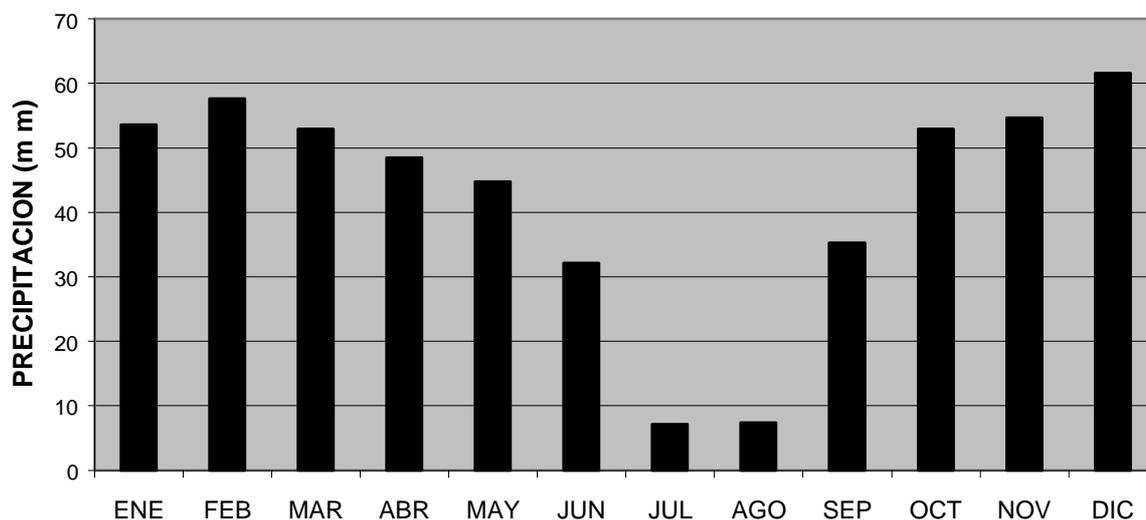


**Precipitación anual = 557,6**

LUCIANA 1965-1996	ENE	FRE	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación media mensual	62'9	66'3	46'5	57'5	48'6	28'1	6'1	7'0	33'4	50'0	68'6	82'3
Precipitación max. 24 horas	17'8	18'6	16'5	18'2	19'3	13'9	4'0	6'7	15'7	20'1	21'8	23'6
Precipitación media anual	557'6											
Días de lluvia	4'5	4'5	3'9	4	3'9	2'3	0'2	0'3	1'6	3'1	2'8	4'7
Días de nieve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0'2
Días de granizo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Días de tormenta	0	0	0'1	0'1	0'2	0'5	0	0'2	0'7	0'1	0	0
Días de niebla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Días de precipitación	6'0	6'6	5'1	5'9	5'2	2'7	0'5	0'5	2'3	4'0	5'9	7'0

*Figura 5. Resumen de los datos meteorológicos de la estación de Luciana*

## PORZUNA



**Precipitación anual = 509**

PORZUNA 1950-1973	ENE	FRE	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación media mensual	53'6	57'6	52'9	48'5	44'8	32'2	7'2	7'4	35'3	52'9	54'7	61'6
Precipitación max. 24 horas	16'7	18'3	14'7	16'8	16'4	17'1	4'9	6'1	16'8	18'9	17'9	21'6
Precipitación media anual	509											
Días de lluvia	6'6	6'6	7	6'3	5'6	3'6	0'9	0'7	3'5	6	6	6
Días de nieve	0'4	0'3	0'2	0'1	0	0	0	0	0	0	0	0'3
Días de granizo	0	0	0'1	0'1	0	0	0	0	0	0	0	0
Días de tormenta	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Días de niebla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Días de precipitación	7	6'9	7'3	6'4	5'5	3'6	0'9	0'7	03'5	6'0	6'3	6'6

*Figura 6. Resumen de los datos meteorológicos de la estación de Porzuna*

## 2.2. TOPOGRAFÍA

El tramo de estudio queda englobado en un dominio geográfico definido por la frontera difusa y amplia establecida por las estribaciones meridionales de los Montes de Toledo y las occidentales de los Campos de Calatrava.

El río Guadiana es el elemento fisiográfico más importante del Tramo al que surca de Este a Oeste en un curso encajado y en gran parte meandriforme. En su recorrido sufre cambios muy importantes en su dirección. Penetra en el área estudiada por el centro del límite oriental describiendo un arco hacia el sur para adoptar posteriormente un trazado N-S que se ajusta al límite del Tramo en su extremo sureste, marcando un ángulo recto que forma la esquina del mismo mediante una inflexión meandriformal de 90°. Adoptada la dirección E-O, el río marca el límite del Tramo, en este extremo sureste, durante unos 5 Km. Saliendo del mismo mediante otra brusca y inflexión al sur. El río vuelve a penetrar por el límite sur a muy pocos kilómetros del punto donde lo dejó y lo hace ahora en un recorrido de algo más de 20 Km con una dirección media NO-SE hasta pasado Luciana, en donde el curso cambia bruscamente a la dirección NE-SO hasta su unión con el río Tierteafuera no sin antes haber descrito un garrote de 90 ° en la mitad del recorrido formando un escalón hacia el noroeste. A partir del punto de unión con el último río mencionado, el Guadiana, en un curso encajado de grandes meandros va a seguir un trazado de dirección NO-SE hasta dejar el Tramo por el límite occidental prácticamente por su zona media al igual que lo hizo por la oriental.

Junto al río Guadiana, y como afluentes del mismo, otros ríos y arroyos importantes drenan este área. Por la derecha recibe a los ríos Bullaque y Frío que a su vez incorporan una importante red de arroyos y barrancos como pueden ser el arroyo Bullaquejo, arroyo de Santa María, etc. Por la izquierda se le suman las aguas del río Tierteafuera que a su vez recibe las del arroyo de la Hojalora, ambos encajados y meandriformes. Por último el río Esteras que drena en su cabecera los terrenos del área de Saceruela irá a verter sus aguas a río Zujar lejos ya del Tramo.

La importante red fluvial descrita, encajadas en los terrenos paleozoicos y terciarios que constituyen el área del estudio, confiere a este territorio de las estribaciones sur de los Montes de Toledo un carácter montañoso poblado de numerosas sierras cuyas cumbres se sitúan entre los 800 y 900 metros de altitud, llegándose a la máxima cota de 936 m en la sierra del Guindo al NO del Tramo. Este que se dibuja como un rectángulo alargado de Este a Oeste, queda compartimentado en toda una serie de agrestes cresterías que delimitan espacios muy aislados por el escaso número de vías de comunicación existente entre ellos. El propio río Guadiana establece una frontera de incomunicación casi constante en el Tramo entre las zonas norte y sur que delimita.

Dentro de las numerosas sierras que integran el área de estudio caben citar las de: Los Guindos, Navaleancina, La Bigotera, Tierras Buenas, Utrera, La Torca, Porzuna, Peñas Negras, del Pico, ocupando en su totalidad la franja norte del Tramo. Hacia el centro del mismo se alzan las sierras de: Río Frío, Puerto Quemado, Sierra Larga, de las Doradas, del Grajo, Siemprellora, Santa María, Los Canalizos y otras más que marcan de alguna forma las vertientes por la derecha del río Guadiana. Ocupando el Sur del Tramo serán las sierras: Lengua, del Campillo, de Villareal, del Águila, de los Santiagos, todas ellas delimitando las vertientes por la izquierda del Guadiana, junto a las de Valpérez, Ginés, de la Majadas, de la Umbría, de la Sala y la de las Medias Lunas que se elevan en la margen derecha del mencionado río.

Entre tantas sierras, que definen el carácter dominante de Tramo, se abren paso los valles de la red fluvial descrita con anterioridad. Son valles que alternan perfiles estrechos y encajados con áreas más abiertas en las que el cauce actual de los ríos y arroyos aparecen encajados sobre una plataforma de piedemonte que se sitúa entre los 600 y 700 metros de altitud. Esta superficie disectada, situada sobre los cauces actuales entre unos pocos metros y 100 metros, enlaza con las vertientes de la sierra y su anchura en profundidad hacia la misma, normalmente, no sobrepasa los tres kilómetros. Algunas áreas del Tramo adquieren una morfología más plana o tendida fuera de la influencia de los cursos fluviales, son zonas como las situadas entre Alcolea de Calatrava y el río Guadiana, las que se extienden al norte de Piedrabuena o los terrenos de suaves colinas que se desarrollan al sur de las sierras que delimitan la margen izquierda del Guadiana en la Hoja topográfica de Abenojar y Valdemanco del Esteras.

Mención especial merecen algunas formas del relieve relacionadas con los terrenos volcánicos que afloran en la zona; son las numerosas áreas endorreicas que salpican el paisaje de lagunas y los pequeños cerros o "cabezos" que se relacionan con las mismas. Entre las lagunas cabría destacar las siguientes: la de la Camacha y Lucianego entre Picón y Piedrabuena; la de Alcolea y Peñarroya, al norte y sur respectivamente del pueblo que da nombre a la primera; la de Fuentilleja al sur de Valverde, y la de Nichos al pie de la Sierra del Campillo al norte de Abenojar. Entre los cerros de origen volcánico destacan: los que se alzan a un lado y otro de la carretera N-430, entre el Guadiana y Alcolea de Calatrava, como el Cabezuelos situados junto al mencionado pueblo; el cerro La Sierra en Picón; Morro de Arzollosa al noreste de Piedrabuena, o el Cerro Santo junto a Porzuna, entre otros.

### 2.3. GEOMORFOLOGIA

Desde el punto de vista geomorfológico, este Tramo presenta rasgos de gran interés, teórico y aplicado, que indican como esta región ha experimentado una evolución morfológica importantísima en base a unos procesos morfogenéticos muy acusados a lo largo de su historia geológica. Sin duda los rasgos más significativos han sido impresos en el terciario y cuaternario a partir del momento en que a consecuencia de los primeros impulsos alpinos, la penillanura hercínica sufrirá un abombamiento que dará lugar a la “Bóveda Castellano - Extremeña”, gran deformación litosférica de orientación NE-SO que se extiende por una parte amplia de ambas castillas y Extremadura. Los Montes de Toledo, incluidos dentro de esta megaestructura, por los que discurre el Tramo de estudio constituyen en un área limitada al norte por la fosa del Tajo, al sur por Sierra Morena, al este por la llanura Manchega y al Oeste por la penillanura extremeña. Este área incluye la comarca de los Campos de Calatrava en su borde suroriental.

Este abombamiento sufrirá fracturas y desgarros que rejuvenecerán falla hercínicas y crearán otras con nuevas directrices. En fase distensiva entre el final del Paleógeno y principios del Neógeno la megaestructura abombada se rompe dando lugar a un complejo sistema de horst-graben con fracturación dominante E-O. Las pequeñas fosas creadas son rellenadas por materiales que proceden esencialmente del desmantelamiento del manto de alteración pre-Eoceno, dando lugar a relieves diferenciales o “superficies grabadas”. Por efecto de una erosión selectiva en orden a la dureza de los materiales y al grado de alteración de los mismos, como son la penillanura fundamental de la meseta, los inserbergs y los relieves apalachianos en cuarcitas y pizarras, característicos del Tramo estos últimos, algunos de los cuales ya estaban conformados con anterioridad.

Restos de la antigua alterita que se inició a final de la orogenia Hercínica y duró hasta el final del mesozoico son los diversos tipos de corazas ferralíticas que fosilizan los antiguos pedimentos. Al tiempo que se verifica el desmantelamiento de la antigua alterita se producen cambios climáticos con nuevas alteraciones de tipo montmorillonítico a las que se asocian relieves residuales resultado de la dilatada evolución morfogenética lo largo del terciario y cuaternario.

Los materiales desmantelados que rellenaron las pequeñas subcuencas como la de Alcolea de Calatrava durante el Neógeno constituye la “serie arcósica” de limos, arenas y fangos variolados, que se localizan en el fondo de las mismas. Los depósitos de arcillas, margas y calizas, se sitúan a techo de estas cuencas menores.

Al mismo tiempo que se está produciendo la sedimentación miocena y con posterioridad a ella hasta el plioceno inferior, se está desarrollando un proceso vulcanológico que define uno de los rasgos más característicos de la comarca de los Campos de Calatrava. Los productos volcánicos atraviesan los materiales paleozoicos y se interstratifican con los sedimentos neógenos o pleistocenos a la vez que dan lugar a morfologías de conos, coladas y cráteres explosivos que se conservan en el relieve; los primeros como cerros tronco-cónicos bastante pulidos por la erosión aunque perfectamente identificables como estructuras de cono cinder; las segundas constituyendo plataformas subhorizontales como la de Piedrabuena, y los cráteres explosivos dando lugar a lagunas que, en número abundante, salpican la comarca.

A la actividad ígnea siguió una fase álgida de inestabilidad tectónica que durante el Plioceno inferior-medio dará lugar a la “fase Iberomanchega”, responsable principal del rejuvenecimiento del relieve en la meseta meridional hace unos cuatro millones de años.

Los nuevos relieves creados al final del terciario comienzan a ser erosionados sobre todo en los piedemontes, sumándose al proceso un cambio climático hacia condiciones de mayor humedad de tipo mediterráneo. Consecuencia de ello son los procesos que dieron lugar a fenómenos kársticos en los niveles carbonatados del neógeno terminal especialmente en las calizas de los páramos, y el desarrollo de la “terra rossa”.

El resultado de toda esta actividad morfogenética, originó en el relieve una serie de pedimentos que enlazarían con los arrasamientos y las costras calizas de las superficies finipliocenas en el interior de las cuencas.

Sin una solución de continuidad clara de los procesos morfogenéticos que concluyen con la formación de las rampas y superficies de erosión finipliocenas se inicia la deposición de los materiales de la raña que fosilizan las superficies erosivas y de alteración existentes creando amplias plataformas de piedemonte. En relación con este proceso morfogenético que indica un régimen fluvial, con sistemas torrenciales en cabecera y evolución hacia canales entrelazados en sectores medios y medio-distales, se hace evidente la existencia de un clima cálido y húmedo que da lugar a la formación de suelos hidromorfos pertenecientes al orden de los ultisoles, próximos a los oxisoles. El proceso de alteración fue importante y favoreció la formación de ferricretas. El encajamiento posterior de la red fluvial cuaternaria va a dar lugar a toda una jerarquización con multitud de niveles de glaciares de erosión y acumulación, importantes abanicos aluviales y plataformas de terraza que se interfieren y enlazan, pasando de unas superficies a otras insensiblemente en muchas ocasiones. Sumándose a esta morfología pliocuaternaria existe un importantísimo recubrimiento coluvial en las vertientes que se fueron formando en diversas épocas.

En relación con la naturaleza y estructura de las formaciones paleozoicas y terciarias, a la morfología creada, y al clima existente durante el proceso morfogenético del relieve, la dinámica de rotura gravitacional de las vertientes adquirió un desarrollo espectacular de la cual quedan amplísimas áreas fosilizadas en su gran mayoría que ejemplifican la estructuras creadas. En la actualidad los procesos geomorfológicos que afectan a la estabilidad natural de las vertientes siguen teniendo lugar a escala reducida, detectándose esencialmente en las formaciones terciarias y en el recubrimiento cuaternario.

En tiempo pretérito, la excavación de los valles en los materiales hercínicos a favor de los ejes de las estructuras anticlinales y sinclinales dará lugar a la formación de relieves apalachianos en donde las cordadas de sierras presentarán con frecuencia laderas estructurales que al seguir ganando pendiente llegarán a desarrollar grandes corrimientos favorecidos por los planos de estratificación y esquistosidad, las discontinuidades tectónicas muy abundantes y la profunda alteración acontecida durante toda la morfogénesis mesozoica y terciaria que llega a profundizar fuertemente en sectores de alta tectonicidad, desarrollándose de forma muy especial en zonas de grandes fallas, que crean amplios horizontes de brechificación, y en estratos esquistosos y arenosos.

La formación terciaria cuyos materiales proceden mayoritariamente del desmantelamiento del manto de alteración creado sobre la superficie de los materiales hercínicos, ricos en plasma caolínico, darán lugar por su naturaleza litológica a una importante inestabilidad de laderas a ser disectados por el encajamiento de la red fluvial. En estos procesos de rotura por gravedad intervinieron de forma muy importante el diastrofismo creado durante la fase vulcanológica de los Campos de Calatrava y la instalación sobre estas formaciones terciarias de freáticos colgados asociados a los depósitos detríticos muy permeables interestratificados en los depósitos terciarios o superpuestos a ellos como rañas, abanicos aluviales, glaciares o coluviones. Con respecto a estos últimos existe una morfología de deslizamiento gravitacional asociada, muy característica, cuyas formas recuerdan mucho a los depósitos morrénicos. Se trata de bulbos de solifluxión con formas semicirculares más o menos alargadas a modo de "barjana" constituidos por derrubios de gravedad e integrados esencialmente por bloques y cantos de cuarcita. Es posible que estas formas fuesen creadas por pequeñas masas de hielo asociadas a un clima periglacial.

En los procesos inestables relacionados con la formación terciaria, intervienen con frecuencia las arcillas de alteración creadas sobre los productos piroclásticos de origen volcánicos caracterizadas por su gran poder expansivo.

Con motivo de las inundaciones acontecidas en el transcurso de este estudio, invierno de 1996-97, ha quedado de manifiesto la importancia del régimen de precipitaciones de carácter cíclico mediterráneo en los procesos morfogenéticos actuales y su fuerte impacto sobre la infraestructuras urbanas y de todo tipo creadas por el hombre, las cuales con tanta frecuencia invaden terrenos que durante largo tiempo permanecen desprovistos del discurrir de las aguas pero que pertenecen morfológicamente a los cauces naturales como terrenos de

inundación en las avenidas cíclicas propias del clima actual dominante en la península Ibérica, del que al parecer han perdido memoria histórica las sociedades actuales.

Como resumen global de todo el proceso morfogenético acontecido dentro del área del Tramo, se pueden definir los siguientes elementos estructurales del terreno a nivel morfológico y geomorfológico. (Fotos 1 y 2).



Foto 1. Vista panorámica de la localidad de Porzuna, donde se pueden observar los diferentes elementos geomorfológicos, representativos del Tramo de estudio. En el fondo, los relieves apalachianos cuarcíticos con canchales y movimientos gravitacionales en sus laderas. En el segundo plano glaciares, conos de deyección y superficies de raña sobre una cuenca terciaria con depósitos volcánicos. En primer plano las lavas volcánicas de la cima del volcán de Porzuna.



Foto 2. *En primer término pedimentos y relieves alomados de la penillanura labrada sobre terrenos precámbricos al Sur del Tramo. Al fondo las sierras ordovícicas coronadas por las cuarcitas del Arenig.*

## **Sierras**

Es el elemento constructivo más importante del Tramo. Su alineación predominante es la E-O o ENE-OSO, aunque es muy frecuente también las sierras enlazadas de forma circular o semicircular como consecuencia de una estructura en caja de huevos.

Las cordadas de las sierras siguen a grandes rasgos los ejes de los pliegues anticlinales y sinclinales y darán lugar con frecuencia a laderas estructurales implicadas en grandes corrimientos de ladera en los estratos de cuarcitas y pizarras que las integran.

Las sierras más importantes y los relieves más agrestes, que constituyen normalmente las divisorias de las mismas, suelen estar constituidas por las series cuarcíticas más importantes del Ordovícico inferior, especialmente la cuarcita del Arenig (cuarcita Armoricana).

Las sierras enlazan con los piedemontes y el valle aluvial, mediante laderas con pendientes acusadas cubiertas por derrubios de gravedad en los que son frecuentes las estructuras debidas a deslizamientos de ladera.

## **Valles**

Como valles, consideramos los terrenos entre sierras que fueron rellenados en el Terciario superior por el desmantelamiento del manto de alteración laterítico pre-Eoceno y que posteriormente fue disectado en el Cuaternario por la red fluvial actual.

Estos valles presentan en muchas ocasiones, como horizonte superior, una plataforma con pendiente muy tendida, que tiende a la horizontalidad hacia el centro de los valles más amplios o pequeñas cuencas entre sierras. Estas plataformas están situadas entre los 600 y 700 metros de altitud; normalmente en los valores medios de este intervalo. Se trata en principio del nivel de enrasamiento del final del terciario sobre el que se depositó la raña, el cual se presenta en la actualidad como un horizonte polimorfo conformado por una serie de plataformas insensiblemente encajadas unas en otras, en las que se observan las herencias recibidas de unas por sus inmediatas superiores. Así, los depósitos más potentes de las rañas han dado paso a un glacis, glacis-terrazas y abanicos aluviales en relación con la red fluvial más actual en su lento encajamiento.

Las plataformas de rañas y glacis enlazan con las terrazas actuales de manera muy diversa. En las zonas más occidentales del Tramo, el enlace se efectúa con el fondo de los valles, en muchas ocasiones, sin solución de continuidad. En otras áreas se establece un escarpe suavizado que da paso a una ladera que adquiere normalmente una fuerte pendiente en la que bajo el recubrimiento, frecuente, de un derrubio heredado de la raña o glacis de acumulación pueden presentarse los depósitos detríticos del terciario o los materiales hercínicos representados mayoritariamente por las series más esquistas, las cuales aparecen con harta frecuencia con un grado de alteración altísimo, a consecuencia de lo cual se desarrolla

en ellos un drenaje dendrítico similar al que se desarrolla sobre los materiales detríticos de la base del neógeno.

En relación con estas vertientes que enlazan la plataforma finiterciaria y los valles actuales se ha desarrollado un proceso importante de inestabilidad de laderas. Los valles actuales presentan globalmente reducidos espacios de aterrazamientos, y en bastantes ocasiones son los frentes de los abanicos aluviales, que arrancan del pie de las sierras, los que conforman el fondo del valle sobre el que se va encajando el curso actual, el cual presenta en general formas sinuosas y meandriformes que en canales estrechos y anastomosados dentro de una terraza de inundación que ocupa prácticamente la mayor parte de los depósitos aluviales cuaternarios.

### **Relieves asociados al vulcanismo de Calatrava**

En el sector oriental del Tramo, en el dominio de las pequeñas cuencas terciarias y afectando también a los terrenos paleozoicos que las circunscriben, se alzan formas típicas del vulcanismo. Dentro del área terciaria se desarrolla un terreno de colinas y plataformas tendidas que descubren a los conos de cinder volcánicos, algo aplanados por la erosión, y a las coladas basálticas que arrancan de ellos. Asimismo aparecen con frecuencia áreas endorreicas que dan lugar a lagunas que señalan la existencia de extintos cráteres de explosión. Por otra parte y dentro del área paleozoica se presentan estas formas volcánicas aunque ya de forma más aislada y con menor desarrollo horizontal.

### **Pedimentos y relieves alomados en el límite sur del Tramo**

Al sur del Tramo y de las sierras que delimitan el río Guadiana por su margen izquierda, el territorio existente se caracteriza por la presencia de un zócalo precámbrico peneplanizado a nivel de la superficie finiterciaria sobre el que se depositaron depósitos de raña o glaciares que aparecen festoneando las sierras paleozoicas que enmarcan esta región, dividida en dos áreas: la de Abenojar, drenada por los ríos Tierteafuera y su afluente el Hojalora, que atravesando las sierras de la margen izquierda del Guadiana vierte sus aguas a dicho río; y la de Cerezuela, constitutiva de la cabecera del río Esteras que lleva sus aguas al Zujar, afluente asimismo del río Guadiana.

La red fluvial mencionada se encaja en estos territorios dejando: pendientes suaves y extensas en amplias zonas estructuradas por la raña y los glaciares de acumulación que parten de las sierras limítrofes, y terrenos alomados constituidos por los materiales precámbricos predominantemente esquistosos y frecuentemente muy alterados. Localmente, el encajamiento meandriforme de los ríos Tierteafuera y Hojalora, en el área próxima a la confluencia de ambos, dentro de terrenos constituidos por esquistos duros y calizas dolomíticas, crea un paraje agreste que se continúa por la disección que el Tierteafuera efectúa en la paleozoica sierra del Campillo para verter sus aguas al Guadiana.

## 2.4. ESTRATIGRAFIA

Los materiales que afloran en el Tramo pertenecen al Precámbrico, Paleozoico, Terciario y Cuaternario. (Figura 7).

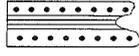
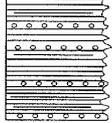
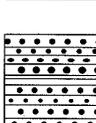
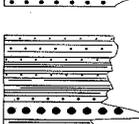
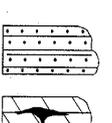
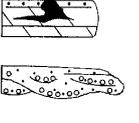
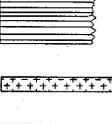
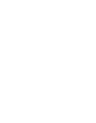
Las formaciones de edad precámbrico afloran en el núcleo de dos estructuras anticlinorias (Domo de Abenojar y Saceruela) que ocupan amplios terrenos en el Sur del Tramo. Desde el punto de vista estratigráfico se pueden diferenciar a grandes rasgos dos series una pelítico-grauváquica y otra detrítico carbonatada, sobre las que se apoya discordantemente el Paleozoico.

El Paleozoico está representado por el Ordovícico hasta el Caradoc. Los materiales paleozoicos presentan facies de plataforma poco profunda. La serie comienza con una potente formación detrítica de tipo rítmico formada por cuarcitas areniscas, limolitas y pizarras, existiendo también un muro de la misma niveles intercalados de conglomerados y areniscas conglomeráticas. Estos materiales se atribuyen al Tremadoc y su potencia máxima es de 1000 metros. Los sigue un potente paquete de 200 - 300 metros de cuarcitas del Arenig "cuarcita Armoricana" a las que se le superpone una serie alternante de areniscas, areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras del Arenig-Llanvirniense cuyo espesor se estima en 150 - 200 metros. Sobre dicha alternancia yace una potente serie de pizarra "pizarras de Calymene" que puede llegar a 300 metros de potencia, en el que aparecen interestratificadas tobas y tufitas volcánicas; todos estos materiales se sitúan en el Llanvirniense - Llandeilo. Las pizarras se continúan en una serie alternante de unos 125 metros formada por areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras que se sitúan en el Llandeilo. Un paquete más cuarcítico "cuarcitas de cantera" de unos 100 metros de potencia y que intercala areniscas y pizarras se superpone al anterior; su edad es Llandeilo superior - Caradoc inferior. Por último y sobre las "cuarcitas de cantera" se apoya una serie esencialmente pizarrosa del Caradoc de unos 100 metros de potencia.

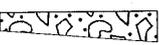
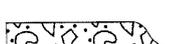
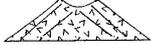
El terciario es de naturaleza detrítica continental. En la base aparece un conglomerado brechoide de matriz ferruginosa que da lugar a encostramientos y corazas ferruginosas. Su potencia es escasa, del orden de los 4 metros, y su edad se sitúa entre el Oligoceno superior y el Mioceno inferior. Sobre estos materiales y lateralmente a ellos existe un depósito de unos 25 - 30 metros de potencia máxima constituido por conglomerados y areniscas de cemento ferruginoso y fangos variolados, que lateralmente pasan a facies más arcillosas con ausencia de conglomerados. La interferencia de los procesos volcánicos de los campos de Calatrava supone la existencia de intercalaciones importantes, en esta serie detrítica, de materiales hidromagmáticos que, a veces, constituyen el cuerpo exclusivo del paquete estratigráfico.

Sobre los fangos y arenas limosas y lateralmente a ellos se depositó una serie margo-arcillosa y calcárea con alto contenido en materiales procedentes del vulcanismo como piroclastos de caída y productos hidromagmáticos; la potencia de este conjunto de materiales no sobrepasa los 70 metros. Ambos conjuntos sedimentarios constituyen la base del relleno plioceno de las cuencas terciarias del Tramo. A este plioceno inferior se superpone un depósito de facies similares al anterior formado por arenas, gravas, fangos, margas y calizas que pertenecen ya al Plioceno superior y cuya potencia puede estimarse en 15-20 metros. El Plioceno acaba con la deposición de la raña cuya máxima potencia no excede de 10 metros.

El cuaternario es un periodo en que se desarrolla toda una serie de procesos geomorfológicos con varias fases de erosión y sedimentación que dará lugar a la creación de depósitos coluviales, abanicos aluviales, glacis y terrazas en cada una de ellas.

COLUMNA	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCION	EDAD
	123b	G9	PIZARRAS DE CANTERA	CARADOC
	123a	G10	CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS	LLANDEILO
	122c	G8	ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	LLANDEILO
	122b	G13	TOBAS Y TUFITAS	LLANVIR.-LLANDE.
	122a	G9	PIZARRAS	LLANVIRNIENSE
	121c	G8	ARENISCAS, ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	AREN.-LLANVIR.
	121b	G10	CUARCITAS	ARENIG
	121a	G8	CUARCITAS, ARENISCAS, PIZARRAS Y LIMOLITAS	TREMAD.-AREN.
	121a1	G10	CONGLOMERADOS, CUARCITAS Y ARENISCAS CONGLOMERATICAS	TREMAD.-AREN.
	010e	G10	CUARCITAS	PRECAMBRICO
	010d	G11	DOLOMIAS	PRECAMBRICO
	010c	G10	CONGLOMERADOS	PRECAMBRICO
	010b	G8	ARENISCAS, GRAUVACAS Y PIZARRAS	PRECAMBRICO
	010a	G9	PIZARRAS Y GRAUVACAS	PRECAMBRICO
	001b	G13	GRANITOIDES	PRECAMBRICO

**FIGURA 7 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERAL DEL TRAMO DE ESTUDIO**

COLUMNA	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	A1	G1	ALUVIAL	Cuaternario
	A2	G1	FONDOS DE VALLE	Cuaternario
	At	G3	TERRAZA ALUVIAL	Cuaternario
	I	G2	AREAS ENDORREICAS	Cuaternario
	T,t	G3	TERRAZAS	Cuaternario
	C,c	G3	COLUMNALES	Plio-Cuaternario
	D,d	G3	CONOS DE DEYECCION	Plio-Cuaternario
	g	G3	GLACIS	Plio-Cuaternario
	350	G3	RAÑA	Terciario
	V	G7	MANTO DE ALTERACION	Terciario
	322b2	G5	CALIZAS ARENOSAS	Terciario
	322b1	G5	CALIZAS, CALIZAS MARGOSAS Y DOLOMIAS	Terciario
	322a	G6	MARGAS Y ARCILLAS EXPANSIVAS CON INTERCALACIONES DE CALIZAS MARGOSAS Y PRODUCTOS VOLCANICOS	Terciario
	321b	G7	CONGLOMERADOS, BRECHAS, ARENISCAS, ARENAS Y FANGOS VARIOLADOS	Terciario
	321b1	G7	LIMOS, ARENAS Y CORAZAS FERRALITICAS	Terciario
	321a	G7	CORAZAS FERRALITICAS	Terciario
	001c	G12	ROCAS HIDROMAGMATICAS	Terciario
	001b	G12	ROCAS PIROCLASTICAS	Terciario
	001a	G13	LAVAS VOLCANICAS	Terciario

**FIGURA 7 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERAL DEL TRAMO DE ESTUDIO**

Sincrónicamente con la deposición de las series detríticas y carbonatadas del terciario superior y con algunas pequeñas manifestaciones en el Pleistoceno inferior, se desarrolla en la zona de los Campos de Calatrava un proceso vulcanológico que dará lugar a un edificio volcánico compuesto por piroclastos de caída, productos hidromagmáticos y lavas. En una primera fase, poco importante, durante el Mioceno superior, se extruyen materiales de carácter ultrapotásico. La segunda fase desarrolla un vulcanismo alcalino y ultralcalino con emisión de basaltos olivínicos y basanitas en las zonas centrales y melillitas olivínicas y nefelinitas olivínicas tanto en el centro como en los bordes. La actividad principal se desarrolla en el Plioceno superior, tiempo al que pertenecen los edificios volcánicos mejor conservados.

## **2.5. TECTONICA**

Los episodios de deformación detectados dentro del Tramo corresponden a tres ciclos orogénicos distintos: Pre-hercínico, Hercínico y Alpino. Los dos primeros dieron lugar, en fases diversas, al plegamiento, fracturación, esquistosidad y metamorfismo que caracterizan a los materiales del zócalo precámbrico-paleozoico, el cual aflora en la superficie del Tramo de forma mayoritaria, soportando los materiales terciarios y cuaternarios depositados sobre él en pequeñas cuencas, creadas por efectos del tercer ciclo orogénico materializado por los primeros empujes alpinos detectados en el zócalo precámbrico-paleozoico extremeño-castellano, que provoca una megaestructura de abombamiento que al partirse en una fase de distensión dará lugar a los horst y grabens que se conforman como cuencas interiores.

La dislocación del zócalo hercínico dará lugar entre el Mioceno superior y Pleistoceno a manifestaciones ígneas efusivas cuyos materiales atravesaron y se interestratificaron con las formaciones que se estaban sedimentando.

### **Estructuras Pre-hercínicas**

De acuerdo con los datos bibliográficos obtenidos en estudios de las áreas precámbricas dentro y fuera del Tramo de estudio, parece existir un episodio de plegamiento intraprecámbrico generalizado que daría lugar a una discordancia angular observada entre los materiales detrítico carbonatados del Vendiense y su substrato.

Por otra parte, el paralelismo detectado entre los materiales del precámbrico situados por encima de la discordancia intraprecámbrica mencionada y los ordovícicos, confieren a la discordancia Sárdica, que los separa, un carácter eminentemente erosivo, asociado a un proceso de transgresión y sin deformaciones importantes. Consecuencia de ello es el hecho de que la base del Paleozoico se apoye indistintamente sobre los diferentes materiales de las series precámbricas, pudiendo darse una discordancia angular cuando el apoyo se realiza en los materiales situados por debajo de la discordancia intra-precámbrica.

La ausencia de esquistosidad asociada al plegamiento intra-precámbrico observado, no permite precisar las características geométricas de las estructuras creadas, e indica que debió tratarse de un plegamiento suave. El plegamiento hercínico modificó la geometría y posición de los elementos estructurales.

### **Estructuras hercínicas**

La deformación debida al plegamiento hercínico es la principal responsable de las estructuras existentes en la zona. (Foto 3).

La primera fase Hercínica, que es la principal, es una fase compresiva que origina pliegues, esquistosidad, cabalgamientos y fallas.

Los pliegues regionales tienen dirección ONO-ESE a E-O. Estos pliegues presentan inmersiones de 20° - 30° e incluso mucho mayores por efectos de deformaciones tardías, aunque originalmente es probable que se tratara de pliegues cilíndricos. Los planos axiales son sub-verticales o ligeramente vergentes hacia el Sur. La geometría de los pliegues mayores de esta fase está muy modificada por el plegamiento y fracturación posterior.

Los pliegues de los niveles constitutivos por alternancias suelen ser abiertos, angulosos, con flancos rectos y charnelas agudas. Los constitutivos en pizarras suelen ser más apretados.

La segunda fase de deformación hercínica se caracteriza por las modificaciones que soportarán, en consecuencia, las estructuras creadas en la primera fase de deformación. Esta fase va a originar macropliegues de rumbo NE-SO, cruzados con respecto a los anteriores, circunstancia que dará lugar a la formación de domos y cubetas.

La fracturación tardihercínica que afecta a los afloramientos del Tramo se apartan del modelo convencional de fracturación tardihercínica establecido para la mayor parte del Macizo Hespérico.

Las fallas más antiguas parecen ser las de rumbo ONO-ESE (N100°E). Son subparalelas a los pliegues de primera fase y su componente principal es inverso con vergencia al sur. Las fallas más abundantes y de mayor recorrido tienen rumbo ENE-OSO a E-O (N70°E-N80°E-N90°E). Son fallas kilométricas, a veces con dúplex, que muestran movimientos de desgarre e inverso con vergencia Sur.

Las fallas de dirección NE-SO (N40°E - N60°E) son también relativamente abundantes.

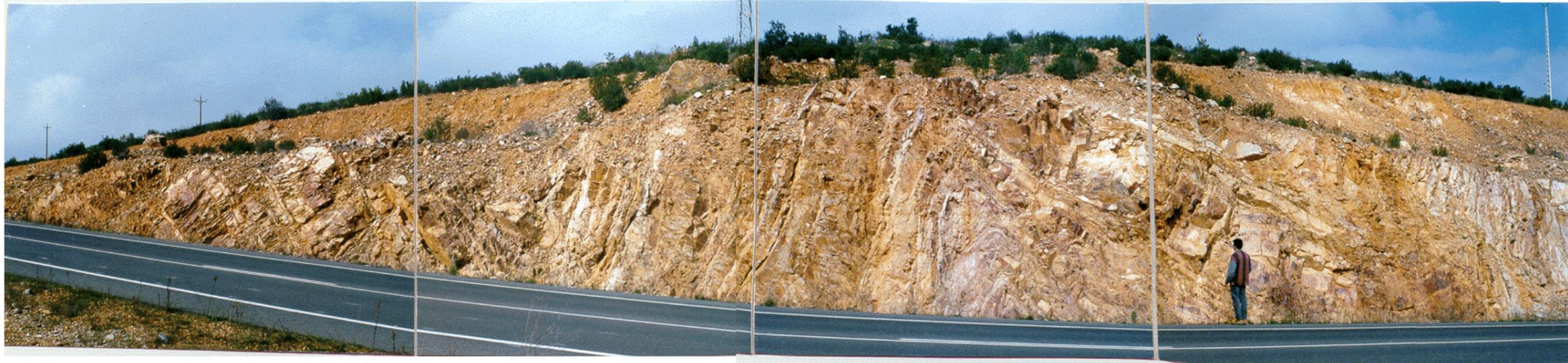


Foto 3. *Pliegues tumbados sobre los materiales del grupo litológico 121<sup>a</sup>. Pk (115,5) de la carretera nacional 403.*

Por último, existe una familia de fallas, con menor desarrollo, de rumbo NO-SE (N140°E - N170°E).

### **Estructuras alpinas y post-alpinas**

Las deformaciones que pueden observarse en los materiales pliocenos, así como la actividad volcánica desarrollada esencialmente durante el mismo periodo, delatan un contexto tectónico distensivo controlado por fallas del zócalo hercínico.

### **2.6. SISMICIDAD**

Según la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE- 94), el Tramo Ciudad Real - Puebla de Don Rodrigo se encuentra enteramente situado, dentro del Mapa de Peligrosidad Sísmica, por debajo del valor 0'04 del cociente entre la aceleración sísmica básica y el valor de la gravedad. (Ver Figura 8).

De acuerdo con lo dispuesto en el apartado 1.2.3. de dicha Norma, se deduce que no es obligatoria su aplicación en las construcciones realizadas en el Tramo de estudio.



FIGURA 8. SITUACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO EN EL MAPA DE PELIGROSIDAD SÍSMICA

### **3. ESTUDIO DE ZONAS**

#### **3.1. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO**

Para encuadrar y caracterizar la constitución geológica del Tramo se ha establecido una división en tres Zonas en base al tipo de materiales aflorantes y a su geomorfología. La distribución geográfica de estas tres Zonas se muestra en la Figura 9, y sus características diferenciadoras se describen a continuación.

##### **Zona 1: Campos de Calatrava**

Se caracteriza por un relieve de morfología suave en el que destacan relieves de origen volcánico, como los cerros tronco-cónicos de los edificios creados por los piroclastos de caída y productos hidromagmáticos, así como, las calderas de explosión, cuya morfología actual ha dado lugar a lagunas endorreicas. Las coladas basálticas suelen dar lugar a plataformas más o menos amplias sobre los materiales margo-arcillosos y carbonatados del Plioceno. La red fluvial está poco encajada y el desarrollo de terrazas y superficies erosión es escaso.

##### **Zona 2: Sierras paleozoicas**

Está constituido por los relieves apalachianos conformados por la cuarcita Armórica, laderas regularizadas y cubiertas de depósitos de piedemonte. Dentro de estos relieves aparecen pequeños edificios volcánicos de edad terciaria. La edad de los materiales dominantes es ordovícica.

##### **Zona 3: Depresiones entre sierras**

Posee un relieve muy maduro caracterizado por las superficies de la raña que enlaza mediante conos y coluviales muy antiguos con los relieves apalachianos de la Zona 2. También se incluyen los núcleos precámbricos culminados por una superficie de erosión e intensamente alterados.

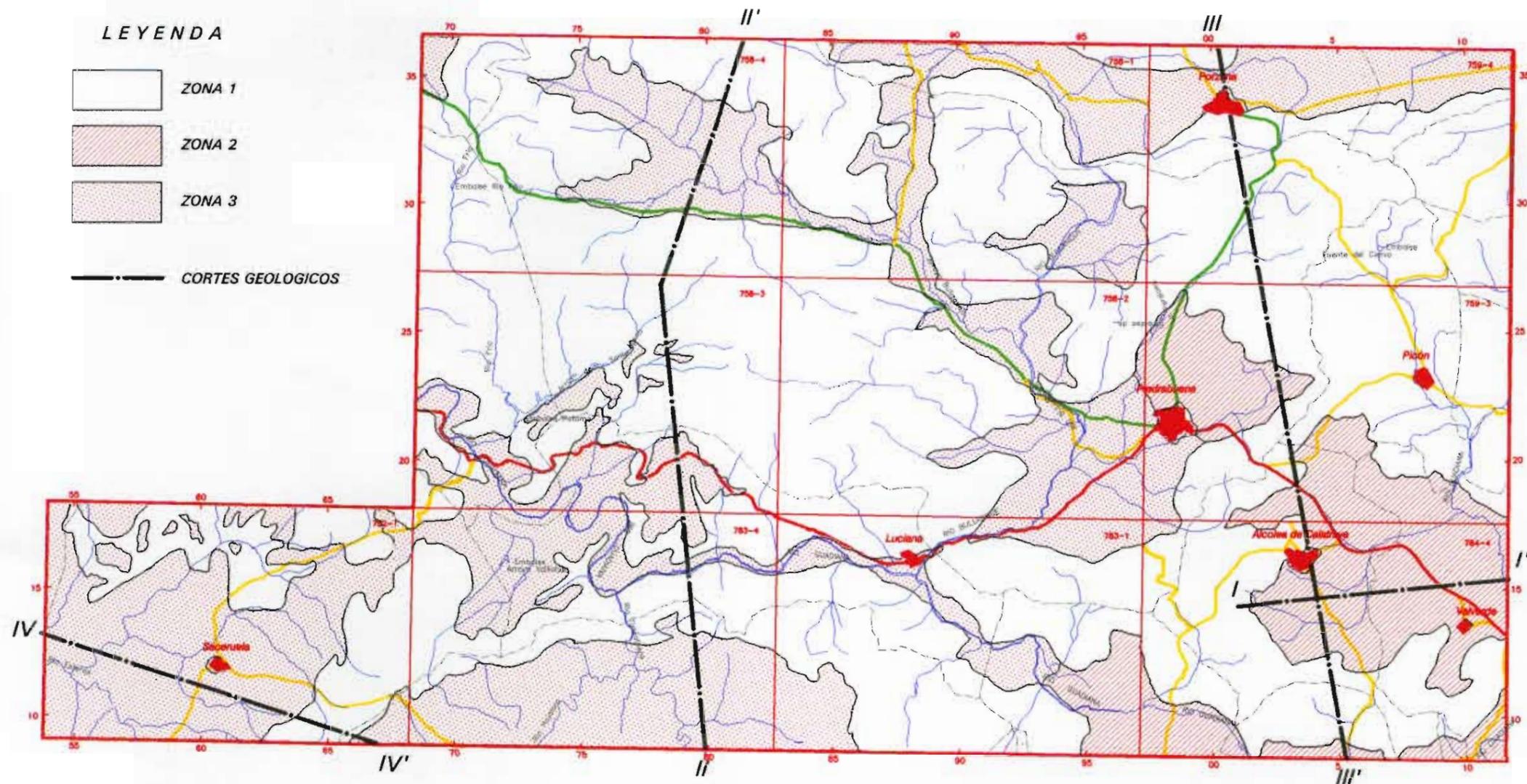


FIGURA 9. ESQUEMA DONDE SE MUESTRA LA DIVISION EN ZONAS DEL TRAMO DE ESTUDIO Y LA TRAZA DE LOS CORTES GEOLOGICOS REALIZADOS.

## **3.2. ZONA 1: CAMPOS DE CALATRAVA**

### **3.2.1. Geomorfología**

La Zona 1 se sitúa dentro de la unidad morfoestructural de los Campos de Calatrava y se caracteriza por un relieve de morfología suave en el que destacan relieves de origen volcánico. Su red fluvial está poco encajada y el desarrollo de terrazas y superficies o planos de erosión - deposición es escaso. Detrás del relieve volcánico deben destacarse los cerros tronco-cónicos de los edificios creados por los piroclastos de caída y productos hidromagmáticos arrojados por el volcán, así como, las calderas de explosión de las fases hidromagmáticas, cuya morfología actual, dando lugar a lagunas endorreicas, es tan características y espectacular en estos paisajes.

Por último las coladas basálticas suelen dar lugar a plataformas más o menos amplias sobre los materiales margo-arcillosos y carbonatados del Plioceno.

Los materiales Pliocenos integrantes esenciales, junto a los volcánicos, de esta Zona 1, constituyen terrenos de suave morfología; se trata en general de terrenos con estructura horizontal trastocados localmente por efectos del vulcanismo.

El curso fluvial más importante existente en esta Zona 1, es el río Guadiana representado por un asomo de su cauce de inundación de naturaleza pantanosa y algunos terrenos de terraza de su margen derecha. El resto de los arroyos aparecen poco encajados y sus depósitos aluviales adquieren pequeño desarrollo.

La Zona 1 está constituida por depresiones creadas en estructuras hercínicas de naturaleza sinclinal o anticlinal, que han sido rellenadas posteriormente por sedimentos pliocenos y productos volcánicos, y en una fase final, por pedimentos de tipo raña o glacis de acumulación que dan lugar a plataformas de suave pendiente que parten del pie de las sierras circundantes.

Las depresiones o sectores que componen la Zona 1 son: cubeta del domo de Alcolea de Calatrava - Picón, cubeta del sinclinal de Piedrabuena y depresión del Sinclinal de Porzuna.

La morfología de los Campos de Calatrava constituye un relieve singular por ser la única zona de la península, junto a los Campos de Olot en Gerona, donde se conservan edificios de una actividad volcánica. (Figura 10). Los conos de cinder, las calderas de explosión y las plataformas de lavas imposibles de ver en otras regiones de España que no sean las Islas Canarias y las zonas mencionadas, merecen una consideración especial por sus valores científicos y paisajísticos que debería concretarse en una protección oficial de algunas áreas, como patrimonio geológico, que impidiera una destrucción masiva de estos relieves como consecuencia de una sobreexplotación de los materiales constitutivos de los mismos

### **3.2.2. Tectónica**

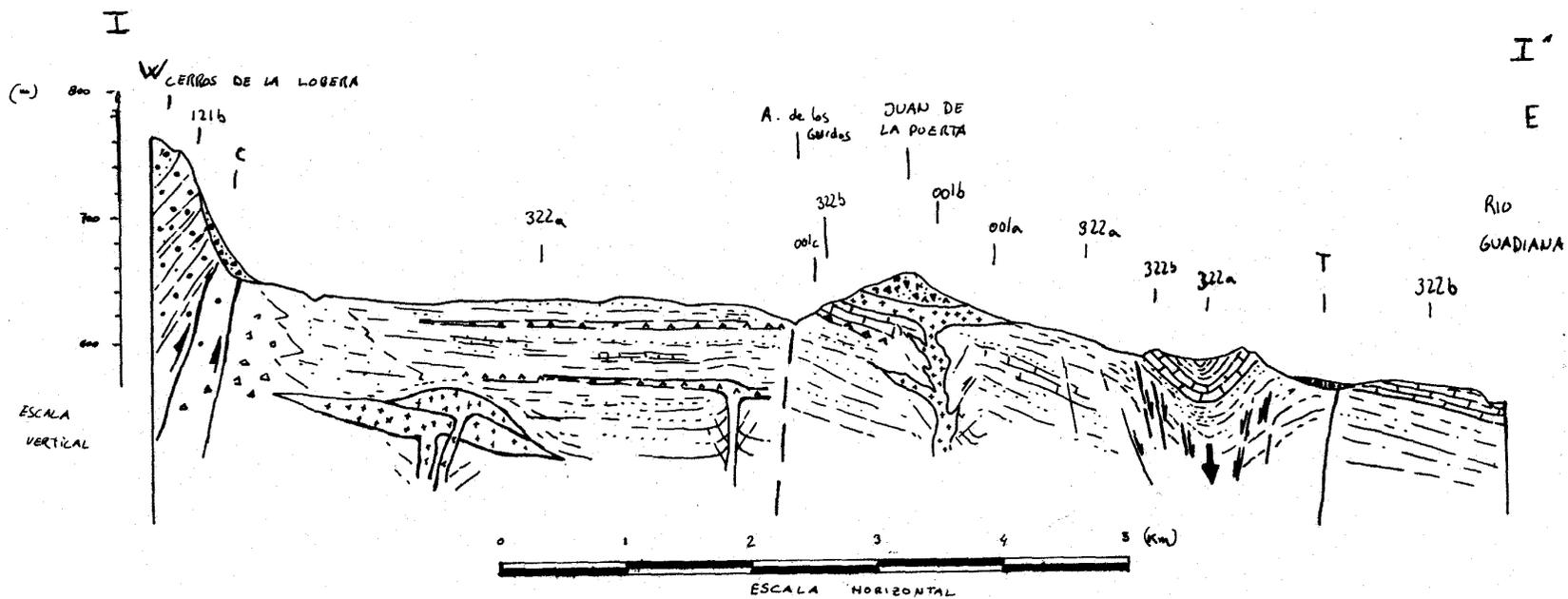
La tectónica de los materiales de la Zona 1, está caracterizada por procesos distensivos que comenzaron en el Mioceno superior, posteriores a la fase de compresión bética. Pérez González (oo.cc) aboga por dos etapas distensivas fundamentales. La más antigua será responsable de la apertura de la cuenca de Ciudad Real entre otras, rellenas de depósitos del Mioceno superior - Plioceno. La segunda amplía la cuenca a toda la llanura manchega en el límite Plioceno inferior - superior (fase Iberomanchega 1). Posteriormente otros reajustes tectónicos de menor intensidad proceden a la instalación de la raña.

Molina (1975), en base a las discordancias observadas en los materiales “volcano sedimentarios” y los materiales calcáreos infrayacentes existentes en el yacimiento de la Higuieruelas (fuera del Tramo), establece la existencia de dos fases tectónicas asociadas a épocas de mayor actividad volcánica y situadas en el Mioceno superior y Plioceno respectivamente.

Por lo observable en el terreno, lo que se puede constatar es que las deformaciones existentes en los terrenos del Terciario superior y Plio-cuaternario están estrechamente relacionadas con la actividad volcánica, tal como abombamientos y colapsos de calderas. Allí donde no se aprecia actividad volcánica próxima los terrenos no presentan deformación apreciable.

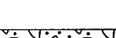
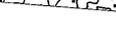
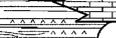
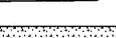
### **3.2.3. Columna estratigráfica**

La columna estratigráfica de la Zona 1 se contempla en la Figura 11.



- T - Terrazas
- C - Coluviales
- 322b - Calizas, calizas margosas, calizas arenosas y dolomías
- 322a - Margas y arcillas expansivas con intercalaciones de calizas margosas y productos volcánicos
- 121b - Cuarzitas
- 001c - Rocas hidromagmáticas
- 001b - Rocas piroclásticas
- 001a - Lavas volcánicas

**FIGURA 10. CORTE GEOLÓGICO DE LA ZONA 1**

COLUMNA	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	A1	G1	ALUVIAL	Cuaternario
	A2	G1	FONDOS DE VALLE	Cuaternario
	At	G3	TERRAZA ALUVIAL	Cuaternario
	I	G2	AREAS ENDORREICAS	Cuaternario
	T,t	G3	TERRAZAS	Cuaternario
	322b2	G5	CALIZAS ARENOSAS	Terciario
	322b	G5	CALIZAS, CALIZAS MARGOSAS Y DOLOMIAS	Terciario
	322a	G6	MARGAS Y ARCILLAS EXPANSIVAS CON INTERCALACIONES DE CALIZAS MARGOSAS Y PRODUCTOS VOLCANICOS	Terciario
	001c	G12	ROCAS HIDROMAGMATICAS	Terciario
	001b	G12	ROCAS PIROCLASTICAS	Terciario
	001a	G13	LAVAS VOLCANICAS	Terciario

**FIGURA 11 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 1**

### 3.2.4. Grupos litológicos

#### ALUVIAL (A1, a1)

##### - Litología

Este grupo está constituido por gravas y gravillas subredondeadas y sueltas, de cantos de cuarcita, e inmersas en una matriz arenosa y limosa. Los aluviales de arroyos y barrancos poseen un porcentaje mucho mayor de limos y arcillas. Se trata de materiales sueltos y no consolidados, por lo que su dureza y compacidad son prácticamente nulas.

##### - Estructura

Este grupo constituye el cauce de avenida de los cursos fluviales del tramo. Cartográficamente presenta una estructura canalizada y tabular, interiormente se presenta de una forma masiva. Se dispone horizontalmente. La potencia de este grupo litológico es de 0.5 a 3 metros para (a1) y de 3 a 7 metros para (A1).

##### - Geotecnia

Permeabilidad: Materiales permeables por percolación y porosidad.

Estabilidad natural: Terrenos sometidos a la dinámica fluvial.

Capacidad portante: Por sus condiciones geomorfológicas no son terrenos adecuados para fundar sobre ellos estructuras de ningún tipo, de las cuales habrá que transferir siempre sus demandas de resistencia al substrato próximo.

Ripabilidad: Materiales ripables en su totalidad.

FONDOS DE VALLE (A2)

TERRAZA ALUVIAL (AT)

TERRAZA (T)

Estos grupos se describen en la Zona 3, donde se encuentran mejor representados.

AREAS ENDORREICAS (1)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por limos y arcillas grises que contienen cantos dispersos procedentes de los relieves circundantes. La fracción arcillosa está compuesta principalmente por esmectitas, y en menor proporción por illita y caolinita. No se ha detectado presencia de sales en las lagunas desarrolladas sobre materiales paleozoicos. Las desarrolladas sobre materiales terciarios presentan indicios de sulfatos, carbonatos, nitratos y otras sales. La compacidad de estos materiales es muy baja. Se trata de materiales sueltos y no consolidados. Presenta una alterabilidad muy alta.

- Estructura

Este grupo conforma pequeñas lagunas endorreicas en el interior de calderas de explosión y "maares" freatomagmáticos, de origen volcánico. Cartográficamente tiene una estructura tabular y se encuentra finamente estratificado en estrechas capas microscópicas. Su alimentación procede de las vertientes de los cráteres y es de carácter estacional. Actualmente se encuentran desecadas para el cultivo, pero con precipitaciones importantes (como las de Febrero de 1997) pueden volver a rellenarse. La potencia de este grupo es muy escasa e inferior a 3 metros. (Fotos 4a y 4b).

- Geotecnia

Permeabilidad: Zonas inundables que forman lagunas temporales.

Capacidad portante: No son terrenos adecuados para apoyar sobre ellos infraestructuras de ningún tipo.

RAÑA (350) Y NIVELES DE GLACIS (g)

Este grupo se describe en la Zona 3 donde tiene una mejor representación.



*Fotos 4a - 4b. Laguna de la Camacha antes y después de las precipitaciones del invierno de 1997. Se trata de un crater creado por una explosión volcánica de tipo freatomagmática. En primer plano se observa el aspecto superficial de los depósitos generados por este tipo de explosión. En último plano los relieves apalachanos cuarcíticos de edad ordovícica.*

## CALIZAS, CALIZAS MARGOSAS, CALIZAS ARENOSAS Y DOLOMIAS (322b1 y 322b2)

### - Litología

Este conjunto litológico está integrado por dos unidades estratigráficas correspondientes al Plioceno. La más importante, grupo 322b1, pertenece al Plioceno inferior y está constituida por calizas micríticas blanquecinas, dolomicritas, calizas margosas y dolomías. El subgrupo 322b2 está formado por calizas arenosas del Plioceno superior, y está separado del anterior por un paquete detrítico de naturaleza sedimentaria y volcánica. Ambos grupos están conformados por una sucesión irregular de bancos bien estratificados de potencia centimétrica. Poseen tonos claros y colores blanquecinos. La alterabilidad se estima baja. La compacidad y la dureza es moderada-alta. Es muy frecuente encontrar intercalaciones piroclásticas en las bases de estos grupos. (Fotos 5 y 6).



Foto 5. Cuerda de calizas pliocenas del grupo 322b, junto al cementerio de Valverde



*Foto 6. Materiales margosos y carbonatados pertenecientes al grupo litológico (322b1). En esta pequeña explotación abandonada se observa claramente el aspecto nodular de los niveles carbonatados. Carretera vecinal de la margen derecha del río Guadiana que une el puente de Alarcos y Corral de Calatrava por el Castillo de Herrera, proximidades de la Casa de Don Francisco Sánchez.*

- Estructura

Estos grupos dan lugar a relieves tabulares en capas horizontales. El aspecto exterior del conjunto sedimentario es noduloso. Como consecuencia de la actividad volcánica; fases intrusivas y explosivas y de colapso de calderas, estos materiales aparecen localmente rotos y dislocados formando barras, muelas, pliegues suaves y laxos y estructuras circulares de pequeño radio. Se encuentra afectado por fallas de dirección ENE - ONO, relacionadas con el vulcanismo del campo de Calatrava. En algunos puntos se han detectado fallas de tipo inverso. El grado de fracturación se estima bajo. El espesor máximo de las capas carbonatadas oscila entre 20 cm y 1 metro. La potencia máxima del grupo (322b1) es de 25 - 30 metros, medida en Alcolea de Calatrava; y de 4 a 5 metros la del grupo (322b2).

- Geotecnia

Permeabilidad: Este grupo litológico posee una moderada capacidad de infiltración a través de la red de fisuración y karstificación.

Estabilidad natural: Las reducidas áreas ocupadas por los materiales de estos grupos dan lugar normalmente a terrenos de morfología suave, a veces con pequeñas escarpaduras, en donde pueden apreciarse una buena estabilidad del terreno, sólo interrumpida muy localmente por algún pequeño desplome o desprendimiento debido a la erosión diferencial sin mayor transcendencia. En algún caso, tal como ocurre en el afloramiento existente en la margen izquierda del río Guadiana, cuadrante IV de la Hoja nº 784 de Ciudad Real, se ha podido señalar un centro de subsidencia por karstificación de los materiales de este grupo.

Taludes artificiales observados: Son pocos y de pequeña altura los excavados sobre este grupo litológico. Se trata en general de desmontes de perfil subverticalizados sin mayores problemas dada las dimensiones de los mismos.

Taludes recomendados: Con pequeñas excepciones fundamentadas en problemas de alteración, karstificación, intensa fracturación o presencia de horizontes margosos intercalados, podrán excavarse taludes subverticales procurando dejar siempre una amplia cuneta al pie del talud. En los casos en que puedan presentarse circunstancias como las mencionadas anteriormente, el diseño dependerá lógicamente de las circunstancias locales, aunque puede estimarse que siempre se les podrá dar pendientes con valores por encima de 1H:1'5V.

Capacidad portante: Debe temerse los problemas que pudieran surgir, debidos a los fenómenos de karstificación existentes localmente en este grupo, ante la necesidad de aplicar cargas al mismo para apoyos de cualquier tipo de estructura. En general los materiales de este unidad litológica, especialmente en los afloramientos calizos más potentes y compactos del grupo (322b1) presentarán una resistencia alta o muy alta ante las solicitudes de carga, si bien podrían exceptuarse, y considerarse con condiciones moderadas, las zonas de contacto con los materiales volcánicos en donde la tectonicidad o intrusión de materiales ígneos modificarían las características resistentes del terreno rebajándolas presumiblemente.

Debido a la facilidad que presentan estas calizas lacustres de cambiar lateralmente a facies más margosas o a intercalar horizontes de piroclastos o productos hidromagmáticos, de un vulcanismo activo durante la sedimentación caliza, será necesario estudios detallados en orden a conocer la dimensión en profundidad de los

materiales calcáreos cartografiados cuando se trate de apoyar estructuras que requieran respuestas resistentes de alguna entidad.

## MARGAS Y ARCILLAS EXPANSIVAS CON INTERCALACIONES DE CALIZAS MARGOSAS Y PRODUCTOS VOLCÁNICOS (322a)

### - Litología

Este grupo litológico está constituido principalmente por margas grises y blanquecinas, y arcillas grises y verdosas en cuya composición participa una importante proporción de arcillas expansivas. Intercalados en esta serie existen niveles irregulares de calizas margosas. Es muy frecuente encontrar depósitos hidromagmáticos interstratificados, que cuando tienen una representación cartográfica significativa se han diferenciado como el grupo litológico (001c). Se han detectado niveles con yesos y otros sulfatos dentro de algunos paquetes con arcillas expansivas. Se trata de un conjunto muy bien estratificado. Los materiales expansivos son blancos, con una compacidad moderada, dureza baja y se estratifican en bancos métricos. Los niveles nodulosos carbonatados suelen tener un espesor de 15 - 20 cm, de tonos claros y blanquecinos, se trata de rocas densas y pesadas. Petrológicamente se trata de micritas, dolomicritas y dolomías. Algunos niveles carbonatados poseen una recristalización dendrítica y arborescente con una textura exterior tobacea. Los niveles volcánicos interstratificados son fragmentarios, con un tamaño de grano muy fino (cenizas) o de milimétrico a centimétrico (piroclastitas). Estos niveles volcánicos tienen tonalidades claras de colores verdosos y grisáceos. El techo de la serie es más rica en niveles carbonatados nodulosos, dando un paso transicional al grupo litológico 322b1. (Foto 7).

### - Estructura

Este grupo litológico conforma relieves suaves y planicies. Se dispone en capas subhorizontales y presenta una estructura tabular. La continuidad lateral de las intercalaciones suele ser de 1 a 2 kilómetros en las intercalaciones volcánicas y de aproximadamente 50 - 70 metros en los niveles carbonatados. Se han detectado fracturas, lineamientos y contactos de tipo mecánico con grupos colindantes. De todos modos, el grado de fracturación se considera bajo. Debido al carácter arcilloso y expansivo del grupo, el grado de alterabilidad se estima moderado - alto. La potencia máxima de este grupo se ha medido en Alcolea de Calatrava que se estima en 70 metros.



*Foto 7. Materiales margosos con arcillas expansivas pertenecientes al grupo litológico (322a). Obsérvese el mal estado de los taludes. Proximidades del puente de Alarcos.*

- Geotecnia

Permeabilidad: En conjunto, este grupo posee una permeabilidad que puede oscilar dentro de un rango moderado. Los horizontes carbonatados diaclasados y/o karstificados y la intercalación circunstancial de lechos volcánicos como piroclastos o coladas basálticas, facultan la existencia de una permeabilidad moderada con la posible creación de pequeños freáticos colgados o cautivos. El resto de la serie presentará un permeabilidad baja o muy baja.

Estabilidad natural: Los terrenos que configura este grupo litológico suelen ser de morfología suave, llana o alomada, debido a lo cual no se han detectado problemas especiales de inestabilidad de taludes naturales. Sin embargo en las pocas ocasiones en las que este grupo se le ve conformando una ladera se observa su proclividad a una inestabilidad manifiesta; como es el caso de algunos terrenos existentes en la margen derecha del río Guadiana en las proximidades del puente de Alarcos.

Taludes artificiales observados: Los taludes de excavación existentes en las carreteras del Tramo son de pequeñas dimensiones. El diseño de los mismos está condicionado por la presencia o no de horizontes calizos, encostramientos o caliches; en el caso de que existan estos horizontes que arman la formación, los taludes pequeños se mantienen bien con perfiles acusados, pero en ausencia de ellos los desmontes excavados con pendientes 1H:1V se deterioran y deforman por pequeños deslizamientos superficiales que intentan dotar al talud de una inclinación menor.

Taludes recomendados: Si la formación local aparece armada por horizontes carbonatados competentes, el talud podrá soportar pendientes fuertes siempre que las capas aparezcan horizontales o buzando contra el talud, y los niveles margosos intercalados no sean muy potentes; por que en estos casos, la erosión diferencial y la deformación de estas capas, que puede ser muy importante dada la alta posibilidad de que existan arcillas expansivas en los mencionados horizontes arcillosos o margosos, dará lugar a desplomes y desprendimientos.

Si el desmonte se excava en una litología eminentemente margosa, los taludes estables requerirán pendientes muy tendidas, como mucho la 1'5H:1V. La existencia de arcillas expansivas en estas formación, así como la circunstancial presencia de roturas fósiles de ladera, aconsejan diseños suaves en estos taludes, que si llegasen a ser importantes (circunstancia poco probable dada la morfología que conforma a estos terrenos) requerirán posiblemente algunas medidas de estabilización.

Capacidad portante: Sólo debe esperarse un comportamiento moderado en la resistencia de estos terrenos en el caso favorable de cimentar sobre zonas en donde la serie sedimentaria integrada por horizontes calizos y calizas margosas en alternancia con margas y arcillas. Es posible que la composición mayoritaria de los niveles calizos posibilite una respuesta moderadamente alta a las solicitudes de carga, pero esta circunstancia tendrá que ser confirmada siempre con estudios de detalle. Se trata de una formación con rápidos cambios entre facies carbonatadas y arcillosas y con presencia constante de arcillas expansivas que posibilitan la aparición de asientos diferenciales con suma facilidad; circunstancia que puede detectarse en edificaciones fundadas sobre estos terrenos. En ausencia de horizontes competentes carbonáticos o no (dado que también pueden presentarse intercalaciones de materiales volcánicos como piroclastos o coladas) la resistencia del terreno debe estimarse con los valores moderados más bien bajos. Se ha de tener muy especialmente cambios estacionarios en la humedad del terreno a nivel de cimentación.

Ripabilidad: Si exceptuamos algún horizonte calcáreo de alguna potencia, el resto, que será la gran mayoría del grupo litológico será ripable por medios mecánicos normales.

#### ARENISCAS, ARENAS Y FANGOS VARIOLADOS. LOCALMENTE CONGLOMERADOS Y BRECHAS (321b)

Este grupo litológico se describe en la Zona 3 donde se encuentra mejor representado.

#### CORAZAS FERRALITICAS (321a)

##### - Litología

Este grupo litológico está constituido por un nivel inferior de abundantes clastos silíceos y matriz arcillosa predominantemente de caolinita y parcialmente de gibbsita y illita. Le sigue un horizonte moteado ferruginoso, de un metro aproximadamente de potencia, con abundantes nódulos ferruginosos, cuarzo y caolinita. En el techo de este grupo es frecuente encontrar caparazones de hierro, hierro masivo que culmina con una coraza de óxidos de hierro de estructura ruiforme o laminar a veces concrecional, nodular y pisolítica. La compacidad y la dureza son muy altas. (Foto 8).

##### - Estructura

Este grupo se encuentra fosilizando un paleorelieve sobre materiales paleozoicos o interestratificado dentro de otros grupos de edad terciaria. Es decir su disposición estratigráfica es variable. Yace de forma subhorizontal, y su estructura es tabular. Presenta importantes variaciones laterales tanto en potencia como en composición. Se encuentra a menudo tectonizado, y no es raro encontrarlo fallado de forma inversa sobre los grupos paleozoicos. No obstante, el grado de fracturación y la intensidad del diaclasado son bajos. La potencia total es de 3 metros, y se estratifica en horizontes de 1 metro de potencia.



Foto 8. Conglomerados ferruginosos del grupo litológico (321a), en la margen derecha del arroyo de la Zurda. Carretera de Alcolea de Calatrava a Corral de Calatrava.

- Geotecnia

Permeabilidad: Grupo permeable sólo por fisuración.

Estabilidad natural: Es normal encontrar en las medias laderas, en donde este grupo suele encontrarse, bloques desprendidos de las pequeñas cornisas que la erosión diferencial provoca en él. Este tapizado de bloques sobre las laderas es un fenómeno viejo que no tiene en la actualidad apenas desarrollo.

Taludes artificiales observados: Prácticamente no existen taludes de excavación en este grupo. En algún caso en donde estos materiales aparecen conformando parte del talud se puede observar la formación paulatina de cornisas debido a la diferencia de cementación entre el paquete que constituye la coraza y el terreno inmediato sobre el que se apoya que puede ser o no de mismo origen sedimentario: conglomerados y brechas de matriz limo-arenosa de borde de pequeñas cuencas o suelos de alteración.

Taludes recomendados: Se podrán dar pendientes subverticales siempre que se evite la erosión del nivel más blando situado inmediatamente debajo del horizonte cementado, en el caso de que aflorase en el talud.

Capacidad portante: El paquete de costra ferralítica posee una alta capacidad de resistencia que en cierta manera puede resultar engañosa si su potencia es pequeña y los apoyos se efectúan a media ladera en donde este grupo conforma plataformas. La circunstancia apuntada anteriormente, de existir, normalmente en la base de las corazas, un terreno de mucha más baja competencia, al cual podrían llegar los efectos del bulbo de presiones, obliga a obtener un buen conocimiento de la estratigrafía local de este grupo. En cualquier caso, salvo que el apoyo se realizase próximo a los bordes escarpados que pueden formar estos materiales, podrá esperarse como mínimo una respuesta resistente moderada.

Ripabilidad: Las corazas que constituyen el horizonte superior de este grupo litológico no son ripables, pero los niveles inferiores de conglomerados y brechas menos cementados si lo serán; incluso si las corazas no son muy potentes podrían ser excavadas mecánicamente.

#### LAVAS VOLCÁNICAS (001a)

##### - Litología

Este grupo litológico está constituido por lavas masivas de origen volcánico. En la mayor parte de los casos son coladas, y sólo ocasionalmente son restos de chimeneas de edificios muy erosionados o diques. Son lavas de color negro, a menudo vacuolares, y frecuentemente presenta inclusiones de cuarcitas y calizas no digeridas de la roca caja o paredes de la chimenea. Se trata de rocas porfídicas, con fenocristales de olivino, augita y con una matriz de augita, opacos, olivino, feldespatos y feldespatoides. La clasificación petrológica de estas rocas se engloban en tres grupos: melilititas, nefelinitas y basaltos. La compacidad y dureza de las rocas se estima muy alta. (Foto 9).



*Foto 9. Aspecto superficial del grupo litológico (001a). Colada basáltica que da origen a la colada de Piedrabuena. Al fondo el morro de la Arzollosa, volcán del que procede la mencionada colada.*

- Estructura

Este grupo da relieves en mesa, como las coladas de Piedrabuena. Su distribución geográfica se reduce a la parte Este del Tramo. Es decir al área de Porzuna, Piedrabuena y Ciudad Real. El grado de fracturación y diaclasado ha de estimarse entre moderado y alto. Esta red de fracturación es la que favorece la infiltración en la población de Piedrabuena, generando un acuífero importante. El grado de alteración meteórica es bajo, En este sentido, sólo se ha generado un pequeño horizonte edáfico, en ningún caso superior a los 30 cm. En algunos casos este horizonte es coluvial - agrícola. Este grupo se estructura en coladas de potencia muy variable, por lo general entre 2 y 10 metros. Su aspecto suele ser masivo, aunque es igualmente frecuente encontrar estructuras aglomeradas y niveles de alteración con residuo de roca formando bolos. (Foto 10). A veces, estas coladas se encuentran intercaladas por niveles piroclásticos de naturaleza y estructura muy variada.



*Foto 10. Colada volcánica, grupo litológico (001a), con disyunción en bolos sobre los materiales de la raña pertenecientes al grupo litológico (350). Pk (258'5) de la carretera nacional 430.*

- Geotecnia

Permeabilidad: Materiales permeables por fisuración.

Estabilidad natural: En general, las amplias superficies llanas o de suave morfología a que dan lugar normalmente los materiales de este grupo litológico, constituyen áreas sin problemas al respecto. Sólo en ciertas circunstancias se puede hablar de una clara problemática de inestabilidad: Son los casos en los que las coladas for-

man plataformas, sobre materiales blandos y deformables que puedan aflorar en las laderas bajo los escarpes creados por las lavas; En estos casos, los problemas de desplomes y deslizamientos son frecuentes, y si las coladas son de dimensiones reducidas, el colapso gravitacional puede afectar a toda ella formándose una morfología escalonada.

En los procesos inestables observados se han podido diferenciar desde movimientos fósiles inactivos a procesos en estado latente y circunstancialmente activos.

Taludes artificiales observados: No existen en la práctica taludes de excavación en estos materiales si exceptuamos reducidos afloramientos en pequeños desmontes.

Taludes recomendados: La heterogeneidad litológica y estructural de las coladas lávicas no permite definir un tipo de talud ideal que en principio, podría pensarse sería de perfil muy fuerte con tendencia a la subverticalidad. Los cambios laterales y verticales en la textura y estructura de estas rocas, así como la alteración de las mismas pueden aconsejar taludes más tendidos, cuyos valores estarían en orden al 1H:1V. Circunstancialmente en zonas de plataformas, en donde es posible que estas rocas estén, rotas por procesos gravitacionales, las pendientes a dar, en orden a la estabilidad del talud, serían inferiores a esos 45°.

Capacidad portante: En principio debe esperarse una alta resistencia a los materiales de este grupo. No obstante, conviene tener en cuenta las circunstancias que rodean a este grupo litológico en orden a los cambios texturales y estructurales y a los procesos geomorfológicos en los que se ve inmerso, a veces, comentados ya en apartados anteriores. En razón de dichas circunstancias podrían darse problemas de asentamientos diferenciales de importancia, lo cual significa que a la hora de proyectar una cimentación sobre este grupo se requerirán estudios muy detallados sobre la estratigrafía local y la geomorfología del área.

Ripabilidad: Grupo mayoritariamente no ripable que presentará áreas con carácter marginal y algunas que lo serán por alteración, fisuración y cambios laterales y en profundidad de la textura y estructura.

## ROCAS PIROCLASTICAS (001b)

### - Litología

Este grupo litológico está constituido por rocas piroclásticas más o menos soldadas y de aspecto granular. Este grupo presenta variaciones texturales y composicionales. En este sentido, los depósitos piroclásticos se han separado en tres grupos texturales; cenizas, lapillis, escorias y bombas. Composicionalmente, la clasificación de estas rocas se incluyen dentro del grupo de las melilititas, nefelinitas y basaltos. La compactidad y dureza de las rocas se estima de moderada a baja, ya que algunos niveles se encuentran sueltos.

Las cenizas suelen ser escasas y más normales en el grupo (001c). Son depósitos de materiales finos, sueltos y de tonos cremas. Se trata de tobas cineríticas finas, medias y gruesas, estratificadas de forma planar y cruzada. Suele haber inclusiones de bloques (con estructuras de deformación por caída) de cuarcita, pizarras y calizas de tamaños muy variables (de 15 cm a 3 m). En los tamaños más finos de tobas (< 2 mm) hay inclusiones de megacristales muy fracturados de piroxenos principalmente, y en menor proporción de olivinos, cuarzos y feldspatos. Es frecuente encontrar intercalaciones de arcillas expansivas y lapillis.

Los lapillis son muy variables textural y composicionalmente. Son aglomerados de cantos heterométricos y poligénicos parcialmente cementados o sueltos. El lapilli más típico, explotado en canteras como árido de inmejorable calidad, está constituido por clastos angulosos de cuarcita (5 – 8 cm) y fragmentos volcánicos (2 – 3 cm), soldados de forma muy irregular por carbonatos. Los clastos de naturaleza volcánica son lavas vacuolares de color negro con inclusiones cuarcíticas no digeridas. El porcentaje de cuarcitas en los lapillis es muy variable, llegando a componer en algunos casos hasta el 95% del depósito. Otros lapillis también muy explotados en canteras está constituidos por gravillas muy finas (0.5 cm - 2 cm) y angulosas de fragmentos de rocas volcánicas muy poco soldadas.

Las escorias y bombas son fragmentos volcánicos de caída de tamaño decimétrico. La naturaleza de los bloques, así como el quimismo, es igual que el de los lapillis y cenizas. Sin embargo, el tamaño es muy variable, ya que depende de la violencia de la explosión. (Foto 11).



*Foto 11. Materiales piroclásticos pertenecientes al grupo litológico (001b). En el centro de la imagen se puede observar una bomba dentro de los materiales fragmentarios. Cantera de picón en las proximidades de Alcolea de Calatrava.*

## Estructura

Este grupo muestra relieves cónicos, o cónicos deteriorados, que pertenecen a edificios volcánicos estratificados. Es muy frecuente encontrar depresiones circulares en su interior producto de hundimientos del tipo caldera. Su distribución geográfica más importante se localiza en la Zona 1. Se trata de un conjunto muy heterogéneo, tanto textural como estructuralmente, entre los diferentes episodios de deposición. No obstante, existen niveles centimétricos de cenizas muy soldadas, recristalizadas, muy duras y altamente compactas. El grado de fracturación es bajo, y se han detectado algunas fallas de carácter inverso dentro de este grupo. El grado de dia

clasado se estima bajo debido a la naturaleza aglomerada del grupo. El grado de alteración meteórica es bajo, en este sentido, sólo se ha generado un pequeño horizonte edáfico, en ningún caso superior a los 30 cm. En algunos casos este horizonte es coluvial - agrícola. Este grupo se estratifica en capas de potencia métrica con disposición subhorizontal o suavemente buzando ( $10^\circ$  a  $30^\circ$ ) en las paredes de un estratovolcán. A veces, aunque no es muy frecuente, los episodios piroclásticos pueden verse acompañados de algún nivel de coladas. La potencia aproximada de este grupo litológico es muy variable y oscila de 10 a 50 metros.

- Geotecnia

Permeabilidad: Grupo considerado con permeabilidad entre alta y muy alta, en general, por porosidad intergranular. Superficialmente puede existir un suelo de alteración arcilloso que dificulte un tanto la infiltración rápida de las aguas de escorrentía superficial.

Estabilidad natural: En general es un grupo que presenta una buena estabilidad natural. No obstante, muy circunstancialmente, se ha observado alguna rotura de ladera, como la existente en el volcán de Picón, suscitada por el contacto con materiales mucho más blandos.

Taludes artificiales observados: No existe taludes excavados en la carreteras del Tramo. Los observados en canteras donde se explota estos materiales suelen tener paredes muy verticalizadas en donde los problemas de desprendimientos y desplomes de masas de roca (cantos o bloques) es normal. (Foto 12).

Taludes recomendados: En principio podrán diseñarse taludes entorno a valores 1H:3V. La gran heterogeneidad textural y estructural de estas formaciones supone que, con frecuencia se dan fenómenos de desmoronamiento por efectos de la erosión diferencial entre distintos niveles de piroclastos. Este hecho pudieran aconsejar durante la excavación, el adoptar otros perfiles más tendidos o medidas de consolidación. Una amplia cuneta al pie del talud es necesario siempre en este grupo.

Desde otro punto de vista, consideramos que las estructuras volcánicas que constituyen los edificios de cono cinder de los Campos de Calatrava deberían ser elementos del paisaje destinados a conservar, como patrimonio geológico, por su alto valor paisajístico y científico; dado que se trata de formas únicas en la península si exceptuamos las existentes en los Campos de Olot (Gerona). La presión a la que está sometida la morfología volcánica de esta región, por las explotaciones de los lapillis puzolánicos de los conos volcánicos, amenaza seriamente con la desaparición a plazo más o menos previsible de este paisaje singular.



Foto 12. *Cantera de picón de Alcolea de Calatrava. Obsérvese el mal estado de las laderas.*

Capacidad portante: Se considera que los materiales de este grupo litológico pueden presentar variaciones importantes en su respuesta resistente de unas áreas a otras incluso próximas. En principio no debe esperarse una capacidad portante por encima de estos valores moderados, debiéndose tener en cualquier circunstancia la posibilidad de presentarse asientos diferenciales. La posible presencia de arcillas expansivas intercaladas en horizontes de cenizas debe tenerse en consideración.

Ripabilidad: Grupo ripable.

#### ROCAS HIDROMAGMATICAS (001c)

##### - Litología

Este grupo litológico está constituido por cenizas volcánicas con fragmentos subangulosos de cuarcitas, pizarras y rocas volcánicas en general. Petrológicamente constituye una toba poligénica lítica o lítico-cristalina, heterométrica, y con una proporción muy alta de fragmentos accidentales. El cemento volcánico de las rocas hidromagmáticas es una ceniza más o menos argilitizada y carbonatada. Estas rocas se han diferenciado de las piroclásticas del grupo (001b), ya que al estar constitui-

das principalmente por cenizas, sostiene un aspecto esencialmente terrígeno-fino, y constituye geotécnicamente un suelo de materiales finos con cantos subangulosos dispersos. Las cenizas contienen fragmentos dispersos de muy distinto tamaño y de naturaleza variable (cuarcitas, calizas, pizarras, vidrios volcánicos, diabasas, lherzolitas, etc...). El tamaño normal de los cantos oscila de 3 a 6 cm, aunque se han detectado diámetros mayores de 15 cm. Los cantos suelen tener formas ovaladas y redondeadas y no presentan reacción con la roca volcánica. Algunos niveles de explosión contienen macrocristales de anfíboles y piroxenos. La diferenciación de visu de estas rocas con los limos terciarios es difícil. La alterabilidad de este grupo se estima moderada-alta. La compactidad y dureza son moderados. (Foto 13).

- Estructura

Los relieves que conforma este grupo litológico son muy suaves, prácticamente se trata de planicies. A menudo muestra depresiones en su interior, actualmente rellenas por lagunas endorreicas, producidas por explosiones freatomágmaticas que generan cráteres y "maares" de origen volcánico. Los afloramientos de este grupo se restringen al área este del Tramo. La estructura de sedimentación es tabular, en forma de manto, producida por una lluvia piroclástica. La disposición de estos materiales es subhorizontal. La potencia de las tongadas es variable, por lo general del orden métrico. Superficialmente es muy frecuente encontrar un horizonte edáfico de no más de 30 cm. El grado de alteración es bajo. El grado de fracturación es bajo. La densidad de diaclasado es muy baja, siempre superior a 5 metros. La potencia máxima aproximada de este grupo litológico es de 15 m.



Foto 13. *Materiales fragmentarios de origen volcánico, hidromagmático, pertenecientes al grupo litológico (001c). Pk (290) de la carretera nacional 430.*

- Geotecnia

Permeabilidad: Grupo con permeabilidad de moderada a baja por porosidad, aunque permite también una cierta infiltración por fisuración.

Estabilidad natural: Debido sin duda a la morfología suave que normalmente conforma los materiales de este grupo sólo se han detectado problemas de mención, respecto a la estabilidad natural, muy circunstancialmente. Se trata de algunas áreas de media ladera con pendientes más acusadas y que suelen soportar recubrimientos de materiales con capacidad de retención de agua meteórica; en estos casos se ha podido observar algunos movimientos de gravedad.

Taludes artificiales observados: El único talud de carretera, de alguna importancia, excavado en este grupo, dentro del Tramo, se localiza en las proximidades de la población de Piedrabuena. Se trata por otra parte de una zona de media ladera afectada por deslizamientos fósiles que han afectado a la carretera a consecuencia de su reactivación inducida por los temporales del invierno del 1997. La pendiente de este talud está en el entorno de 1'5H:1V.

Taludes recomendados: De no existir formaciones que puedan aportar agua o incluir freáticos colgados sobre este grupo los taludes que podrán soportar estos materiales se estima podrían estar en el entorno del 1H:1'5V. Es probable que incluso pudieran admitir pendientes algo más fuertes incluso en principio pero su deterioro podría ser rápido a corto o medio plazo por alteración.

Capacidad portante: Sólo debe esperarse una resistencia moderada en estos materiales, y si los apoyos superficiales se efectúan a media ladera, la capacidad resistente puede llegar a ser baja e incluir asientos importantes en el caso posible de existir una rotura a media ladera fósil, circunstancia probable si sobre la misma yace un recubrimiento coluvial, glacis o raña.

Ripabilidad: Grupo ripable en su totalidad.

### **3.2.5. Grupos geotécnicos**

En este apartado se agrupan, según ciertas características geotécnicas comunes, las formaciones geológicas individualizadas en el apartado anterior.

#### **- Grupo geotécnico G1**

Aluvial. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológico A1 y a1. Está formado por gravas y gravillas subredondeadas y sueltas, de cantos de cuarcita, e inmersas en una matriz arenosa y limosa. Materiales permeables por percolación y porosidad. Terrenos sometidos a la dinámica fluvial. Por sus condiciones geomorfológicas no son terrenos adecuados para fundar sobre ellos estructuras de ningún tipo, de las cuales habrá que transferir siempre sus demandas de resistencia al substrato próximo. Materiales excavables en su totalidad.

#### **- Grupo geotécnico G2**

Fondos de valle. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos A2, a2. Está formado por gravas y cantos de cuarcita y en menor proporción de cuarzo, pizarra, caliza y rocas volcánicas. Permeabilidad entre buena y moderada. Localmente pueden presentarse problemas por causa de una escorrentía superficial deficiente. Problemas de naturaleza erosiva en épocas de lluvias torrenciales. Terrenos poco o nada consolidados que sólo admiten cargas muy someras, donde cualquier solicitud de alguna entidad debe ser transferida al substrato próximo. Materiales excavables en su totalidad.

- Grupo geotécnico G3

Raña, glaciares, coluviales y abanicos aluviales. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos 350, D, d. Los materiales de este grupo geotécnico presentan normalmente una permeabilidad aceptable que pueden oscilar dentro de un amplio rango. En la base de apoyo de estas formaciones existirá con frecuencia un horizonte impermeable arcilloso de alteración del substrato o perteneciente al terciario. Constituyen superficies planas de muy suave pendiente terminadas en muchos casos en pequeños escarpes de bordes redondos, afectados con frecuencia de roturas por deslizamiento. Los taludes de excavación tendrán, normalmente, alturas bajas o medias como mucho. Los problemas que pueden presentarse será por desprendimiento de cantos o bolos y deslizamiento. En este último caso concurrirá casi siempre, un horizonte arcilloso en la base del talud. Es aconsejable no dar a los desmontes pendientes superiores al 1H:1V. La capacidad portante debe estimarse baja en principio; sin dejar, no obstante, de considerar la posibilidad de que la respuesta resistente pueda llegar a ser moderada en muchas ocasiones. Grupo ripable.

- Grupo geotécnico G4

Recubrimientos de ladera. Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico C. Materiales de permeabilidad variable entre alta y moderada y con una base de apoyo que es con mucha frecuencia un horizonte con características impermeables (terciario arcilloso o manto de alteración del substrato paleozoico). Constituyen terrenos en ladera, a veces muy pronunciados en donde los procesos fósiles de deslizamiento son estructuras frecuentes en las que se producen procesos de inestabilización en épocas lluviosas. Los taludes a excavar en este grupo serán normalmente de bajas alturas y los problemas que podrían suscitarse en los mismos serán de desprendimientos de cantos o bloques, o de deslizamiento si aflorase en el talud una base arcillosa. Las pendientes admisibles estarán siempre por debajo del 1H:1V. En principio debe suponerse una capacidad portante baja por este grupo geotécnico cuyos materiales son perfectamente ripables por medios mecánicos normales.

- Grupo geotécnico G5

Calizas, calizas margosas, calizas arenosa y dolomías. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (322b1) y (322b2). Materiales permeables esencialmente por fisuración y karstificación. Originan normalmente morfologías suaves delimitadas a veces, por pequeños escarpes en donde es posible observar pequeños procesos de inestabilidad por desplomes o desprendimientos. Los taludes artificiales que podrían excavar en estos materiales serían de bajas dimen

siones y los problemas, desprendimientos y desplomes de reducida intensidad, serían suscitados como consecuencia de la erosión diferencial entre capas. La capacidad portante podrá oscilar entre valores altos y moderados dependiendo de la abundancia e importancia de los horizontes calizos con respecto a los horizontes margosos intercalados. Otro aspecto que debe tenerse en cuenta en relación a las sollicitaciones de carga sobre estos terrenos, es la posible existencia de zonas de disolución kárstica, que nunca podría ser muy importante en ellos. Otras áreas en donde las calizas pueden aparecer con características resistentes modificadas son las zonas de contacto con los centros eruptivos o los afectados por hundimientos de calderas fósiles en profundidad. Los materiales de este grupo geotécnico sólo serán ripables o de ripabilidad marginal en una proporción más bien baja.

- Grupo geotécnico G6

Formaciones margo-arcillosas, vulcano-sedimentarias y caliza-margosas. Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico (322a). Grupo de naturaleza impermeable que presenta, circunstancialmente, horizontes permeables por intercalación de piroclastos volcánicos y horizontes calizomargosos que lo podrían ser por fisuración o disolución. La componente esencial margo-arcillosa de estos terrenos en los que están presentes arcillas expansivas demuestran una mala estabilidad natural cuando conforman terrenos de media ladera; especialmente si se le superpone una formación que pueda crear un acuífero colgado. Los taludes de excavación requerirán pendientes tendidas que, con excepción de aquellos que aparecieran armados con intercalaciones calizo-margosas, no deberían sobrepasar valores situados en el entorno del 1'5H:1V. La capacidad resistente de estos terrenos debe considerarse mala en general y será baja con facilidad en razón de la existencia de arcillas expansivas especialmente en apoyos a media ladera. En cualquier caso se impondrá siempre la necesidad de evitar en lo posible cambios temporales en las condiciones de humedad del terreno y de los freáticos superficiales en zonas de fundación de estructuras. Grupo ripable.

- Grupo geotécnico G7

Formaciones de naturaleza detrítica limo-arcillosas y areno-conglomeráticas poco consolidadas. Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico 321b. Formaciones con permeabilidad diversa según sea la naturaleza de los horizontes constitutivos de la misma a nivel local. Los rápidos y constantes cambios laterales en estas formaciones de borde de pequeñas cuencas continentales caracterizan esta alternancia en la vertical y horizontal de horizontes permeables e impermeables. En general predomina el carácter poco permeable. La estabilidad natural de este grupo no es buena cuando conforma morfologías de media ladera; es muy frecuente ver a estos terrenos estructurados por deslizamientos fósiles. Los taludes de excavación no deberían superar el 1H:1V estimando, por otra parte, que en mu-

chas ocasiones los desmontes requerirán pendientes más tendidas. Los taludes que podrán excavarse en este grupo serán normalmente de tamaño pequeño o moderado. La capacidad portante podrá fluctuar entre moderada y baja. A media ladera se debe temer siempre los procesos de rotura por gravedad pre-existentes. Grupo ripable.

- Grupo geotécnico G12

Materiales volcánicos de proyección aérea. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (001b) y (001c). Los materiales de este grupo geotécnico presentan permeabilidades que pueden oscilar de altas a moderadas por porosidad esencialmente. La estabilidad natural suele ser aceptable. Los taludes de excavación existentes en canteras adolecen de fenómenos de desprendimiento y desplomes. Los taludes aconsejables quedan comprendidos en el entorno de los valores 1H:3V y 1H:1'5V en razón de la heterogeneidad estructural y textural de las formaciones. La capacidad portante se estima en principio de valor moderado como mucho, debiéndose considerar como probable la suscitación de asientos diferenciales. Materiales ripables.

- Grupo geotécnico G13

Rocas volcánicas masivas y aglomerados. Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico (001a). Materiales permeables por fisuración. La estabilidad natural se ve afectada por deslizamientos de ladera al pie de los escarpes creados por las coladas que descansan sobre formaciones margosas arcillosas del Plioceno. Los taludes de excavación que pueden adoptar estas rocas tienden a la subverticalidad. No obstante de áreas con problemas de alteración o de roturas gravitacionales las pendientes requerirán ser mucho más tendidas. La capacidad portante se estima alta en principio, aunque conviene tener en cuenta los cambios texturales y estructurales frecuentes en estas rocas, la alteración de las mismas y los fenómenos geomorfológicos que afectan a la estabilidad natural que pueden hacer descender mucho la capacidad resistente de este grupo geotécnico localmente. Los materiales serán no ripables mayoritariamente.

### **3.2.6. Resumen de los problemas geotécnicos que presenta la Zona 1**

El territorio ocupado por la Zona 1 presenta problemas de tipo hidrogeológico, litológico, geomorfológico y geotécnico.

Desde el punto de vista hidrogeológico se puede destacar el carácter impermeable de muchas de las formaciones litológicas de las Zona y la posible instalación de pequeños freáticos estacionales superficiales.

Los problemas litológicos parten de la existencia de arcillas expansivas y yesos en la formación pliocena vulcano - sedimentaria que cubre gran parte de la Zona 1.

Los procesos geomorfológicos suscitados por la dinámica fluvial en los lechos y terrazas de inundación de los ríos y arroyos, dan lugar a impactos muy fuertes sobre todo tipo de infraestructuras que interceda en estos espacios. La baja permeabilidad de los terrenos y la mala escorrentía superficial favorece la creación de zonas de encharcamientos, y la existencia de áreas endorreicas de origen volcánico genera la formación de lagunas funcionales en épocas de lluvias importantes. En relación con los materiales arcillosos vulcano - sedimentarios se han desarrollado deslizamientos de ladera que en la actividad han sido en algún caso reactivados por fenómenos de erosión fluvial o antrópica.

Los problemas geotécnicos procederán de la baja capacidad de carga que presentan algunas formaciones geológicas y muy especialmente de los posibles asentamientos diferenciales que podrían presentarse en la formación vulcano - sedimentaria por la presencia de arcillas expansivas y la presencia de sales solubles. En general podría decirse que con muy diferentes grados de incidencia y la mayoría de las formaciones de la Zona 1 podrían dar problemas de capacidad portante.

### **3.3. ZONA 2: SIERRAS PALEOZOICAS**

#### **3.3.1. Geomorfología**

La Zona 2 se sitúa en las estribaciones sur de los Montes de Toledo en su tránsito a la comarca de los Campos de Calatrava.

El paisaje dominante está constituido por los relieves apalachianos originados por las sierras paleozoicas. La cuarcita Armoricana y las series cuarcítico - areniscosa alternantes del Ordovícico inferior son los principales elementos litológicos constructores de los relieves serranos en el ámbito del Tramo. La orientación de las sierras están condicionadas por la estructuración hercínica y fracturación posterior. En la mitad meridional del Tramo se reconocen alineaciones dominantes de dirección ESE-ONO y E-O que se ven interrumpidas por efectos de una importante fracturación. En la zona septentrional las direcciones son variables con sierras de tendencia subelíptica y subcircular, como consecuencia de domos y cubetas debidas a interferencias de las distintas fases de plegamiento.



*Foto 14. El volcán de Peñarroya emerge entre los materiales cuarcíticos y pizarrosos del Tremadoc en lo alto de la sierra existente al Sur de Alcolea de Calatrava.*

Dentro de los relieves serranos se ubican materiales volcánicos, especialmente en las sierras incluidas en los dominios del Campo de Calatrava al Este del Tramo que constituyen los márgenes de la Zona 1. Estos aparatos volcánicos crean, a veces, edificios que destacan sobre el horizonte de la sierra como en el caso del volcán Peñarroya. (Foto 14). También son frecuentes las depresiones endorreicas creadas por calderas de explosión como la del propio volcán Peñarroya. Otras lagunas de origen volcánico situadas entre sierras son: Fuentilejo, Lucianejo y Michos.

Se conservan restos de una superficie de erosión antigua, desnivelada por fracturas recientes, observables en la sierra de los Gindos, Roca de Remero, y cerro de los Cubos entre otros lugares del Tramo.

Las vertientes de las sierras cuarcíticas suelen estar regularizadas y tapizadas por importantes masas de derrubios de ladera y glaciares de acumulación. Las cabeceras de las vertientes suelen estar ocupadas por canchales o pedreras de origen periglacial creadas por crioclastismo de las cuarcitas armoricanas intensamente fracturadas. Estas vertientes están afectadas por procesos geomorfológicos de reptación y deslizamiento fósiles y activos en la actualidad.

Los procesos gravitacionales desarrollados en las sierras paleozoicas imprimen unos rasgos muy característicos a las mismas. Los grandes corrimientos que afectaron a importantísimas masas de cuarcitas y pizarras, se vieron facilitados por una disposición favorable de los estratos en las laderas estructurales y al fuerte diastrofismo sufrido por estas rocas. En muchos casos los planos que han intervenido en el movimiento gravitacional, habían actuado como plano de falla o de desplazamiento entre capas en las fases de plegamiento. (Foto 15).

La importantísima alteración desarrollada sobre los materiales precámbrico - paleozoicos desde el final de la orogenia Hercínica, es un fenómeno que se hizo esencialmente penetrativo en las zonas con mayor grado de diastrofismo; áreas falladas y brechificadas, y en los materiales más pizarrosos. (Foto 16). Los mantos de alteración creados se cargaron de componente arcilloso de naturaleza caolínica. Los numerosos fenómenos de deslizamiento que, con carácter fósil, latente o activo, afecta a la orla de coluviones que tapiza casi sin solución de continuidad las laderas de las sierras paleozoicas deben en gran parte su inestabilidad al substrato arcilloso, y asimismo inestable, representado por los mantos de alteración sobre los que se asientan.



Foto 15. *Estrato pizarroso alterado y brechificado que representa una superficie de despegue entre capas en la fase de plegamiento. Posteriormente a funcionamiento y sigue funcionando como horizonte de corrimiento gravitacional de las capas de cuarcita. Carretera local 721 de Piedrabuena a Arroba de los Montes, pk.(15).*



Foto 16. *Alteración diferencial entre estratos de cuarcitas y pizarras. Carretera nacional.*

Los fenómenos de deslizamiento y solifluxión son fenómenos que tuvieron un amplio desarrollo en fases de clima periglacial de las que se han heredado algunas formas muy características. En la actualidad estos fenómenos se siguen dando por reactivación de estructuras preexistentes. (Foto 17).

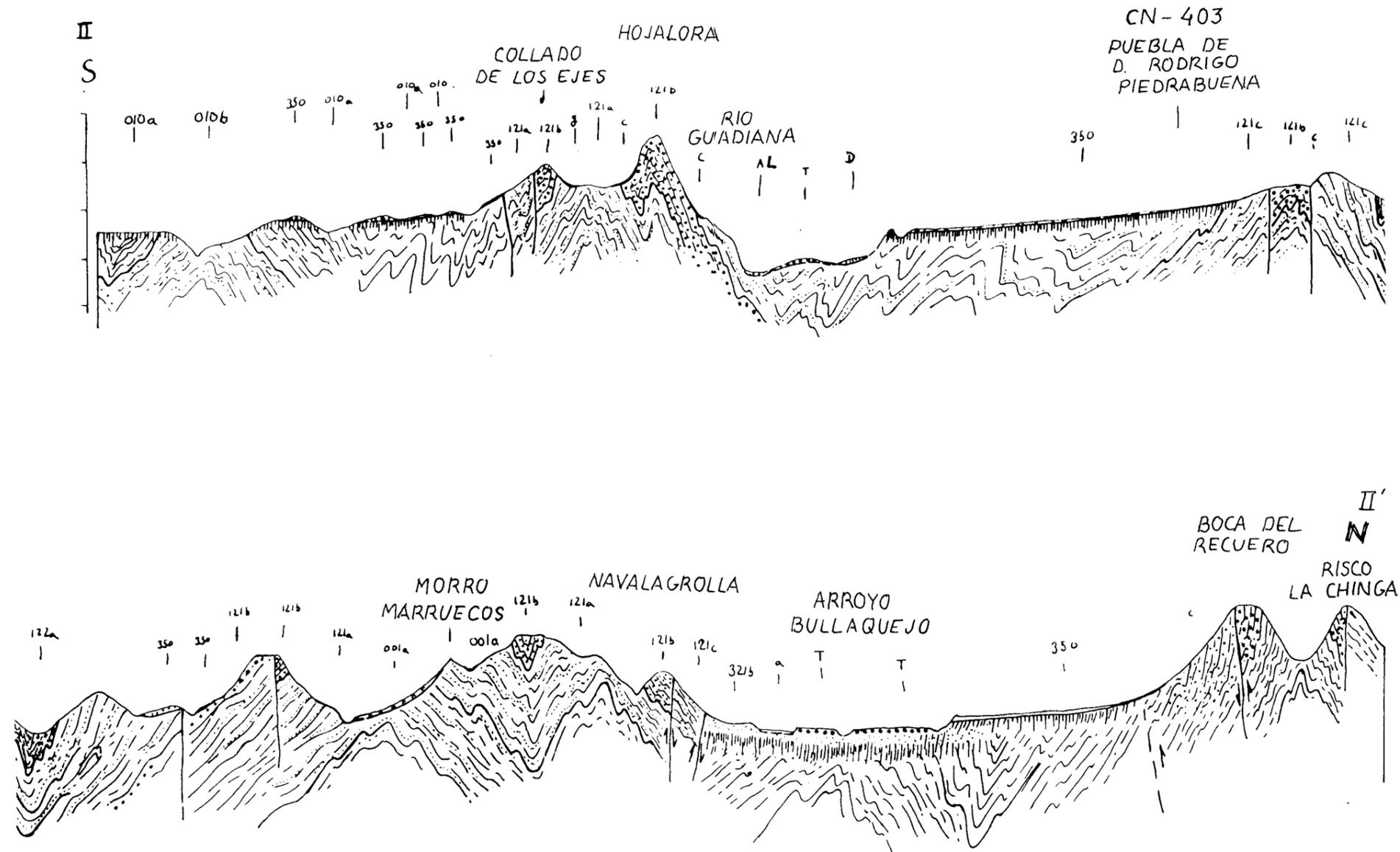


*Foto 17. Deslizamiento activo sobre los coluviales y el manto de alteración del grupo litológico (010a). Se puede observar como este deslizamiento se superpone a otras estructuras fósiles de mayor envergadura parcialmente borradas por la acción del hombre y la erosión. Fuente del tío Marcelo, NO de la Hoja 758.*

En la salida de los barrancos los depósitos de aluvión se depositan formando conos y abanicos aluviales, anastomosados en muchas ocasiones.

### **3.3.2. Tectónica**

Los materiales constitutivos de las sierras del Tramo (Figura 12) deben su estructura a las distintas fases de deformación de la orogenia Hercínica.



LEYENDA

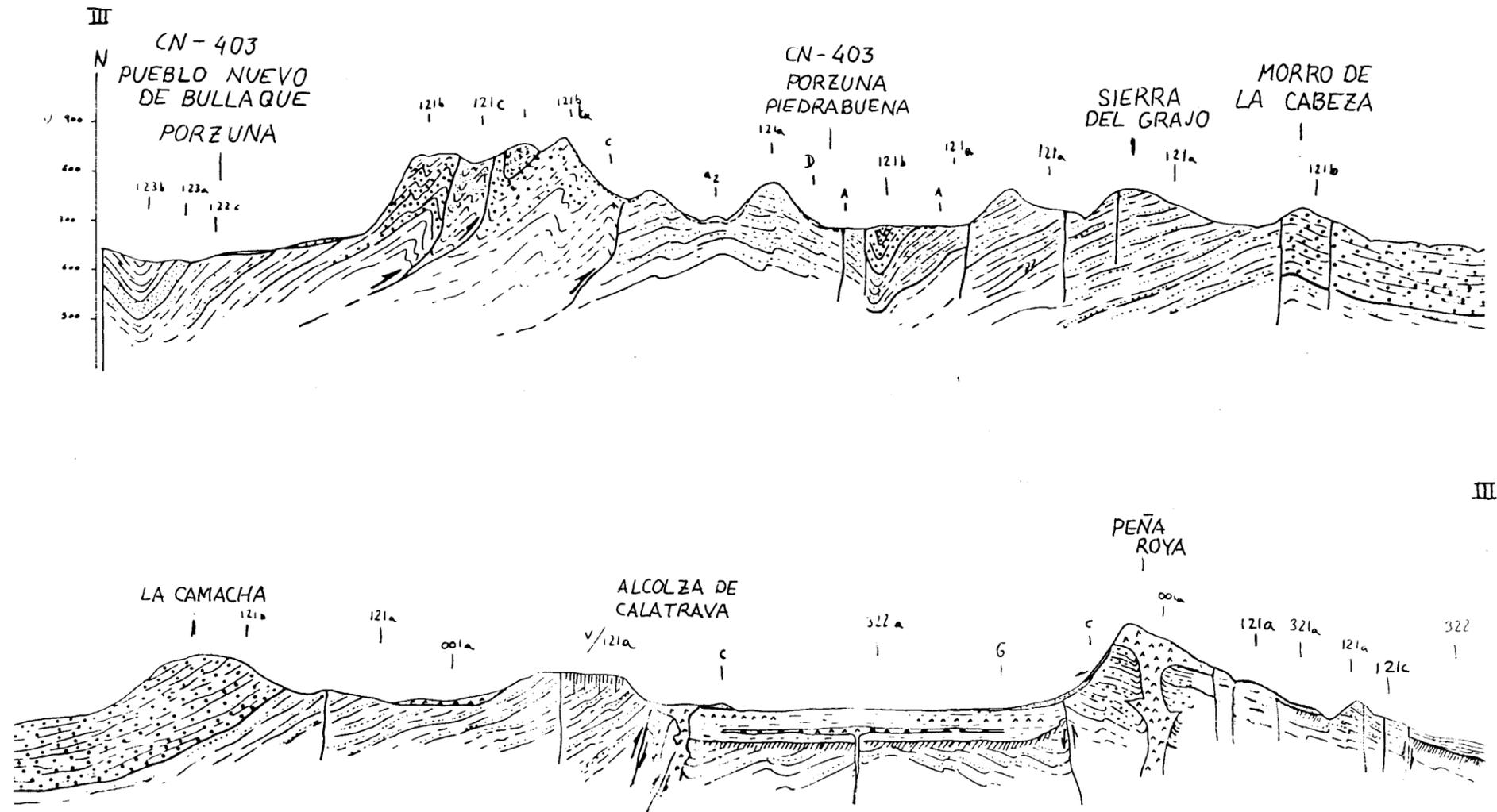
Al	Aluvial	121c	Areniscas, areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras
T	Terraza	121b	Cuarcitas
C	Coluvial	121a	Cuarcitas, areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras
G	Glacis	010b	Pizarras, calizas, grauvacas, areniscas y brechas intraformacionales
350	Rañá	010a	Pizarras y grauvacas
321b	Areniscas, arenas y fangos variolados. Localmente conglomerados y brechas	001a	Lavas volcánicas

0 1000 2000m

ESCALA 1:50.000

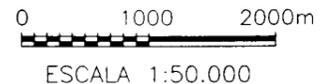
**FIGURA 12. CORTES GEOLOGICOS CORRESPONDIENTES A LA ZONA 2**

FIGURA 12. CORTES GEOLÓGICOS CORRESPONDIENTES A LA ZONA 2.



LEYENDA

Al	Aluvial	322a	Margas y arcillas expansivas con intercalaciones intercalaciones de calizas margosas y productos volcánicos
a2	Fondos de valle	123b	Pizarras de cantera
C	Coluvial	123a	Cuarcitas, areniscas y pizarras
D	Conos de deyección	122c	Areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras
V	Coluviales someros sobre cuarcitas y pizarras, y mantos de alteración	121c	Areniscas, areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras
G	Glacis	121b	Cuarcitas
321a	Corazas ferralíticas	121a	Cuarcitas, areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras
322b	Calizas, calizas margosas, calizas arenosas y dolomías	001a	Lavas volcánicas



**FIGURA 12 Bis. CORTES GEOLÓGICOS CORRESPONDIENTES A LA ZONA 2**

FIGURA 12. CORTES GEOLÓGICOS CORRESPONDIENTES A LA ZONA 2.

Como se ha descrito en el capítulo de tectónica general existieron tres fases de deformación, de las cuales la primera fue la más importante y dio lugar a pliegues de dirección ONO-ESE a E-O.

La segunda fase deformó los pliegues de la primera creando macropliegues de rumbo NE-SO cruzados con aquellos, circunstancia que dará lugar a la formación de domos y cubetas.

Por último se produce una fase tardía de fracturación con creación de los siguientes sistemas de fallas en esta región:

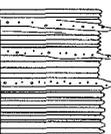
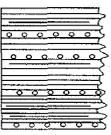
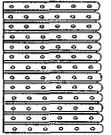
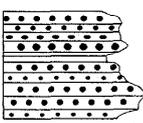
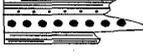
- ONO-ESE (N100°E): Son subparalelas a los pliegues de 1ª fase. Su componente principal es inversa con vergencia Sur.
- ENE-OSO a E-O (70°-80° a 90°): Son las fallas más abundantes, su desarrollo es kilométrico y de geometría anastomosada. Muestran movimientos de desgarre inversos con vergencia sur.
- NE-SO (140°-170°). Son las fallas de menor desarrollo.

Las estructuras más importantes existentes en el Tramo son:

Domo anticlinal y depresión sinclinal de Alcolea de Calatrava-Picón-Piedrabuena, que delimita las depresiones rellenas por material plioceno y volcánico constitutiva de la Zona 1.

- Relieves estructurales apalachianos anticlinales y sinclinales al Sur y Sureste de Porzuna.
- Cierre oriental del anticlinorio de Navalpino el extremo noroeste del Tramo.
- Domos y cubetas del área central del Tramo: las cubetas suelen estar rellenas por materiales pliocenos y cuaternarios y constituyen parte de la Zona 3.

Los domos y estructuras anticlinales forman sierras estructurales en las cuarcitas del Ordovícico, destacando entre otras las siguientes:

COLUMNA	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	A1	G1	ALUVIAL	Cuaternario
	A2	G1	FONDOS DE VALLE	Cuaternario
	C,c	G3	COLUVIALES	Plio-Cuaternario
	V	G7	MANTO DE ALTERACION	Terciario
	321b	G7	CONGLOMERADOS, BRECHAS, ARENISCAS, ARENAS Y FANGOS VARIOLADOS	Terciario
	321b1	G7	LIMOS, ARENAS Y CORAZAS FERRALITICAS	Terciario
	321a	G7	CORAZAS FERRALITICAS	Terciario
	123b	G9	PIZARRAS DE CANTERA	CARADOC
	123a	G10	CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS	LLANDEILO
	122c	G8	ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	LLANDEILO
	122b	G13	TOBAS Y TUFITAS	LLANVIR.-LLANDE.
	122a	G9	PIZARRAS	LLANVIRNIENSE
	121c	G8	ARENISCAS, ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	AREN.-LLANVIR.
	121b	G10	CUARCITAS	ARENIG
	121a	G8	CUARCITAS, ARENISCAS, PIZARRAS Y LIMOLITAS	TREMAD.-AREN.
	121a1	G10	CONGLOMERADOS, CUARCITAS Y ARENISCAS CONGLOMERATICAS	TREMAD.-AREN.

**FIGURA 13. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 2.**

- Domo del Bullaque.
- Domo de Valdelapedriza.
- Anticlinal del Bullaquejo.
- Domo de la Valdemera.
- Sierras perimetrales del sinclinorio de la Puebla de Don Rodrigo, cuyo núcleo está ocupado por el valle del río Guadiana y constituye parte de la Zona 3 como área de depresión.
- Sierras ordovícicas perimetrales del Domo de Cerezuela.

### **3.3.3. Columna estratigráfica**

La columna estratigráfica de la Zona 2 se contempla en la Figura 13.

### **3.3.4. Grupos litológicos**

#### **ALUVIALES (A1, a1)**

Este grupo se describe en la Zona 1 donde se encuentra mejor representado.

#### **FONDOS DE VALLE (A2)**

Este grupo se describe en la Zona 3 donde se encuentra mejor representado.

#### **COLUVIALES (C,c)**

- Litología

Este grupo está constituido por coluviales de pie de ladera y por los canchales de los relieves cuarcíticos originados en diversas fases de configuración de las laderas a lo largo del Plio-cuaternario. Los canchales están constituidos por cantos y bloques, heterométricos y de naturaleza principalmente cuarcítica con muy poca matriz; en mucha menor proporción también se han detectado cantos de pizarra. La matriz de los canchales es principalmente arenosa y limosa, con gravillas angulosas dispersas. Los cantos y bloques son muy angulosos y su tamaño medio está comprendido entre los 20 y 30 cm. Los coluviales de pie de ladera presentan un tamaño medio menor y están ligados por una cantidad mucho más importante de

matriz. Están constituidos por cantos y gravas angulosas de cuarcita, pizarra y en menor proporción cuarzo. La matriz de este último tipo de depósito está formada principalmente por arenas y limos arcillosos de tonos rojizos. La alterabilidad de este grupo se estima moderada-alta. (Foto 18).

- Estructura

Este grupo conforma canchales de pendientes moderadas y fuertes, y aureolas coluvionales de pendientes más suaves y tendidas en sus pies. Se han detectado en la observación fotogeológica, estructuras deslizadas con formas de "media luna" con un origen no muy claro entre reptaciones tipo creep, movimientos rotacionales y acumulaciones "morrénicas". Se deposita con una pendiente subparalela a la inclinación de la ladera. Interiormente presenta una estructura masiva. Los canchales tienen una estructura cartográfica en nevero, mientras que el resto del grupo presenta una estructura en cuña o cuña-aureola. La potencia de este grupo se estima entre 0.5 m y 3 m para (c), y entre 3 m y 10 m para (C).



*Foto 18. Conglomerado brechoide rico en finos constitutivos de los coluviales típicos de las zonas de piedemonte de los relieves cuarcíticos. En esta pequeña zanja en la cuneta de la carretera de Abenojar se puede observar la poca estabilidad de los taludes excavados en este tipo de material.*

- Geotecnia

Permeabilidad: Superficialmente este grupo litológico, que engloba recubrimientos de ladera de distinto porte por la potencia y porcentaje en la proporción de finos, suele presentar un horizonte de lavado que faculta una buena infiltración por percolación de las aguas meteóricas al cuerpo del coluvión que contiene en general una abundante matriz limo-arcillosa con capacidad de retención importante del elemento líquido. En general puede hablarse de una permeabilidad media moderada.



*Foto 19. Foto tomada desde el p.k.(258) de la CN-430. En primer término un pequeño talud de excavación en materiales de la raña grupo 350. Al fondo una ladera cubierta por derrubios de gravedad con una amplia zona de canchales, en la que pueden apreciarse rasgos de inestabilidad fósil. Coluvial y raña constituyen un manto de recubrimiento sobre los materiales del paleozoico sin solución de continuidad.*

Estabilidad natural: La inestabilidad fósil, latente y activa observada en los derrubios de ladera, que de forma continua tapizan las vertientes de las sierras paleozoicas, es muy patente. La morfología desarrollada por los procesos geomorfológicos en el transcurso del cuaternario describen una fenomenología en clima periglacial en el cual los movimientos gravitacionales han sido favorecidos por la existencia de un substrato pizarroso profundamente alterado que constituye un horizonte o manto

con alto contenido en caolín o bien un substrato roto y descompuesto por corrimientos entre estratos en laderas estructurales. Muchas de las formas observadas presentan características que semejan a pequeños frentes morrénicos que podrían haberse formado por desplazamiento de pequeñas masas de hielo o bien parece más lógico tratarse de procesos de soliflucción que darán lugar a esas masas semi-circulares de derrubios a modo de “barjanas de piedra”. En cualquier caso, el substrato alterado de plasma caolínico interviene como causa esencial en el proceso inestable. (Foto 19).

En algunos casos, el material de derrubio coluvial se sitúa sobre las formaciones terciarias de limos, arenas y fangos variolados alimentados a su vez por el desmantelamiento del manto de alteración pre-eoceno, al inicio del terciario. En estos casos también se observa una inestabilidad de vertiente clara asociada a estas situaciones.

Taludes artificiales observados: Los taludes excavados en los mantos de recubrimiento coluvial alcanzan normalmente alturas pequeñas, y cuando el talud adquiere dimensiones por encima de la normal potencia del coluvión (entre 0'5 y 10 metros), este aparece conformando la montera del desmonte.

En razón de su grado de compactación y composición granulométrica, normalmente abundante en cantos angulosos de cuarcita, las pendientes de los taludes pueden oscilar entre el 1H:1V y el 1'5H:1V.

Los problemas de inestabilidad observados son claros cuando en el substrato de apoyo aparece la formación arcillosa que constituye el manto de alteración pre-eoceno o la base del terciario con características similares; circunstancia difícil de discernir a veces.

Taludes recomendados: En general no deben diseñarse taludes en materiales de coluvión superiores al 1H:1V, pendiente esta que, en numerosas ocasiones, resultará excesiva debido a la abundancia de áreas con inestabilidad fósil o latente dentro del grupo litológico. En estos casos, con un coluvial de composición muy arcillosa o que se apoya sobre un substrato que lo es, las pendientes aconsejables serán 1'5H:1V como máximo.

Los taludes excavados sobre estos materiales coluviales, especialmente cuando se trate de horizontes ricos en componentes limo-arcillosos deberá obtenerse a la creación de un tapiz vegetal para evitar la constante colmatación de las cunetas.

Capacidad portante: Este grupo litológico no debe considerarse nunca como una formación susceptible de soportar cargas de alguna entidad. Localmente en áreas de coluvial potente y antiguo situado sobre un substrato paleozoico no alterado y sin visos de rotura de ladera podrá ser valorado positivamente para soporte de pequeñas solicitudes de carga.

Ripabilidad: Materiales ripables en su totalidad.

#### COLUVIALES SOMEROS SOBRE PIZARRAS Y CUARCITAS, Y MATOS DE ALTERACIÓN (V)

#### ARENISCAS, ARENAS Y FANGOS VARIOLADOS, LOCALMENTE CONGLOMERADOS Y BRECHAS. 321b1.- ARENAS, FANGOS Y NIVELES FERRALITICOS (321b)

Estos grupos se describen en la Zona 3 donde se encuentran mejor representados.

#### CORAZAS FERRALITICAS (321a)

Este grupo se describe en la Zona 1 donde se encuentra mejor representado.

#### PIZARRAS DE CANTERA (123b)

##### - Litología

Este grupo litológico está constituido por un tramo inferior de pizarras muy homogéneas, también llamadas pizarras de cantera y un tramo superior también pizarroso pero con intercalaciones de arenisca y cuarcitas. El tramo inferior, de 110 m de potencia, está constituido por pizarras limolíticas y micáceas grises y negras, que por alteración dan tonos verduscos. Se han detectado nódulos calcáreos en la base. El tramo superior, de aproximadamente 100 m de potencia, está constituido por una alternancia irregular de capas decimétricas de pizarras limolíticas grises, areniscas cuarcíticas lajeadas, micáceas y cuarcíticas. Presentan una compacidad y dureza muy buenas. (Foto 20).

##### - Estructura

Este grupo conforma morfológicamente vertientes y pies de ladera y están circunscritas al núcleo del sinclinal de Porzuna. Posee una estructura tabular, y su grado de metamorfismo es muy bajo. El plegamiento es suave y presenta buzamientos fuertes en los flancos del sinclinal. El grado de fracturación es moderado. La intensidad de diaclasado se estima alto. La alteración de este grupo es moderada-alta. La potencia máxima estimada para este grupo litológico es de 210 metros.

- Geotecnia

Permeabilidad: Grupo permeable sólo por fisuración.

Estabilidad natural: En las pocas laderas naturales constituidas por este grupo dentro del Tramo, se han podido observar algunas estructuras superficiales debidas a corrimiento de capas en pendientes de tipo estructural, o vuelco de estratos en capas con buzamientos contrapendiente.



*Foto 20. Fotografía realizada en la casa Navalta junto al arroyo de Porzuna a los materiales pizarrosos pertenecientes al grupo litológico (123b), EN de la Hoja 758 de Casas del Río.*

Taludes artificiales observados: No existen taludes de excavación de mención en este grupo litológico dentro del Tramo de estudio.

Taludes recomendados: Como en todo el resto del paleozoico, el diseño de taludes deberá estar muy condicionado a las interrelaciones entre la geometría del trazado y la de las discontinuidades estructurales del grupo. En general se puede aconsejar que en cortes perpendiculares al rumbo de las capas o con buzamientos contratalud no se superen el 1H:1'5V. En el resto de situaciones se requerirán taludes que oscilarán entre el 1H:1V y el 1'5H:1V para los casos muy desfavorables.

Capacidad portante: Las condiciones resistentes de los materiales de este grupo litológico, cuando no están alterados, deben considerarse altas en general. No obstante en apoyos superficiales a media ladera la capacidad portante del terreno puede estar debilitada debido a roturas de gravedad en la ladera por corrimiento entre capas y vuelco de estratos.

Ripabilidad: Grupo considerado con ripabilidad marginal en alta proporción bajo los primeros metros alterados o descompuestos superficiales.

### CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS (123a)

#### - Litología

Este grupo litológico está constituido por dos tramos potentes de cuarcitas separados por un tramo más blando a la erosión constituido por pizarras, areniscas y cuarcitas. Los tramos potentes cuarcíticos tienen un espesor aproximado de 15 metros, el basal, y 30 metros, el de techo. Se trata de cuarcitas de grano grueso fino a limolíticas de tonos pardos y blanquecinos. En el tramo de techo algunas cuarcitas son de color malva. Poseen una estratificación en bancos de decimétricos a métricos. Los tramos cuarcíticos dan lugar a relieves positivos del tipo apalachiano. El tramo intermedio es más blando a la erosión y da un relieve negativo. Este tramo está constituido por una alternancia de pizarras y areniscas y suele estar por lo general cubierto de derrubios de ladera y coluviales. La compacidad y dureza se estiman altas. (Foto 21).

#### - Estructura

Los afloramientos de este grupo litológico están circunscritos a la estructura sinclinal de Porzuna, esencialmente. El plegamiento de este grupo se considera moderado ya que se adapta a una estructura sinclinal muy sencilla, laxa y con una suave inmersión al oeste. El grado de fracturación se considera entre moderado y alto, y se encuentra afectado por un sistema de fracturas NE-SO y NO-SE. La intensidad de diaclasado se estima alta. La dirección de los bancos en los flancos del pliegue es aproximadamente N100°E. El buzamiento varía fuertemente desde subvertical en los flancos (70°N - 80°N) hasta 10° - 25° en la terminación periclinal en las proximidades de Porzuna. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima en 100 metros.

- Geotecnia

Permeabilidad: Materiales permeables por fisuración.

Estabilidad natural: En los escasos terrenos en los que aflora este grupo litológico, no se han observado problemas de mención en orden a la estabilidad.

Taludes artificiales observados: El único talud de excavación observado en este grupo ha sido el desmonte practicado para la explotación de sus materiales en cantera. Se trata de un talud muy verticalizado en el que se observa una predisposición a desprendimientos de pequeños volúmenes de roca.

Taludes recomendados: El diseño de los escasos taludes que pudieran excavarse en los materiales de este grupo deberán estar condicionados teóricamente por la geometría de las discontinuidades estructurales de la roca. En principio, con estratos cortados muy perpendicularmente a la dirección de la estratificación o con buzamientos contrapendiente, que pudiéramos considerar condiciones favorables a la estabilidad no debería sobrepasarse valores del tipo 1H:2V. En cortes sesgados a la dirección de las capas y con buzamientos fuertes hacia la calzada, es aconsejable no rebasar la pendiente de los 50°.

Capacidad portante: Los materiales constitutivos de este grupo litológico deben considerarse en general como un cimiento con alta y muy alta resistencia. No obstante en los límites de este grupo a techo y muro, en el tránsito a las formaciones pizarrosas que lo enmarcan, las condiciones resistentes en apoyos superficiales a media ladera pueden ser localmente moderadas.

Ripabilidad: Grupo no ripable en general.

## ARENISCAS MICÁCEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS (122c)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por una alternancia irregular de capas decimétricas, y ocasionalmente centimétrica, de pizarras limolíticas grises y areniscas cuarcíticas de grano fino a limolíticas, más o menos micáceas. Presentan tonalidades grises y verdosas en corte alterado. Las areniscas y cuarcíticas poseen granos

angulosos de cuarzo, abundantes micas, como la moscovita, biotita y clorita que se encuentran entre el 5 y 10 %, un 10 % de óxidos de hierro de alteración de siderita. La matriz es clorítica y representa el 20 – 25 % del total de la roca. Se encuentra muy cubierto por los coluviales procedentes del grupo litológico 121d. La compacidad es moderada - alta, y la dureza moderada. El grado de alteración es moderado - bajo en los niveles cuarcíticos y moderado - altos en las pizarras. (Foto 22).



*Foto 21.- Materiales cuarcíticos de la base del grupo litológico (123a), arroyo de Porzuna, NE de la Hoja 758 de Casas del Río.*



*Foto 22. Talud generado sobre los materiales pizarrosos y cuarcíticos del grupo litológico (122c). Confluencia del arroyo de Porzuna y arroyo de la Media Legua. EN de la Hoja 758 de Casas del Río.*

- Estructura

Los materiales de este grupo litológico están ubicados dentro de una estructura sinclinal. Geográficamente los afloramientos se encuentran limitados en una estrecha franja al norte de la localidad de Porzuna. El plegamiento de este grupo se considera moderado ya que se adapta a una estructura sinclinal muy sencilla, laxa y con una suave inmersión al oeste. El grado de fracturación se considera entre moderado y alto, y se encuentra afectado por un sistema de fracturas NE-SO y NO-SE. La intensidad de diaclasado se estima alta. La dirección de los bancos en los flancos del pliegue es aproximadamente N100°E. El buzamiento varía desde 60° en los flancos, hasta 35° - 30° en la terminación periclinal en las proximidades de Porzuna. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima entre 125 y 150 metros.

- Geotecnia

Permeabilidad: Grupo con permeabilidad baja posible sólo a través de superficies de discontinuidad tectónica o estratigráfica.

Estabilidad natural: En zonas de ladera se han podido observar fenómenos de vuelco de estratos y reptación del manto superficial del suelo de alteración o coluvial. (Foto 23). En general dada la morfología suave en la que se desarrolla este grupo los problemas mencionados son localizados.



Foto 23. *Vuelco de estratos y cicatrices de corrimiento de cuñas en los taludes del grupo litológico (112c). Confluencia del arroyo de Porzuna y de la Media Legua.*

Taludes artificiales observados: Los taludes de excavación existen son de tamaño bajo. Construidos en pendientes muy fuertes, han evolucionado a perfiles muy irregulares por problemas de inestabilidad; los estratos de pizarras se suelen descomponer con facilidad, y el alto grado de diaclasado y fracturación de la roca propicia desprendimientos, desplomes y corrimientos de cuñas abundantes.

Taludes recomendados: La orientación del plano del talud con respecto a la geometría de los planos de estratificación y de las discontinuidades tectónicas principales debe determinar normalmente el perfil del talud de excavación. No obstante se estima aconsejable no dar a estos terrenos pendientes por encima de los 45°, con carácter general en taludes medios, haciendo constar que en muchas ocasiones las condiciones estructurales aconsejarán taludes más tendidos. En taludes pequeños se pueden excavar taludes fuertes y dejar que evolucionen siempre que exista una amplia cuneta al pie del talud.

Capacidad portante: Las condiciones resistentes del terreno ante cargas superficiales a media ladera deben estimarse como mucho moderadas. Se considera la posibilidad en esas condiciones de provocarse asientos diferenciales de magnitud reducida normalmente.

Ripabilidad: Los materiales de este grupo al menos en los primeros metros superficiales serán ripables en alto porcentaje y el resto presentará una ripabilidad marginal en gran medida.

#### TOBAS Y TUFITAS (122b)

#### PIZARRAS (122a)

Estos grupos se describen en la Zona 3 donde se encuentran mejor representados.

#### ARENISCAS, ARENISCAS MICÁCEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS (121c)

##### - Litología

Este grupo litológico está constituido por areniscas, areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras. Se trata de una alternancia irregular de capas de centimétricas a decimétricas. Las cuarcitas son blanquecinas, de grano fino, a veces limolíticas (con abundancia de moscovita y biotita ferruginosa), formadas por granos subangulosos de cuarzo y una proporción estimable (10% - 15%) de óxidos de hierro asociados a minerales pesados (circón, rutilo, turmalina y opacos). Los términos areniscosos son micáceos, lajeados, y tienen un color pardo amarillento. Las pizarras son limolíticas con colores gris pardusco y gris verdoso. Este grupo litológico se encuentra

muy cubierto, algunas veces por los canchales y coluviales procedentes de los escarpes de la cuarcita Armoricana (grupo 121b), y otras veces por un importante manto de alteración de edad aproximadamente pre-eocena.

- Estructura

Presenta un relieve en lomas y constituye en la gran mayoría de las veces la rampa morfológica de la cuarcita Armoricana. Es decir, el nexo de unión entre las líneas de cumbres de la cuarcita Armoricana, y la campiña metamórfica o las diferentes superficies de glacia. Presenta una estructura tabular. El plegamiento es intenso, con abundantes pliegues y planos de cabalgamiento interno del tipo banco sobre banco. El grado de fracturación y diaclasado se considera elevado y muy variable. Esta variabilidad depende de la cercanía a accidentes tectónicos de primer orden. El grado de alteración es alto, llegando prácticamente a ser localmente una arcilla. Interiormente el grupo se encuentra muy bioturbado. El grado de metamorfismo es muy bajo. La potencia aproximada de este grupo litológico oscila entre 200 y 300 metros. (Foto 24).



*Foto 24. Aspecto superficial de las areniscas, cuarcitas y pizarras pertenecientes al grupo litológico (121c). Camino local de Alcolea de Calatrava a Corral de Calatrava, Casa de Coello, Sierras de Medias Lunas.*

- Geotecnia

Permeabilidad: Materiales permeables sólo por fisuración.

Estabilidad natural: Se han observado corrimientos de ladera a favor de los planos de estratificación y en combinación con discontinuidades tectónicas. Estos fenómenos se desarrollan en vertientes en donde este grupo, circunstancia por otra parte bastante frecuente, constituye o tiende a constituir pendientes estructurales favorecidas por la alineación de las sierras con los ejes de plegamiento.

Taludes artificiales observados: Los taludes de excavación existentes en el Tramo sobre este grupo son reducidos y de características bajas o medias. Es frecuente que estos se excaven con direcciones sensiblemente coincidentes o formando ángulos pequeños con los planos de estratificación; cuando esto ocurre y el buzamiento de las capas es claramente desfavorable (buzan hacia la calzada con ángulos entre  $30^\circ$  y  $55^\circ$ ), los problemas de corrimientos de estratos y cuñas es muy acusado. En taludes bajos sensiblemente perpendiculares a la estratificación perfiles subverticales se mantienen bien con pequeños problemas de cuñas inestables. (Foto 25).

Taludes recomendados: En taludes de excavación en donde se cortan las capas con dirección sensiblemente al rumbo de las capas y con buzamiento desfavorable debe tenderse siempre a crear un talud con pendiente menor que la presentada por la estratificación cuando sea factible el diseño. Se debe pensar que serán necesarias medidas de refuerzo o contención en el talud. Para situaciones de cortes transversales a las estructuras pueden darse casos muy extremos en razón del grado de tectonicidad y alteración de las capas. En estos casos, los valores a considerar podrían oscilar entre los 1H:2V para situaciones favorables y 1H:1V, en condiciones medias. En el resto de las situaciones, que serán mayoría; es decir en cortes sesgados a la estructura, el buzamiento de las capas debe resultar determinante en el diseño del talud con independencia de que las discontinuidades tectónicas reduzcan aún más las posibilidades geométricas del talud. Como norma general no deberían proyectarse, en este grupo, desmontes con pendientes superiores a los 1H:1'5V, a no ser que se tengan un conocimiento muy claro de las características positivas del terreno en este aspecto.



*Foto 25. Corrimiento en pizarras del grupo 122a en la zona de transición al grupo 121c. Carretera nacional 430 pk.(260).*

Capacidad portante: Este grupo litológico está constituido por materiales de alta o muy alta resistencia. No obstante en zonas de media ladera con pendientes estructurales, en donde se han observado fenómenos de deslizamientos gravitacionales, las condiciones resistentes del terreno serán como mucho moderadas, o incluso bajas, para solicitaciones de alguna entidad a niveles superficiales o poco profundos.

Ripabilidad: Salvo en áreas de alta tectonicidad y alteración en donde el terreno será en gran proporción ripable o marginal, el resto del grupo no lo será mayoritariamente.



*Foto 26. Cuarcitas armoricanas constitutivas del grupo litológico 121d, en la vertiente suroeste de la sierra de Valpérez al sureste de Luciana. Laderas estructuradas por grandes y profundos corrimientos fósiles como puede deducirse del escarpe de falla gravitacional que destaca por su claridad en la zona alta de la sierra.*

## CUARCITAS (121b)

### - Litología

Este grupo litológico está constituido por cuarcitas blancas, rojizas por alteración en áreas de fracturas, cristalinas, y estratificadas en bancos de espesor métrico o centimétrico. Suelen distinguirse dos grandes paquetes de 200 o 300 metros de potencia separados por un nivel de areniscas de bancos finos que da una pequeña depresión. El tamaño del grano de las cuarcitas varía de fino a medio. La matriz es muy escasa, y cuando tiene lugar es sericítica y en una proporción menor del 5 %. (Foto 26).

### - Estructura

La serie "Armoricana" integrante de este grupo es el principal elemento constructor del relieve. En él se ubican las cotas más elevadas del Tramo, y dibujan una superficie grabada en un relieve apalachiano. Posee una estructura tabular. Los bancos

cuarcíticos tienen una estructura lentejona, e interiormente masiva y suelen tener un espesor que varía entre 20 centímetros y 1.5 metros. El grado de fracturación y diaclasado se debe considerar a grandes rasgos elevado, aunque sufre grandes variaciones dependiendo del contexto tectónico en el que se ubica. El plegamiento es de forma global intenso. Interiormente se han detectado numerosos planos de cabalgamiento de tipo apalachiano (banco sobre banco). La compacidad y la dureza son muy elevadas. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima entre 350 – 400 metros.

- Geotecnia

Permeabilidad: Materiales que sólo son permeables por fisuración.

Estabilidad natural: Cabría aquí repetir mucho de casi todo lo descrito para el grupo precedente 121a. Los estratos cuarcíticos, que constituyen mayoritariamente este grupo, ocupan normalmente las cimas o divisorias de aguas de gran parte de las sierras del Tramo. Sus estratos se alinean por lo regular con la dirección de las mismas al tratarse de relieves estructurales que siguen el rumbo de los ejes de los pliegues hercínicos. A consecuencia de ello, es frecuente que una de las dos vertientes se constituya como ladera estructural en donde la pendiente natural tiende a adquirir la del plano de estratificación de las capas, lo cual ha dado lugar que a favor de los planos de discontinuidad estratigráficas y en combinación con los tectónicos se hayan originado corrimientos gravitacionales de todo tipo y dimensiones, (Foto 26) especialmente en los niveles con estructuras sedimentarias de tipo alternante en donde los bancos de cuarcita intercalan horizontes de pizarras; horizontes que por otra parte, en muchas ocasiones, ya han tenido un juego de despegue tectónico como planos de corrimiento entre capas de los procesos de compresión y plegamiento. (Foto 27). En la actualidad la inestabilidad está relegada esencialmente a las capas más superficiales del terreno y sus recubrimientos en los tramos de ladera altos con fuertes pendientes.

Taludes artificiales observados: Dado el frecuente emplazamiento de este grupo litológico en las divisorias de aguas de las sierras del Tramo, no suelen ser muy frecuentes los taludes de excavación sobre el mismo, excepto en aquellas carreteras que se ven obligadas a atravesarlas más o menos perpendicularmente.



*Foto 27. Problema de corrimiento de cuñas en los taludes de excavación del grupo litológico (121b). Pk(15) de la carretera regional 721. Se trata de un tramo de transición al grupo litológico 121c. Los planos estratigráficos que actúan como superficies de corrimiento contienen un horizonte pizarroso centimétrico o decimétrico alterado y brechificado como consecuencia de haber actuado como superficies de despegue en el plegamiento hercínico.*

Los taludes excavados en este grupo suelen ser en general de pequeña o media altura y de tipo subvertical o perfil muy fuerte. Mantienen en general una buena estabilidad excepto en el caso que las capas sean cortadas en dirección paralela o sensiblemente paralela a la estratificación y esta buce hacia la calzada. En estos casos los problemas de inestabilidad por corrimientos de estratos y cuñas suele ser acusado. (Foto 27).

Taludes recomendados: Salvo en las áreas en donde este grupo pueda aparecer fuertemente tectonizado permitirá en la mayoría de los casos diseñar taludes entre fuertes y subverticales; especialmente si se excavan más o menos perpendiculares a la dirección de las capas. La fuerte inclinación que normalmente presentan los materiales de este grupo favorece también el diseño de taludes con fuerte inclinación cuando las capas se cortan en direcciones sesgadas que formen un fuerte ángulo con la dirección de las capas. Cuando los taludes a excavar sean sensiblemente coincidentes con el rumbo de las capas, y el buzamiento de las mismas sea hacia la calzada siempre que la inclinación de los planos de estratificación superen

la subhorizontalidad se deberían dar pendientes al talud que impidieran el afloramiento en el mismo de dichos planos especialmente si la serie cuarcítica intercala horizontes pizarrosos alterados, laminados y brechificados. En este último caso y cuando se trate de tramos a media ladera se debe investigar con detenimiento la estructura local ante la posibilidad de que pueda existir estructuras fósiles de corrimiento a favor de capas o planos de falla.

En áreas de alta tectonicidad y alteración profunda los taludes no deberán sobrepasar pendientes del orden 1:1'5.

Capacidad portante: La mayor parte de los materiales de este grupo litológico presenta una capacidad portante muy alta. Circunstancialmente en áreas de alta tectonicidad y alteración las condiciones resistentes pueden descender a moderadas. Con relación a las zonas medias y altas de las laderas con pendientes estructurales, en donde se han observado corrimientos gravitacionales de capas o grandes cuñas, las condiciones portantes del terreno, en los niveles más superficiales pueden ser bastante críticas para solicitaciones importantes.

Ripabilidad: Grupo no ripable.

## CUARCITAS, ARENISCAS, PIZARRAS, LIMOLITAS Y CONGLOMERADOS (121a)

### CUARCITAS Y CONGLOMERADOS (121a1)

#### - Litología

Este grupo litológico está constituido por una serie alternante de cuarcitas, areniscas, pizarras y limolitas; en la base de la serie existen intercalaciones de conglomerados silíceos. Las cuarcitas son arenitas gruesas, a veces microconglomeráticas, recristalizadas y fracturadas. La estructura alternante es irregular con bancos métricos de cuarcitas y arenitas, y de centimétricos a métricos de limolitas y pizarras. Las capas presentan tonos verdosos, rojizos y cremas amarillentos. El paso al grupo litológico 121b es transicional, aumentando las intercalaciones y la potencia de niveles de cuarcitas y areniscas a techo. Compacidad y dureza muy altas en los tramos cuarcíticos. Los conglomerados intercalados en los tramos basales de la serie, son de cantos silíceos de cuarzo y cuarcita, redondeados y fuertemente cementados en matriz silícea. En algunas áreas de la Hoja 758 se ha diferenciado como el subgrupo litológico (121a1) niveles más cuarcíticos y localmente conglomeráticos que dan en el paisaje un resalte morfológico. (Foto 28). Amplias áreas en estos terrenos presentan un manto de alteración muy importante que afecta con mayor profundidad a los horizontes pizarrosos y a las áreas más tectonizadas. Estos sectores, que suelen dar lugar a un suelo coluvio-eluvial, constituyen el grupo litológico V/.



*Foto 28. Relieve ruiforme de los niveles cuarcíticos del subgrupo litológico (121a1). Siera del Montanar. EN de la Hoja 758 de Las Casas del Río.*

- Estructura

Este grupo constituye la rampa de los relieves apalachianos de la cuarcita Armoricana. Cuando aflora en amplia superficie, muestran un relieve alomado, en el que los tramos más cuarcíticos dan resaltes morfológicos menos destacados que los de la “cuarcita Armoricana”. El contacto con las unidades cenozoicas está muy alterado. La mayor parte de su extensión cartográfica se encuentra cubierta por coluviales y canchales, sobre todo el contacto con el grupo litológico (121b) correspondiente a la cuarcita Armoricana. Los bancos de conglomerados presentan una estructura lentejonar y una continuidad lateral escasa. El grado de fracturación y la intensidad de diaclasado se consideran altos. La intensidad de plegamiento es muy alta, con abundantes mantos de cabalgamiento de banco sobre banco. La disposición y el buzamiento varía mucho por la complicación tectónica del área. La potencia aproximada para este grupo litológico se estima entre 500 y 700 metros. (Foto 29).

- Geotecnia

Permeabilidad: La existencia de una red densa de fracturas y diaclasado procura, en esta formación constituida por materiales impermeables, infiltración por fisuración, muy desigual según las áreas y en razón del grado de alteración de estos materiales. La escorrentía superficial puede presentar un flujo lento a través de los suelos de recubrimiento.

Estabilidad natural: En las áreas ocupadas por este grupo litológico se han observado y señalado con alguna frecuencia deslizamientos y corrimientos de ladera importantes; aunque es en las masas de derrubios, que cubren sus laderas, cartografiadas como grupo C, en donde el fenómeno adquiere dimensiones espectaculares con un desarrollo, a veces, generalizado a lo largo de toda la vertiente de una sierra.

Entre las causas que motivan los fenómenos de inestabilidad observados, hay que señalar las siguientes como más importantes:

- a) Constitución rítmica de la serie estratigráfica en bancos de distinta competencia y resistencia (cuarcita-arenisca-pizarra).
- b) Existencia de multitud de planos de discontinuidad (sedimentarios y tectónicos), muchos de los cuales, entre los sedimentarios, han jugado ya como horizontes de despegue entre capas en los procesos tectónicos.



*Foto 29. Cuarcitas del grupo litológico (121a). En el talud se observan problemas de desprendimientos y corrimientos de cuñas. En la esquina superior izquierda de la foto, donde se observa una rotura fósil del talud. En la mitad derecha se puede apreciar una estructura de movimiento a favor esencialmente de una superficie de estratificación con rotura de los paquetes superiores y flexión de los inferiores.*

- c) Profunda alteración en muchas áreas del Tramo, asociadas normalmente con zonas de falla y fracturas importantes, circunstancia frecuente por otra parte. Esta alteración puede adquirir algunos metros de potencia haciéndose más penetrativa en los estratos pizarrosos. Existe también un fenómeno de caolinitización profunda que acompaña a este manto de alteración.
- d) Disposición estructural de las discontinuidades y horizontes de alteración favorables al movimiento en las vertientes.
- e) Existencia de horizontes freáticos, permanentes o temporales, que provocan presiones intersticiales.

Taludes artificiales observados: Son raros los taludes de excavación con dimensiones mayores a 10 metros. En general predominan los pequeños desmontes y los de dimensiones medias.

Las pendientes que se ha intentado dar a los taludes han sido fuertes pero el resultado ha sido siempre unos taludes irregulares como consecuencia de una inestabilidad de bloques y grandes cuñas favorecidas por la estructura alternante de capas de muy distinta competencia, el fuerte diastrofismo, y la alteración profunda, que presenta con frecuencia la formación. (Foto 30).

Taludes recomendados: En principio habrá que decir que serán los datos estructurales del terreno los que deban definir las características del talud. Por otra parte, como este conocimiento casi nunca llega a ser medianamente correcto antes de la excavación lo normal suele ser dar al talud la pendiente que este podría soportar en las mejores condiciones estructurales. Es una opción que puede adoptarse siempre que se haya previsto contar con un tiempo suficiente para que el talud adquiera un perfil más o menos estable en base a una inestabilidad.

En las mejores condiciones (bancos verticales u horizontales de naturaleza masiva sin grandes zonas de dislocación y alteración, cortados perpendicularmente a la dirección de los planos) la pendiente que podría darse sería del tipo subvertical. Pero lo normal será la existencia de repliegues y abundantes zonas de dislocación y alteración de los estratos más pizarrosos intercalados. Por otra parte, será frecuente la existencia, en los primeros metros del terreno, de roturas de tipo gravitacional que afectan tanto al suelo de recubrimiento como a las capas del substrato rocoso que conforma este grupo. En consecuencia se estima que pendientes por encima del 1H:1'5V ya darán problemas importantes de deslizamiento y corrimiento de grandes cuñas y que lo aconsejable será no sobrepasar en principio estos valores si no se tienen buenos conocimientos del terreno; a sabiendas de que en muchas zonas del

talud terminan por definirse pendientes menores y otras en donde la subverticalidad sería posible. En cualquier caso será normal que los primeros metros del terreno requieran pendientes del orden de 1'5:1 a 2:1.



*Foto 30. Talud de excavación en los materiales alternantes cuarcíticos del grupo litológico (121a). En él se observan problemas de corrimiento de cuñas, y como ha sido retirada la montera coluvial para evitar problemas de deslizamiento.*

Se debe proyectar siempre una amplia cuneta al pie del talud en relación con la altura del mismo.

Capacidad portante: Se trata sin duda de una formación constituida mayoritariamente por estratos de alta o muy alta resistencia. No obstante en apoyos muy superficiales, especialmente a media ladera, se pueden dar con bastante frecuencia problemas de asientos diferenciales debido a fenómenos de alteración profunda de substrato esquistoso y arenoso que llega a constituirse como un terreno arcillo - arenoso con abundante plasma caolínico. La fuerte dislocación tectónica de las capas y la frecuente existencia de roturas de gravedad en los horizontes más superficiales en áreas con pendientes acusadas son circunstancias a tener muy en cuenta en estos terrenos a la hora de fundar estructuras. Localmente la existencia de grandes corrimientos fósiles deparará áreas con condiciones resistentes muy por debajo de los que normalmente debe presentar, a poco que se profundice en el terreno, este grupo, es decir, alta o muy alta.

Ripabilidad: Las áreas cartografiadas como (V/121a) en donde se supone la existencia de un manto de alteración profundo del grupo se considera que este será ripable o marginal en parte muy importante del mismo en los primeros metros del terreno. En el resto no será ripable mayoritariamente.

### **3.3.5. Grupos geotécnicos**

En este apartado se agrupan, según ciertas características geotécnicas comunes, las formaciones geológicas individualizadas en el apartado anterior.

#### - Grupo geotécnico G1

Aluvial. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos A1 y a1. Está formado por gravas y gravillas subredondeadas y sueltas, de cantos de cuarcita, e inmersas en una matriz arenosa y limosa. Materiales permeables por percolación y porosidad. Terrenos sometidos a la dinámica fluvial. Por sus condiciones geomorfológicas no son terrenos adecuados para fundar sobre ellos estructuras de ningún tipo, de las cuales habrá que transferir siempre sus demandas de resistencia al substrato próximo. Materiales excavables en su totalidad.

#### - Grupo geotécnico G2

Fondos de valle. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos A2, a2. Está formado por gravas y cantos de cuarcita y en menor proporción de cuarzo, pizarra, caliza y rocas volcánicas. Permeabilidad entre buena y moderada. Localmente pueden presentarse problemas por causa de una escorrentía superficial deficiente. Problemas de naturaleza erosiva en épocas de lluvias torrenciales. Terrenos poco o nada consolidados que sólo admiten cargas muy someras, donde cualquier solicitud de alguna entidad debe ser transferida al substrato próximo. Materiales excavables en su totalidad.

#### - Grupo geotécnico G8

Alternancias con areniscas, cuarcitas y pizarras. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos 121a, 121c y 122c.

Materiales de baja y muy baja permeabilidad que presentan a niveles de formaciones una infiltración a través de todas las discontinuidades del terreno (estratigráficas y tectónicas principalmente). Con respecto a la estabilidad natural existen rasgos en el paisaje de procesos amplios y profundos y bastante generalizados de co-

rimientos de ladera, de carácter fósil normalmente, surgidos al abrigo de las vertientes estructurales, la fuerte tectónica y alteración profunda que se observa en las zonas de las grandes fallas que recorren el territorio. En la actualidad los procesos son muy localizados y mucho más superficiales.

Los taludes de excavación estarán profundamente condicionados a la geometría de las discontinuidades estratigráficas, tectónicas y metamórficas, así como a la alteración profunda que puede presentar el terreno; alteración que será irregular y que afectará, más a los estratos pizarrosos y areniscosos que a los cuarcíticos, y a las áreas de influencia tectónica que a las no afectadas por fracturas importantes. En general se deben considerar en estos terrenos taludes con pendientes medias. Evolucionarán normalmente a taludes irregulares por movimientos de cuñas. En Tramos de series muy cuarcíticas los taludes podrán adquirir pendientes fuertes o muy fuertes. Necesitarán amplias cunetas a pie del desmonte que puedan recoger las masas de roca movilizadas por inestabilidad gravitacional.

La capacidad resistente de los materiales de estos grupos es alta a muy alta en principio, pero conviene tener presente la cantidad de factores negativos que afectan a estos grupos; especialmente la alta tectonicidad y la alteración profunda que les afecta en amplias áreas. Estas circunstancias pueden hacer disminuir mucho la capacidad portante en estos terrenos; en especial en apoyos a media ladera en tramos con predominio de horizontes pizarrosos.

La existencia de series muy cuarcíticas junto a otras que lo son menos, hará que la ripabilidad de estos terrenos será como mucho de carácter marginal y en baja proporción, si exceptuamos las áreas en donde exista un manto de alteración, que suele ser profundo, en cuyo caso la formación será ripable, en gran proporción, en este nivel y como poco tendrá carácter marginal.

### **3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 2**

El territorio ocupado por la Zona 2 presenta problemas de tipo topográfico, geomorfológico y geotécnicos especialmente.

El carácter serrano y agreste de la Zona 2 condiciona el trazado de las carreteras actuales y futuras a seguir preferentemente los corredores naturales de los numerosos valles fluviales existentes. No obstante, en gran parte de las innumerables sierras que cruzan la Zona 2, la necesidad teórica de trasponerlas, no supondrá en la mayoría de las ocasiones, problemas graves de trazado dada la relativa poca altura, casi siempre menos de 150 metros, que habría que superar.

La inestabilidad gravitacional fósil observada en las vertientes de las sierras, muestra los rasgos de unos procesos muy importantes desarrollados esencialmente en un clima periglacial. En la actualidad estos fenómenos son muy atenuados pero subsiste la posibilidad de reactivarlos a poco que se modifiquen las condiciones de equilibrio, muy estricto en muchos casos, de dichas estructuras de deslizamiento; especialmente las existentes en masas coluviales, depósitos terciarios del plioceno y materiales pizarrosos del zócalo precámbrico - paleozoico.

Los problemas geotécnicos provendrán por una parte de la baja resistencia de las áreas inmersas en los problemas geomorfológicos citados anteriormente y la de los terrenos, así mismo citados, que de forma mayoritaria los sustentan. De otra, la excavación de desmontes presentará regularmente problemas de estabilidad de taludes; En las formaciones terciarias y cuaternarias los problemas tendrán normalmente una dimensión moderada en razón de las potencias de los estratos, en tanto que en los materiales metamórficos la problemática de deslizamiento y corrimientos de estratos y cuñas puede llegar a ser muy importante en taludes altos.

### **3.4. ZONA 3: DEPRESIONES ENTRE SIERRAS**

#### **3.4.1. Geomorfología**

Relacionadas con los principales cauces fluviales existen una serie de valles recubiertos parcial o totalmente por materiales del Plioceno y Cuaternario.

Estas depresiones se constituyen unas veces como plataformas disectadas por los arroyos y ríos de la zona creando barrancos encajados con escarpes y laderas pronunciadas a los fondos, aterrazados o no, de los valles. Otros valles enlazan sus fondos aterrazados con pendientes que ascienden suavemente a los pies de las sierras cuarcíticas al haber quedado desmantelados, en su mayor parte, los depósitos pliocenos coronados por los distintos niveles de raña o glacia que constituyen las plataformas. En algunos casos es el curso fluvial el que ha incidido poco sobre los sedimentos pliocenos.

En la mayoría de las depresiones existentes en el Tramo, el encajamiento de la red fluvial ha desmantelado en mayor o menor medida los depósitos pliocenos y cuaternarios dejando al descubierto el substrato paleozoico que en algunos casos como en las depresiones del río Tiertea fuera y Esteras ocupan la mayor parte de la misma.

Las depresiones más importantes de la zona son:

### **Depresión del río Guadiana**

Parte de esta depresión queda dentro de la Zona 1. Su orientación dominante es ONO-ESE y viene a ocupar un área sinclinal en la estructura paleozoica a lo largo del Sur del Tramo. Un curso con terraza de inundación amplia y terrazas en graderío encajadas en los materiales pliocenos se hace fuertemente meandriforme y encajado en aquella zona en donde la plataforma de la raña que ocupa la mayor parte de la depresión aún no ha sido desmantelada. El encajamiento del río ha profundizado en los materiales paleozoicos que conforman el núcleo del sinclinal constituido mayoritariamente por las pizarras del Llanvirniense - Llandeilo que afloran en amplias extensiones en ambas márgenes del río y en los arroyos afluentes. (Foto 31).

### **Depresiones de la cuenca del Bullaque**

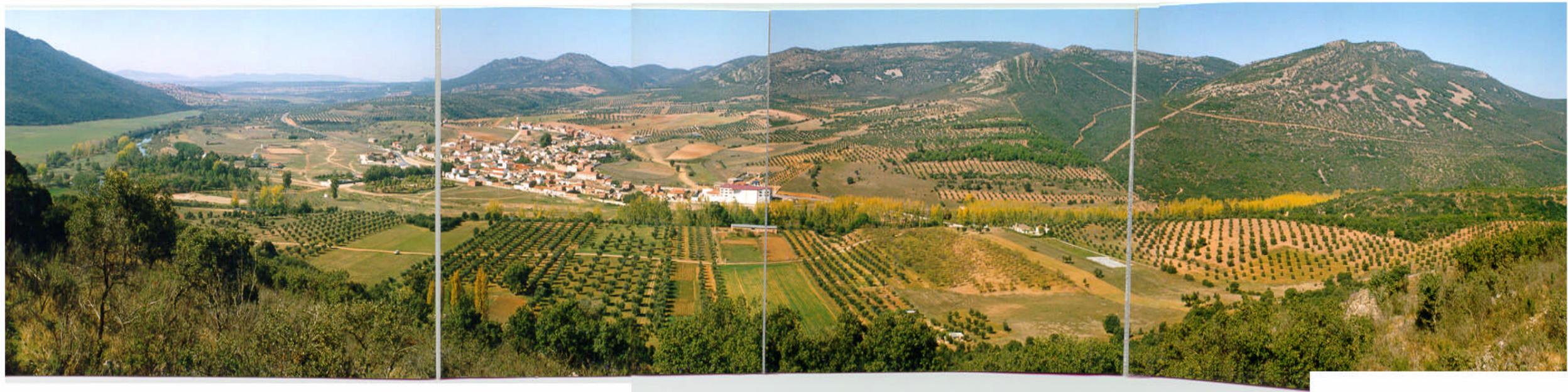
En la zona centro y norte del Tramo, el río Bullaque y su afluente el río Bullaquejo junto a otras menos importantes, constituyen amplios valles rellenos por los depósitos plio-cuaternarios en donde los márgenes de las terrazas de inundación, amplias y atravesadas por canales anastomosados, enlazan con las pendientes de tipo raña, glaciares y abanicos aluviales que se elevan suavemente hasta los pies de las sierras. Sólo en las márgenes del río Bullaque se puede hablar de un desarrollo en terrazas o terrazas-glaciares.

Los afloramientos del zócalo paleozoico o los relieves residuales incluidos en esta zona son escasos

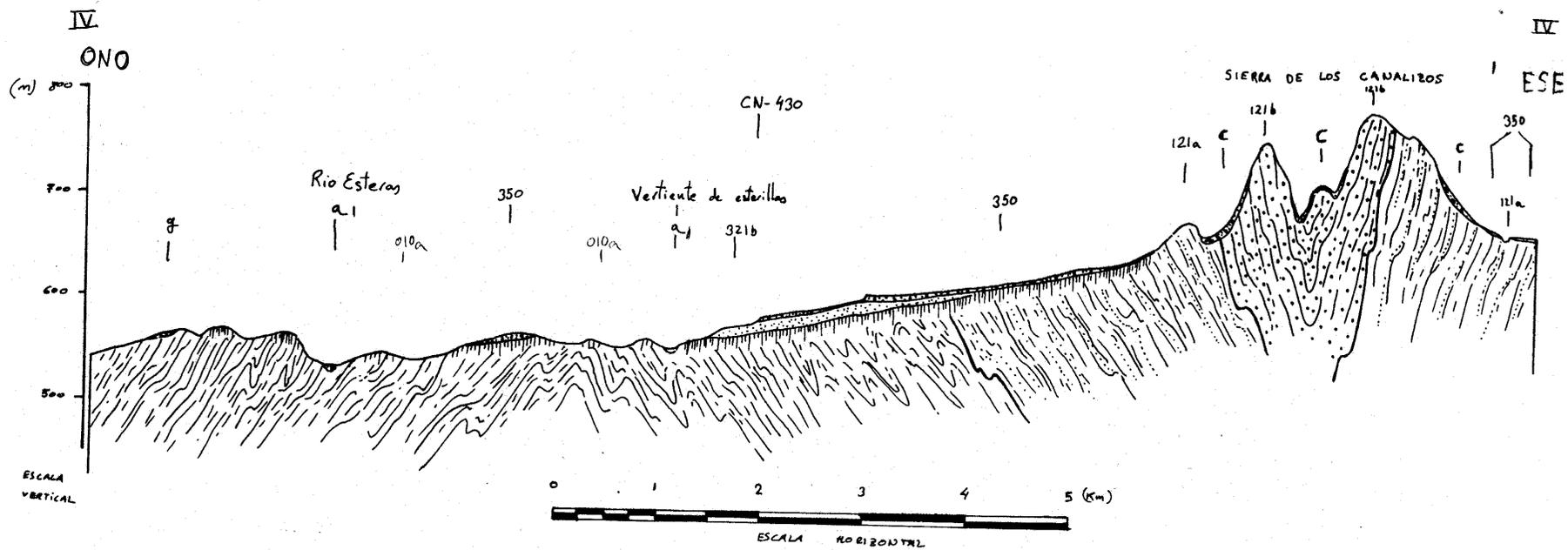
### **Depresión del río Esteras**

La cabecera del río Esteras constituye, en el extremo suroeste del Tramo, una amplia depresión de morfología elíptica con orientación NE-SO en el centro de la cual se emplaza el pueblo de Saceruela.

Geomorfológicamente esta cubeta es el resultado final de la profunda excavación del núcleo de una amplia estructura domática que deja al descubierto, en el fondo del área desmantelada, los materiales del zócalo precámbrico y rodeando al mismo, a modo de anfiteatro las series cuarcíticas de la base del Ordovícico labradas como agrestes sierras. (Figura 14).



**FOTO 31. VISTA PANORÁMICA DE LA DEPRESIÓN DEL RÍO GUADIANA, A SU PASO POR LA LOCALIDAD DE LUCIANA. EN ELLA SE PUEDE OBSERVAR LA AMPLITUD DE SUS TERRAZAS Y LA EXTENSIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE GLACIS..**



- A1 - Aluvial
- C - Coluviales
- G - Glacis
- 350 - Raña
- 321b - Areniscas, arenas y fangos variados. Localmente conglomerados y brechas
- 121b - Cuarzitas
- 121a - Cuarzitas, areniscas micaceas, cuarzitas y pizarras
- 010a - Pizarras y grauwacas

**FIGURA 14. CORTE GEOLÓGICO DE LA ZONA 3.**

La amplia plataforma labrada sobre los materiales precámbricos fue cubierta posteriormente por depósitos pliocenos y cuaternarios durante una serie de fases morfogenéticas de erosión-sedimentación.

En la actualidad la cubeta del domo de Saceruela en la cabecera del río Esteras presenta una orla de plataformas de piedemonte que arrancan de la base de las sierras sobre las cuales se encajan los arroyos que parten de ellas. El desmantelamiento de estos depósitos pliocenos y cuaternarios deja al descubierto las pizarras y grauvacas precámbricas en una amplia extensión en el centro de la depresión.

### **Depresión del Tierteafuera**

En el Centro-Sur del Tramo y al Sur de las sierras que delimitan el valle del Guadiana por su margen izquierda se desarrolla un terreno de penillanura disectado por el río Tierteafuera y sus afluentes. Esta depresión, al igual que ocurre en la del río Esteras en Saceruela, está labrada sobre una amplia estructura domática que deja al descubierto en el fondo de la misma un complejo anticlinorio en materiales precámbricos que ocupan en la actividad la mayor parte de ella. Arrancando del pie de las sierras que la limitan por el norte existe una orla de depósitos plio-cuaternarios estructurados como plataformas de piedemonte en general muy desmanteladas.

Sobre la Zona 3 se producen en la actualidad procesos geodinámicos muy importantes relacionados con los cauces fluviales. Durante la ejecución del presente trabajo se pudo constatar la funcionalidad de las amplias terrazas de inundación de la red fluvial del Tramo. Con motivo del importante periodo de lluvias del invierno del 1996-97 se pudo observar los efectos del desbordamiento de todos los ríos y arroyos de la región y el fuerte impacto que el efecto hidrodinámico de las aguas ejerció sobre todo tipo de infraestructuras que de alguna forma habían invadido los lechos de inundación de la cuenca sin prever en fenómeno recurrente, sobre el que, las generaciones actuales parecen haber perdido todos los datos de la memoria histórica y hacer ojos ciegos y oídos sordos a los conocimientos y datos científicos actuales que se tienen sobre estos fenómenos. (Fotos 32 y 33).



*Foto 32. Viviendas en el borde de la terraza de inundación del río Bullaque. Tabla de Yedra en la crecida del invierno 1996-97.*



*Foto 33. Deslizamiento de las margas pliocenas en la margen izquierda del río Guadiana en la zona de Alarcos como consecuencia de la sobre-excavación realizada por las aguas de crecida en el invierno 1996-97.*

### **3.4.2. Tectónica**

Dentro de la Zona 3 existe toda una historia geológica de los materiales constitutivos del Tramo.

Los materiales precámbricos y paleozoicos que afloran en los fondos de las cubetas y penillanuras de esta zona fueron afectados, como ya ha quedado descrito en el capítulo de geología general y en el correspondiente a la zona 2, por las orogenias Hercínica y Pre-hercínica, esencialmente por la primera caracterizada por sus tres etapas de deformación.

Asimismo los depósitos de edad pliocena han sido afectados por reactivaciones de las fallas hercínicas en fases de compresión durante la orogenia Alpina.

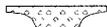
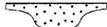
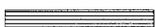
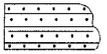
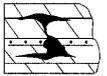
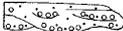
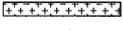
Los recintos delimitados por las áreas constitutivas de la Zona 3, se corresponden con estructuras creadas por la orogenia Hercínica se trata de cubetas sinclinales o domos anticlinales desmantelados, los cuales descritos ya en el capítulo de geomorfología son.

- Sinclinorio de la Puebla de Don Rodrigo o Depresión del Guadiana.
- Cubetas de la cuenca del Bullaque.
- Domo de Saceruela en la cabecera del río Esteras.
- Anticlinorio de Abenojar excavado por la cuenca del río Tierteafuera.

En general cabe decir que la estructuración y tectonicidad de los materiales precámbricos y paleozoicos es muy alta en todos las Zonas y la alteración debida a gran parte al alto diastrofismo sufrido por las rocas muy profundas en amplias extensiones del Tramo especialmente en las áreas representadas por la Zona 3.

### **3.4.3. Columna estratigráfica**

La columna estratigráfica de la Zona 1 se contempla en la Figura 15.

COLUMNA	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	A1	G1	ALUVIAL	Cuaternario
	A2	G1	FONDOS DE VALLE	Cuaternario
	At	G3	TERRAZA ALUVIAL	Cuaternario
	I	G2	AREAS ENDORREICAS	Cuaternario
	T,t	G3	TERRAZAS	Cuaternario
	C,c	G3	COLUMNALES	Plio-Cuaternario
	D,d	G3	CONOS DE DEYECCION	Plio-Cuaternario
	g	G3	GLACIS	Plio-Cuaternario
	350	G3	RAÑA	Terciario
	010e	G10	CUARCITAS	PRECAMBRICO
	010d	G11	DOLOMIAS	PRECAMBRICO
	010c	G10	CONGLOMERADOS	PRECAMBRICO
	010b	G8	ARENISCAS, GRAUVACAS Y PIZARRAS	PRECAMBRICO
	010a	G9	PIZARRAS Y GRAUVACAS	PRECAMBRICO
	001b	G13	GRANITOIDES	PRECAMBRICO

**FIGURA 15. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 3.**

#### 3.4.4. Grupos litológicos

##### FONDOS DE VALLE (A2,a2)

- Litología

Este grupo está constituido por gravas y cantos de cuarcita y en menor proporción de cuarzo, pizarra, caliza y rocas volcánicas, con abundante matriz de arenas, limo y arcillas. Interiormente presenta cuerpos canalizados con materiales más groseros tipo grava y cantos y con una matriz fundamentalmente arenosa. Se trata de materiales sueltos y no consolidados por lo que la compacidad y la dureza se estiman prácticamente nulas.

- Estructura

Este grupo constituye el fondo de los valles y vaguadas mayores. Cartográficamente posee una estructura tabular e interiormente se presenta masivo. Presenta cuerpos canalizados en su interior de escasa continuidad lateral. Se dispone subhorizontalmente. La potencia de este grupo litológico oscila entre 0.5 y 3 metros para (a2) y entre 3 y 5 metros para (A2).

- Geotecnia

Permeabilidad: Terrenos en general con permeabilidad entre buena y moderada. Localmente pueden presentarse problemas por causa de una escorrentía superficial deficiente.

Estabilidad natural: No son terrenos en donde puedan darse problemas de inestabilidad natural si exceptuamos los de naturaleza erosiva que pudieran derivarse en épocas de lluvias torrenciales.

Capacidad portante: Terrenos poco o nada consolidados que sólo admitirán cargas muy someras. Cualquier solicitud de alguna entidad deberá transferirse al substrato próximo.

Ripabilidad: Grupo ripable en su totalidad.

## TERRAZA ALUVIAL O LLANURA DE INUNDACIÓN (At)

### - Litología

Este grupo está constituido por gravas y cantos de cuarcita y en menor proporción de cuarzo, pizarra, caliza y rocas volcánicas, con abundante matriz de arena, limo y arcilla. Se trata de depósitos sueltos y sin consolidar. Interiormente presenta cuerpos canalizados formados por materiales más gruesos, del tipo grava y canto, y con una matriz fundamentalmente arenosa. Ocasionalmente pueden existir zonas pantanosas como las situadas en las inmediaciones del puente de Alarcos en la terraza de inundación del río Guadiana en donde se forman incipientes turberas. (Fotos 34 y 35). La compacidad y la dureza del grupo se estima baja.



*Foto 34. Lecho aluvial y llanura de inundación pantanosa del río Guadiana. Puente de Alarcos. Límite oriental del Tramo.*

### - Estructura

Este grupo constituye las llanuras aluviales y las llanuras de inundación de los ríos y arroyos del Tramo. Cartográficamente presenta una estructura tabular, e interiormente su estructura es masiva. Se dispone de una forma horizontal. La potencia de este grupo litológico es muy variable y oscila entre 0.5 y 4 metros.



*Foto 35. Vista del puente de la CN-430 sobre el río Guadiana en la Zona de Alarcos durante la crecida del invierno de 1996-97. Se puede apreciar los desperfectos del firme como consecuencia de las deformaciones sufridas por el terraplén que se apoya sobre los depósitos pantanosos de la terraza de inundación.*

- Geotecnia

Permeabilidad: Se trata de terrenos con permeabilidad por percolación y porosidad que pueden ser deficiente, frecuentemente, debido a la abundancia de lechos limo-arcillosos, circunstancia que acarrea asimismo problemas de encharcamientos por falta de escorrentía superficial.

Estabilidad natural: Los problemas de estabilidad en estos terrenos son de origen hidrodinámico y están ligados a los ciclos climáticos que determinan las crecidas de los ríos y arroyos de la región. A este respecto, durante la ejecución del presente trabajo, en el invierno de 1996-97, se coincidió con una espectacular crecida de los cauces a consecuencia de un fuerte y prolongado periodo de lluvias, circunstancia que permitió observar en vivo los efectos geodinámicos de las aguas sobre los terrenos, así como, el efecto catastrófico sobre las infraestructuras creadas, imprudentemente, invadiendo terrenos sujetos a unos procesos que retornan siempre, pasando una factura muy cara a nivel económico y humano a veces. (Foto 36 y 37).



*Foto 36. Crecida del río Bullaque a su paso por Tabla de la Yedra. Ocupando el lecho de inundación con motivo del fuerte temporal de lluvias en invierno de 1996-97.*



*Foto 37. Desplome en el terraplén del trasdós del estribo del puente sobre el arroyo de la Puente, cercanías de Saceruela.*

Capacidad portante: Sólo cabe esperar respuestas muy moderadas de resistencia en estos terrenos e incluso claramente bajas en algunas áreas en donde incluso pueden presentarse zonas pantanosas con existencia de turberas incipientes como en el caso de la terraza de inundación del río Guadiana próximas al Puente de Alarcos en la carretera nacional 430. (Foto 35).

En general se deben temer asentamientos diferenciales por la estructura lenticular de los depósitos detríticos y la posibilidad de implantación de freáticos estacionales a nivel de superficie, así como, los humedecimientos del terreno por causa de una mala escorrentía superficial y baja permeabilidad de los horizontes limo-arcillosos de inundación.

En cualquier caso, la inundación de carácter cíclico de estos terrenos, impone la necesidad de estudios y diseños adecuados para cualquier infraestructura que se apoye sobre los mismos, con el fin paliar los efectos de las riadas. Por otra parte, la fundación de aquellas estructuras que requieran respuestas resistentes de alguna entidad tendrán que referirse al substrato normalmente próximo que podrá ser de naturaleza terciaria o paleozoica.

Ripabilidad: Grupo ripable en su totalidad.

## TERRAZAS (T,t)

### - Litología

Este grupo litológico está constituido por las terrazas aluviales del río Guadiana y Bullaque, integradas por gravas de cantos cuarcíticos, fundamentalmente, y algunos, muy esporádicos, de cuarzo, pizarra y calizas. Interiormente presenta cuerpos lenticulares, a modo de paleocanales, con materiales más gruesos y redondeados, del tipo grava, y con una matriz escasa y fundamentalmente arenosa. El tamaño medio de los cantos está entre 2 y 6 cm. Se trata de depósitos sueltos y sin consolidar. La dureza y compacidad se estiman de bajas a moderadas. (Foto 38).



Foto 38. *Terraza del río Guadiana sobre las pizarras alteradas del grupo litológico (122a). Pk(14) de la carretera de Alcolea de Calatrava a Los Pozuelos de Calatrava.*

- Estructura

Este grupo conforma las vegas de los grandes cursos fluviales del Tramo de estudio (Guadiana y Bullaque). Se dispone subhorizontalmente y posee una estructura tabular. Interiormente presenta una estructura masiva. No son terrazas potentes, el espesor no supera los 4 metros.

- Geotecnia

Permeabilidad: Este grupo litológico se considera que su gran mayoría es permeable por percolación y porosidad. La existencia de lechos limo-arcillosos intercalados o en superficie atenúa la permeabilidad e infiltración de las aguas meteóricas dando lugar a áreas con mal drenaje superficial.

Estabilidad natural: Se ha observado que terrazas depositadas sobre formaciones paleozoicas de naturaleza pizarrosa que poseen un potente manto de alteración, o sobre los materiales terciarios de naturaleza arcillo-margosa presentan frecuentes roturas de naturaleza gravitacional y deformaciones de gran amplitud. (Foto 39).



*Foto 39. Terrazas del río Guadiana vistas desde el pk.(264) de la CN-430. Se puede apreciar en ellas un escalonamiento que se corresponde más con una rotura de naturaleza gravitacional del substrato pizarroso alterado que a las distintas fases de encajamiento del río. Al fondo las sierras del Campillo y Villareal estructuradas por fallas profundas de gravedad.*

Taludes artificiales observados: Se trata en general de desmontes de escasa altura que de no aflorar en la base un substrato arcilloso de un posible manto de alteración en pizarras paleozoica o correspondiente a materiales terciarios, puede aguantar pendientes que van desde subverticales en los lechos de gravas a inclinaciones entorno a los 60° - 55° en los horizontes limo-arenosos; los cuales aparecen afectados por una erosión en cárcavas que terminan por provocar desprendimientos y desplomes de los depósitos de gravas que les superponen.

Taludes recomendados: En principio, y en ausencia de estructuras que hagan prever la existencia de roturas de tipo gravitacional, los perfiles a dar en este grupo puede estar entre los valores 1H:1V y 1H:1'5V.

Capacidad portante: Se debe considerar a este grupo litológico con capacidad resistente moderada como mucho, y siempre que los depósitos adquieran cierta potencia, dado que en muchas ocasiones el substrato puede ser de peores características que la terraza. A este respecto convendrá siempre tener un perfecto conocimiento del perfil de la terraza incluyendo las características del terreno que la soporta. En general se considera que las solicitudes de carga con alguna entidad deben remitirse al substrato.

La presencia de limos y limos arcillosos en superficie o intercalados en lechos lenticulares pueden dificultar el drenaje superficial y facultar la existencia de freáticos temporales a nivel de superficie que pueden dar lugar a pequeños asientos diferenciales en situación de cargas por infraestructuras.

Ripabilidad: Materiales ripables en su totalidad.

## COLUVIALES (C,c)

Este grupo se describe en la Zona 2 donde se encuentra mejor representado.

## CONOS DE DEYECCIÓN (D,d)

### - Litología

Este grupo litológico está constituido por depósitos heterométricos de gravas y cantos, subangulosos a subredondeados cuya naturaleza litológica está claramente influida por la composición de sus áreas de drenaje. Está sostenido por una proporción muy elevada de limos y arcillas. Se han detectado conos de deyección muy antiguos, incluso formando parte de los materiales de los grupos litológico (350) y (321b). La alterabilidad se estima moderada-alta.

- Estructura

Este grupo conforma laderas de pendientes suaves y tendidas. La continuidad lateral de este grupo es muy escasa. Se dispone subhorizontalmente. Interiormente presenta una estructura masiva, y en conjunto una estructura en cuña-abanico. El grado de fracturación es muy bajo. La potencia de este grupo se estima entre 0.5 m y 3 m para (d), y entre 3 m y 10 m para (D).

- Geotecnia

Permeabilidad: Grupo formado por materiales con permeabilidad variable en general aceptable por percolación y porosidad aunque la alta proporción de matriz limo-arcillosa que presentan muchos lechos lenticulares de su estructura dificultan localmente la transmisibilidad.

Estabilidad natural: Los terrenos ocupados por este grupo litológico están sometidos, en gran parte, a los problemas de dinámica fluvial (erosión y aterramiento) en épocas de grandes avenidas.

Capacidad portante: De los materiales de este grupo pueden esperarse respuestas resistentes moderadas, y la posibilidad de darse problemas, también moderadas por asentamientos diferenciales. La escasa potencia de estos depósitos en muchas ocasiones, obligará a transferir el substrato cualquier solicitud de esfuerzos.

Ripabilidad: Grupo ripable en toda su extensión.

## COLUVIALES SOMEROS SOBRE PIZARRAS Y CUARCITAS, Y MATOS DE ALTERACIÓN (V)

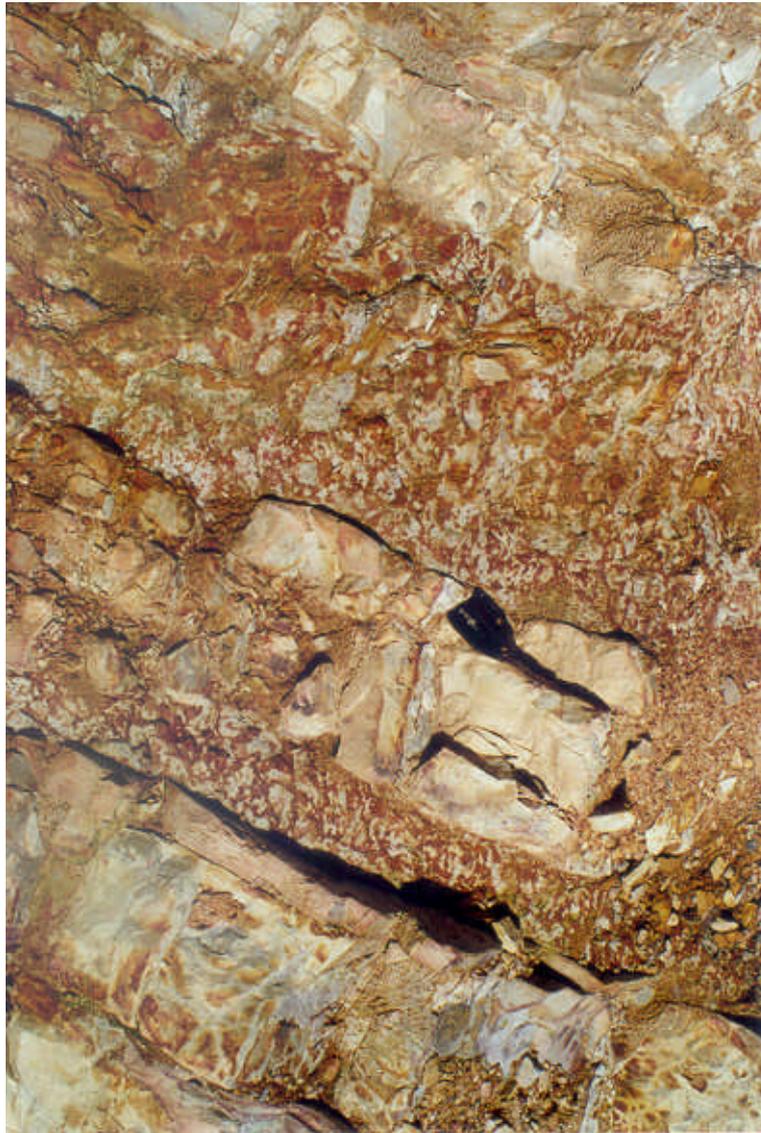
- Litología

Este grupo litológico está constituido por un manto profundo de alteración meteórica que puede alcanzar 10 metros de potencia, sobre el que suele existir un suelo de naturaleza coluvio - eluvial, cuya potencia media se puede estimar en 1'5 m, constituido por limos, arcillas y cantos dispersos de cuarcita con un tamaño medio comprendido entre 3 y 6 centímetros. Por debajo de este manto coluvial se sitúa el horizonte de alteración, sobre los materiales metamórficos, de edad mesozoica. El horizonte superior es un horizonte de color crema con tonalidades naranja-amarillento

y verde claro. Este horizonte es muy plástico. Por debajo de este nivel aparece un horizonte de tonos verdes y rojizos conformando un "pseudogley" al cual se superpone a otro de tono mucho más rojizo y arcilloso. Esta alteración es particularmente importante en las zonas de falla y despegues entre capas, donde coexisten paquetes cuarcíticos y pizarrosos muy poco alterados, con áreas profundamente alteradas donde el reconocimiento de la roca madre es imposible. Localmente, estas áreas aparecen como un conjunto brechoide confundible con los materiales detríticos terciarios pertenecientes al grupo litológico (321b). En estos niveles de alteración son frecuentes las rubefacciones, los niveles siderolíticos con neoformación de hematites y gohetita, las caolinizaciones y las carbonataciones. La compacidad y la dureza de este grupo se estima muy baja. (Fotos 40 y 41).

- Estructura

Este grupo conforma relieves alomados y en áreas de ladera o vaguadas. Los mantos de alteración no tienen signos de plegamiento, aunque se pueden observar pliegues remanentes de edad hercínica pertenecientes a la roca madre. Un caso análogo ocurre con las fallas. Sin embargo se han detectado fallas de tipo inverso afectando a este grupo, concretamente en el contacto con las cubetas terciarias. No obstante, el grado de fracturación es muy bajo o nulo a nivel global. Se estructura en horizontes de potencia métrica, y el espesor medio estimado para este grupo varía ampliamente, debido a sus condicionantes genéticos, entre 3 y 10 metros.



*Foto 40. Detalle de la alteración sobre los materiales cuarcíticos y pizarrosos del grupo litológico (121c). Nótese como la alteración presenta una clara anisotropía, siendo mucho más intensa en los materiales pizarrosos. Pk(31) de la carretera regional 721.*



*Foto 41. Perfil litológico del manto de alteración constitutivo del grupo (V), en el que se pueden observar los diferentes estadios evolutivos de este tipo de suelos. Puerto de las Peñas Pardas, pk(34) de la carretera nacional (430).*



*Foto 42. Depósitos coluviales sobre pizarras, areniscas y cuarcitas del grupo litológico 121a en el que se aprecia un horizonte de alteración importante. En relación con este horizonte se puede observar como el nivel más superficial del coluvión está fosilizando a otros mantos de derrubios de gravedad que muestran claramente estructuras de deslizamiento. Carretera local de Porzuna a Picón, pk.(7).*

- Geotecnia

Permeabilidad: El horizonte superior coluvio - eluvial se considera con permeabilidad media - alta en tanto que el manto de alteración presenta una naturaleza impermeable clara.

Estabilidad natural: En relación con el horizonte de alteración se ha desarrollado a lo largo del Plio-cuaternario toda una serie de procesos de inestabilidad de vertientes que de forma muy atenuada subsiste en la actualidad. De alguna forma, la gran mayoría de los grandes deslizamientos y corrimientos de ladera fósiles que afectan a potentes masas coluviales, a las series alternantes pizarroso - areniscosas y a la formación terciaria tienen su origen en este manto de alteración Pre-eoceno.

Taludes artificiales observados: Son muchos los taludes de pequeña y mediana altura en los que puede observarse este horizonte de alteración. Con frecuencia, se puede apreciar en ellos, rasgos de esa inestabilidad fósil comentada anteriormente y que de alguna forma va a condicionar la estabilidad del talud en este nivel. (Foto 42).

Taludes recomendados: Los taludes de excavación que afecten a este grupo litológico deben diseñarse con una pendiente muy tendida en el horizonte constitutivo del mismo. En general, no deberían diseñarse con pendientes superiores a 1H:1V, valor que en muchas ocasiones resultará necesario rebajar.

Capacidad portante: Como mucho puede esperarse una resistencia moderada a nivel local circunstancialmente, aunque como normal, se considera a este grupo litológico, de estructura superficial, con condiciones portantes bajas.

Ripabilidad: Grupo ripable.

## RAÑAS (350) - NIVELES DE GLACIS (g)

- Litología

En este grupo litológico se incluyen los diferentes niveles de deposición que conforman las superficies culminantes del terciario comúnmente denominada raña (grupo litológico (350)) y los diferentes niveles de glacis (grupo litológico (g)), de edad cuaternaria. El grupo litológico (350) es un conglomerado de cantos heterométricos (el tamaño medio oscila entre 10 y 20 cm), fundamentalmente cuarcíticos, y en menor proporción de cuarzo, irregularmente cementado por carbonatos y con una matriz arenosa y arcillosa. Es muy frecuente encontrar un horizonte, de 0.5 m

de potencia, culminando la raña, de gravillas sueltas, de cuarcita alterada con una pátina ferruginosa, de cantos redondeados, homogéneos y de 1 cm de diámetro. Dentro de la raña (350) se han incluido sus vertidos y algunos niveles de glacis encajados sobre esta superficie que muy frecuentemente queda estructurado con escarpes de erosión de origen poligénico. Los depósitos de vertido de raña y los “rañizos” encajados sobre el nivel más alto de la raña, están constituidos por gravas y gravillas no superiores a los 7 centímetros de diámetro inmersos en una abundante matriz arcillosa y arenosa. (Foto 43).



*Foto 43. Talud excavado sobre los materiales del grupo litológico (350). Pk(255) de la carretera nacional 430.*



*Foto 44. Morfología típica del grupo litológico (350). En último plano, se pueden observar los relieves ancianos ordovícicos, disectados por la superficie de erosión fundamental. Raña de Valhondo desde el puerto de Veredas, Hoja 783 de Abenojar.*

Los niveles de glacis pertenecientes al grupo litológico (g) están constituidos por gravas y gravillas silíceas de cantos de 10 cm de diámetro soportado por una matriz arenosa y arcillosa. Muy a menudo este grupo litológico aparece muy enriquecido en matriz, haciéndose muy arenoso y arcilloso, y presentando los cantos de forma dispersa. A veces, debido a la alta proporción de finos, estos materiales se podrían clasificar como un mudstone. La alterabilidad se estima entre moderada y alta, dependiendo fundamentalmente del contenido de finos.

- Estructura

Este grupo litológico conforma los depósitos de las diferentes superficies de erosión-deposición que se han generado desde el Plioceno al Pleistoceno. La raña, estratigráficamente, culmina las cuencas terciarias y constituye un pedimento que arranca de los relieves cuarcíticos ordovícicos. Los niveles de glacis se encajan en la raña movilizandando parte de sus materiales. Su disposición es subhorizontal. Su ubicación junto a importantes accidentes tectónicos, y la presencia de coladas volcánicas sobre la superficie de la raña, sugiere la posibilidad de una tectonicidad, muy local, moderada-alta. La estructura interna de este grupo se considera masiva. A escala cartográfica posee una estructura en cuña ya que la potencia va aumentando a medida que nos separamos de los relieves cuarcíticos. Debido a este fenómeno la potencia de este grupo es muy variable y oscila de 0.5 a 10 metros. (Foto 44).

- Geotecnia

Permeabilidad: Formaciones con permeabilidad por percolación y porosidad que podrán oscilar de alta a moderada en proporción del contenido arcilloso del grupo litológico a nivel local.

Estabilidad natural: La circunstancia de que estos grupo litológicos, especialmente el (350), se sitúe sobre formaciones de naturaleza detrítico arcillosa del Terciario o sobre un horizonte de alteración arcilloso en pizarras paleozoicas propicia la existencia de fenómenos de deslizamiento en los bordes de los terrenos aterrizados como consecuencia del encajamiento de la red fluvial por debajo del nivel de las rañas y glacis. (Foto 45).



*Foto 45. Talud artificial inestable excavado en un sector de ladera con deslizamientos fósiles que implican a pizarras del grupo 122a y a depósitos de raña 350, carretera nacional 430, pk. (254).*

Taludes artificiales observados: Taludes de excavación que afecten exclusivamente a estas formaciones son lógicamente de pequeña entidad debido a la escasa potencia de los mismos salvo raras excepciones en donde ha sido cortado en nivel de raña mas alto. Los taludes conformados oscilan entre pendientes 1H:1V y 1'5H:1V, evolucionando posteriormente en razón del grado de compactación y proporción del componente arcilloso del grupo litológico a nivel local. La evolución de la raña inicial, creando niveles escalonados de rañas secundarias heredadas y glaciais a lo largo del cuaternario, determina la existencia de diferenciaciones en la potencia, compactación y proporción entre elementos finos y gruesos en distintos niveles.

Es frecuente ver a estos grupos coronando los taludes excavados en las formaciones terciarias o paleozoicas. En estos casos su comportamiento depende de la posibilidad de que existan o pueda instalarse un horizonte freático, en el contacto, ya que en el caso positivo esta circunstancia constituirá un elemento negativo para la estabilidad del talud.

Taludes recomendados: Si los desmonte van a afectar sólo a estos grupos litológicos, es decir, no van a tener alturas importantes normalmente, el perfil en principio que podrá darse no debe exceder del 1H:1V. En los casos en donde estas forma-

ciones se vean afectadas por deslizamientos de ladera, o se vea muy poco compactada o con alta proporción arcillosa, el talud no debe superar el 1'5H:1V.

Capacidad portante: Las condiciones resistentes de este grupo pueden variar en un amplio margen que va desde respuestas moderadas a bajas en razón de su potencia, compactación, condiciones de estabilidad natural, composición litológica y naturaleza del substrato.

En condiciones normales de plataformas llanas o de muy suave pendiente, suele constituir un buen cimiento para la calzada siempre que no exista un horizonte freático de naturaleza temporal a nivel de superficie. En solicitaciones de alguna importancia el bulbo de presiones será referido normalmente al substrato.

#### ARENISCAS, ARENAS Y FANGOS VARIOLADOS, LOCALMENTE CONGLOMERADOS Y BRECHAS (321b) ARENAS, FANGOS Y NIVELES FERRALITICOS (321b1)

##### - Litología

Este grupo litológico está constituido por areniscas, arenas y fangos variolados; y localmente por conglomerados y brechas. Estos últimos son muy abundantes en la base del grupo, donde los cantos de cuarcita aparecen alterados y heterométricos (con un tamaño medio entre 15 y 20 centímetros). Presenta subproductos edáficos como la caolinita y costras ferralíticas. Las brechas basales se sitúan en el contacto con el substrato paleozoico y precámbrico que sufre una alteración muy intensa con neoformación de arcillas edáficas (caolinita illita, gibbsita, etc ...) y costras ferralíticas. A veces la alteración del substrato es tan intensa que es imposible diferenciarlo del grupo litológico 321b en facies arcillo-arenosa depositado encima. Debido a esta razón, se ha cartografiado, en algunas áreas, el substrato profundamente alterado como el grupo litológico (321b) debido a la similitud de facies, comportamiento geotécnico similar y/o imposibilidad de representación cartográfica, en casos de áreas muy reducidas. Los fangos variolados están constituidos por arenas arcillosas y limosas con intercalaciones de niveles lentejonares de conglomerados de cantos de cuarcita subredondeados y redondeados. Localmente estos conglomerados pueden adquirir potencias importantes, del orden de los 3 ó 4 metros, como en el arroyo de los Gavilanes, en las proximidades de la localidad de Saceruela. Las arenas arcillosas y limos son de colores pardo - rojizos y de tonos vinosos, localmente pardo - amarillentas y blancas. Es frecuente encontrar pequeños niveles centimétricos ferralíticos de origen edáfico intercalados en este grupo. En algunas áreas del Tramo, como en la Hoja 784 se ha definido como subgrupo litológico (321b1) a las facies arenosas y limosas del presente grupo litológico con numerosas intercalaciones, de aproximadamente un metro de potencia, de brechas ferruginosas y costras ferralíticas. (Fotos 46 y 47).



Foto 46. *Facies arenosas y caolínicas del grupo litológico (321b). Nótese el acarreamiento y los pequeños desplomes generados en la esquina derecha con motivo de las fuertes precipitaciones del invierno 1996-97. El talud culmina con un nivel de terraza. Puente de Luciana.*

- Estructura

El grupo litológico tiene una estructura tabular en conjunto. Los conglomerados basales poseen una geometría de cuña, y las intercalaciones conglomeráticas en las arenas y fangos, lenticular. Se disponen discordantemente sobre un substrato metamórfico (paleozoico y precámbrico indistintamente) intensamente alterado. Rellenan por lo general un paleorelieve, completando las cubetas de Piedrabuena-Bullaque, Porzuna y El Casarejo. Se disponen subhorizontalmente, suavemente deformado y fallado. En el contacto con las sierras paleozoicas, las fallas son de tipo inverso. Un bonito ejemplo de este tipo de contacto se encuentra en el puerto de los Quejigares, en el pk(4.5) de la carretera de Picón a Porzuna. Este grupo litológico se encuentra erosionado y fosilizado por el grupo litológico 350, perteneciente a la raña, y los diferentes niveles de glaciares (g). Su potencia en todo el tramo no excede los 20 – 30 metros.



*Foto 47. Conglomerados y fangos variolados pertenecientes al grupo litológico (321b). Carretera nacional 430 de Luciana a Piedrabuena.*

- Geotecnia

Permeabilidad: La constitución litológica de este grupo dominado por depósitos de naturaleza limo-arenosa y limo-arcillosa, hacen de él una unidad con comportamiento de baja o muy baja permeabilidad en la mayoría del cuerpo del mismo, pero por otra parte, el contenido de horizontes detríticos gruesos con alta permeabilidad intercalados en la serie, faculta la existencia de freáticos colgados o cautivos en la formación.

Estabilidad natural: En áreas en donde este grupo litológico constituye medias laderas, se ha detectado en ellas, con cierta frecuencia, fenómenos de inestabilidad fósil. En relación con este tipo de procesos geomorfológicos se pueden apuntar algunas causas que los rigen:

- a) La base de la formación se apoya normalmente sobre un substrato paleozoico alterado profundamente. Este manto de alteración constituye un horizonte enteramente arcilloso con alto contenido en caolín.
- b) En la composición del propio grupo abundan los componentes arcillosos con alto contenido en caolines y en algunos casos es posible la presencia de montmorillonita.
- c) Presencia de freáticos colgados o cautivos creados por los depósitos detríticos gruesos que intercala el grupo litológico, o bien se le superponen como es el caso de rañas, glacis, coluviales o terrazas aluviales.

Taludes artificiales observados: Se trata normalmente de desmontes de pequeña o mediana dimensión, casi siempre por debajo de los 10 metros.

Debido a los cambios laterales que puede sufrir este grupo litológico los taludes pueden aparecer conformados por horizontes exclusivamente limo-arenosos y limo-arcillosos, por estos mismos materiales intercalando lechos de conglomerados, o bien por una abundancia de horizontes detríticos gruesos y escasez de lechos limo-arcillosos. La gran mayoría de ellos son los creados por los horizontes limo-arenosos y limo-arcillosos de tonos variolados que intercalan algún lecho de conglomerado; lo normal también es que en estos taludes exista en coronación un horizonte de raña, glacis coluvial o terraza.

Los problemas detectados en la mayoría de ellos provienen de su fácil erosionabilidad con formación de cárcavas e inestabilidad por desplomes así como deslizamiento por flujos superficiales y rotacionales en los horizontes más arcillosos que normalmente se corresponden con los tramos basales en el que se incorpora el horizonte de alteración de transición al substrato.

Taludes recomendados: La variabilidad litológica y las circunstancias geomorfológicas diversas de estos terrenos condicionan taludes de excavación de pendientes muy distintas según los casos locales. En los tramos de naturaleza más arenolimsa y con detritos gruesos las pendientes de tipo 1H:1'5V incluso más fuertes serían recomendables con el fin de evitar problemas erosivos excesivos. La aparición de horizontes muy arcillosos enriquecidos en caolín como los existentes en las zonas próximas al contacto con el substrato alterado y en áreas afectadas por deslizamientos fósiles obligarán al tendido del talud por debajo del 1'5H:1V.

Capacidad portante: En relación con la diversidad litológica, estructural y geomorfológica ya apuntadas en apartados anteriores, la capacidad resistente de este grupo litológico se considera que podrá oscilar normalmente entre moderada y baja circunstancialmente en zonas de media ladera. En cualquier caso se aconseja la ejecución de estudios pormenorizados de este grupo en caso de necesidad de apoyos en él.

Ripabilidad: Grupo ripable en su totalidad.

## TOBAS Y TUFITAS (122b)

### - Litología

Este grupo litológico está constituido por una sucesión de tobas y tufitas volcánicas en bancos de espesor métrico y decamétrico, concordantes con la estratificación. Las tobas son rocas piroclásticas, bien soldadas y constituidas por fragmentos de roca volcánica y metamórfica. Los clastos de roca volcánica son mayoritarios, presentan tonos verdosos y un aspecto vítreo. Las tufitas están constituidas por areniscas cuarcíticas con fragmentos de rocas volcánicas. Dentro del paquete volcánico es frecuente encontrar intercalaciones de naturaleza pizarrosa que suelen incluir en su interior material de tipo piroclástico. Se han detectado algunos niveles de alteración hidrotermal o pneumatolítica, que presentan en su interior minerales como azufre, yeso y otros sulfatos. La compacidad y la dureza se estiman muy altas. En términos generales presenta una alterabilidad muy baja, si se exceptúan los niveles que contienen sales. (Fotos 48 y 49).



*Foto 48. Pizarras y rocas volcánicas pertenecientes al grupo litológico (122b). pk(243) de la carretera nacional 430.*

- Estructura

Estratigráficamente se sitúa dentro del grupo litológico 122a. Estructuralmente está ubicado exclusivamente dentro del sinclinal de La Puebla de Don Rodrigo. Los mejores afloramientos están entre el kilómetro 242 y 244 de la Carretera Nacional 430 Badajoz - Ciudad Real. Posee una buena continuidad lateral. En su conjunto posee una estructura lentejona. Se encuentra fuertemente plegado y fracturado. La intensidad del diaclasado se considera moderada. El buzamiento de las capas es subvertical. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima entre 75 y 200 metros.



*Foto 49. Detalle de los materiales soldados de tipo piroclástico pertenecientes al grupo litológico (122b). Pk (243) de la carretera nacional 430.*

- Geotecnia

Permeabilidad: Materiales sólo permeables por fisuración. Conjunto poco permeable en general.

Estabilidad natural: Se han detectado algunas roturas de pendiente fósiles debido a corrimientos.

Taludes artificiales observados: El talud excavado en esta formación lo hace perpendicular a la capa. Los estratos duros y competentes de los materiales volcánicos resisten bien las pendientes fuertes adoptadas en el talud aunque no están ausentes problemas de desprendimientos y corrimientos de cuñas. Los paquetes más pizarrosos sufren una degradación más rápida.

Taludes recomendados: En direcciones de excavación que formen en ángulo superior a los 45° con el rumbo de las capas, los taludes aconsejables no deben exceder del valor 1H:2V, el cual, será válido asimismo para taludes con capas a contrapendiente.

Capacidad portante: Los materiales de este grupo, especialmente los horizontes de estratos potentes volcánicos poseen una capacidad resistente muy elevada, en tanto que los de naturaleza pizarrosa sólo se les puede exigir una respuesta moderada en apoyos superficiales a media ladera. Circunstancialmente estos terrenos están afectados por roturas de gravedad, a consecuencia de lo cual, las condiciones resistentes del terreno en estas áreas, localizadas, quedarán disminuidas. La posible presencia de sales solubles en algunas capas pizarrosas aconseja en cualquier caso a estudios pormenorizados en la detección de estos elementos por sus implicaciones geotécnicas y su problemática de agresividad.

Ripabilidad: Grupo no ripable en su gran mayoría.

## PIZARRAS (122a)

### - Litología

Este grupo litológico está constituido por pizarras pardo negruzcas en corte fresco y de tonos verdosos y rojizos el horizonte de alteración. Se trata de pizarras microcristalinas de sericita y clorita con una cantidad muy variable, dependiendo de los tramos, de limo fino de cuarzo y micas. Se trata en su conjunto, de una serie bastante homogénea litológicamente. Presentan una compacidad alta. La dureza se estima moderada. El grado de alteración es muy alto, en especial bajo el contacto con las unidades cenozoicas. Localmente, como producto de la alteración este grupo puede transformarse en una arcilla muy plástica de tonos rojos vinosos. A veces es frecuente encontrar pequeños niveles de areniscas y cuarcitas ricas en óxidos de hierro y micas generalmente oxidadas a la base de la unidad. Estos pequeños niveles detríticos son de grano fino, subredondeados y subangulosos, y están formados mayoritariamente por cuarzo, y en menor proporción fragmentos de roca volcánica alterada a cloritas y óxidos de hierro. Suele estar muy cubierto por coluviales y mantos de alteración pertenecientes al grupo litológico (C1), o por otros diversos depósitos cuaternarios, muy someros, tipo glacis. En el área Oeste del Tramo en las cercanías del Puente de Retama sobre el río Guadiana aparecen intercalaciones importantes de rocas volcánicas, que cuando tienen unas dimensiones significativamente cartografiables, se han diferenciado como el grupo litológico 122b. (Foto 50).

### - Estructura

Da lugar a áreas deprimidas y a relieves muy suaves. Cartográficamente, se localiza a lo largo de la margen derecha del río Guadiana. Las pizarras presentan una esquistosidad hercínica muy penetrativa, por lo que es muy difícil diferenciar las superficies de estratificación original. El grado de plegamiento se considera intenso en

todo el grupo. Asimismo, se han detectado muchas fallas inversas y planos de cabalgamiento en el interior de este grupo. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima en 500 metros.



*Foto 50. Cuarzitas alteradas pertenecientes al grupo litológico (122a) en el pk (260'5) de la carretera nacional 430.*

- Geotecnia

**Permeabilidad:** Este grupo presenta una impermeabilidad muy alta y solo por fisuración lo será de forma muy moderada.

**Estabilidad natural:** Las zonas ocupadas por los materiales de este grupo es normal que hayan desarrollado un paisaje escarpado que delata una débil resistencia ante la erosión lineal, especialmente en áreas donde los paisajes aparecen con un manto de alteración profundo. Por otra parte los movimientos gravitacionales de ladera son relativamente frecuentes cuando estos materiales soportan algún grupo litológico que pueda crear un acuífero colgado sobre las pizarras; normalmente los materiales detríticos del terciario y cuaternario; problemática que se ve favorecida por la alteración profunda que se observa en gran parte de este grupo. (Foto 51).



*Foto 51. Pequeña cantera de arcillas donde se explotó los materiales alterados del grupo litológico (122a). Pk (261) de la carretera nacional 430.*

Taludes artificiales observados: Se trata en general de desmontes bajos o medios que no superan los 10 metros de altura normalmente en los cuales la pendiente dada suele oscilar entre el 1H:2V y el 1H:1'5V, raramente el 1H:1V. El deterioro de estos taludes están muy relacionados con el grado de alteración de la roca y muy especialmente con la existencia de formaciones suprayacentes que constituyan acuíferos, como pueden ser los depósitos de raña o coluviones potentes. En estos casos es normal que las pizarras se vean afectadas por deslizamientos que reactiven antiguos movimientos fósiles o latentes. En cualquier caso es normal encontrar en el primer metro del terreno de las superficies de media ladera, aunque sean poco pronunciadas fenómenos de vuelco y reptación de estratos. (Fotos 52 y 53).



Foto 52. Talud excavado sobre los materiales pizarrosos del grupo litológico (122a). Pk(264) de la carretera nacional 430.



Foto 53. Corrimiento de una cuña en pizarras deslizadas del grupo 122a en zona de contacto por falla con el grupo 122b. Pk.(243) de la carretera nacional 430.

Taludes recomendados: Siempre que las pizarras están desprovistas de recubrimientos potentes constituidos por formaciones permeables que puedan crear acuíferos colgados, las pendientes aconsejables pueden oscilar entre la 1H:1'5V y 1H:1V para las áreas con mayor alteración y la 1H:2V para las pizarras poco alteradas. Circunstancialmente la estructura local desfavorable (alta tectonicidad, alteración profunda, roturas de ladera fósiles o latentes) requerirá taludes del orden 1'5H:1V o incluso más tendidos, o bien el adoptar medidas de contención. En las áreas en las que afloran algunos tramos constituidos por alternancias de pizarras y areniscas tableadas los taludes quedarán muy condicionados por la disposición de las capas, y los taludes a dar podrán oscilar entre 1H:2V y 1H:1V aunque lo aconsejable sería no proyectar pendientes por encima de 1H:1'5V.

Es recomendable la construcción de amplias cunetas al pie del talud y cunetas de guarda en la construcción de los mismos.

Capacidad portante: Los materiales de este grupo deben considerarse de resistencia moderada ante cargas superficiales; especialmente en sollicitaciones a media ladera en donde con cierta frecuencia las condiciones portantes pueden llegar incluso a ser bajas en razón de la alteración profunda de la roca y la existencia de roturas de ladera por deslizamientos fósiles. En terrenos de superficies alomadas en áreas de poco a nada alteradas, la capacidad portante del terreno será normalmente alta o moderadamente alta, especialmente en los Tramos más altos de la serie en donde son frecuentes los Tramos de alternancias de pizarras, areniscas y cuarcitas.

Ripabilidad: Grupo mayoritariamente ripable que puede presentar localmente características de marginal en áreas de pizarras poco o nada alteradas con alternancias o no de arenisca y cuarcitas.

## PIZARRAS Y GRAUVACAS (010a)

### - Litología

Este grupo litológico está constituido por los tramos turbidíticos precámbricos aflorantes en el Tramo, y en menor proporción por la serie detrítico carbonatada que se intercala entre dos potentes series turbidíticas. Una característica bastante generalizada de los materiales que integran este grupo litológico es su alto grado de alteración y la potencia importante que adquiere la misma.

Las turbiditas constituyen series rítmicas muy monótonas donde alternan bancos grauváquicos gris verdosos y lutíticos verdosos, los primeros inferiores al metro. Las grauvacas se componen, principalmente de cuarzo, generalmente volcánico, en una proporción de hasta el 50% del total de la roca, con tamaño de grano varia-

ble entre 4 y 800 micras, feldespato (hasta el 20%), fragmentos de roca (entre el 10% y 20%), biotita (5%) y accesorios como circón, apatito, esfena y opacos. Como consecuencia del metamorfismo regional aparece en la matriz detrítica clorita y sericita por recristalización. Muy frecuentemente la roca está contaminada por óxidos de hierro que pueden llegar en ocasiones a suponer el 70% del total de la roca.

Las intercalaciones lutíticas entre los bancos de grauvacas corresponden a una pelita de color verdoso con aportes de cuarzo que puede llegar hasta el 50 % del total de la roca. La matriz es arcilloso - lutítica muy abundante (35 % - 40 %) que ricristaliza en sericita y clorita evidenciando un metamorfismo regional muy bajo. Los óxidos de hierro pueden alcanzar el 15 % de la roca. (Foto 54).



*Foto 54. Relieve alomado en la serie turbidítica del grupo 010a. Entre las pizarras lutíticas alteradas destaca un paquete de garuvacas con dirección sinuosa y buzamiento verticalizado. Proximidades del cortijo Casas de la Dehesilla al Oeste del río Hojalora.*

La inclusión de una parte de los afloramientos de la serie carbonatada en este grupo, siempre en proporción superficial mucho menor que la ocupada por los materiales turbidíticos, se corresponde con tramos más lutíticos y alterados, en los que predominan las pizarras de diferente granulometría. Las de grano fino (limo - arcilla) están compuestas por sericita, clorita, óxidos de hierro, minerales opacos y cuarzo,

este último en proporción del 5% - 10%. Los otros niveles son de fracción arena fina, y están formados por cuarzo (40%) y feldespatos (40%) muy alterados, casi transformados en cemento. Los opacos son el 5% de la roca.

Las calizas son bioclásticas, oscuras, casi negras y aunque en la serie pueden adquirir espesores entre 2 cm y 6 ó 7 m en las áreas incluidas en este grupo no será normal encontrar bancos potentes. Las arcosas y grauvacas aunque están presentes en toda la sucesión son más frecuentes hacia el techo de la serie. En los enclaves incorporados a este grupo litológico son desde luego de menor importancia.

#### - Estructura

En los materiales incluidos dentro de este grupo litológico estarían representados, a grandes rasgos, gran parte de la serie precámbrica del Tramo. Se recogen en él mismo, la serie turbidítica inferior de edad Vendense cuya potencia se estima entre 500 y 600 m, una parte del afloramiento de la serie detrítica carbonatada que se superpone a la anterior y puede llegar a espesores entre 350 y 120 m, y finalmente otro tramo lutítico grauváquico a techo de la serie que con el anterior representan al vendense superior.

La serie precámbrica representada por estos materiales constituye una amplia estructura anticlinal (Domo de Abenojar) con varios ejes orientados N-S aproximadamente que son cortados por fallas de direcciones NE-SO y NO-SE que estructuran y tectonizan muy fuertemente a los materiales. El contacto que estas series establecen con el Ordovícico es discordante y con frecuencia mecanizado.

Este grupo constituye relieves alomados y suaves, que perfilan una superficie de planización. Se encuentra siempre en cotas inferiores a los relieves cuarcíticos paleozoicos. Posee una estructura tabular, alternante irregular y bastante homogénea. Los bancos grauváquicos poseen una potencia que oscila entre 10 cm y 1 m, localmente estos bancos pueden tener potencias algo mayores como 2 ó 3 m. Por lo general la estructura de los bancos es masiva. La continuidad lateral de los bancos supera la centena de metros. Los bancos pizarrosos tienen una potencia entre 50 cm y 2 m, y se encuentran frecuentemente laminados. En grado de alteración es variable, pero se puede dar como alto en términos generales. El grado de fracturación y la intensidad de diaclasado son altos. El grado de metamorfismo es muy bajo. Se encuentra intensamente plegado y fallado.

- Geotecnia

Permeabilidad: Este grupo presenta permeabilidad solamente por fisuración. No obstante pueden diferenciarse al menos dos áreas diferentes al respecto en razón del grado de meteorización del grupo. En los terrenos donde existe un manto profundo de alteración meteórica la capacidad de infiltración de las aguas de escorrentía es menor que aquellos en donde tal capa de suelo no existe o es muy escasa.



Foto 55. *Deslizamiento en profundidad de los materiales alterados del grupo litológico (010a). En el segundo plano se observa como la carretera ondula a consecuencia de los movimientos de la ladera. Camino al castillo de Hojalora desde la Casa de las Terceras.*

Estabilidad natural: Las pizarras y grauvacas, por lo general muy alteradas en este grupo, no resisten pendientes acusadas y a veces ni siquiera moderadas, constatado al haber observado alguna rotura de ladera en terrenos suavemente alomados. (Foto 55). Los problemas de inestabilidad de laderas está muy catalizado por la existencia de plataformas de erosión y acumulación de glaciares y rañas que se apoyan sobre este grupo creando sobre el mismo pequeños freáticos colgados que a la postre son los causantes de la inestabilidad observada. Se trata de un fenómeno bastante extendido. Cuando los materiales aflorantes están desprovistos de ese manto de alteración profundo el terreno presenta una buena estabilidad natural.

Taludes artificiales observados: Prácticamente no existen en el Tramo taludes de excavación en estos materiales. Los observados fuera del mismo en materiales sin alteración son de dimensiones medias y de perfiles muy fuertes.

Taludes recomendados: La excavación de taludes en rocas muy alteradas de este grupo litológico requerirá en general pendientes muy tendidas no superiores al 1'5H:1V, y en el caso de existir una montera de material granular procedente de una raña o glacis convendría eliminarla retranqueando en lo posible este nivel y drenar convenientemente, de las plataformas creadas, las aguas meteóricas mediante cunetas de guarda.

En los terrenos no alterados que son los menos en este grupo, el diseño de taludes debe estar condicionado por la estructura local que presenta el grupo. En el caso favorable los desmontes podrían admitir valores en el entorno 1H:1'5V a 1H:2V. En condiciones favorables inducidas por las direcciones y entramado de los planos de estratificación, esquistosidad, diaclasado y fractura, las pendientes aconsejables pueden descender hasta por debajo del valor 1H:1V. Lo normal es que no puedan excavarse taludes con pendientes superiores al 1H:1V debido a la alteración profunda que afecta a gran parte de este grupo litológico y a su alto grado de diastrofismo.

Capacidad portante: Las rocas alteradas de este grupo, que son mayoría se las debe suponer con resistencias de moderadas a bajas. A media ladera no es aconsejable cimentar superficialmente; especialmente si existen por encima plataformas con depósitos detríticos (rañas, glacis, etc ...), ya que, en estos casos es muy frecuente que las laderas estén afectadas por deslizamientos de gravedad.

Las rocas poco o nada alteradas del grupo se consideran con resistencia alta aunque en apoyos superficiales a media ladera la capacidad portante puede llegar a ser moderada en razón de la estructura.

Ripabilidad: La mayoría del grupo, al menos en los primeros metros que se aprecian alterados, será ripable. No lo serán por medios mecánicos normales las áreas poco o nada alteradas y las situadas por debajo del horizonte de alteración.

## PIZARRAS, CALIZAS, GRAUVACAS, ARENISCAS Y BRECHAS INTRAFORMACIONALES (010b)

### - Litología

Este grupo litológico está constituido por la serie intermedia del Vendiense de naturaleza detrítico carbonatada situada entre las series turbidíticas que constituyen en su mayoría el grupo 010a.

Los materiales más abundantes son las pizarras que presentan bandeados milimétricos y centimétricos de diferente granulometría. Las de grano fino son del orden limo - arcilla y están compuestas por sericita, clorita, óxidos de hierro, minerales opacos y cuarzo, este último en una proporción del 5 %. Los de grano más grueso son de tipo arena fina y están formados por cuarzo (40 %) y feldespato (40 %) muy alterados y transformados casi a cemento. Los minerales opacos representan al 5 % del total de la roca.

Las calizas son de tonos oscuros, casi negros. Se intercalan entre las pizarras en bancos que pueden tener potencias entre unos pocos centímetros y 6 ó 7 metros.

Se trata de bioclastitas ricas en restos orgánicos con una textura alotriomorfa heterogranular de cristales de calcita maclados polisintéticamente. En la composición aparece también cuarzo detrítico de tamaño arena fina en proporción del 5% - 10%, así como elementos terrígenos tamaño fino en proporción menor del 5%, opacos y sombras de elementos aloquímicos que corresponden a fósiles.

Las grauvacas y areniscas arcósicas están presentes en toda la sucesión. Se intercalan constituyendo bancos de 20 – 40 cm de potencia, incrementando su presencia hacia el techo de la serie. Las arcosas se componen de cuarzo (60 % - 70 %) y feldespato alterado generalmente a sericita. La turmalina, circón, rutilo, micas y opacos constituyen los minerales accesorios. El cemento está integrado por sericita y óxidos de hierro.

Las grauvacas se componen de cuarzo (50% - 65%), feldespatos (10% - 25%) muy alterados a sericita y óxidos de hierro, y minerales accesorios (circón, apatito, rutilo, micas y opacos). El cemento es limo - arcilloso y ocupa el 15% del total de la roca.

Dentro de este grupo aparecen también en la zona del río Hojalora un tramo de brechas intraformacionales formadas por cantos de materiales grauváquicos, semejantes en todo a las grauvacas que constituyen las series turbidíticas, inmersos en una matriz inicial lutítica. En campo, estos esquistos suelen presentarse menos alterados que las pizarras y grauvacas de las series turbidíticas inferior y superior. (Foto 56).



*Foto 56. Relieve y aspecto superficial de las rocas constitutivas del grupo litológico (010b). En primer término se observan brechas intraformacionales. En un plano intermedio se observa la serie detrítico carbonatada coronada por las dolomías del grupo 010d. Casa de Navalsordo. Proximidades del castillo de Hojalora.*

- Estructura

Este grupo constituye relieves alomados y suaves, que perfilan una superficie de planización. Muestra una resistencia a la erosión más importante que el grupo (010a), debido a su menor grado de alteración. Se encuentra siempre en cotas inferiores a los relieves cuarcíticos paleozoicos. Posee una estructura tabular, alternante irregular y bastante homogénea. Por lo general la estructura de los bancos es masiva. Los materiales de este grupo afloran dentro de una estructura anticlinal (Domo de Abenojar) que ocupa la mayor parte de la franja sur del Tramo correspondiente a la Hoja 783 (Abenojar). Una serie de grandes pliegues anticlinales orientados de Norte a Sur y cortados por fallas de dirección NE-SO y NO-SE, estructuran y tectonizan fuertemente a estos terrenos. El contacto que se establece con el Ordovícico es discordante y frecuentemente mecanizado. El grado de metamorfismo es muy bajo. La potencia de este grupo litológico se estima que puede estar comprendida entre 120 y 350 metros.

- Geotecnia

Permeabilidad: Grupo permeable sólo por fisuración.

Estabilidad natural: En general no se han observado problemas de mención en estos terrenos.

Taludes artificiales observados: Dentro del Tramo no existen taludes de excavación en este grupo si exceptuamos pequeños desmontes en caminos.

Taludes recomendados: En general, los taludes que podrán excavarse en este grupo litológico tendrán pendientes superiores a 1H:1'5V, llegando en casos favorables a poder definir taludes subverticales. No obstante, debe pensarse que se trata de materiales fuertemente estructurados y tectonizados que crearán problemas de inestabilidad de cuñas y corrimientos entre capas, como norma general en todos los taludes. La gravedad de este problema que deberá dilucidarse en cada caso concreto, con estudios detallados será en definitiva la que condicionará, a nivel local, las características aconsejables en cada caso.

Capacidad portante: Salvo en laderas con fuertes pendientes en donde los apoyos superficiales pueden encontrar terrenos rotos por vuelco de estratos o muy tectonizados circunstancialmente, pueden hacer que la respuesta resistente sea moderada o incluso, en casos muy desfavorables, baja. Estos terrenos se deben considerar con capacidad portante alta en general.

Ripabilidad: En principio este grupo no se le considera ripable por medios mecánicos normales.

#### CONGLOMERADOS 010c)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por conglomerados poligénicos integrados principalmente por cantos redondeados de origen ígneo y metamórfico, cuarzo y cuarcita, aunque también son frecuentes los de naturaleza pizarrosa y esquistosa, y con un tamaño medio comprendido entre 0.5 y 5 cm. Es un conjunto granosostenido y fuertemente ligado por un cemento silíceo. El cemento constituye menos del 5% del total de la roca, y está compuesto mayoritariamente por cuarzo y en menor proporción sericita, clorita y óxidos ferruginosos. La potencia de los bancos es muy variable, pero suele ser siempre del orden métrico. La compactación y la dureza es muy alta.



*Foto 57. Conglomerados precámbricos pertenecientes al grupo litológico (010c) formando una pequeña cuerda en contacto con los materiales del grupo 010b. Fotografía tomada desde las ruinas del castillo de Hojalora.*

- Estructura

Este grupo presenta pequeñas crestas dentro del relieve alomado del precámbrico. (Foto 57). Su distribución geográfica se restringe al área sur del Tramo estudiado. Los afloramientos tienen una estructura lenticular y su continuidad lateral no supera el kilómetro. Los bancos tienen interiormente una estructura masiva. El grado de alteración es bajo. La fracturación y la intensidad del diaclasado son altos. Se encuentran intensamente plegados y el grado de metamorfismo es muy bajo. Como norma general los buzamientos son fuertes o muy fuertes. La potencia aproximada del grupo varía mucho, desde 2 m en el arroyo de Las Huertas hasta casi 70 metros en el río Tierteafuera.

- Geotecnia

Permeabilidad: Grupo permeable por fisuración.

Estabilidad natural: Gran parte de los escasos afloramientos de este grupo se ven estructurados por roturas de gravedad a media ladera. Se trata en estos casos de corrimiento de estos estratos sobre pizarras alteradas en áreas donde además se aprecia una gran tectonicidad.

Taludes artificiales observados: No existen en este grupo dentro del Tramo.

Taludes recomendados: Estas rocas permiten excavarse con taludes subverticales.

Capacidad portante: Estos materiales poseen una alta resistencia y compacidad. No obstante, y aunque es muy poco probable que los pequeños afloramientos llegasen a ser afectados por alguna estructura, se debe tener en cuenta las implicaciones de estos materiales en deslizamientos de ladera en parte de los afloramientos existentes, lo cual supone una rebaja sustancial de las condiciones resistentes de estos terrenos ante sollicitaciones de carga.

Ripabilidad: Materiales no ripables.

### DOLOMIAS (010d)

#### - Litología

Este grupo litológico está constituido por dolomías masivas de tonos marrón - crema. Al microscopio presenta una textura en mosaico heterogranular de cristales sub e idiomorfos de dolomita ferrosa. Localmente presenta un aporte detrítico apreciable, con granos de cuarzo de tamaño arena. Existen variaciones laterales importantes en la litología, predominando en algunos lugares intercalaciones cuarcíticas y otros niveles calizos. La compacidad y la dureza son altas. (Foto 58).



*Foto 58. Fotografía realizada desde la entrada de la cueva de los Muñecos a los materiales del grupo litológico (010d). Se puede observar su intensa fracturación, su aspecto superficial tipo kárstico con alguna surgencia en el talud.*

- Estructura

La morfología de este grupo, típicamente kárstica, muestra un relieve en lomas y la superficie del afloramiento constituye un lapiaz en toda su extensión. Este grupo está localizado casi enteramente al norte de río Hojalora, en el paraje de la Cueva de los Muñecos. Esta cueva es una cavidad de origen karstico. A escala de afloramiento posee una estructura tabular bien estratificada con bancos de orden métrico, incluidos dentro del núcleo del anticlinorio de Abenojar. Presentan un grado de fracturación alto, y una intensidad de diaclasado moderada - alta. La potencia de este grupo se estima en 250 metros.

- Geotecnia

Permeabilidad: Este grupo litológico presenta una alta permeabilidad por fisuración y karstificación.

Estabilidad natural: En las laderas escarpadas de las márgenes del río Hojalora encajado en estos materiales se puede apreciar que este grupo posee en general una buena estabilidad natural, aunque en el meandro del río Tierteafuera de donde desemboca el Hojalora existe una gran rotura de gravedad en las calizas.

Taludes artificiales observados: No se han detectado en el Tramo de estudio taludes excavados en estos materiales.

Taludes recomendados: En taludes medios, las pendientes que en principio podrían diseñarse serían fuertes, en el entorno de 1H:3V. Por otra parte es muy probable que dada la fuerte estructuración de estos materiales y la profunda karstificación, surjan frecuentes problemas de desprendimientos, rellenos arcillosos y voladizos que requerirán tratamientos locales o diseños más tendidos.

Capacidad portante: La dureza y compacidad de las calizas dolomíticas confieren al grupo una alta o muy alta capacidad de carga en general. Sin embargo, la estructura kárstica de estas rocas introducen un factor importante de incertidumbre a la hora de apoyar en ellos estructuras que transmitirán cargas de alguna entidad. El karst existente ha dado lugar a una cavidad visitable, denominada Cueva de los Muñecos, en el afloramiento más importante de estas rocas situado en la zona de confluencia de los ríos Hojalora y Tierteafuera.

Con lo descrito se quiere significar la importancia y necesidad de obtener datos detallados en profundidad en casos de cimentación de estructuras.

Ripabilidad: Grupo no ripable.

## CUARCITAS (010e)

### - Litología

Este grupo litológico está constituido por cuarcitas blancas con un tamaño de grano variable entre 0.5 y 1.5 mm. La naturaleza de los granos es principalmente silíceo, y su naturaleza es ígnea y metamórfica, y constituyen el 95% del total de la roca. Los granos tienen un grado de redondez elevado y la esfericidad es media. En mucha menor proporción (3%) contiene granos de feldespato, ya en calidad de accesorio. La matriz es muy escasa y el cemento es detrítico muy fino (limolítico-arcilloso) y ferruginoso.

### - Estructura

Este grupo aparece intercalado dentro de los grupos litológicos (010a) y (010b), y constituye pequeños resaltes topográficos dentro de estos grupos. La estructura es tabular con forma lenticular, y su continuidad lateral es bastante escasa. Alterna irregular con pequeñas pasadas de pizarras que no superan el centímetro de espesor. La compacidad y la dureza son muy altas. El grado de alteración es alto, al igual que el de fracturación y la intensidad de diaclasado. Se encuentra intensamente plegado con un grado de metamorfismo muy bajo. La disposición y el buzamiento varía ampliamente dependiendo de la estructura tectónica en la que se encuentra involucrado. La potencia de este grupo oscila entre 10 y 70 metros.

### - Geotecnia

Permeabilidad: Materiales solo permeables por fisuración.

Estabilidad natural: No se han observado problemas en los reducidos afloramientos de este grupo en la zona del Tramo.

Taludes artificiales observados: No existen en este grupo.

Taludes recomendados: Se podrán excavar con pendientes subverticales.

Capacidad portante: Se estima alta en general.

Ripabilidad: Materiales no ripables.

## GRANITOIDES (002)

### - Litología

Este grupo litológico está constituido por diques de granitoides. Se trata de una roca muy compacta, con una alterabilidad muy baja y de color verde grisáceo. Presenta una textura porfídica de fenocristales de cuarzo, feldespato y augita, dentro de una matriz microcristalina verde grisácea. Los fenocristales de cuarzo son muy limpios, holocristalinos e idiomorfos, y su tamaño oscila entre 3 y 5 mm. Los feldespatos poseen un color crema claro, y los bordes están parcialmente alterados. Los cristales son idiomorfos y faneríticos, y el tamaño medio de los fenocristales es de 4 mm. Las augitas son muy frescas y presentan un color negro brillante, son faneríticas y euhedrales, con un tamaño medio de 1 mm. La roca presenta una dureza y compacidad muy altas. (Foto 59).



*Foto 59. Bolo de granitoides perteneciente al grupo litológico (002). Casa de Cabeza Labrada, proximidades de la Majada de las Camas.*

### - Estructura

Este grupo apenas da en el paisaje resaltes dentro del relieve alomado del precámbrico. Su distribución geográfica se restringe prácticamente al Sur del tramo. Intruye dentro del grupo litológico (010a). Presenta una estructura tabular en dique,

con una disposición subvertical. La continuidad de los diques no supera en ningún caso los 1000 metros. Interiormente presenta una estructura porfídica, sin orientación cristalográfica y muy uniforme a escala de afloramiento. La compacidad y dureza de estas rocas se estima muy altas. el grado de alteración es bajo. El grado de fracturación es alto, y la intensidad del diaclasado es moderada. En los afloramientos observados no se han detectado signos de plegamiento. El grado de metamorfismo es muy bajo. La potencia de los diques es muy variable y oscila desde los no cartografiados por tener una potencia de escasos metros, a los cartografiados con alrededor de 100 metros.

- Geotecnia

Permeabilidad: Materiales con permeabilidad por fisuración exclusivamente.

Estabilidad natural: Grupo sin problemas al respecto debido a sus pequeños afloramientos dentro otras razones.

Taludes artificiales observados: No existen.

Taludes recomendados: Por sus escasos afloramientos en la zona de estudio es poco probable la construcción de taludes artificiales en estas rocas. No obstante se puede estimar que estas rocas pueden excavar con taludes subverticales.

Capacidad portante: La resistencia de los granitoides debe estimarse muy alta en principio. No obstante se debe considerar la posible existencia de áreas de alteración en estos materiales intrusivos que harían disminuir la capacidad portante hasta valores moderados.

Ripabilidad: Grupo no ripable; sólo en áreas de alteración, posibles, lo sería.

### **3.4.5. Grupos geotécnicos**

En este apartado se agrupan, según ciertas características geotécnicas comunes, las formaciones geológicas individualizadas en el apartado anterior.

- Grupo geotécnico G1

Aluvial. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológico A1 y a1. Está formado por gravas y gravillas subredondeadas y sueltas, de cantos de cuarcita, e inmersas en una matriz arenosa y limosa. Materiales permeables por percolación y porosidad. Terrenos sometidos a la dinámica fluvial. Por sus condiciones geomorfológicas no son terrenos adecuados para fundar sobre ellos estructuras de

ningún tipo, de las cuales habrá que transferir siempre sus demandas de resistencia al substrato próximo. Materiales excavables en su totalidad.

- Grupo geotécnico G2

Fondos de valle. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos A2, a2. Está formado por gravas y cantos de cuarcita y en menor proporción de cuarzo, pizarra, caliza y rocas volcánicas. Permeabilidad entre buena y moderada. Localmente pueden presentarse problemas por causa de una escorrentía superficial deficiente. Problemas de naturaleza erosiva en épocas de lluvias torrenciales. Terrenos poco o nada consolidados que sólo admiten cargas muy someras, donde cualquier solicitud de alguna entidad debe ser transferida al substrato próximo. Materiales excavables en su totalidad.

- Grupo geotécnico G3

Este grupo geotécnico está constituido por los grupo litológicos 350, g, D, d, T, AT. Las formaciones litológicas que integran este grupo geotécnico presentan permeabilidades que pueden oscilar de muy altas a moderadas e incluso bajas. Los terrenos aquí incluidos están sometidos al impacto de los procesos dinámico - fluviales con sus secuelas de erosión, aterramientos e inundaciones. La mala escorrentía superficial, la posible presencia de horizontes limo - arcillosos y la existencia de un subálveo próximo en las terrazas debe estimarse baja e incluso a veces muy baja por la presencia de áreas pantanosas y turbosas. La fundación de estructuras habrá que referenciarlas normalmente al substrato. Materiales perfectamente ripables.

- Grupo geotécnico G7

Formaciones de naturaleza detrítica limo-arcillosas y areno-conglomeráticas poco consolidadas. Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico 321b. Formaciones con permeabilidad diversa según sea la naturaleza de los horizontes constitutivos de la misma a nivel local. Los rápidos y constantes cambios laterales en estas formaciones de borde de pequeñas cuencas continentales caracterizan esta alternancia en la vertical y horizontal de horizontes permeables e impermeables. En general predomina el carácter poco permeable. La estabilidad natural de este grupo no es buena cuando conforma morfologías de media ladera; es muy frecuente ver a estos terrenos estructurados por deslizamientos fósiles. Los taludes de excavación no deberían superar el 1H:1V estimando, por otra parte, que en muchas ocasiones los desmontes requerirán pendientes más tendidas. Los taludes que podrán excavarse en este grupo serán normalmente de tamaño pequeño o moderado. La capacidad portante podrá fluctuar entre moderada y baja. A media ladera se debe temer siempre los procesos de rotura por gravedad pre-existentes. Grupo ripable.

- Grupo geotécnico G9

Grupo pizarroso y pizarro-grauvaquico. Este grupo está conformado por los grupo litológicos 010a, 010b, 122a, 123. Materiales que condicionan sus respuestas geomecánicas a su naturaleza esquistosas pizarreña a pizarroso - grauváquico y al muy alto diastrofismo provocado por la tectónica. Son terrenos muy poco permeables y la que puedan tener es de naturaleza fisural. La estabilidad natural de las vertientes que constituyen es muy deficiente cuando presentan un manto de alteración superficial importante y existe alguna formación de naturaleza permeable que constituyan freáticos colgados sobre ellas. Los taludes que podrán soportar dependerá del grado de alteración de las rocas y la geometría local de las discontinuidades estratigráficas, metamórficas y tectónicas. En general son terrenos en los que normalmente no deberían proyectarse taludes por encima del 1H:1V. La capacidad de carga puede fluctuar en un amplio registro de valores que abarcan desde altos a bajos; estos últimos serán posibles en áreas de medias laderas en zonas de alteración profunda, en donde las roturas de vertiente por gravedad son frecuentes. En general debe esperarse respuestas resistentes moderadas en cargas superficiales en gran parte por los terrenos ocupados por estos materiales, sin olvidar que existen también áreas importantes de esquistos poco alterados y de morfología adecuada muy aptos para soportare cargas importantes. Gran parte de estos terrenos se pueden incluir en el grupo de materiales ripables y de ripabilidad marginal. Las pizarras muy alteradas de los grupos (010a) y (122a) lo serán en gran medida. Por otra parte, los grupos 010b y 123 lo más que podrán presentar una ripabilidad marginal en pequeñas áreas. En todos los casos se considera medios mecánicos normales.

- Grupo geotécnico G10

Cuarcitas y conglomerados silíceos. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (010c) y (010e). Estos materiales sólo presentan permeabilidad por fisuración. La estabilidad natural de los terrenos que constituyen una buena en general, aunque en ellos se da de forma moderada procesos de desprendimientos en los escarpes serranos que suelen conformar. Los taludes de excavación podrán diseñarse con pendientes muy fuertes con tendencia a la subverticalidad, aunque siempre estarán sometidos a procesos de desprendimientos de bloques y cuñas debido a la fuerte tectonicidad que normalmente acompaña a las formaciones hercínicas en el Tramo. La capacidad portante debe estimarse muy alta en principio. Grupo no ripable.

- Grupo geotécnico G11

Calizas y dolomías. Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico (010d). Los materiales constitutivos de este grupo son permeables por fisuración y karstificación. Su estabilidad natural es buena aunque se ha observado alguna rotura de ladera por gravedad, fósil. Los taludes de excavación que se aconseja diseñar en estos terrenos deberían tener pendientes medias no superiores al 1H:1'5V en razón de la fuerte estructuración de las rocas y la probable presencia de rellenos arcillosos de cavidades kársticas. La capacidad portante debe considerarse en principio como alta y muy alta, aunque la karsticidad de estos terrenos supone la introducción de un factor de incertidumbre y riesgo que habría que despejar en cualquier caso. Grupo no ripable.

### **3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 3**

Los terrenos ocupados por la Zona 3 presentan problemas de tipo topográfico, hidrológicos, litológico, geomorfológico y geotécnico.

Los problemas topográficos proceden de la necesidad de enlazar entre si las plataformas creadas por las rañas y glacis pasando sobre los barrancos encajados que las disectan y descender desde dichas plataformas a las terrazas bajas de los valles, descensos obligados, dada la morfología de los valles, que conectarán en muchas ocasiones superficies con desnivel de más de 100 metros.

Los problemas hidrológicos se relacionan con la falta de escorrentía superficial en áreas de plataforma y terrazas bajas y la existencia de acuíferos colgados creadas entre los materiales detríticos de las rañas, glacis y terrazas y el substrato terciario o precámbrico - paleozoico.

La presencia de formaciones arcillosas en terrenos del Plioceno y en los mantos de alteración de origen terciario sobre el zócalo precámbrico - paleozoico, así como la posible presencia de limos, arcillas y turbas en las terrazas de inundación de los valles fluviales principales, será motivo de problemas en la construcción de infraestructuras viales.

La problemática geomorfológica se desarrolla en tres frentes. Por un lado, los procesos erosivos son bastante importantes en una red hidrográfica muy diversificada y de carácter dendrítico en muchas ocasiones. Ligado a los procesos de dinámica fluvial el impacto de avenidas periódicas, que inundan las amplias terrazas bajas aluviales, puede llegar a ser muy importante sobre las infraestructuras de cualquier tipo asentadas sobre aquellas. Por último existe una fenomenología de inestabilidad de laderas que si bien no es en general muy profunda esta por otra parte muy extendida en los taludes naturales de los barrancos y valles encajados en las plataformas pliocuaternarias en cuya base afloran los materiales terciarios arcillosos a los metamórficos pizarrosos muy alterados.

Los problemas geotécnicos derivan esencialmente de la falta de resistencia de muchas formaciones que ocupan la Zona 3, especialmente las formaciones arcillosas del Terciario y Cuaternario y las pizarras alteradas del Precámbrico y Paleozoico. La excavación de taludes creará en estas zonas una problemática de deslizamiento de tipo rotacional esencialmente, cuya base de despegue se referenciará normalmente en los horizontes arcillosos pliocenos y el nivel de alteración profunda que afecta al substrato antiguo.

## **4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO**

### **4.1. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS TOPOGRAFICOS**

La accidentada orografía del Tramo surcada de sierras en todas direcciones se ve paliada en parte por la existencia de una amplia red de valles fluviales que facilitan el tránsito de unas áreas a otras.

Las sierras cuarcíticas del Ordovícico impondrán siempre a los valles fluviales y a las depresiones al norte y al sur del Tramo como los únicos corredores naturales para cualquier vía de comunicación. En cualquier caso los itinerarios de dirección E-O que serían los que interesan esencialmente a este estudio encontrarían dificultades moderadas dado que existen importantes valles que a grandes rasgos se alinean con estas direcciones y que posibilitarían trazados bastante idóneos no exentos como se ha dicho antes de algunas dificultades.

### **4.2. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS HIDROLOGICOS**

El agua es siempre el factor catalizador de casi todos los problemas que afectan a las vías de comunicación. En el caso del Tramo en estudio se deben destacar tres ámbitos en donde la presencia de agua, de recurrencia estacional o permanente, es causa de problemas para las infraestructuras que de alguna forma interfirieran directa o indirectamente con ellas.

La abundancia de terrenos arcillosos y de arcillas expansivas con yesos en terrenos del plioceno supone que estos sean altamente sensibles a los cambios de humedad de los mismos.

La presencia de yesos diseminados en esta formación supone un riesgo de agresividad de las aguas de circulación freáticas. La existencia de estructuras de deslizamientos fósiles y latentes en las laderas recubiertas por derrubios de gravedad y substratos precámbrico - paleozoicos alterados suponen asimismo, terrenos muy proclives a la deformación natural y muy especialmente bajo sobrecargas impuestas si el agua está presente.

Con ocasión de las lluvias torrenciales del invierno de 1996 - 97 muchas laderas estructuradas con deslizamientos fósiles o latentes reactivaron dichas estructuras ante una sobrecarga hídrica muy importante creadora de altas subpresiones en el terreno. Con motivo de las lluvias descritas y mencionadas asimismo en los capítulos que se trata de procesos geomorfológicos, elevaron considerablemente los niveles piezométricos, los cauces de inundación se desbordaron, las pequeñas cuencas endorreicas creadas por los

cráteres de explosión del vulcanismo de los Campos de Calatrava, secas durante muchos años, se vieron colmatadas.

Los problemas que el agua puede crear en regiones climáticas extremas de tipo mediterráneo como las existentes en la zona son sin duda muy importantes a todos los niveles.

### **4.3. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS LITOLÓGICOS**

Los problemas que pueden derivarse de la naturaleza litológica de las formaciones existentes en el tramo se polarizan de forma muy especial en los materiales pliocenos de naturaleza arcillosa y margosa que rellenan las pequeñas cuencas del Tramo formando parte de las Zonas 1 y 3. Serán los grupo litológicos 321b y 322a los que en principio deberán considerarse como más peligrosos a la hora de proyectar estructuras sobre ellos; en especial el grupo 322a en el que las arcillas expansivas son componentes importantes en las capas de deposición margosa y arcillosa. La presencia de yesos dispersos en las margas y arcillas abunda en las características negativas a nivel geotécnico de esta formación.

Otros materiales que ocupan también amplias extensiones y que pueden resultar muy problemáticas son los mantos de alteración profunda (V) en las series pizarrosas y pizarroso - grauváquicas del Precámbrico y Ordovícico. El componente caolínico de estos horizontes es muy alto y los problemas de asentamientos en los mismos puede ser importantes.

Por último en las terrazas de inundación de los principales cursos fluviales de la zona; especialmente el del río Guadiana se detectan zonas pantanosas de turbas y arcillas y limos de inundación de baja resistencia.

### **4.4. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS**

Los procesos actuales de la geodinámica externa se desarrollan en tres áreas bien diferenciadas: vertientes de las sierras, laderas creadas por el encajamiento de arroyos sobre plataformas de raña y materiales pliocenos en general, y por último los lechos y terrazas de inundación de los cursos fluviales.

Las vertientes de las sierras presentan los siguientes procesos geomorfológicos:

- Alimentación de los canchales creados en el pleistoceno por crioclastismo en un clima periglacial. Estas pedreras son superficies vivas en la actualidad.

- Deslizamiento por flujo o reptación de importantes masas de derrubios de gravedad estructuradas como deslizamientos fósiles originados mayoritariamente durante las fases periglaciares del clima de la región.
- Corrimientos entre capas y cuñas en laderas estructurales. Estos fenómenos que fueron importantísimos en etapas pretéritas durante el encajamiento de la red fluvial y períodos periglaciares, está supeditada actualmente a una posible reactivación de las grandes estructuras gravitacionales que estructuran las sierras paleozoicas, por modificaciones de la morfología actual de origen antrópico.
- Fenómenos de erosión y deposición en el curso y desembocadura de los arroyos y barrancos que disectan las sierras.

Las laderas excavadas en las depresiones que constituyen las zonas 2 y 3 las caracteriza los siguientes procesos morfodinámicos:

- Deslizamiento de depósitos detríticos de raña o glacis sobre los terrenos de la base de terciario de naturaleza limo-arcillosa o sobre el nivel de alteración de las pizarras paleozoicas o precámbricas.
- Deslizamientos de ladera en pizarras o pizarras y grauvacas muy alteradas.
- Desprendimientos y corrimientos ocasionados en laderas escarpadas construidas sobre calizas o dolomías.
- Erosión lineal dendrítica en áreas de pizarras alteradas.

Los lechos fluviales y las terrazas de inundación constituyen un área amplia e importante desde el punto de vista de la delimitación de espacios de corredor para trazados de infraestructuras de comunicación lineales.

Los problemas de naturaleza hidrodinámica son muy importantes y deben pesar mucho a la hora de diseñar infraestructuras sobre estos terrenos. Las inundaciones acontecidas durante el invierno 1996-7, en el proceso de ejecución de este estudio, dejaron constancia de que por espaciados que sean los periodos de recurrencia de estos fenómenos no deben menospreciarse ni olvidarse su impacto catastrófico cuando no son tenidos en cuenta.

#### **4.5. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOTECNICOS**

Los problemas de naturaleza geotécnica vendrán por una parte por la falta de resistencia de algunas formaciones, la expansividad de otras, los cambios de nivel de horizontes freáticos superficiales, la disolubilidad en rocas y presencia de oquedades, que en última instancia determinarán asientos diferenciales importantes en el apoyo de estructuras.

La importante componente margo-arcillosa, y margo-yesífera a veces, de los terrenos terciarios de edad pliocena; en especial los del grupo (322a) en el que la presencia de arcillas expansivas es muy importante, significa la presencia de un factor que, unido a la existencia de cambios estacionales de los niveles freáticos de estos terrenos supondrá una causa muy concreta en la inducción de asientos diferenciales importantes ante sobrecargas de los mismos.

Los materiales volcánicos como piroclastos de caída y productos hidromagmáticos aflorantes o intercalados en la serie pliocena son terrenos flojos que pueden dar lugar a la aparición de asientos diferenciales.

La terraza de inundación del río Guadiana en las proximidades del puente de Alarcos son terrenos blandos y pantanosos y turbosos con capacidad de carga muy baja. Es posible que en otras áreas de las terrazas bajas de las principales cursos fluviales existan arcillas y limos incluso lechos turbosos con características similares.

La existencia de deslizamientos de ladera fósiles en las vertientes de las sierras paleozoicas y en las laderas labradas sobre pizarras y pizarras y grauvacas del Paleozoico y Precámbrico respectivamente constituyen áreas flojas de baja capacidad portante.

Otras áreas con bajas características mecánico - resistentes son las afectadas por una alteración profunda que se concentra fundamentalmente en las series pizarrosas del Precámbrico y Ordovícico, aunque también afectan a las series alternantes pizarro - cuarcíticas de las mismas en especial en la influencia de las grandes fallas que los atraviesan con creación de amplias franjas de brechificación y milonitización. El caolín es el componente arcilloso más importante de la matriz de estas estructuras de alteración.

Un problema mucho más localizado es el referente a la posibilidad de asientos o colapsos gravitacionales debidos a la existencia de cavidades kársticas. Ello es posible en las formaciones calizas y dolomíticas existentes en la zona, ya que tanto en las dolomías del Precámbrico como en las calizas pliocenas se han detectado fenómenos de karstificación.

#### **4.6. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS**

La red de carreteras del Tramo de estudio es escasa en gran parte del mismo. La arteria principal que atraviesa el territorio es la carretera nacional 430 que sigue a grandes rasgos una dirección E-O hasta su conexión ya fuera del Tramo y dentro de la provincia de Badajoz con la CN-502. Itinerarios E-O, sólo existe en el estudio algunos tramos de carreteras locales o comarcales. Al norte, la carretera comarcal o autonómica de 2º orden que desde Porzuna se dirige a Malagón por el Este y a Horcajo de los Montes por el Oeste. En el centro del Tramo, la carretera local que une Piedrabuena con Arroba de los Montes. Por el Sur prácticamente no existen carreteras mencionables ya que la local que une los Pozuelos de Calatrava con Abenojar y Saceruela queda prácticamente fuera del Tramo en su gran mayoría.

En conexiones N-S la problemática en sí cabe mayor. Entre Ciudad Real y Piedrabuena siguiendo la carretera nacional 430 se pueden coger algunas carreteras locales hacia el norte o sur. En Piedrabuena la carretera autonómica de primer orden 403 establece una buena conexión hacia el norte con la provincia de Toledo. Hacia el Sur es una local que a través de los Pozuelos de Calatrava conecta con la autonómica de primer orden 411 entre las poblaciones de Cabezardos y Corral de Calatrava. Pasado Piedrabuena, en un trayecto de 34 kilómetros, no existe posibilidad de ninguna conexión hasta el Puente de Retama en donde se puede tomar la local a Saceruela. El valle de Río Guadiana al Sur de la carretera nacional 430 y las sierras que lo delimita por su margen izquierda, así como las importantes sierras existentes al norte de dicha carretera, han dificultado estas conexiones N-S en este área. No se comprende por otra parte la situación de enlace entre las poblaciones de Luciana por la ausencia de un paso funcional sobre el río Guadiana, ya que la posibilidad actual es tomar un pequeño, estrecho y sinuoso puentecillo sin protección, sólo apto para animales y pastores, o bien vadear el río en épocas de estío.

El interés de este estudio se centra principalmente en la caracterización de los terrenos en orden al diseño de trazados de dirección E-O. En este sentido no existen demasiadas alternativas fuera de los valles importantes que con esta dirección, aproximadamente, constituyen los corredores naturales por donde discurren las actuales carreteras.

El valle del río Guadiana es sin duda la arteria fluvial más importante que ha utilizado la carretera nacional 430 en su trazado sobre el área de estudio. Alternativas dentro de este Tramo no existen muchas, pero las hay que podrían mejorar el itinerario actual.

En principio se han considerado cuatro zonas de corredor de posibles itinerarios E-O o próximos al mismo:

- Corredor norte o corredor de Porzuna

Este corredor se desestima dado que si bien dentro del Tramo de estudio constituye un área de posible trazado cuando se quiere prolongar en dirección Oeste, existen serios problemas de continuidad.

- Corredor central por el valle del Arroyo de Bullaquejo

Este corredor se ha desestimado ya que su prolongación por el oeste lo introduce en la Reserva Nacional del Cijar.

- Corredor centro - sur por los valles del Bullaque – Guadiana

Este corredor es el que se considera, en principio, esencial en este estudio y sobre el cual, se han barajado algunas alternativas que pueden mejorar su itinerario.

- Corredor sur

Se ha considerado la posibilidad de un itinerario al sur del valle del río Guadiana a través de los terrenos alomados precámbricos y plio-cuaternarios de la depresión de Abenojar hasta Saceruela. Aunque parte de él rebasa los límites geográficos del estudio se ha considerado por presentar una alternativa muy interesante para un nuevo trazado.

## CORREDOR CENTRO - SUR POR LOS VALLES DE LOS RÍOS BULLAQUE Y GUADIANA

Las posibles alternativas al itinerario actual de la carretera nacional 430 en la dirección E-O arrancarían a la altura de Alcolea de Calatrava en donde a partir del p.k.(290) aproximadamente, se podría coger un trazado por el norte del pueblo para salir al arroyo del Bullaque y por él, al valle del río del mismo nombre y con la carretera nacional 430 a la altura del p.k.(277), aproximadamente, evitando así un trazado más largo por Piedrabuena como en la actualidad. A partir de este punto, el nuevo corredor sugerido se adentraría por el valle del arroyo de Valdelamadera. En este itinerario se podría encontrar alguna problemática de estabilidad en la excavación teórica de taludes tanto en los materiales plio-cuaternarios o paleozoicos. Remontando hasta el cortijo de casas de Valdelamadera, bien por el arroyo de este nombre o por el de Valmayor algo más al sur el corredor descendería por el arroyo de Valzarzoso para situarse en la plataforma plio-cuaternaria de la raña desde la que se iniciaría el descenso al valle del Guadiana a la altura del Puente de Retama. A partir de este punto se han considerado dos posible itinerarios, el actual por el valle del río Guadiana o el que sigue la carretera local que se dirige a Saceruela remon

tando el arroyo Garganta de las Parras. Este último itinerario formaría parte o enlazaría con el corredor sur que evitaría el trazado actual de la carretera nacional 430 por la margen izquierda del valle del río Guadiana, con ciertas dificultades de trazado.

El itinerario alternativo propuesto evitaría el trazado por el tramo angosto del Bullaque entre Piedrabuena y Luciana en donde la problemática de inestabilidad de laderas es muy acusada.

## CORREDOR SUR

Los corredores por el Sur del Tramo de estudio ocuparían mayoritariamente bandas estrechas en el límite del mismo, excediendo en anchura los límites impuestos por el estudio.

Penetraría el corredor por el extremo suroriental del Tramo para, una vez cruzado el río Guadiana tomar la margen derecha del mismo. Siguiendo un trazado E-O y después de atravesar la carretera local que une Alcolea de Calatrava y Corral de Calatrava, el corredor se aleja del río por efectuar este un gran meandro, pero vuelve a conectar con él a poco menos de tres kilómetros. Llegado a este punto existe la posibilidad de seguir el curso del Guadiana hasta Luciana por la margen izquierda del río por considerarla geotécnicamente más adecuada, o bien continuar en dirección E-O una vez cruzado el río para pasar al norte de Pozuelos de Calatrava, ya fuera del Tramo. Desde Los Pozuelos el corredor quedaría fuera de la zona de estudio, aunque próximo a él, y seguiría a grandes rasgos el trazado actual de las locales que unen a este último pueblo con Abenojar y Saceruela. Desde esta carretera local el corredor se divide en dos ramales posibles, uno descendería en dirección nor-noroeste ascendiendo por el puerto de las Veredas para enlazar con la carretera local que desde el puente de Retama se dirige a Saceruela. Tomando un corto tramo de este itinerario, hasta salir de la sierra de Torneros, en dirección Saceruela, discurriría por las rampas de la raña en dirección NO para enlazar con la carretera local que une las poblaciones de Puebla de Don Rodrigo y Agudo ya fuera del Tramo; y más adelante con la carretera nacional 430. Otra opción sería continuar por el corredor actual de la local a Saceruela y desde este pueblo tomar itinerario de dirección NE para enlazar con la carretera nacional 430 a través de los amplios valles entre sierras o bien dirigirse en dirección de Agudo tomando la carretera local que se dirige a Valde-manco del Esteras abandonándola ya fuera del Tramo para tomar un Trazado más directo a la población de Agudo, en donde se enlazaría con la carretera nacional 502.

Consideramos que el corredor sur contiene ciertas condiciones morfológicas y geotécnicas positivas que lo podrían hacer muy interesante como para tenerlo en consideración en un nuevo trazado de conexión E-O entre Extremadura y La Mancha.



CORREDOR DE TRAZADO SUGERIDO

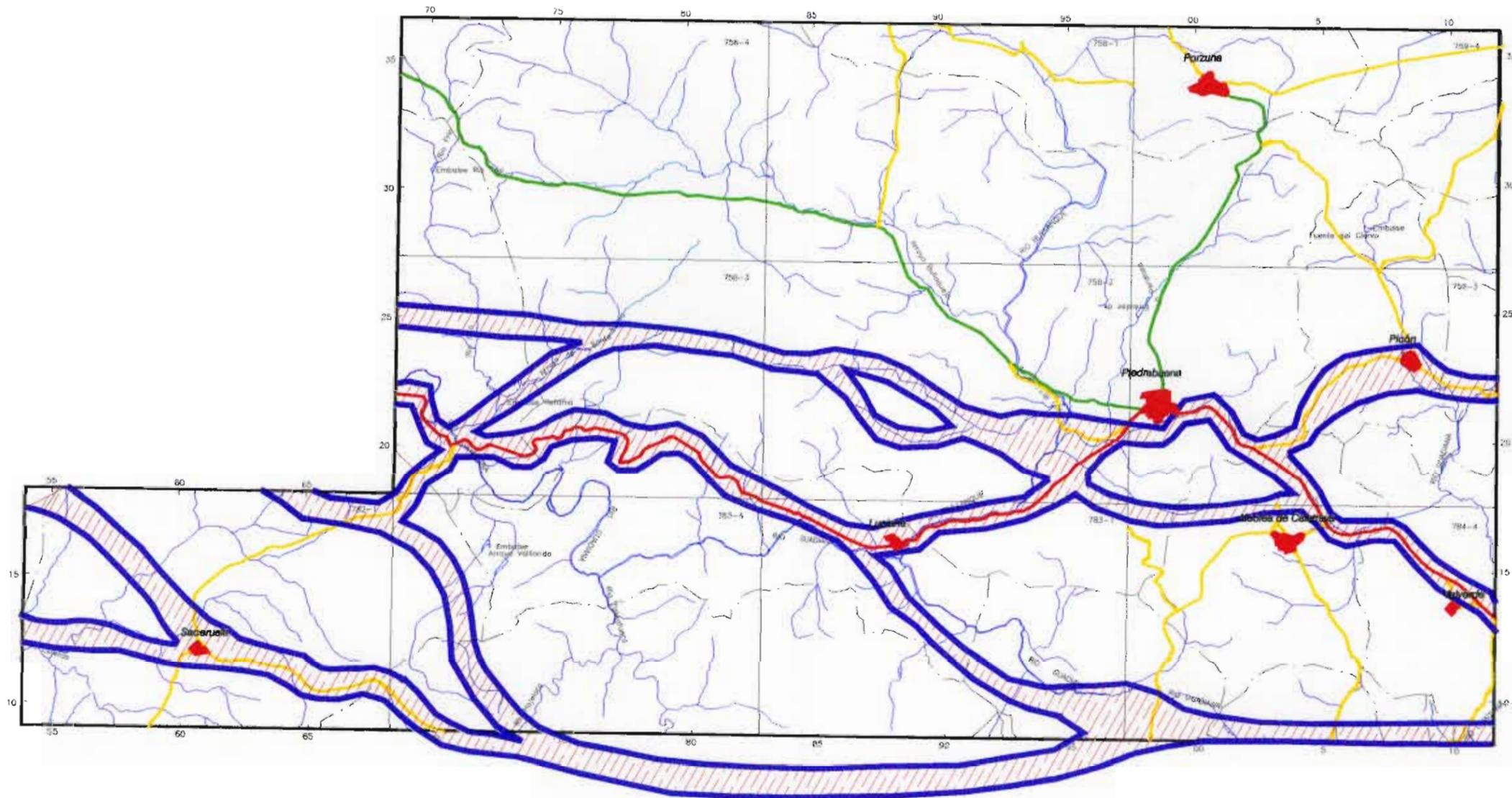


FIG. 16 ESQUEMA DE LOS CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS EN EL TRAMO

Escala 1:200.000

## CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDO DEL ITINERARIO CIUDAD REAL-BADAJOZ

Una de las finalidades de un Estudio Previo de Terrenos es la de proponer corredores para futuras vías de comunicación, dentro del área estudiada.

En este caso, fruto del Estudio realizado, se ha llegado a la conclusión de la conveniencia de proponer corredores en dirección Este-Oeste que abarquen una zona más extensa.

Aunque la unión entre Ciudad Real y Badajoz se sale del ámbito de este Estudio, se ha considerado necesario incluirla debido a la importancia dentro de la comunicación Este-Oeste de la Península.

La interconexión de las poblaciones de Ciudad Real y Badajoz tiene hasta la localidad de Agudo dos corredores alternativos, uno norte y otro sur. A partir de esta localidad, existe una única opción hasta Badajoz.

La Alternativa sur arranca de Ciudad Real por la carretera nacional 420 hasta la localidad de Corral de Calatrava. Llegado a este punto, continúa por el corredor de la carretera local que conduce a la localidad de Cabezarados, y a partir de allí, por el actual de la carretera nacional 424 hasta Abenojar. Existe también otro corredor posible entre Corral de Calatrava y Abenojar pasando por Pozuelos de Calatrava.

Desde la localidad de Abenojar, el corredor sigue en dirección Oeste por la carretera local que lleva a Saceruela. En este tramo de Abenojar a Saceruela, y en las proximidades de la Sierra de los Canalizos, existe una alternativa de interconexión con la opción norte, al oeste de la Sierra de los Buitres. La alternativa sur enlaza finalmente con la carretera nacional 503 a la altura de Valdemanco del Esteras para terminar en la localidad de Agudo.

La opción norte arranca con dirección este desde Ciudad Real por la carretera nacional 430 hasta la localidad de Retama. Desde esta localidad hasta Agudo, el corredor toma una dirección OSO pasando por la Sierra de los Terneros.

A partir de la localidad de Agudo existe un corredor único que coincide con el actual de las carreteras locales que unen las localidades de Tamurejo, Siruela, Talarrubias, y pasando el Embalse de Orellana, Casas de San Pedro. Desde Casas de San Pedro se conecta con el actual corredor de la carretera nacional 430 hasta Badajoz.

En la figura 16 bis se muestran los diferentes corredores propuestos para unir Ciudad Real con Badajoz.

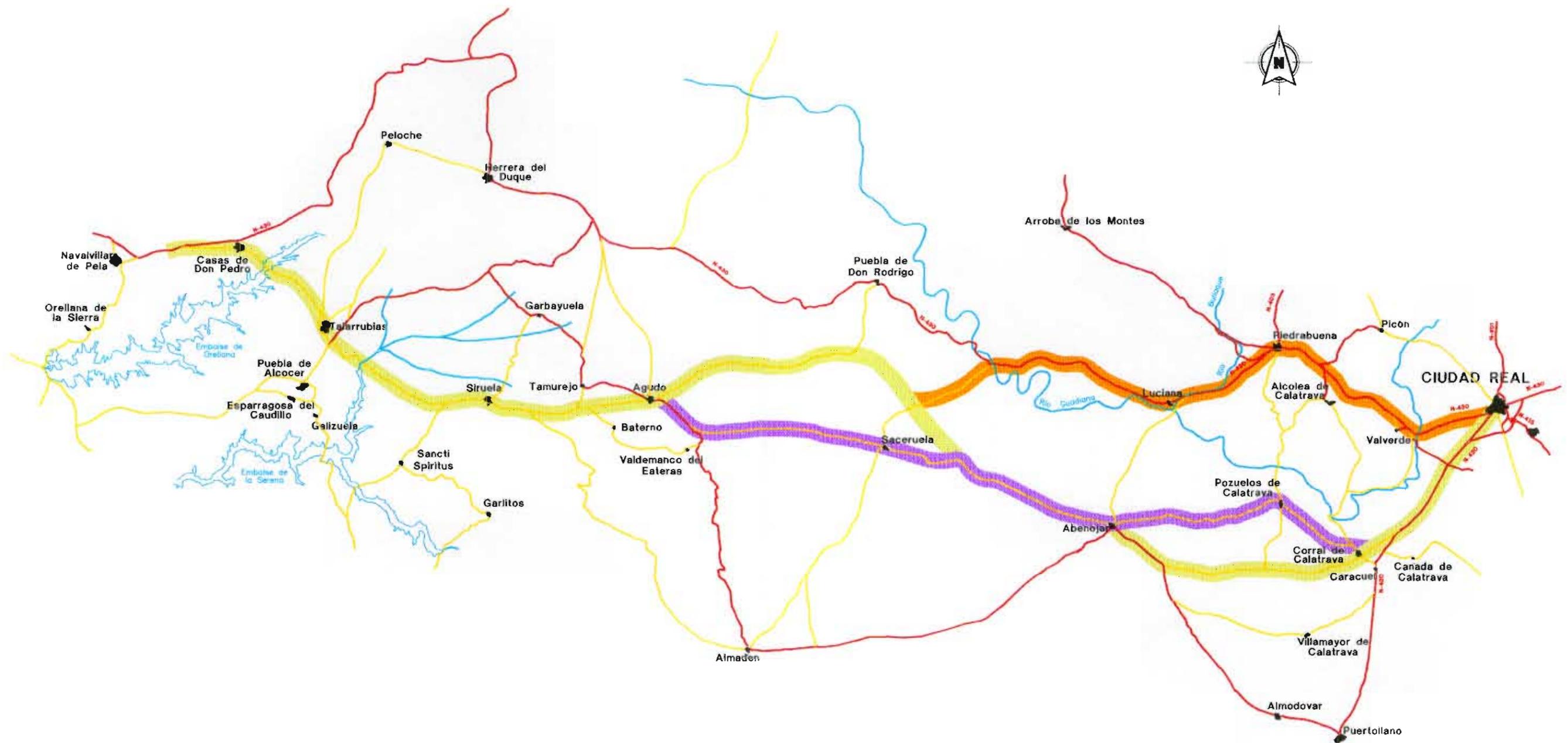


Figura 16 Bis  
 CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS DEL ITINERARIO CIUDAD REAL-BADAJOZ  
 ESCALA 1:400.000

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

## **5. INFORMACION SOBRE YACIMIENTOS**

### **5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO**

El presente estudio no incluye un análisis detallado de los yacimientos de materiales del Tramo, ya que dicho análisis desbordaría, por su metodología especial y amplitud, el alcance de los Estudios Previos de Terrenos.

No obstante, se ha considerado conveniente presentar, de forma ordenada, la información recogida sobre yacimientos con motivo de la realización del Presente Estudio Previo. Estos datos no constituyen una recopilación sistemática y exhaustiva, aunque pueden ser útiles para futuros trabajos.

La información que a continuación se expone se refiere exclusivamente a yacimientos de materiales utilizables en obras de carretera (canteras, graveras y materiales para terraplenes y pedraplenes).

### **5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS**

Los yacimientos rocosos considerados en este estudio presentan mayoritariamente dos litologías: volcánica y cuarcítica. No se han detectado canteras sobre estos materiales, incluso las antiguas canteras de Piedrabuena de adoquines, actualmente se encuentran integradas en el paisaje urbano. Por esta razón, todos los yacimientos rocosos del Tramo se han estimado como yacimientos para estudiar con más detalle como potenciales a explotar.

Los yacimientos rocosos de origen volcánico, están constituidos por las coladas de lavas masivas pertenecientes al grupo litológico (001a). Se trata de un material duro. En el área de Piedrabuena, este tipo de material ha dado los siguientes valores:

Peso específico Aparente / Real	Absorción %	Estabilidad SO4 Mg	Coficiente Los Ángeles	Adhesividad al betún	% CO3Ca
2.896 / 3,19	3,182	2,686	20,91	99,5	1,00

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

Los yacimientos rocosos de naturaleza cuarcítica son abundantísimos en todo el Tramo de estudio, por lo que los accesos son buenos a las áreas de cantera. Aparecen prácticamente en todos los puntos donde existe una elevación topográfica. La cuarcitas se encuentran intercaladas en pizarras o en grandes bancos. Los explosivos son necesarios en la explotación, y su coeficiente de aprovechamiento es 0'85. La calidad del material es buena para árido de hormigones pero deficiente para árido de carretera debido a que presenta una baja adhesividad a los betunes.

En la Figura 20 se encuentran situados los yacimientos rocosos en el Tramo estudiado, y en la Figura 17 se especifican las características y la importancia de cada uno.

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

SIMBOLO	INTERES	SITUACION	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR-1	Alto abandonado	759-3	001a	Nefelinitas y Basaltos	Buenos por la localidad de Piedrabuena.
YR-2	Bajo abandonado	784-4	121a	Cuarcitas y pizarras	Bueno en el pK (16) de la carretera de Pozuelos de Calatrava a Alcolea de Calatrava.

**FIGURA 17. CUADRO - RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS**

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

### 5.3. YACIMIENTOS GRANULARES

Los materiales que constituyen la gran mayoría de los yacimientos granulares en el Tramo son de origen aluvial, coluvial y volcánico.

En los aluviales de los cursos fluviales más importantes del Tramo (Guadiana y Bullaque), y en los depósitos coluviales, se ubican los yacimientos granulares más importantes. El material predominante es grava polimíctica y principalmente silícea.

Las gravas aluviales, están constituidas por cantos cuarcíticos redondeados inmersos en una matriz arenosa. La explotación no entraña problemas, salvo la hidrodinámica en épocas de crecida. Los accesos a las áreas de afloramiento son muy buenos. Las reservas se consideran medianas, ya que la potencia de los aluviales y las terrazas es muy variable y poco potente en términos generales. El coeficiente medio de aprovechamiento, basándose en el contenido medio de finos, se estima en 0'65.

Las gravas coluviales están constituidas por cantos cuarcíticos angulosos y subangulosos, heterométrica y con muy poca matriz, generalmente arenosa e inferior al 10 % del total de la roca. Las reservas son muy grandes, y la explotación y los accesos son muy buenos. Salvo los coluviales tipo canchal, la mayoría de los coluviales que orlan los relieves cuarcíticos, poseen una alteración importante. Este hecho hace que los valores de sus características como árido, expuestos a continuación, den como resultado una dureza deficiente. El coeficiente medio de aprovechamiento se estima en 0'8.

Peso específico Aparente / Real	Absorción %	Estabilidad SO4 Mg	Coeficiente Los Ángeles	Adhesividad al betún	Presencia de sulfatos
2,593 / 2,711	1,672	1,568	28,44	99,7	Sí

También se han incluido como yacimientos granulares los materiales arenosos del grupo litológico 321b. Se trata de arenas silíceas blancas o rojizas, bien clasificadas y estratificadas, redondeadas y con una matriz limo-arcillosa. Los accesos son buenos y próximos a la red de carreteras, como en el caso de Luciana. Las reservas son muy importantes y su explotación es fácil. Su coeficiente medio de aprovechamiento como árido de hormigón está próximo al 0'85.

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

Dentro del grupo litológico 321b, también se han detectado potentes niveles de conglomerados cuarcíticos, de cantos redondeados, y de aspecto global masivo. Estos niveles son particularmente importantes cerca de la localidad de Saceruela, donde hemos citado el yacimiento granular YG-11 para estudiar con más detalle para una futura explotación.

En la Figura 20 se encuentran situados los yacimientos granulares en el Tramo estudiado, y en la Figura 18 se especifican las características y la importancia de cada uno.

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

SIMBOLO	INTERES	SITUACION	GRUPO LITOLOGICO	MATERIAL	ACCESOS
YG-1	Medio abandonado	759-3	At	Gravas	Bueno en p.K.(15'1) de la carretera de Picón a Ciudad Real.
YG-2	Abandonado	784-4	001a	Picón	Bueno por los alrededores de la localidad de Alcolea de Calatrava
YG-3	Abandonado	784-4	001a	Picón	Buenos por en p.K.(294) de la carretera nacional 430.
YG-4	Alto Abandonado	783-1	321b	Arenas	Buenos en el Puente de Luciana sobre el río Guadiana.
YG-5	Bajo Abandonado	784-4	T	Gravas	Buenos en el p.K.(14'5) de la carretera Pozuelos de Calatrava - Alcolea de Calatrava.
YG-6	Alto Abandonado	784-4	C	Gravas	Buenos en el p.K.(7'5) de la carretera Pozuelos de Calatrava - Alcolea de Calatrava.
YG-7	Alto Abandonado	759-3	C	Grava	Bueno por el p.K.(123'8) de la carretera nacional 403.
YG-8	Alto Abandonado	782-1	321b	Grava	Bueno a través de la carretera nacional 430 en el cruce con la Vertiente de Esterillas, cercanías de Saceruela.
YG-9	Alto Activo	758-2	T	Gravas	Bueno en el p.K.(3) de la antigua carretera nacional 430.

**FIGURA 18. CUADRO - RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES.**

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

#### **5.4. MATERIALES PARA PRÉSTAMOS**

Los mejores yacimientos para préstamos los constituyen los materiales aluviales cuaternarios del tramo de estudio.

Prácticamente son utilizables para préstamos la gran mayoría de los materiales detríticos cenozoicos. No obstante, los grupos litológicos (I) y (322a) deben considerarse desechables como préstamos. El grupo litológico (I), que constituye las lagunas endorreicas, no se considera apto por el alto contenido en finos, materia orgánica y sales, y el grupo (322a) evidentemente por su altísimo contenido en arcillas expansivas.

El grupo (321b) posee materiales de unas magníficas propiedades para su utilización como préstamos, como en el caso del YG-8. El YG-4, contiene un alto contenido en arcillas plásticas por lo que se recomienda su uso para préstamos de núcleo de terraplén.

#### **5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE**

En la Figura 19 se muestra un cuadro-resumen de los yacimientos rocosos y granulares que por su importancia pudieran ser objeto de un estudio más detallado. Los depósitos volcánicos, coluviales y las superficies de la raña, en toda su amplitud se consideran yacimientos rocosos potenciales, que pudieran ser objeto de un estudio más detallado.

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

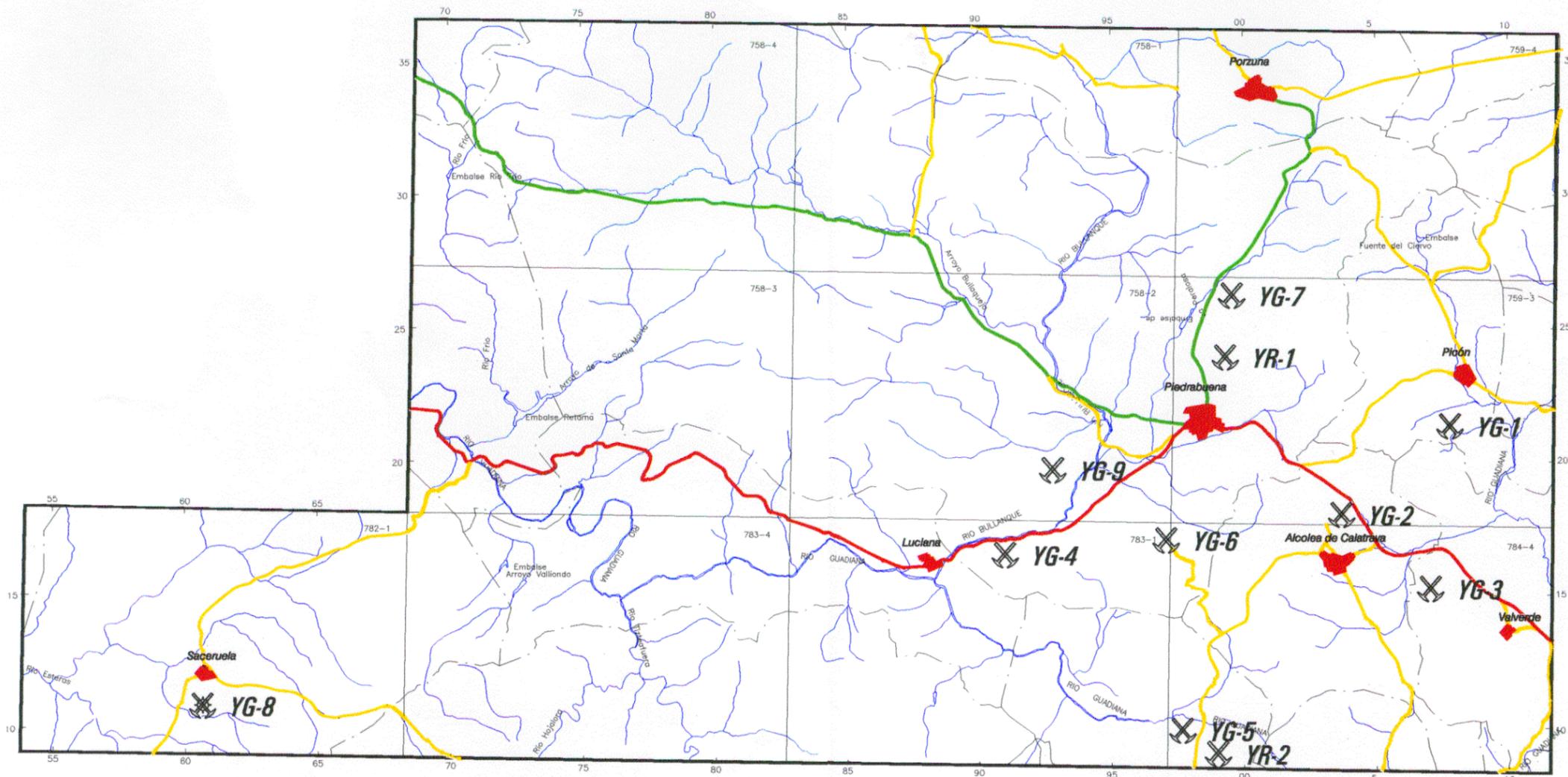
SIMBOLO	INTERES	SITUACION	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YG-5	Bajo Abandonado	784-4	T	Gravas	Buenos en el p.K.(14'5) de la carretera Pozuelos de Calatrava - Alcolea de Calatrava.
YG-8	Alto Abandonado	782-1	321b	Grava	Bueno a través de la carretera nacional 430 en el cruce con la Vertiente de Esterillas, cercanías de Saceruela.

**FIGURA 19. CUADRO - RESUMEN DE LOS YACIMIENTOS A ESTUDIAR CON MÁS DETALLE.**

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

**LEYENDA**

- YR** YACIMIENTO DE ROCA
- YG** YACIMIENTO GRANULAR
-  YACIMIENTO ACTIVO
-  YACIMIENTO INACTIVO
-  YACIMIENTO A ESTUDIAR EN DETALLE



**FIG. 20 MAPA DE SITUACION DE LOS YACIMIENTOS ROCOSOS Y GRANULARES**

Escala 1:200.000

## **6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

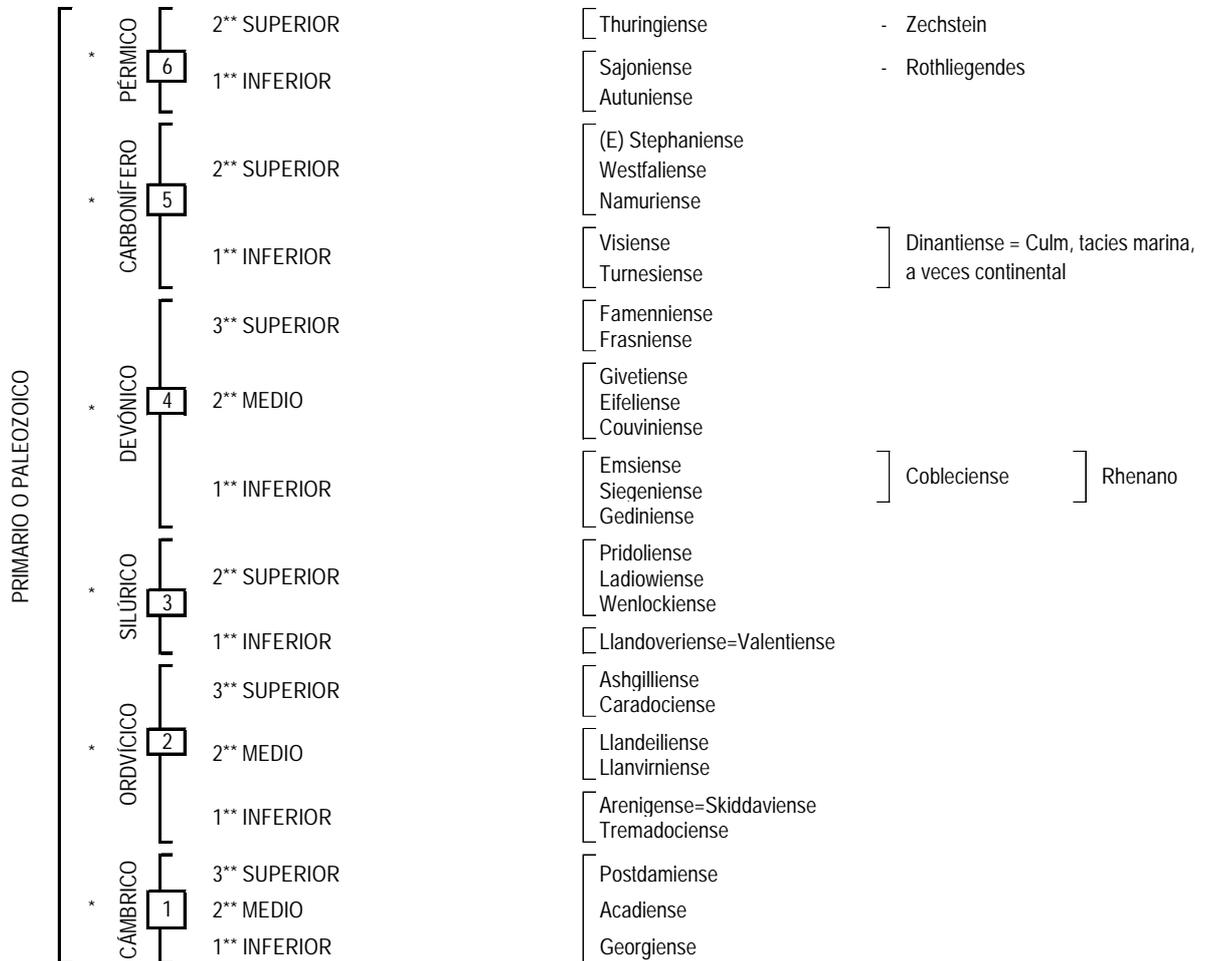
- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1987).- “Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, Hoja 782, Valdemanco de Esteras”. IGME.
- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1989).- “Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, Hoja 758, Casas del Río”. IGME.
- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1989).- “Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, Hoja 759, Piedrabuena”. IGME.

## **7. ANEJOS**

## **7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS**



## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



PRECÁMBRICO      010      \*\*

Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001)\*\* para rocas masivas y (002) para diques.

(1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a suelos potentes o poco potentes.

(2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

\* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el periodo y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y periodo añadiendo un cero como signo de indeterminación.

\*\* Cuando existan varios grupos litológicos dentro de la misma época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c ... etc) para diferenciarlos entre sí.

**7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS  
DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS**

## **7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS**

### **Introducción**

Con objeto de precisar, en lo posible, el contenido de las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, se indican a continuación los criterios utilizados en la exposición de las características del terreno, tales como ripabilidad, estabilidad de taludes, capacidad portante y niveles freáticos.

Para evaluar las características geotécnicas sólo se ha dispuesto de las observaciones de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento geotécnico de los mismos, escorrentía de las aguas superficiales, permeabilidad de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc.). Por tanto sólo se puede dar una valoración cualitativa de dichas características.

### **Ripabilidad**

En lo que a ripabilidad de los materiales del Tramo se refiera, se han considerado los tres niveles o grados que a continuación se indican:

- a) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor ripable alguno, se considera que toda la masa es ripable, al menos en el espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.
- b) Se consideran de ripabilidad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero que sí lo serían empleando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los llamados “ terrenos de transición “, que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas y que son semiripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.
- c) Se consideran no ripables aquellas formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros materiales violentos que produzcan su rotura.

## Capacidad portante

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales del Tramo, al no poder contar con resultados de ensayos “ in situ “, se ha adoptado el siguiente criterio:

- a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien a formaciones rocosas estables y resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de una carretera o de una obra de fábrica.
- b) Capacidad portante media es la que de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales ( $2-3\text{kg/cm}^2$ ) produce asientos tolerables en las obras de fábrica. En este caso , la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.
- c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materias de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de los suelos plásticos si son poco potentes o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

## Estabilidad de taludes

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado, exclusivamente, en las medidas y observaciones de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos de estabilidad de los taludes, asignados a los distintos materiales del Tramo, un carácter puramente estimativo y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio o clasificación que a continuación se indica:

- B: Bajos (0 a 5 m de altura)
- M: Medios (5 a 20 m de altura)
- A: Altos (20 a 40 m de altura)

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras “ subvertical “ (ángulo de más de  $65^\circ$ ) y “ subhorizontal “ (ángulo de menos de  $10^\circ$ ).

Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes, aquellas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico, pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera. En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

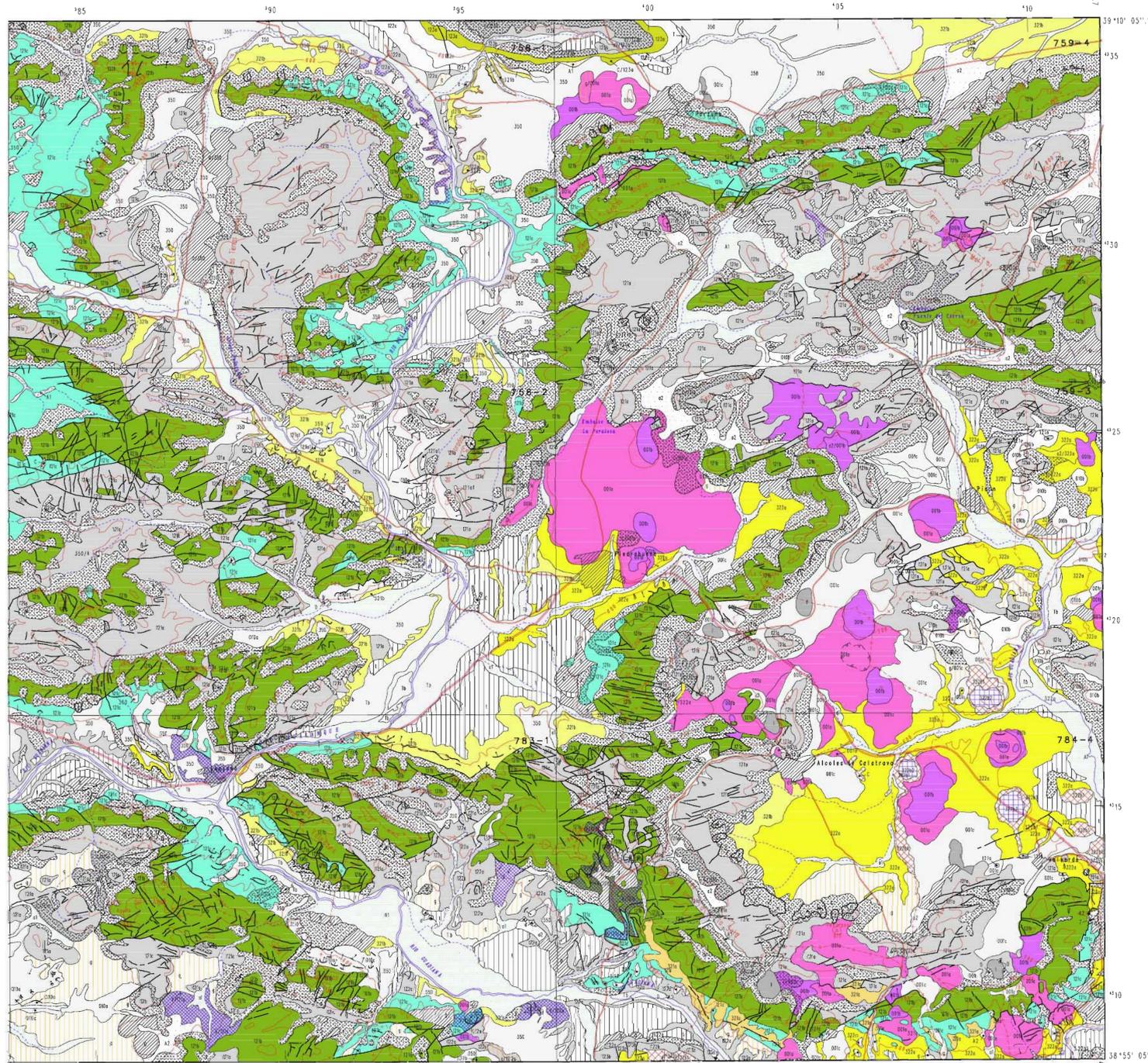
### **Drenaje**

El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno sólo han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

## **8. PLANOS**

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)

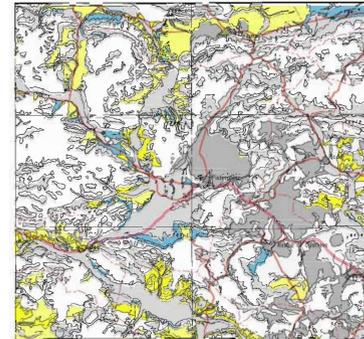


LEYENDA

Table with 4 columns: Material type (e.g., Altiplano, Arenas y gravas), Description, Symbol, and Reference (e.g., P. 4, P. 5, P. 6).

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUERO ESPESOR

(ESCALA 1:200.000)

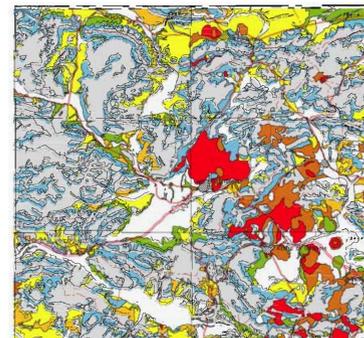


LEYENDA

Table with 2 columns: Soil/Formation type and Description (e.g., Litológicos y ranuras sobre cuarcitas, Suelos aluviales y fluviales de inundación costados).

ESQUEMA GEOTECNICO

(ESCALA 1:200.000)

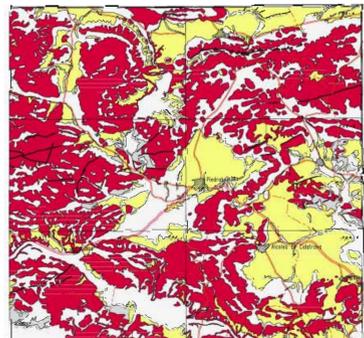


LEYENDA

Table with 2 columns: Geotechnical type and Description (e.g., Aluviales y fluviales de inundación, Roca, grutas, cavernas y aberturas diversas).

ESQUEMA GEOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)

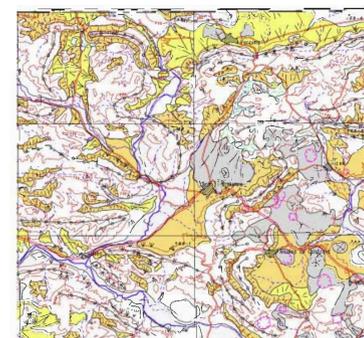


LEYENDA

Table with 2 columns: Geological era/type and Description (e.g., CUARTEMARIO, TERCIARIO, PALEOZOICO, PRECAMBIO).

ESQUEMA GEOMORFOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)

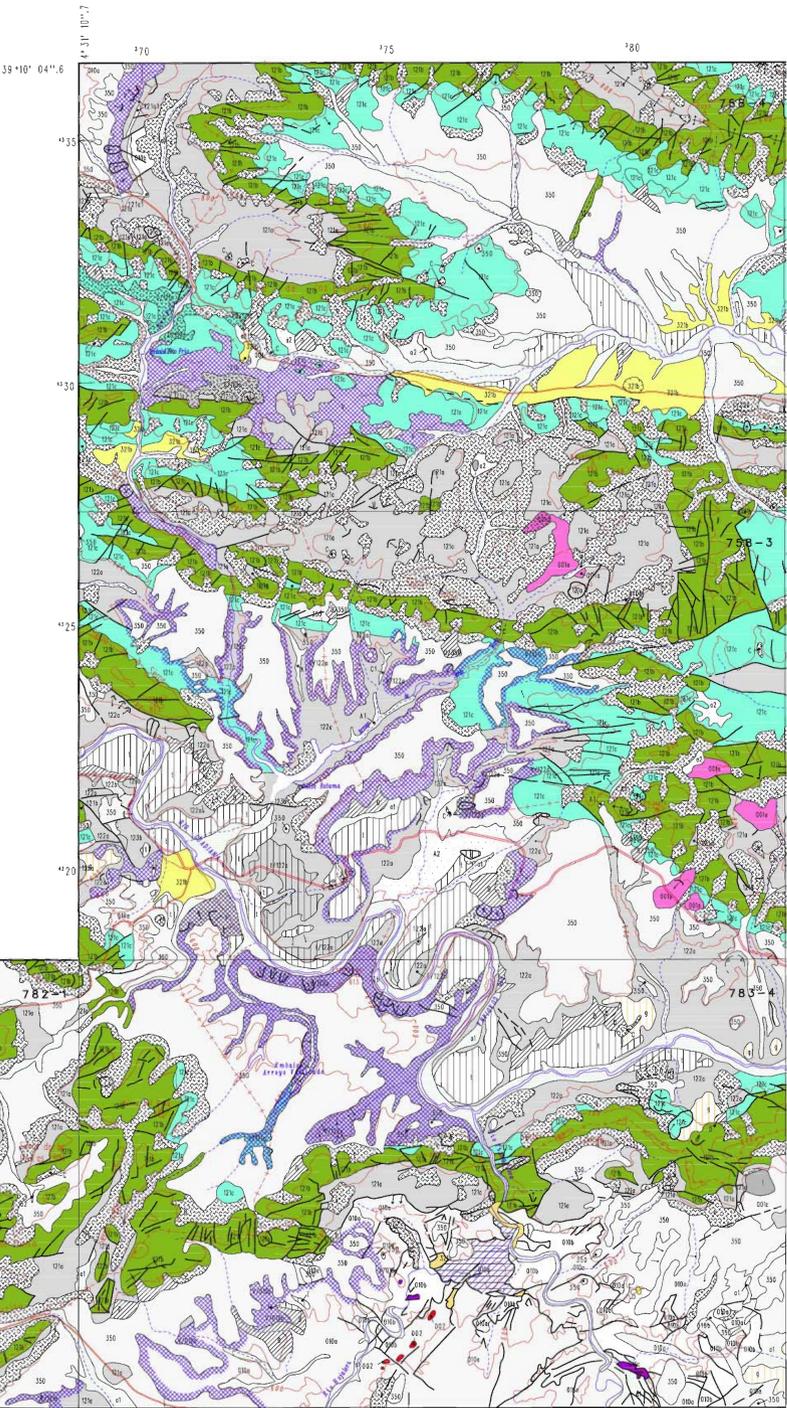


LEYENDA

Table with 2 columns: Geomorphological feature and Description (e.g., Ríos, Arroyos, Valle en "Y", Valle en "H").

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)



- LEYENDA
Aluviales y Bancos de inundación. Permeabilidad moderado-alta con porosidad.
Roca dura, volcánica y aborregada. Permeabilidad variable.
Equipamientos de agua. Permeabilidad alta moderada.

ESQUEMA GEOTECNICO (ESCALA 1:200.000)

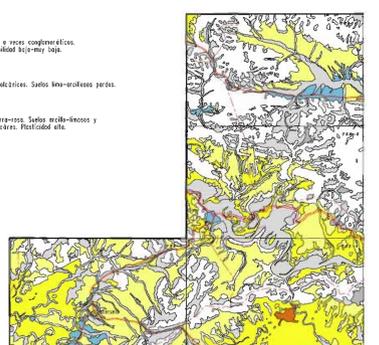


SIMBOLOGIA

- Contacto litológico
Falla
Falla aséptica
Cubajamiento
Cubajamiento supuesta
Anticlinas
Sinclinal
Crisis volcánica
Escarpa
Desplazamiento activo
Desplazamiento fásil
Desplazamiento potencial
Desplazamiento superficial
Corrimiento activo
Corrimiento fásil
Corrimiento potencial
Corrimiento superficial

- LEYENDA
Llanuras y raras sobre coqueles
Suelos oxidados y huecos de inundación constituidos por arena y arena de coqueles
Depósitos de raras y sucesivos de glacia. Grupos paleoglaciales y paleo-glaciales, irregularmente cementados.

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR (ESCALA 1:200.000)



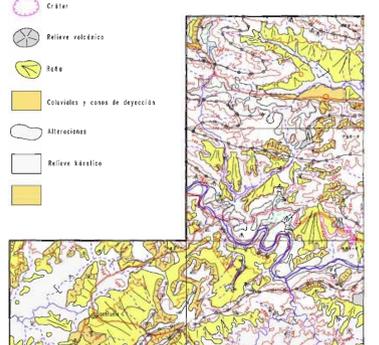
- LEYENDA
CUATERNARIO
TERCIARIO
PALEOCENO
PRECAMBRIOS
SIMBOLOS
Contacto litológico
Falla
Falla aséptica
Cubajamiento
Cubajamiento supuesta

ESQUEMA GEOLOGICO (ESCALA 1:200.000)



- LEYENDA
Riños
Arroyos
Valle en "V"
Valle en alfalfa
Aluvial y terraza de inundación
Terraza
Flechas de valle
Área de precipitación preferencial
Desplazamientos
Cuerpos, relieves apalachianos
Crisis
Relieve volcánico
Falla
Coluviales y conos de deyección
Alteraciones
Relieve hidrográfico
Relieve tectónico

ESQUEMA GEOMORFOLÓGICO (ESCALA 1:200.000)



MATERIALES RECIENTES

- A1a1 Aluvial. Gravas y arenas arenolimosas y arenas, de cenizas de coqueles, e interras en una matriz arenosa o limosa.
A1a2 Flechas de valle. Gravas y arenas de coqueles, en menor proporción, de cenizas, arenas, arenas y arenas volcánicas, con abundante matriz de arena, limo y arcillas.
C-5 Coluviales de pie de ladera y coqueles. Alterabilidad moderado-alta.
I Terrazas. Gravas de cenizas con arenas, intermedias presentas pocas lentillas.

LEYENDA

- MATERIALES METAMORFICOS
E10a Pizarra y gneissos de grano fino.
E10b Areniscas, grescas y pizarras.
E10c Conglomerados de cenizas volcánicas, principalmente silíceas, arenolimosas, entre 0,5 y 5 cm de diámetro.
E10d Dólitos en masivos de tonos amarillos-rosas.
E10e Cuarzos blancos.

MATERIALES DETRITICOS

- 350/G Gravas, arenas y conglomerados de cenizas volcánicas, silíceas irregularmente cementadas por carbonatos y con matriz arenosa y arcillosa.
320 Conglomerados, brechas, areniscas, arenas y limos volcánicos. Cambios laterales de facies importantes.

MATERIALES VOLCANICOS

- 001a Lavas masivas de origen volcánico, a menudo resacas y con inclusiones de depósitos, por sícos de alta compacidad y densidad.
001b Lavas masivas de origen volcánico, a menudo resacas y con inclusiones de depósitos, por sícos de alta compacidad y densidad.
001c Rocas pliocénicas más o menos soldadas y de aspecto granoso (arenas, lapilli, cenizas).
001d Tópos y lavas volcánicas en bancos de espesor métrico y decimétrico.

MATERIALES PLUTONICOS

- 001 Diques de granitos de color verde grisáceo. Presenta una textura porfírica de fenocristales de cuarzo, feldspato y mica, dentro de una matriz microcristalina compacta.



Ministerio de Fomento  
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte  
Dirección General de Carreteras