

Estudios Previos de Terrenos de la Dirección General de Carreteras

Jesús Martín Contreras

Licenciado en Ciencias Geológicas

Servicio de Geotecnia. Dirección Técnica. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento

Álvaro Parrilla Alcaide

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Servicio de Geotecnia. Dirección Técnica. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento

Jesús Santamaría Arias

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Jefe del Servicio de Geotecnia. Dirección Técnica. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento

RESUMEN: Desde hace 35 años la Dirección General de Carreteras viene realizando, en diferentes formatos, los Estudios Previos de Terrenos. Inicialmente fueron los fotoplanos con superponible transparente, posteriormente los libros y hoy los libros digitales.

A pesar de esta evolución en lo que al soporte material se refiere, el objetivo perseguido con ellos sigue siendo el de proporcionar una información básica homogénea acerca de las características geológico-geotécnicas aplicadas a la construcción de carreteras, de los corredores de trazado de la Red del Estado, tanto en los tramos que la componen hoy día como en aquellos otros en que se prevé la realización de actuaciones de ampliación o mejora de la misma, a corto y medio plazo.

1 ANTECEDENTES

Los Estudios Previos de Terrenos (EPT), nacieron durante la década de los 60 ante las dificultades que se planteaban en la entonces Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales del Ministerio de Obras Públicas al no disponerse de una información sistemática sobre los materiales atravesados por los nuevos trazados, en cuanto al comportamiento geotécnico de las formaciones, así como a la situación de yacimientos granulares y canteras.

Un análisis efectuado en la primera mitad de la década puso de manifiesto que alrededor de un 55% de los proyectos reformados elaborados en tales fechas se debía de uno u otro modo a causas atribuibles al terreno.

Por otra parte la necesidad de un estudio litológico y estructural, de las formaciones atravesadas por los nuevos trazados, así como la situación de los yacimientos granulares y canteras se hacía cada vez más necesario, ya que no se encontraba disponible el Mapa Geológico Nacional (MAGNA) y las hojas geológicas publicadas por el IGME, que no cubrían todo el territorio nacional, estaban enfocadas fundamentalmente hacia la cartografía y datación estratigráfica de las formaciones geológicas. Estas publicaciones carecían en general de la información geotécnica que el ingeniero necesitaba al acometer un proyecto u obra.

Todo ello producía incluso en ocasiones, la ausencia casi total de estudio geológico-geotécnico, o en el

mejor de los casos, requería para su elaboración un esfuerzo considerablemente mayor que el precisado una vez editado el correspondiente EPT.

Con los Estudios Previos de Terrenos, se pretende proporcionar una información básica al Ingeniero Director del Proyecto evitando la repetición de los reconocimientos en una misma zona, con un contenido uniforme para todo el territorio nacional.

Atendiendo a las prioridades señaladas en aquellas fechas por la División de Planes y Tráfico y con los datos obtenidos de los distintos Servicios de la Dirección General, se programaban anualmente los correspondientes EPT de los itinerarios de la red principal de carreteras, adaptándose siempre a los cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional del Instituto Geográfico y Catastral. Los cuadrantes que se programaban en cada trabajo, se disponían procurando cubrir al menos 15 Km, a lo largo de la carretera objeto del estudio.

El Estudio Previo de Terrenos, aborda la cartografía de las distintas formaciones geológicas existentes en el tramo analizado, la descripción de sus características litológicas, estructurales y geotécnicas, así como también la situación y delimitación de los yacimientos granulares, canteras y zonas de préstamos, susceptibles de utilizarse como materiales en la construcción de carreteras.

2 LOS ORTOFOTOPLANOS INTERPRETADOS (1966-1969)

El primer paso en este camino lo constituyen los or-

tofotoplanos interpretados.

En la segunda mitad de la década de los 60 la documentación cartográfica se realizó sobre un fotoplano escala 1/25.000, que se confeccionaba a partir del "Vuelo Americano" del "Air Force Mapping Service" de escala original aproximada 1/33.000.

Cada fotoplano lleva su correspondiente superponible transparente en el que se dibujaban los límites entre las distintas formaciones existentes en el cuadrante, así como la situación de los yacimientos granulares, canteras, etc. Estos fotoplanos iban acompañados de una memoria con la descripción litológica y estructural de las distintas formaciones del cuadrante.

Posteriormente se elaboraba una memoria de conjunto del tramo, en la que se describía cada grupo litológico por zonas de estudio, dibujando para cada uno un corte estratigráfico, resaltando su estructura y los componentes del mismo.

En esta fase se adjuntaban en la memoria las fotografías más ilustrativas de los diferentes grupos, la columna estratigráfica de las formaciones existentes en el tramo y unos cuadros resumen de yacimientos granulares y canteras.

Acompañaban a la memoria, tres planos a escala 1/100.000 uno litológico, otro geotécnico y otro con la situación de yacimientos granulares y canteras.

Durante esta etapa inicial los suelos aparecen en la cartografía del superponible del fotoplano, con una letra mayúscula según su origen (tabla 1) seguida de dos números, que indican las dos fracciones predominantes en los suelos, según su clasificación HRB (tabla 2), pudiendo repetirse la cifra si el suelo es muy uniforme.

Tabla 1

ORIGEN DEL SUELO	SÍMBOLO
Químico	Q
Glaciárico	H
Terraza	T
Acarreo	A
Cono de deyección	D
Eólico	E
Marino	R
Coluvial	C
Marismal	M
Lacustre	L
Pantanosos	P
Eluvial	V

Dentro de cada formación se señalaban además las condiciones generales de drenaje de los diferentes terrenos (capa freática y escorrentía) mediante los símbolos de la tabla 3

Tabla 2

GRUPO HRB	DESCRIPCION DEL MATERIAL	SÍMBOLO
A-1	Fragmento de piedra, grava y arena	1
A-2	Grava y arena limosa/arcillosa	2
A-3	Arena fina	3
A-4	Limo	4
A-5	Limo (plástico)	5
A-6	Arcilla	6
A-7	Arcillas (plásticas con cambio de volumen apreciable)	7

Tabla 3

CONDICIONES DE DRENAJE	SÍMBOLO
Excelentes	ϵ
Tolerables	τ
Malas	μ

Así una terraza con suelos A-2 y A-5 con drenaje muy bueno se clasificaría como T25 ϵ , y una zona de arena eólica fina muy uniforme con drenaje excelente como E33 ϵ .

Desde 1966 a 1969, los Estudios Previos de Terrenos se realizan por un equipo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y Geólogos de la División de Materiales de la DGC.

Durante estos años, los Servicios Regionales piden a la Dirección General el estudio de los tramos de carreteras que consideran más urgentes, con lo que el volumen de trabajo aumenta considerablemente.

Ante este hecho, en 1969 se decide publicar los Estudios Previos de Terrenos, para atender el mayor número posible de peticiones, contratando a empresas consultoras la realización de los mismos bajo la dirección y supervisión del equipo de Ingenieros y Geólogos de la División de Materiales.

3 LOS ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO EN VERSIÓN BIBLIOGRÁFICA (1969-1996)

En esta nueva etapa iniciada en 1969 se prescinde del fotoplano y se da más importancia a la cartografía litológica, geomorfológica y estructural, acompañando a la memoria, los planos litológicos a escala 1/50.000, correspondientes al tramo del estudio.

Este cambio de criterio obliga a una cartografía representada por tres dígitos que representan la edad estratigráfica del grupo litológico, y a realizar una memoria fundamentalmente geomorfológica, estructural y litológica, indicando el comportamiento geotécnico de cada grupo

M.O.P. - DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS - DIVISION DE MATERIALES - SERVICIO DE LABORATORIOS Y PROSPECCIONES

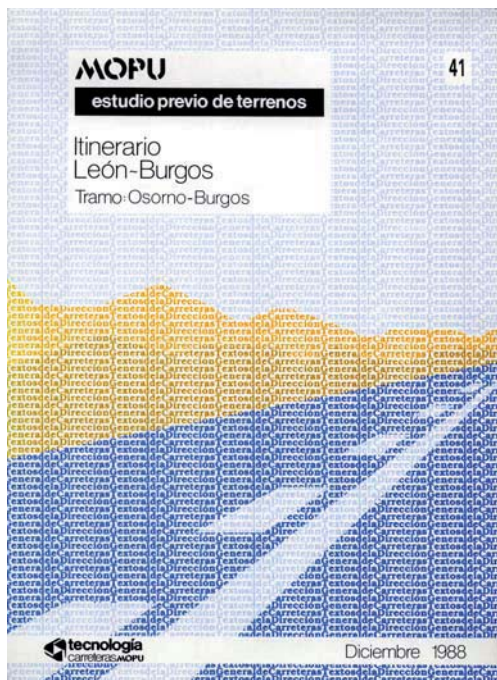


Para facilitar la situación estratigráfica de los grupos litológicos cartografiados en los planos se incluye una columna estratigráfica en cada EPT.



Portada EPT durante la década de los 70.

Los diferentes grupos se representan por un número de tres cifras, el primer dígito representa la era geológica el segundo el periodo y el tercero la época. Así por ejemplo un grupo litológico cartografiado como nº 213 corresponden a materiales pertenecientes al Keuper (era Secundaria (2) periodo Triásico (3) época Keuper (1))



Portada EPT durante la década de los 80.

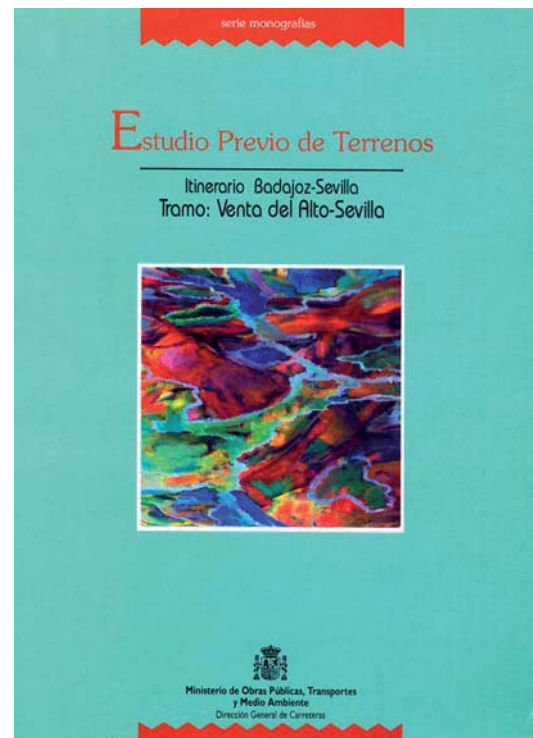
A partir de la publicación en formato bibliográfico se estudian además itinerarios alternativos, al mismo tiempo que se hace la cartografía de campo en cada uno de los EPT, con lo que se introduce una mejora importante en el estudio, ya que a la memoria se acompaña un plano de situación, con las localidades y carreteras más importantes de la zona, en el que se señalan los itinerarios alternativos.

Asimismo se viene prestando especial atención a la geomorfología de las laderas potencialmente inestables, fuente de frecuentes problemas en nuestra red viaria.

4 LOS EPT EN VERSIÓN DIGITAL (1996)

Desde los trabajos iniciados en 1996 los Estudios Previos de Terrenos se vienen realizando tanto en formato bibliográfico como digital (libro + CD) por lo que a partir de la publicación de los mismos pueden efectuarse búsquedas informáticas por palabras, ampliaciones de imágenes, enlaces con otros documentos, etc.

Por otra parte resulta de especial interés el tratamiento informático dado a los planos, con diversas capas de información, siendo posible la selección de zonas concretas, la impresión directa en papel, etc.



Portada EPT durante la década de los 90 y de la versión digital

5 CONTENIDO DE LOS EPT

Desde que se vienen elaborando, los EPT persiguen los mismos objetivos ya expuestos de servir como base proporcionando una información homogénea, a los estudios y proyectos geológico-geotécnicos realizados

en la Dirección General de Carreteras.

Su contenido básico se estructura en los siguientes apartados:

1) *Introducción*: Donde se indican las hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional que en cada caso se estudian, así como la metodología seguida y los autores del trabajo.

2) *Características generales*: Recoge una serie de aspectos que permiten efectuar un encuadre de la zona dentro del territorio en el que se contempla la climatología, topografía, geomorfología y estratigrafía general, tectónica y sismicidad.

3) *Estudio de zonas*: Basándose en la caracterización geomorfológica efectuada en el punto anterior, se divide el área de trabajo en una serie de zonas relativamente homogéneas, para las que efectúa un estudio de detalle que incluye entre otros aspectos, cortes geológicos, columnas estratigráficas, y determinación de grupos litológicos, para los que se define su litología, estructura y características geotécnicas fundamentales.

Estos aspectos se reflejan a su vez en la cartografía del EPT.

4) *Conclusiones generales*: Ponen de manifiesto desde un punto de vista eminentemente práctico, aplicado a la ejecución de infraestructuras viarias, los principales aspectos y problemática relativa a:

- Topografía
- Hidrología
- Litología
- Geomorfología
- Geotecnia

Concluyendo con una serie de corredores de trazado recomendados, desde el punto de vista geológico-geotécnico que no siempre coinciden con las vías de comunicación existentes en la zona estudiada.

5) *Información sobre yacimientos*: Se da una visión sucinta de las principales canteras y yacimientos rocosos y granulares activos e incluso en ocasiones potenciales, adjuntándose un mapa o esquema resumen y una serie de cuadros a modo de sumario.

6) *Bibliografía consultada*.

7) *Anejos*: Este apartado no existe como tal en los estudios más antiguos, si bien su contenido se refleja en el texto de los mismos. Incluyen la columna estratigráfica de la zona así como los criterios utilizados en las descripciones geotécnicas en cuanto a ripabilidad, capacidad portante, estabilidad de taludes y drenaje.

8) *Planos*: En cada ejemplar se adjuntan los siguientes planos en un desplegable a color:

Tabla 4

PLANO	ESCALA
Esquema geológico	1/200.000
Esquema geomorfológico	1/200.000
Esquema de suelos y formaciones de pequeño espesor	1/200.000
Esquema geotécnico	1/200.000
Esquema litológico-estructural	1/50.000

Cada uno de ellos está acompañado de su correspondiente leyenda en la que se reflejan de manera resumida las características principales señaladas en los restantes apartados para cada zona.

Asimismo en el texto se incluyen diversos mapas y esquemas en blanco y negro en diferentes escalas relativos a situación general, corredores de trazado propuestos, situación de yacimientos y canteras, etc.

6 UTILIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO

Su uso dentro del ámbito de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento se encuentra regulado por la Orden Circular 314/90 T y P "Normalización de los estudios geológico geotécnicos a incluir en anteproyectos y proyectos", donde con el objeto de homogeneizar y garantizar la calidad de los mismos, racionalizando y sistematizando los esfuerzos realizados y agilizando en lo posible su ejecución, se prescribe su uso para aquellos trazados en que se encuentren elaborados.

7 REALIZACIONES

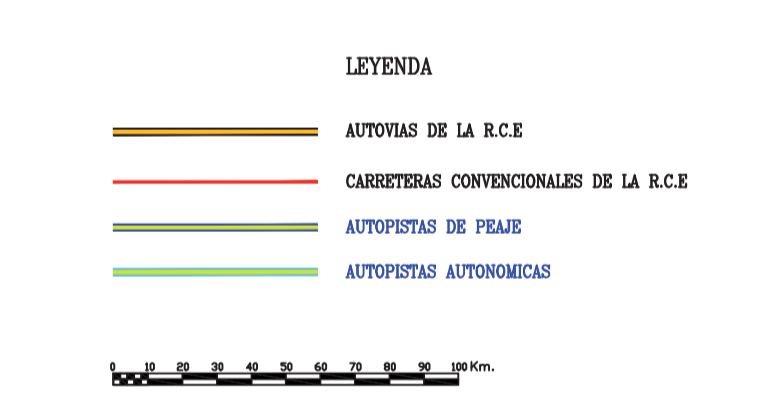
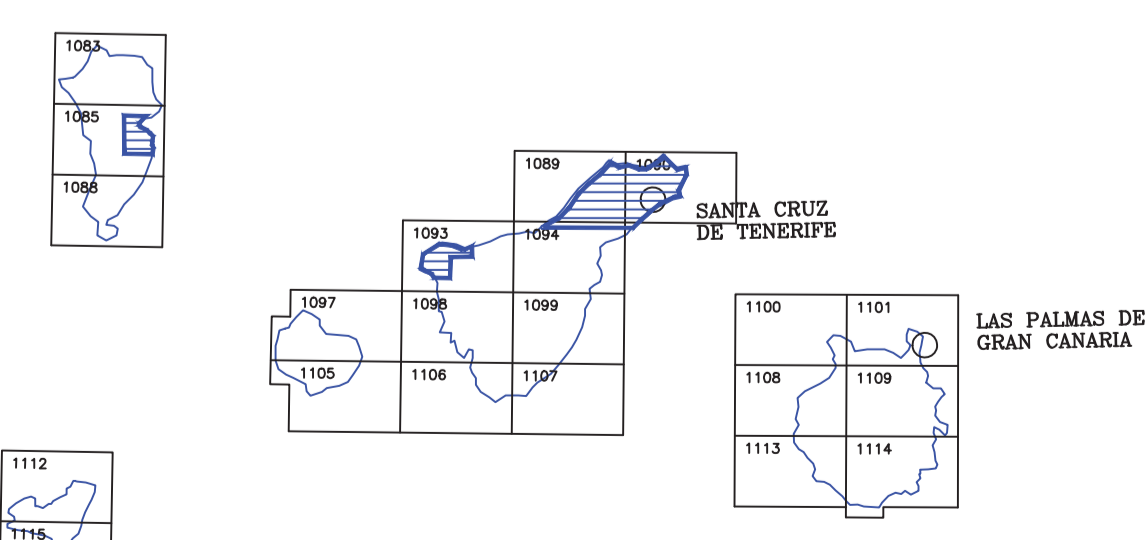
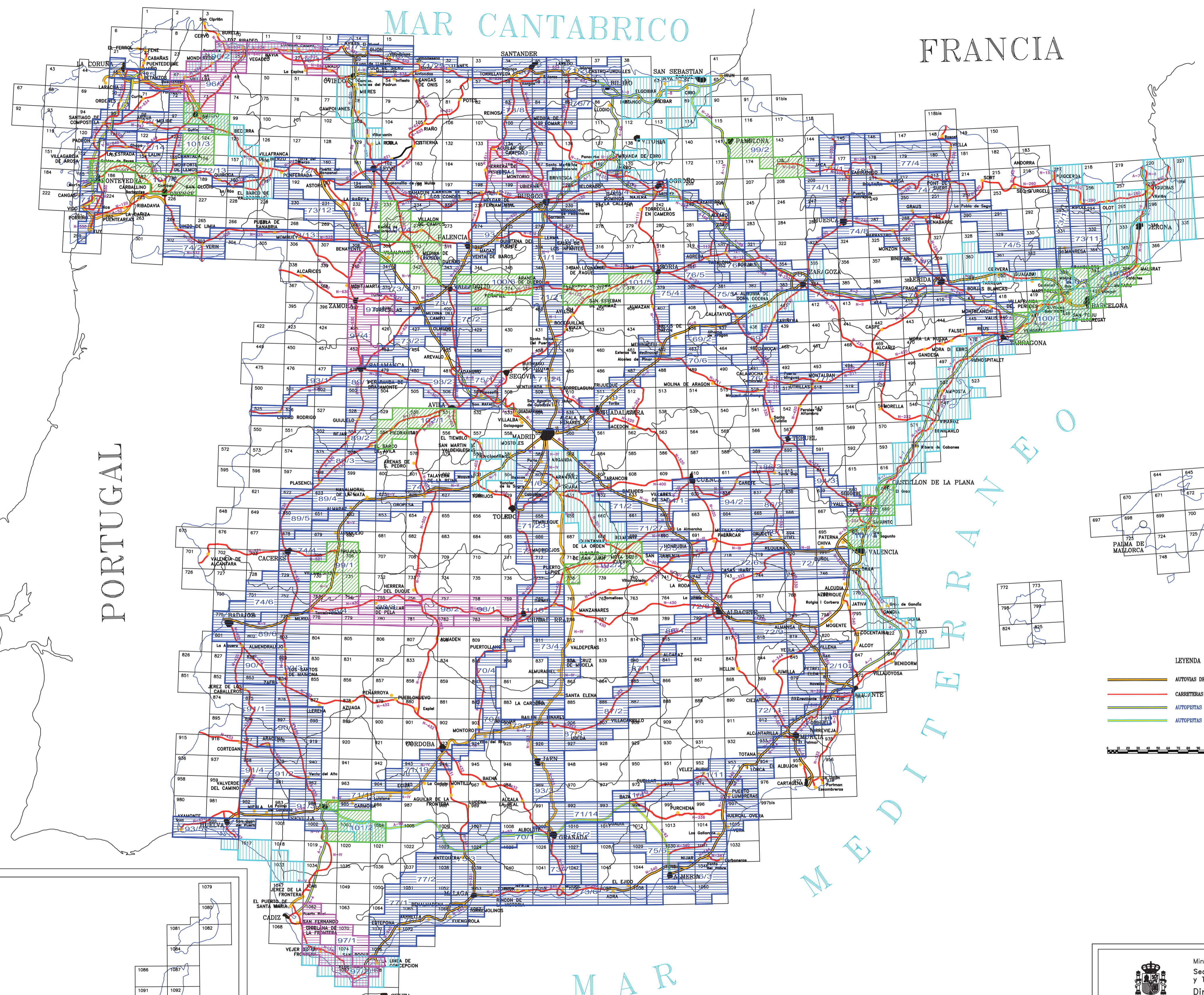
A continuación de adjunta un cuadro donde se expone de manera aproximada la superficie de las zonas en las que en unos u otros formatos existen EPT.


Tabla 5

FORMATO	ÁREA APROX.(Km ²)
Ortofotoplano interpretado	26.000
EPT bibliográfico	210.000
EPT bibliográfico y digital (libro+CD)	16.000
Estudio en fase de elaboración (libro+CD)	23.000
TOTAL	275.000

Lo que supone aproximadamente un 55% de la superficie nacional, debe tenerse en cuenta que el objetivo fundamental de estos Estudios se ciñe en principio a las zonas próximas a las carreteras de la Red del Estado, y corredores de trazado previstos a corto y medio plazo.

Asimismo se acompaña un mapa en el que se indican los cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional para los que existe el correspondiente EPT, o se encuentra en fase de elaboración.





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

ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENOS

	ORTOFOTOPLANO INTERPRETADO
	ESTUDIO EN PAPEL
	ESTUDIO DIGITALIZADO
	EN EJECUCION

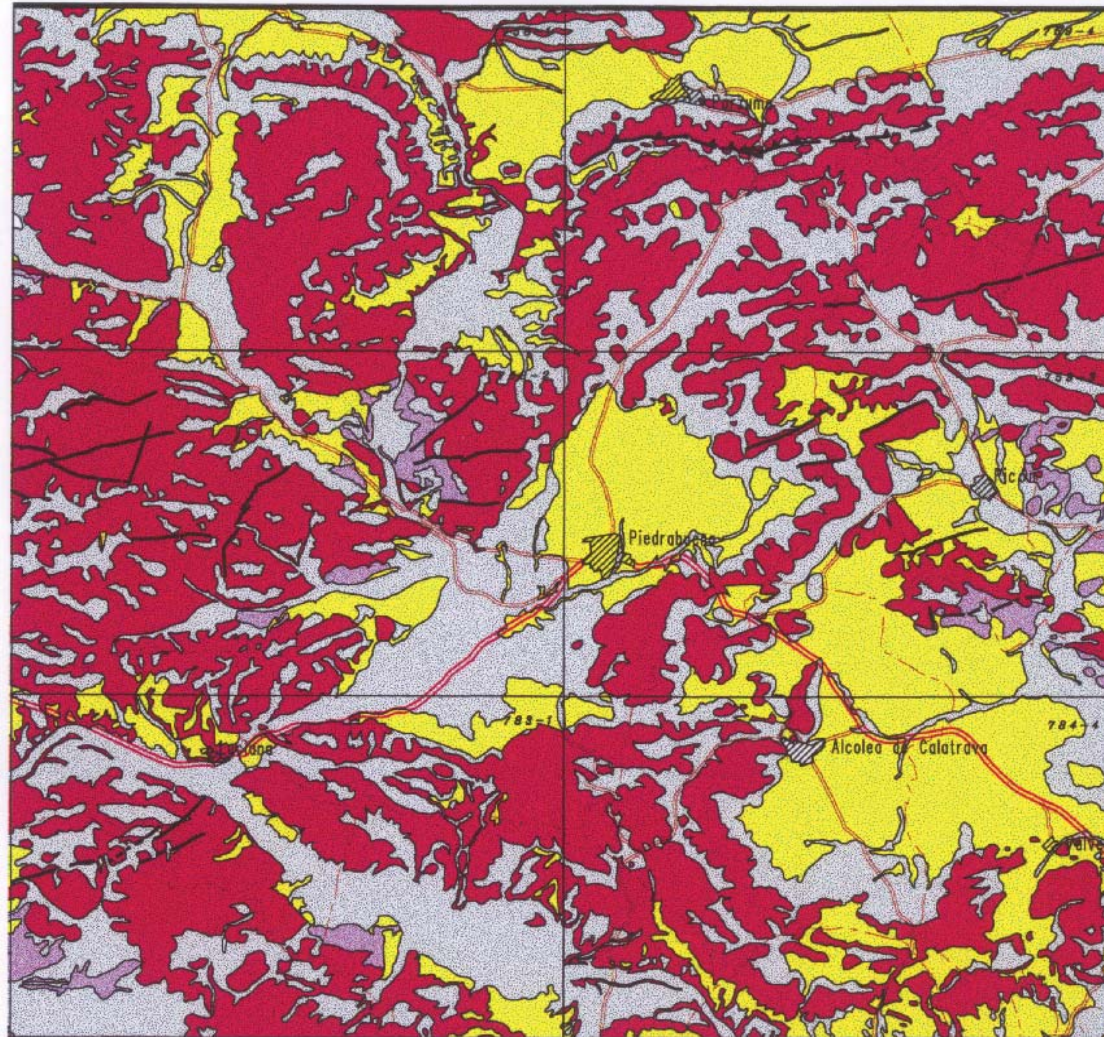
4	1	NUMERACION CUADRANTES
3	2	

97/1 IDENTIFICADOR ESTUDIO PREVIO

MARZO 1999

ESQUEMA GEOLOGICO

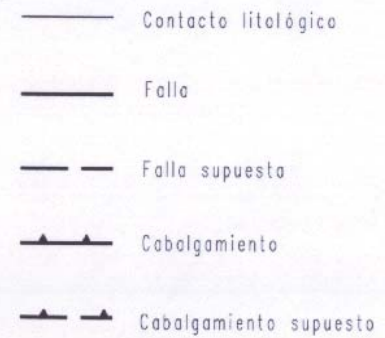
(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

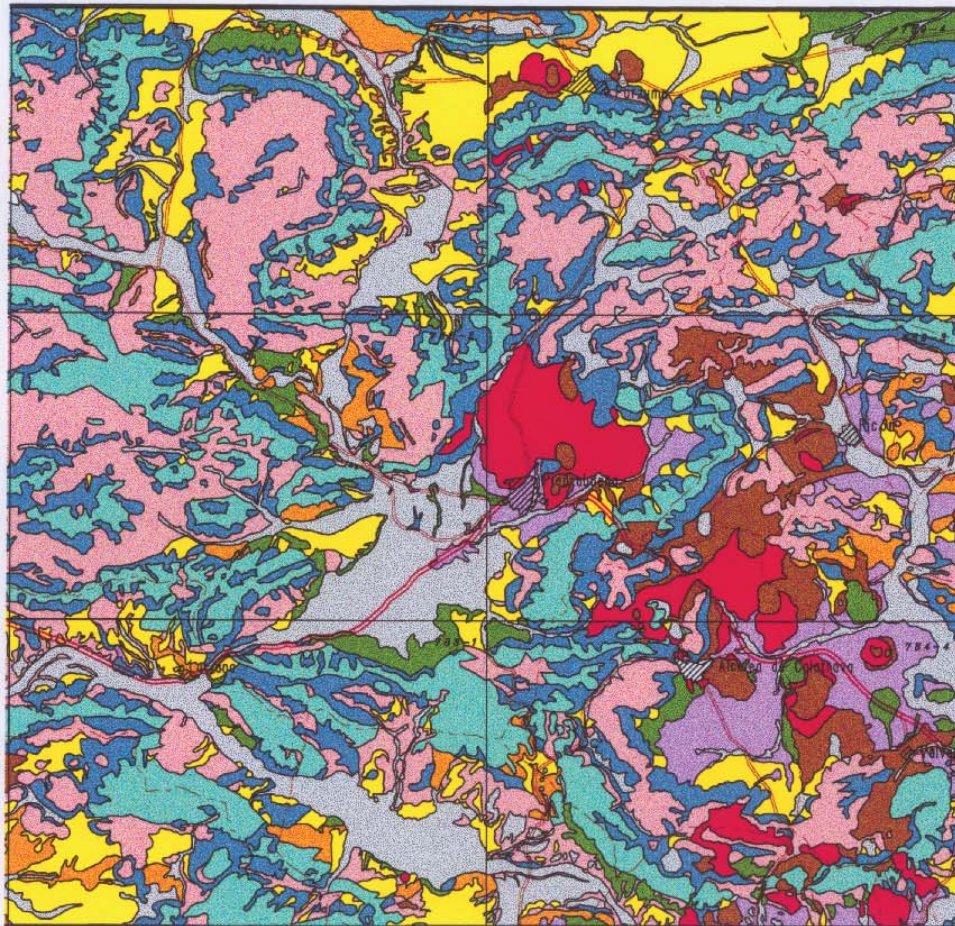


SIMBOLOS













ESQUEMA GEOTECNICO

(ESCALA 1:200.000)

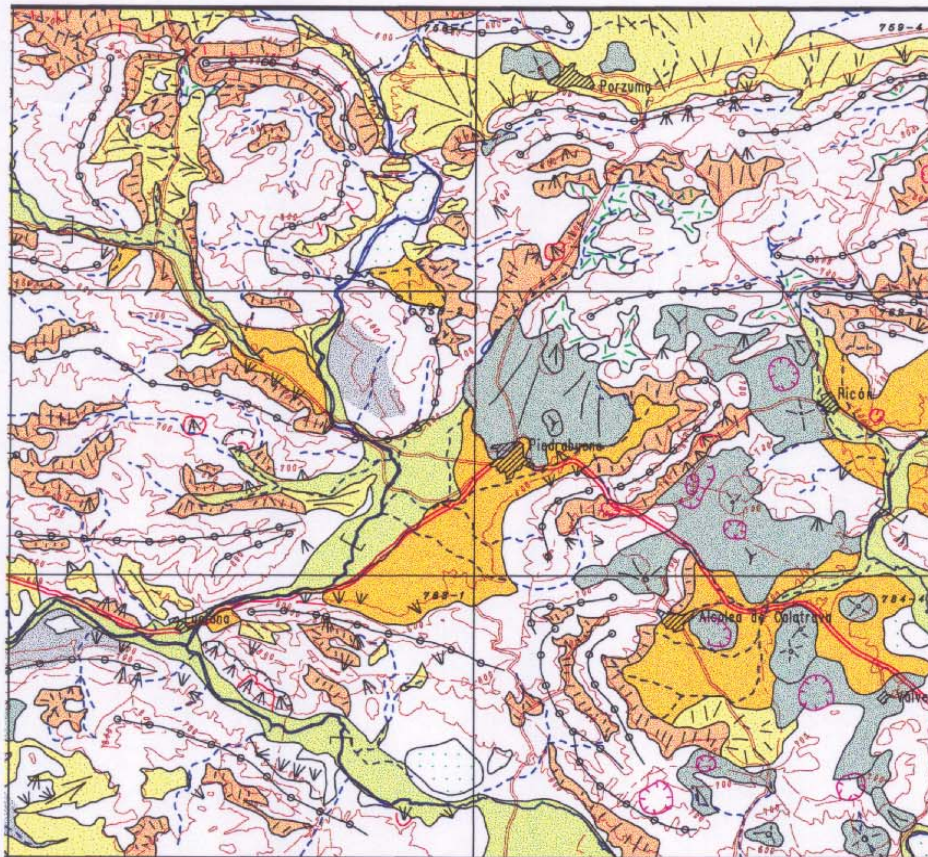



















LEYENDA

-  Aluviales y llanuras de inundación. Permeabilidad moderada-alta por percolación. Problemas de tipo hidrodinámico en épocas de crecida. Capacidad portante baja. Ripables.
-  Raña, glacis, coluviales y abanicos aluviales. Permeabilidad aceptable. Terminan en pequeños escarpes redondos afectados por deslizamiento. Problemas de desprendimiento de cantos o bolos y deslizamiento. Pendiente aconsejada $1H:1V$. Capacidad portante baja. Grupo ripable.
-  Recubrimientos de ladera. Permeabilidad alta-moderada. Procesos fósiles de deslizamiento. Problemas 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 $1H:1V$. Capacidad portante baja. Ripables.
-  Formaciones margo-arcillosas, vulcano-sedimentarias y calizo-margosas. Naturaleza impermeable. Problemas de expansividad de arcillas. Taludes artificiales <math>< 1.5H:1V</math>. Capacidad portante baja. Ripable.
-  Formaciones de naturaleza detrítica limo-arcillosas y areno-conglomeráticas poco consolidadas. Permeabilidad variable, en general poco permeable. Frecuentes laderas estructuradas por deslizamientos fósiles. Taludes de excavación <math>< 1H:1V</math>. Capacidad portante entre moderada y baja. A media ladera se debe temer siempre los procesos de rotura por gravedad pre-existentes. Ripable.
-  Alternancia con areniscas, cuarcitas y pizarras. Permeabilidad baja y muy baja. Taludes naturales con procesos amplios, profundos y generalizados de corrimientos de ladera, de carácter fósil. Fuerte alteración en zonas de falla. Taludes de excavación con pendientes medias. Capacidad portante alta o muy alta en principio. Ripabilidad marginal.
-  Grupo pizarroso y pizarro-greuvaquico. Permeables por fisuración. Estabilidad natural bajo en mantos de alteración. Taludes aconsejables <math>< 1H:1V</math>. Capacidad portante muy variable. Ripables marginalmente.
-  Cuarcitas y conglomerados silíceos. Permeabilidad por fisuración. Taludes naturales con procesos moderados de desprendimientos en los escarpes serranos. Pendientes aconsejables subverticales. Problemas de desprendimientos de bloques y cuñas en taludes artificiales. Capacidad portante muy alta. No ripable.
-  Materiales volcánicos de proyección aérea. Permeabilidad entre alta y moderada, por porosidad. Estabilidad natural aceptable. Taludes de excavación con fenómenos de desprendimiento y desplomes. Taludes aconsejables entre $1H:3V$ y $1H:1.5V$. Capacidad portante moderada. Ripable.
-  Rocas volcánicas masivas y aglomerados. Permeables por fisuración. Estabilidad natural afectado por deslizamientos cuando descansan sobre formaciones margo-arcillosas del Plioceno. Taludes de excavación subverticales. Capacidad portante alta en principio. No ripable.

ESQUEMA GEOMORFOLOGICO

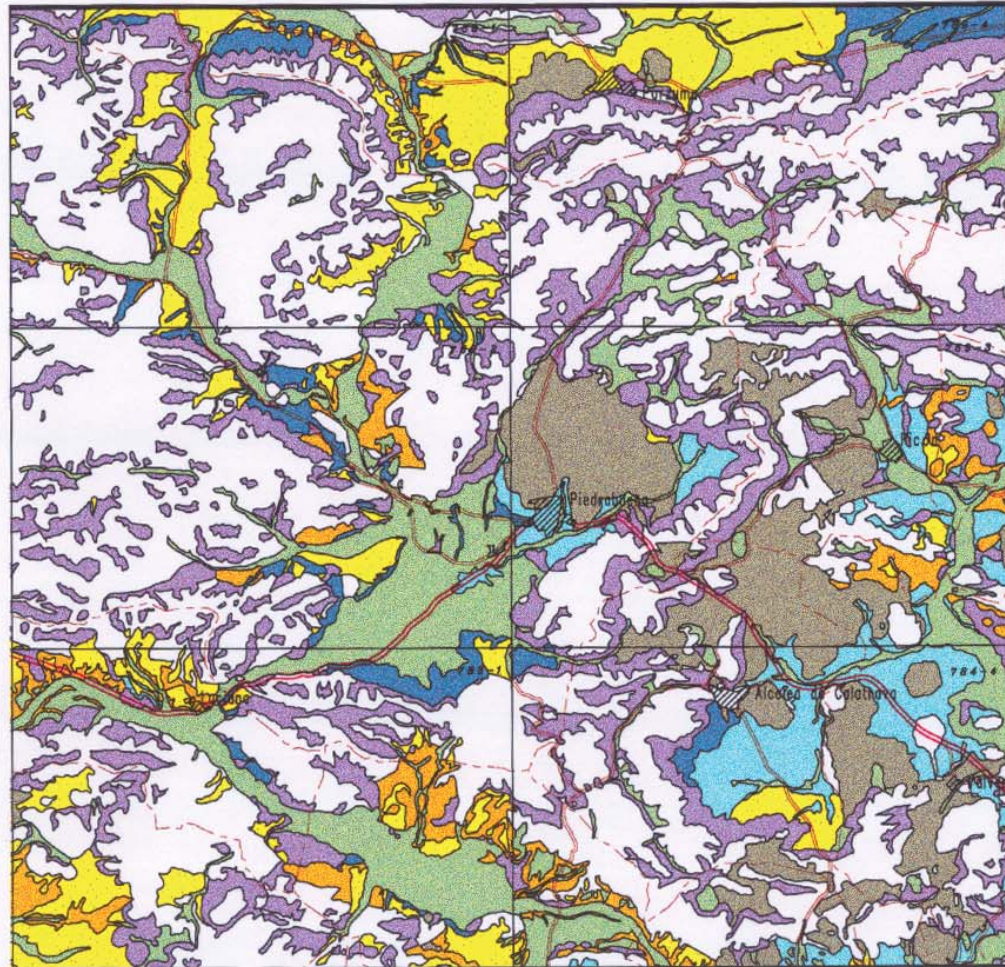
(ESCALA 1:200.000)



-  Ríos
-  Arroyos
-  Valle en "V"
-  Valle en artesa
-  Aluvial y terraza de inundación
-  Terraza
-  Fondos de valle
-  Areas de percolación preferencial
-  Deslizamientos
-  Cuerdas, relieves apalachianos
-  Cráter
-  Relieve volcánico
-  Raña
-  Coluviales y conos de deyección
-  Alteraciones
-  Relieve kárstico
- 

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR

(ESCALA 1:200.000)

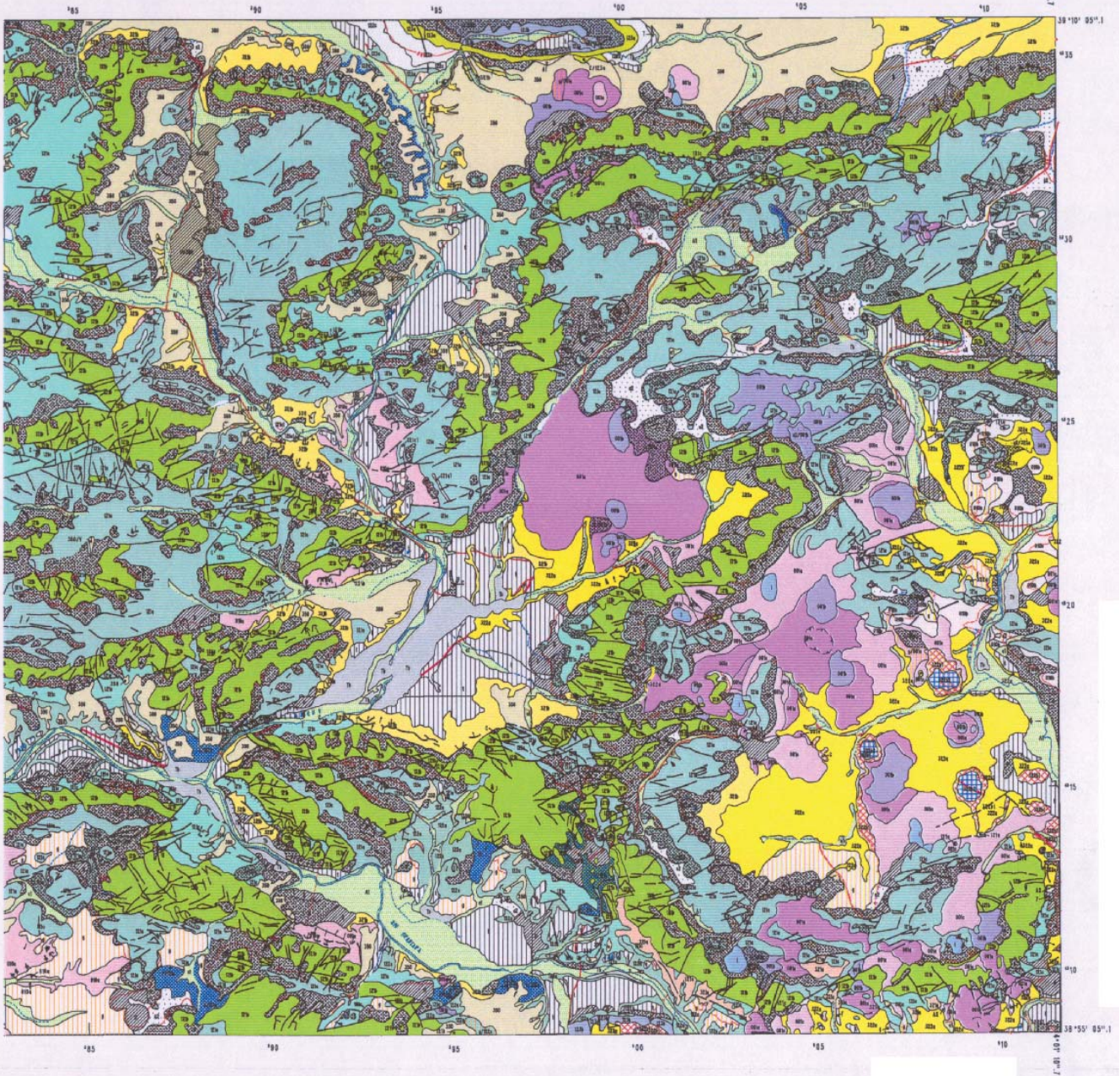


LEYENDA

-  Litosuelos y rankers sobre cuarcitas
-  Suelos aluviales y llanuras de inundación constituidos por gravas y arenas. No cohesivos.
-  Depósitos de rañas y superficies de glacis. Gravos poligénicas y polimícticas, irregularmente cementadas.
-  Depósitos de laderas de origen coluvionar, conos y abanicos aluviales y suelos eluviales y mantos de alteración. Plasticidad muy alta en las alteritas. Suelos cohesivos e irregularmente cementados.
-  Rankers sobre pizarras.
-  Materiales limo-arcillosos, a veces conglomeráticos. Suelos cohesivos. Permeabilidad baja-muy baja.
-  Suelos sobre materiales margo-arcillosos con carácter expansivo. Suelos pardos. Localmente presencia de sales.
-  Suelos sobre materiales volcánicos. Suelos limo-arcillosos pardos.

MAPA LITOLÓGICO-ESTRUCTURAL

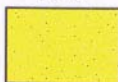
(ESCALA 1:50.000)



MAPA LITOLÓGICO ESTRUCTURAL

LEYENDA

321b



Conglomerados, brechas, areniscas, arenas y fangos variolados. Cambios laterales de facies importantes. Disposición subhorizontal. Suavemente deformado y fallado. Permeabilidad baja o muy baja. Fenómenos de inestabilidad natural fósil. Taludes artificiales observados pequeños o medios.

322b2



Calizas arenosas. Relieves tabulares. Aparece localmente roto, plegado suavemente dentro de estructuras circulares de pequeño radio. Permeabilidad moderada por karstificación. Problemas de subsidencia. Taludes artificiales observados pequeños, subverticales y sin problemas. Taludes recomendados 1H:1.5V. Capacidad portante alta, problemas locales por karstificación. No ripables. (Terciario. P.a.: 4-5 m).

322b1



Calizas micríticas blanquecinas, dolomicritas, calizas margosas y dolomías. Relieves tabulares. Aparece localmente roto, plegado suavemente dentro de estructuras circulares de pequeño radio. Permeabilidad moderada por karstificación. Problemas de subsidencia. Taludes artificiales observados pequeños, subverticales y sin problemas. Taludes recomendados 1H:1.5V. Capacidad portante alta o muy alta en los tramos más potentes, problemas locales por karstificación. No ripables. (Terciario. P.a.: 25-30 m).

321a



Corazas ferralíticas. Compacidad y dureza muy altas. Disposición subhorizontal. Estructura tabular. Permeable por fisuración. Estabilidad natural con bloques desprendidos. Taludes artificiales observados con formación de cornisas por erosión diferencial. Taludes recomendados, subverticales. Capacidad portante alta. Ripabilidad marginal. (Terciario. P.a.: 3 m).

MATERIALES METAMORFICOS

010a



Pizarras y grauwacas de grano fino. Serie rítmica y homogénea. Estructura masiva de los bancos. Grado de alteración variable, alto en términos generales. Grado de fracturación, diaclasado y plegamiento alto. Grado de metamorfismo muy bajo. Permeabilidad por fisuración. Estabilidad natural baja en los horizontes de alteración. Taludes recomendados no superiores al 1.5H:1V. Capacidad portante de moderada a baja. Ripabilidad marginal. (Precámbrico. P.a.: 500-600 m).

Fragmento de la leyenda del mapa litológico estructural E 1/50.000. Obsérvese el grado de detalle alcanzado en la misma