

CARTOGRAFIA GEOLOGICA APLICADA A LA INGENIERIA

Por FEDERICO MACAU VILAR

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos,
del Servicio Geológico de Obras Públicas.

El presente artículo es la segunda y última parte del publicado bajo el mismo título en el número anterior. Se completan en ésta los criterios de clasificación de los terrenos según su utilización práctica. Hace el autor un breve bosquejo de las innumerables ventajas y posibilidades de estos mapas y presenta a continuación dos colecciones completas de este nuevo tipo de cartografía, de cuyo examen fácilmente se deduce en seguida la gran utilidad que para el Ingeniero proyectista y para el constructor representaría el poder disponer de ellos tanto para el estudio como para la construcción de sus obras. Este trabajo fué presentado por el autor en el último Congreso Luso-Español para el Progreso de las Ciencias, y posteriormente, como consecuencia de ello, fué invitado por el Ministerio de Obras Públicas de Portugal para realizar en él esta nueva técnica de la Geología aplicada.

(Conclusión.)

Mapa de "Excavaciones y Cimientos".

En este mapa se clasifican los terrenos en 12 grupos, según sus resistencias para las cimentaciones y por los caracteres que ofrecen para su excavación; se indican los tipos de rocas que lo forman, las características de las superficies de excavación reciente y los taludes estables resultantes, medidos en lo posible sobre el terreno en excavaciones antiguas o terraplenes existentes. Finalmente, se indican asimismo sus propiedades referentes al empleo del terreno *in situ*. Los 12 grupos indicados en la hoja de signos correspondientes, son los siguientes:

GRUPO 1. — Excavación difícil y costoso.

Cimientos muy buenos.

Color en el mapa: rojo.

Terreno: rocas ígneas y metamórficas (granitos, cuarcitas areniscas duras, etc.).

Arranque con perforación mecánica y con herramientas de aceros especiales, con empleo de explosivos que dan buen rendimiento.

Las superficies de excavación reciente son ásperas y rugosas; en ellas pueden aparecer, a través de algunas diaclasas, superficies húmedas con filtraciones de agua que debe procurarse desviar, ya que en algunos casos podrían provocar deslizamientos.

Cimientos muy buenos y secos o de fácil drenaje.

Sobre la masa rocosa del suelo suele haber una capa de arena procedente de la alteración de las mismas rocas subyacentes.

Para carreteras dan buenas cajas y buen material para afirmados, aunque precisen recibos algo suavizantes. En túneles son de difícil perforación,

pero no necesitan entibaciones ni revestimientos y admiten grandes luces.

Los taludes son simétricos.

GRUPO 2. — Excavación difícil (salvo en las zonas alteradas).

Cimientos muy buenos.

Color en el mapa: verde.

Terreno: calizas y dolomías.

Arranque con perforación mecánica y uso de explosivos, que a veces dan poco rendimiento por las grietas y cuevas que presentan; hay que prevenirse especialmente contra los fenómenos cársticos de su interior, pero cuya importancia no se puede deducir sin una serie previa de abundantes sondeos.

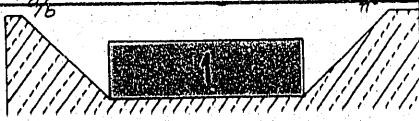
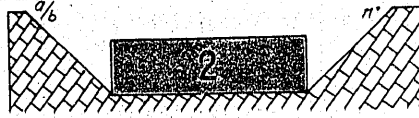
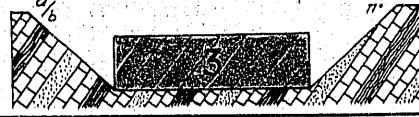
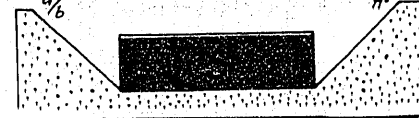
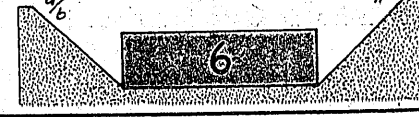
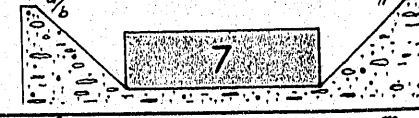
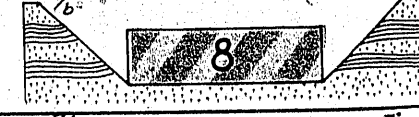
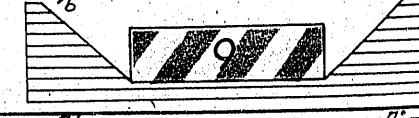
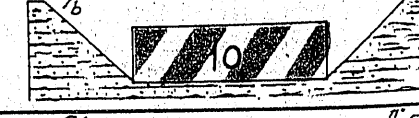
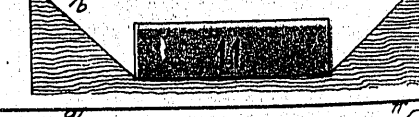
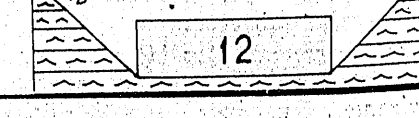
Las superficies de excavación reciente son rugosas e irregulares y deben sanearse con mucho cuidado y detenimiento por la abundancia de juntas y grietas interiores de estas formaciones, que pueden dar lugar a fuertes desprendimientos.

Terreno superior arcilloso, procedente de la descomposición y alteración de las rocas; esta zona, descompuesta, puede ser muy variada y conviene, en lo posible, averiguar e indicar su espesor.

Buen firme para carreteras, pero de fácil desgaste si no se protegen exteriormente (riegos asfálticos). Buen comportamiento para túneles si no se encuentran fenómenos cársticos, que conviene investigar previamente; asimismo hay que tomar ciertas precauciones por las posibles corrientes de agua que pueden aparecer en su interior, a veces con fuertes caudales. No se necesitan entibaciones, pero sí, a veces, revestimientos.

MAPA de EXCAVACIONES y CIMIENTOS

Signos Convencionales

GRUPO 1	EXCAVACIÓN CIMIENTOS	Difícil y costosa Muy bueno	
GRUPO 2	EXCAVACIÓN CIMIENTOS	Difícil (salvo en las zonas alteradas) Muy bueno	
GRUPO 3	EXCAVACIÓN CIMIENTOS	Menos difícil Bueno	
GRUPO 4	EXCAVACIÓN CIMIENTOS	Mediana Regular	
GRUPO 5	EXCAVACIÓN CIMIENTOS	Regular Regular	
GRUPO 6	EXCAVACIÓN CIMIENTOS	Regular Bueno	
GRUPO 7	EXCAVACIÓN CIMIENTOS	Fácil Regular	
GRUPO 8	EXCAVACIÓN CIMIENTOS	Fácil Peligroso	
GRUPO 9	EXCAVACIÓN CIMIENTOS	Fácil Regular	
GRUPO 10	EXCAVACIÓN CIMIENTOS	Fácil Malor	
GRUPO 11	EXCAVACIÓN CIMIENTOS	Fácil Peligroso	
GRUPO 12	EXCAVACIÓN CIMIENTOS	Regular Muy peligroso	

En los cortes frescos, los taludes indicados son estables, pero cuando la estratificación buza hacia el interior de la excavación, el talud depende de la inclinación de este buzamiento, ya que siempre hay cierta tendencia a desprendimientos de bloques, según los planos de estratificación. Los taludes son, por tanto, asimétricos.

GRUPO 3. — *Excavación menos difícil.*

Cimientos buenos.

Color en el mapa: *fajado verde y carmín.*

Terreno: formaciones alternadas de calizas areniscas y pizarras.

La dureza de la roca es variable; en general, la excavación requiere equipo mecánico y uso de explosivo, con rendimiento sólo regular. En algunas zonas (conviene distinguirlas) la excavación puede hacerse a mano.

Las superficies de excavación reciente necesitan un cuidadoso examen y saneamiento; los desprendimientos pueden ser frecuentes.

Los cimientos son buenos si las capas de estratificación son horizontales o sujetas lateralmente de modo que no se puedan producir deslizamientos; en caso contrario, hay que tomar precauciones.

El terreno superior arcillo-arenoso varía de carácter, pero, en general, es de poco espesor.

Para cajas y firmes de carreteras son buenos; no tanto para túneles de excavación complicada y frecuente necesidad de fuertes entibaciones y revestimientos para evitar los desprendimientos por los planos de estratificación.

Los taludes son asimétricos y función del buzamiento.

GRUPO 4. — *Excavación mediana.*

Cimientos regulares.

Color en el mapa: *añil.*

Terreno: pizarras y rocas esquistosas.

Material flojo y de difícil drenaje, especialmente en las capas superiores si están descompuestas. La excavación es fácil, pudiéndose hacer prácticamente a mano, incluso en las zonas no alteradas. Raramente es necesario el uso de explosivos, que, por otra parte, suelen dar mal rendimiento.

Las superficies de excavación reciente son astillosas y requieren un cuidadoso saneamiento. Hay que tener especial cuidado en evitar los efectos de las heladas en aquellas regiones donde puedan producirse.

Cimientos regulares, según la inclinación y espesor de las capas y la naturaleza de los materiales intercalados entre éstas.

El terreno superior suele ser arcilloso; interesa hacer la medición del espesor de esta capa.

Las cajas y firmes de carreteras requieren una base permeable y bien drenada. En túneles casi siempre se requiere el empleo de entibaciones y fuertes revestimientos.

Los taludes asimétricos y con inclinaciones inferiores a los buzamientos para evitar los deslizamientos, muy frecuentes en esta clase de terrenos.

GRUPO 5. — *Excavación regular.*

Cimientos regulares.

Color en el mapa: *azul oscuro.*

Terreno: areniscas alteradas o poco cementadas.

Materiales flojos y friables, fácilmente deléznables. Casi siempre se podrán mover directamente con la pala mecánica y permiten bien la excavación y arranque directo a mano sin el uso de explosivos.

Las superficies de excavación reciente se recortan y afinan con facilidad.

La bondad de los cimientos depende del grado de descomposición de la roca; en general resultan secos o de fácil drenaje.

El terreno superior es arenoso, índice del grado de descomposición de la roca subyacente.

Buenas cajas para carreteras; material no tan bueno para firmes, pero dan, en cambio, muy buenas arenas. Los túneles son de fácil perforación; no suelen ser necesarias entibaciones, pero sí revestimientos, aunque, en general, resultan bastante ligeros.

Los taludes son simétricos y estables cuando la estratificación como es lo más frecuente es horizontal.

GRUPO 6. — *Excavación regular.*

Cimientos buenos.

Color en el mapa: *azul claro.*

Terreno: margas calcáreas o arcillosas, areniscas blandas, compactas y uniformes.

Excavación fácil, incluso a mano y sin necesidad de emplear explosivos.

Las superficies de excavación frescas y los taludes sin protección son fácilmente erosionables y presentan frecuentes desprendimientos.

La calidad de los cimientos depende del porcentaje de arcilla de las margas y del grado de humedad y sus posibles variaciones. A veces se presentan peligros de corrimientos.

Terreno superior arcilloso-arenoso más o menos suelto.

Para cualquier empleo directo de los materiales de este grupo se necesita una previa preparación y compactación. Sus características resultan muy variables de una zona a otra, que conviene especificar en cada caso. Los túneles necesitan entibación y revestido.

Los taludes asimétricos, inferiores a los buzamientos.

GRUPO 7. — *Excavación fácil.*

Cimientos regulares

Color en el mapa: *amarillo tostado fuerte.*

Terreno, suelto de aluvión.

Excavación fácil a mano, materiales sueltos fáciles de remover.

Cimientos: La distribución irregular de los distintos elementos que constituyen estos depósitos de aluvión los hacen poco indicados para cimientos. Para soportar grandes cargas necesitan una buena consolidación previa.

Para caja de carreteras y material de afirmado conviene hacer previamente pruebas de compactación, existe el peligro de asientos distintos. En túneles se requiere entibación, revestimiento y prospección previa de las capas interiores o profundas. En todo caso, interesa tomar datos acerca del espesor de estos depósitos.

Los taludes, simétricos y estables una vez compactados.

GRUPO 8. — *Excavación fácil.*

Cimientos peligrosos.

Color en el mapa: *fajeado amarillo tostado fuerte-siena.*

Terreno: arenas y arcillas con grado de humedad variable.

Excavaciones relativamente fáciles según el grado de humedad y apelmazamiento de las arcillas, pero siempre se pueden realizar a mano, sin necesidad de emplear explosivos.

Las superficies de excavación recientes resultan lisas, pero muy erosionables.

Cimientos peligrosos por los deslizamientos y movimientos posibles de las capas de arcilla. Requieren estudio y precauciones especiales.

Terrenos poco aptos para su empleo directo, se requieren procesos previos de homogeneización y corrección, hay que establecer muy buenos drenajes. Los túneles necesitan entibación y revestimiento, a veces bastante fuerte.

Taludes simétricos con inclinación dependiente del porcentaje de arcilla y de su grado de humedad, que conviene estudiar en cada caso.

GRUPO 9. — *Excavación fácil.*

Cimientos regulares.

Color en el mapa: *fajeado verde y amarillo.*

Terreno: margas sueltas.

Excavación fácil, que puede hacerse directamente a mano, no necesitan explosivos, pero sí entibaciones.

Las superficies de excavación recientes resultan

irregulares por la diferente consistencia de las distintas capas. Los efectos de la erosión son asimismo distintos para cada capa.

Cimientos regulares según el grado de descomposición de las margas. Las más sueltas pueden necesitar operaciones previas de consolidación.

Estos terrenos suelen ser aptos para su empleo directo como cajas para firmes, aunque a veces necesiten una compactación previa. Los túneles necesitan entibación y revestimiento.

Taludes generalmente simétricos, pues la estratificación suele ser horizontal.

GRUPO 10. — *Excavación fácil.*

Cimientos malos.

Color en el mapa: *fajeado siena y amarillo.*

Terreno: tierras sueltas, generalmente de labor.

Excavación fácil y directa a cielo abierto. En zanjas profundas hay que entibar siempre. La estabilidad de los taludes en función de su contenido de arcilla y su grado de humedad. Son de temer desprendimientos.

Superficies de excavación lisas pero erosionables.

Cimientos, malos. Sólo se puede confiar con cargas muy pequeñas y se necesita una previa compactación que no siempre evitará del todo los asientos y movimientos.

Terrenos poco aptos para su empleo directo. Los túneles necesitan entibación y revestimientos fuertes.

Taludes simétricos muy tendidos.

GRUPO 11. — *Excavación fácil.*

Cimientos peligrosos.

Color en el mapa: *siena.*

Terreno: arcillas plásticas.

Excavación fácil y directa a cielo abierto, en pozos y zanjas profundas es peligrosa y se requieren fuertes entibaciones. La estabilidad de los taludes depende del grado de humedad, pero de todas maneras conviene prevenirse contra los corrimientos, que son muy frecuentes. Ocasionan fuertes empujes laterales.

Superficies de excavación lisas, pero muy erosionables.

Cimientos: los superficiales son peligrosos, se requieren cimentaciones especiales o con pilotes.

Terreno superior arcilloso.

En general, son poco aptos para cualquier obra y requieren costosos procesos de corrección y preparación por el frecuente peligro de deslizamientos y corrimientos. En los túneles son de prever fuertes empujes y se requieren entibaciones y revestimientos importantes.

Taludes simétricos y muy inclinados.

GRUPO 12. — *Excavación regular.*

Cimientos muy peligrosos.

Color en el mapa: *amarillo.*

Terreno: rocas solubles, yesos y sales.

Excavaciones: A veces se necesita el empleo de explosivos y de equipos mecánicos. Hay que prevenirse siempre contra los hundimientos y los desprendimientos.

Las cimentaciones resultan siempre muy peligrosas y hay que procurar evitarlas en lo posible, y en todo caso tomar siempre muchas precauciones.

Terrenos poco aptos para nada, que conviene evitarlos en lo posible.

Taludes asimétricos según el buzamiento de las capas.

Los taludes indicados para cada grupo de esta clasificación son las cifras medias obtenidas del resultado de muchas observaciones hechas directamente en el campo sobre las distintas clases de terrenos. Sin embargo, en un mismo terreno y dentro de la misma zona hay que tener en cuenta que su inclinación conveniente y definitiva variará según la dirección de los planos de excavación con relación a la de las capas de estratificación; para ello se tendrán en cuenta las indicaciones generales de los buzamientos y dirección de estas estratificaciones, que deberán figurar también en este mapa, además de estarlo ya en el geológico ordinario, salvo en aquellas zonas o formaciones en las que las capas sean horizontales, en cuyo caso no hace falta repetir aquí dichas indicaciones.

Métodos.

Dos casos distintos se pueden presentar en la confección de los mapas de aplicación de que tratamos, según que se disponga o no del mapa geológico ordinario de la zona que se trate, hecho con anterioridad. Si se dispone de este mapa, se procede primero en el gabinete, a ser posible por un grupo o equipo de especialistas, al estudio detallado y minucioso del mismo y de sus cortes y perfiles, así como de la memoria descriptiva que lo acompañe, haciendo una primera clasificación de las distintas formaciones geológicas de acuerdo con sus propiedades, más afines o similares correspondientes a las generales establecidas para cada grupo en la clasificación general tipo propuesta. Se empieza con el mapa de materiales de construcción, dibujando una serie de borradores con los resultados de las conclusiones a que se haya llegado después de este primer análisis del mapa geológico, en los que las diversas formaciones quedan reagrupadas según sus propiedades características comunes.

Estos borradores se comprueban después, punto por punto, en el campo, con lo que prácticamente se revisa de esta forma el mapa geológico ordinario de que se partió, así como su texto. Al hacer esta primera comprobación, y rectificación si hace falta, se aprovecha para llevar a cabo al mismo tiempo la toma de datos suplementarios necesarios para la confección de los otros mapas, especialmente haciendo las mediciones de los taludes estabilizados de los desmontes, trincheras y demás excavaciones artificiales existentes en las carreteras, ferrocarriles, canteras, etcétera, etc., de la zona de que se trate, para su consignación en el mapa de excavaciones y cimientos. Al mismo tiempo se anotará también, para su inclusión en el mapa topográfico, la situación de aquellos puntos desde los que se aprecien bellas vistas panorámicas, a los fines que expondremos más adelante.

El principal objeto, pues, de estas comprobaciones en el campo es el de verificar *in situ* la validez de las interpretaciones hechas en el gabinete y tomar el resto de los datos necesarios para completar los mapas de aplicación.

Una vez hecho el mapa de materiales de construcción, partiendo de él y con el geológico básico a la vista, se hace, procediendo en la misma forma, el borrador de los otros dos restantes, en los que se van consignando los datos suplementarios tomados anteriormente, agrupando o separando de nuevos las divisiones hechas de acuerdo con las nuevas características a tener en cuenta.

Así, por ejemplo, se puede dar el caso de la existencia de formaciones de pizarras y calizas sucesivas pertenecientes al siluriano, al devoniano y al carbonífero, que en el mapa geológico ordinario están separadas, distinguiéndose sus límites por sus tres colores respectivos distintos; en el mapa de materiales quedarán englobadas bajo la misma indicación las pizarras silurianas y carboníferas, por una parte, y las calizas devonianas y carboníferas, por otra; y en el mapa de caracteres hidrológicos pueden seguir con la misma agrupación, pero en el de excavaciones y cimientos vuelven a distinguirse las pizarras silurianas, más puras que las devonianas, que pueden tener otras capas calizas intercaladas. En otros casos este desglose y reagrupación puede ser todavía mucho más complejo, como ocurre, por ejemplo, con el Mioceno de Castilla; para estos terrenos se consignan en el mapa geológico básico los límites de los tres pisos que lo forman: Tortoniense, Samartiense y Pontiense, que aparecen con el mismo entintado amarillo, aunque formado por rayados de distinta dirección y con las indicaciones respectivas M₃, M₄ y M₅, y, sin embargo, la constitución mineralógica y petrográfica de los mismos es muy distinta de unos pisos a otros, ya que están formados, en general, por los siguientes materiales:

<i>Tortonense</i>	{	1. Arcillas plásticas.
		2. Arenas fluviales con estratificación cruzada y arenas finas más o menos arcillosas.
<i>Sarmantiense</i>	{	3. Margas yesíferas.
		4. Margas no yesíferas o muy poco yesíferas.
		5. Arena sarcillosas.
<i>Pontiense</i>	{	6. Arcillas y capas de arenas o conglomerados fluviales.
		7. Calizas de los páramos.

El principio, pues, según las clasificaciones establecidas, estas formaciones quedarían agrupadas de la siguiente forma:

En el mapa de "Materiales de Construcción":

Grupo 7: Calizas y dolomías	Caliza de los páramos ...	<i>Pontiense.</i>
Grupo 10: Margas	Margas no yesíferas	<i>Sarmantiense.</i>
Grupo 11: Arcillas	{	<i>Tortonense.</i>
	Arcillas plásticas	
	Arcillas	<i>Pontiense.</i>
Grupo 12: Yesos	Margas yesíferas	<i>Sarmantiense.</i>
Grupo 13: Gravas y arenas	{	<i>Tortonense.</i>
	Arenas fluviales	
	Arenas arcillosas	<i>Sarmantiense.</i>
	Arenas y conglomerados.	<i>Pontiense.</i>

En el mapa de "Caracteres Hidrológicos":

Grupo 2: Bastante acuíferos	{	<i>Tortonense.</i>
	Arenas fluviales	
	Calizas de los páramos ...	<i>Pontiense.</i>
Grupo 5: Poco acuíferos	Margas no yesíferas	<i>Sarmantiense.</i>
Grupo 7: Nada acuíferos	{	<i>Tortonense.</i>
	Arcillas plásticas	
	Arcillas	<i>Pontiense.</i>
Grupo 8: Caracteres indeterminados	{	<i>Sarmantiense.</i>
	Margas yesíferas	
	Arenas arcillosas	<i>Sarmantiense.</i>
	Arenas y conglomerados fluviales	<i>Pontiense.</i>

Y en el mapa de "Excavaciones y Cimientos":

Grupo 2	Excavación difícil Cimientos muy buenos ...	Calizas de los páramos... <i>Pontienne.</i>
Grupo 6	Excavación regular Cimientos buenos	Margas no yesíferas <i>Sarmantiense.</i>
Grupo 8	Excavación fácil Cimientos peligrosos	Arenas fluviales Arenas arcillosas Arenas y conglomerados. <i>Tortoniense.</i>
Grupo 9	Excavación fácil Cimientos regulares	Arcillas plásticas Arcillas <i>Tortoniense.</i> <i>Pontienne.</i>
Grupo 10	Excavación fácil Cimientos malos	Margas yesíferas <i>Sarmantiense.</i>

La distinción teórica a comprobar en el terreno sería, pues, esquemáticamente la que indicamos en el siguiente cuadro, en el que de una manera gráfica se aprecia el desglose y ulterior reagrupación de estas formaciones.

En el caso de que no esté hecho el mapa geológico ordinario, se debe empezar por la preparación, lo más amplia y detallada posible, de dicho mapa, hacién-

dolo a la mayor escala que permita el mapa topográfico base de que se disponga, pero teniendo en cuenta, de entrada, de prestar especial atención tanto a la edad geológica de las rocas como a sus propiedades físicas, a su estado de alteración, al espesor de las distintas formaciones, etc., etc., y tanto a las rocas duras y compactas como a los materiales sueltos, y se deberán asentar las conclusiones a que se llegue,

	PISOS	ELEMENTOS MINERALOGICOS	MAPAS GEOLOGICOS			
			GEOLOGICO ORDINARIO	MATERIALES DE CONSTRUCCION	CARACTERES HIDROLOGICOS	EXCAVACIONES Y CIMENTOS
MIOCENO DE CASTILLA	PONTIENSE	ARCILLAS ARENAS O CONGLOMERADOS CALIZA DE LOS PARAMOS	M ₅	11 13 2	7 8 2	11 8 2
	SARMANTIENSE	MARGAS YESIFERAS MARGAS NO YESIFERAS ARENAS ARCILLOSAS	M ₄	12 13 13	8 5 8	12 6 8
	TORTONIENSE	ARCILLAS PLASTICAS ARENAS FLUVIALES ARENAS FINAS MAS O MENOS ARCILLOSAS	M ₃	11 13	7 2	11 2

teniendo en cuenta lo mismo los resultados del laboratorio que los que se deduzcan de la experiencia obtenida en las diversas obras u organizaciones ingenieriles similares que se hayan localizado en la zona en cuestión, procediéndose luego como en el caso anterior.

En particular para el mapa de "Caracteres Hidrológicos", lo ideal sería recurrir a la colaboración de especialistas en Hidrología y en Geología Hidráulica Subterránea, los cuales deben basarse, además de en el mapa geológico ordinario, en el estudio en el campo de las características propias de cada terreno, en el de las corrientes de aire, pluviosidad, etc.; es decir, en todos los elementos geológicos y climáticos de la región en cuestión.

Evidentemente, los problemas que se presentan en la confección de un mapa hidrológico son muy variados y, en general, de difícil solución; por otra parte, hay que tener en cuenta que el agua subterránea es sólo un huésped temporal del terreno, en cuyo interior se encuentra, la mayor parte de las veces, sólo de paso, y la oscilación de su nivel es uno de los datos más importantes que debe procurarse registrar, pero es también uno de los más difíciles de determinar.

Para confeccionar un mapa hidrológico más completo, por ejemplo con vistas al estudio de las aguas subterráneas para su aprovechamiento en los abastecimientos de pueblos o ciudades, el primer paso que hay que dar es hacer un recuento de las posibilidades de los caudales con que puede contarse, teniendo, además, en cuenta que cualquier captación que se establezca, a poco importante que sea, puede a veces agotar las reservas seculares contenidas en el subsuelo, con lo que en un futuro inmediato sólo podrán obtenerse los caudales de nueva aportación que vayan llegando a la zona en cuestión a través de las formaciones geológicas contiguas, dependiendo la importancia de los mismos en gran parte de la naturaleza de éstas.

Un mapa hidrológico más o menos completo debe contener en principio lo siguiente:

Información acerca del posible estado de almacenamiento del agua subterránea existente, indicando la clase, calidad y cantidad de la misma, en relación con las capas geológicas del subsuelo.

Información sobre la aportación de nuevos caudales con que pueda contarse en el futuro una vez agotadas las reservas seculares.

Manantiales y corrientes superficiales con todos los datos de aforo posible.

Un mapa hidrológico ideal sería el que proporcionara para cada zona la medida en litros/segundo por kilómetro cuadrado del agua que podría obtenerse de cada clase de terreno, pero ello sería de un trabajo agotador que sólo puede intentarse para zonas limitadas y de geología sencilla, resultando prácticamente imposible hacerlo en un mapa de conjunto. Una solución más sencilla es estudiar la afluencia de agua subterránea a una zona determinada por unidad de tiempo.

Los mapas de caracteres hidrológicos que presentamos en este trabajo muestran sólo una parte de la amplia información que puede deducirse y darse a partir del estudio y análisis del mapa geológico ordinario, la cual es válida sólo, en general, para las necesidades de un anteproyecto o de una primera orientación para prospecciones, ya que para un estudio más detallado de dichos caracteres es necesario hacer una investigación más detenida y profunda; pero, como decimos, la presente puede ser suficiente para centrar las ideas del proyectista a este respecto e incluso para fines provisionales o de poca importancia cuantitativa, como podrían ser, por ejemplo, el de abastecimientos para usos domésticos.

El conocimiento de la geología de una determinada región es un elemento esencial para conocer y comprender sus caracteres hidrológicos, pero ello es sólo uno de los medios de trabajo de los hidrólogos, para los cuales hay, además, otros conocimientos muy importantes, como son los climatológicos ya indicados, el de las características de las corrientes de los ríos, de sus caudales y el de los pozos y manantiales, que no se pueden deducir directamente de los mapas geológicos ordinarios, sino que debe recurrirse a otras fuentes distintas. Sin embargo, de estos mapas se puede obtener una primera información a menudo suficiente para muchos problemas.

En cuanto al mapa de "Excavaciones y Cimientos", siendo de especial interés para los ingenieros y constructores en general el conocimiento previo de los taludes estables que se pueden dar a los diferentes tipos de excavaciones, hay que hacer en el campo el mayor número posible de observaciones y mediciones para poder proporcionar en estos mapas la cantidad suficiente de datos para que se puedan prever y tomar en consecuencia las medidas oportunas contra los frecuentes movimientos y deslizamientos del terreno, que dependen tanto de los buzamientos de los distintos estratos que lo forman como del grado de humedad o de las posibles vías de agua existentes a lo largo de los planos de estratificación, y cuya presencia suele ser la causa más frecuente de estos deslizamientos al lubricar, sobre todo, las capas que buzcan hacia el interior de los desmontes o trincheras.

En algunos mapas de este tipo suelen hacerse también indicaciones especiales acerca de las zonas de posibles deslizamientos o corrimientos de tierras, con especificación de las características de los movimientos observados, distinguiéndose, por ejemplo, los deslizamientos activos de los estabilizados, y entre éstos, los que lo han sido artificialmente (con el método empleado que puede describirse en la Memoria y los resultados obtenidos) o los que han llegado a un estado de equilibrio naturalmente. Es interesante asimismo registrar aquellas zonas en las que en tiempos más o menos remotos ha habido movimientos de tierras y que, por tanto, lo posición de las distintas capas del terreno no es la original, aunque superficialmente pueden pre-

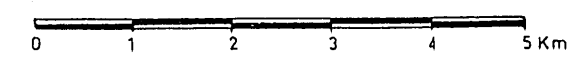


HOJA NUM. 1

MAPA TOPOGRAFICO

Datos tomados de la hoja núm. 478 del mapa Topográfico a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Catastral y de Estadística - 1.ª edición 1934.

ESCALA GRAFICA

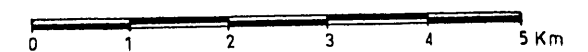


HOJA NUM. 2
MAPA GEOLOGICO



Aluvial		Limos, arenas y arcillas	
Diluvial		Cantos rodados y arcillas	
Mioceno Pontense		Calizas y margas	
Paleogeno		Conglomerados y areniscas	
Siluriano inferior	Ordoviciense		Pizarras
			Cuarcitas
		Bordes de terrazas	
		Dirección y buzamiento de las capas	
		Estratos horizontales	
		Canteras	
		Minas { Fe: Hierro Sn: Estaño	
		Nidos de fósiles	

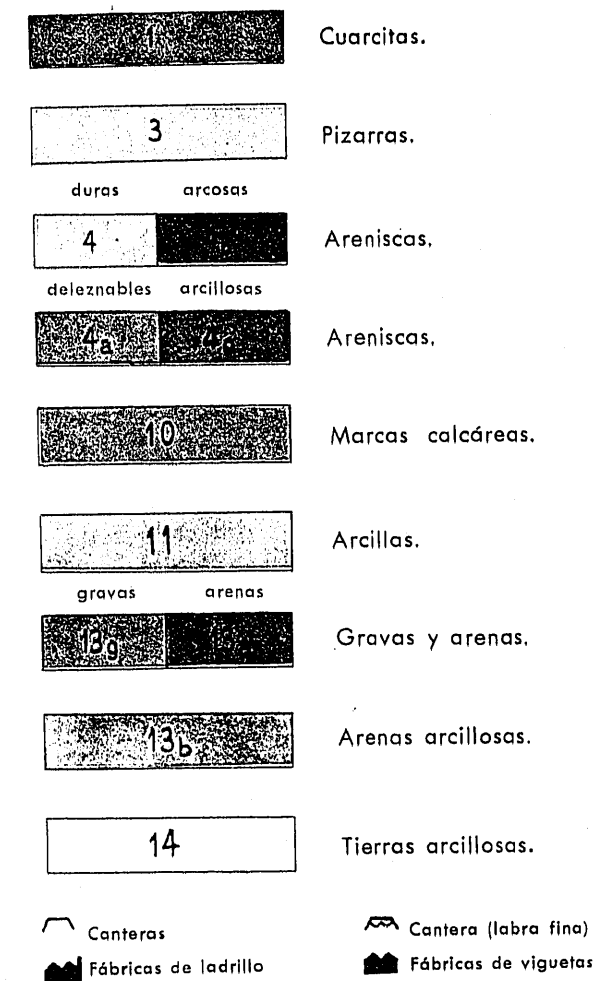
ESCALA GRAFICA



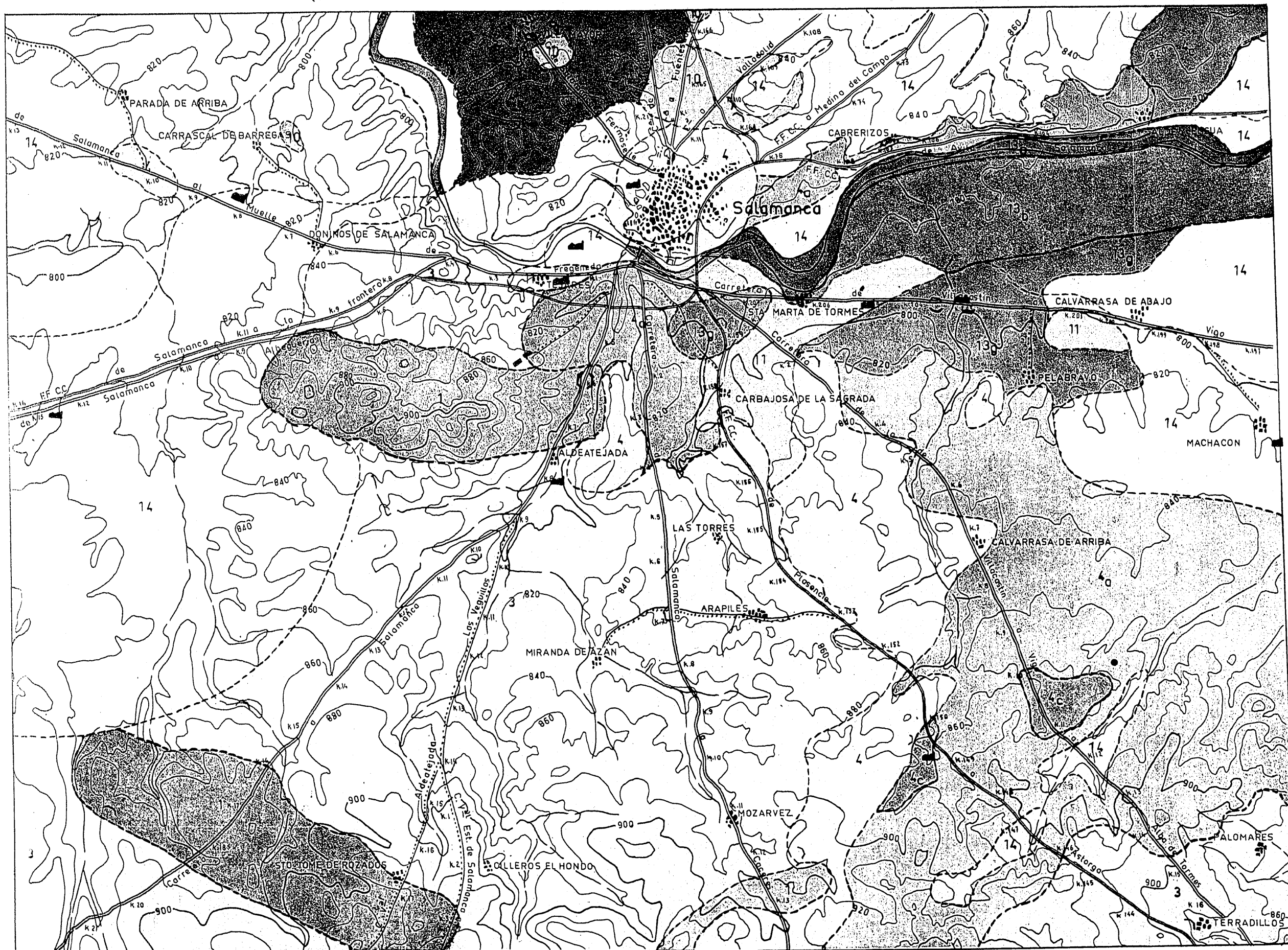
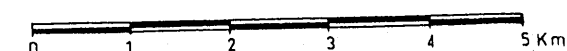
Según datos de la hoja n.º 478 del Instituto Geográfico y Minero de España.- Edición 1946.

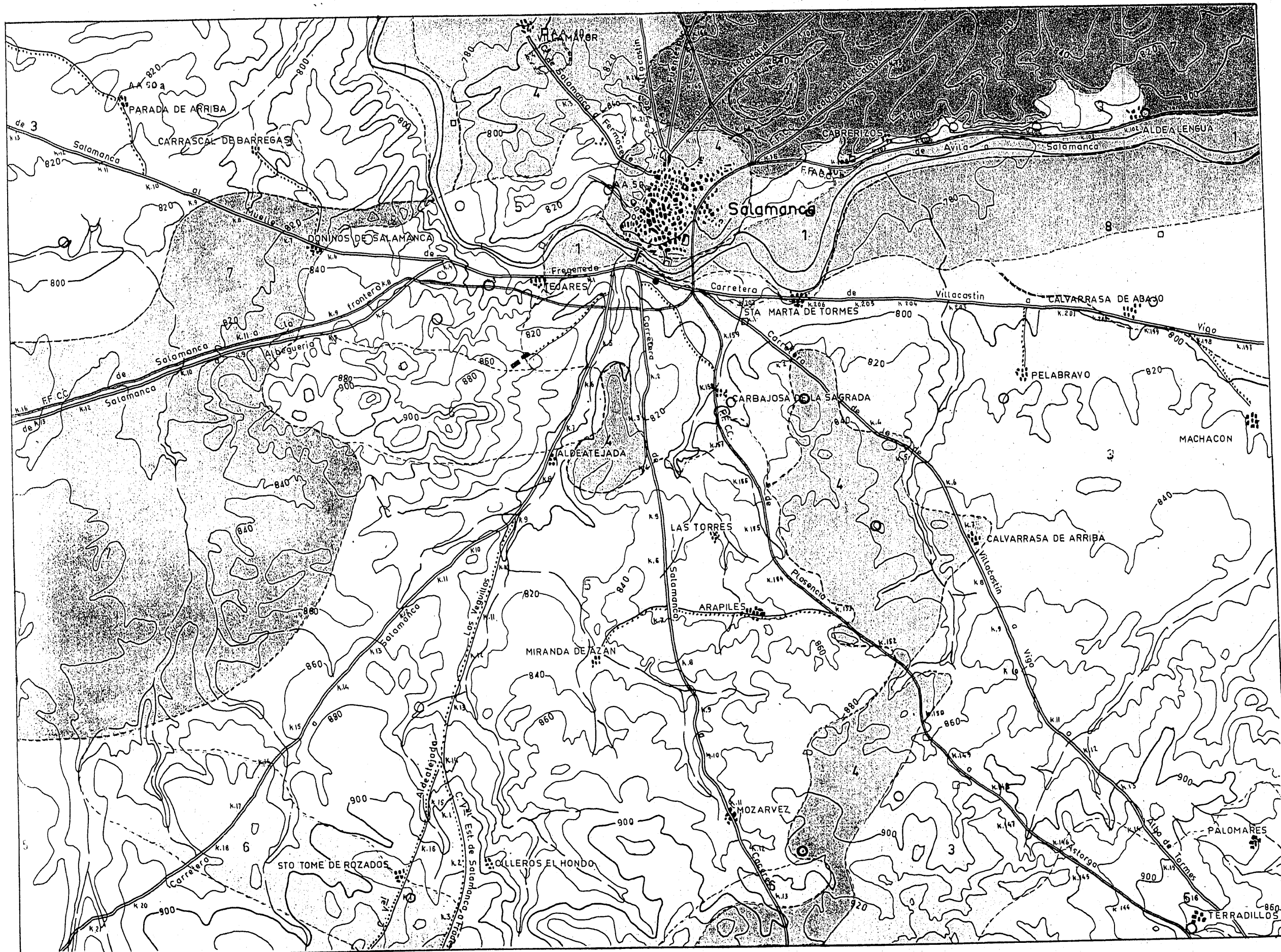
HOJA NUM. 3

MATERIALES DE CONSTRUCCION



ESCALA GRAFICA



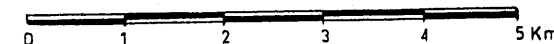


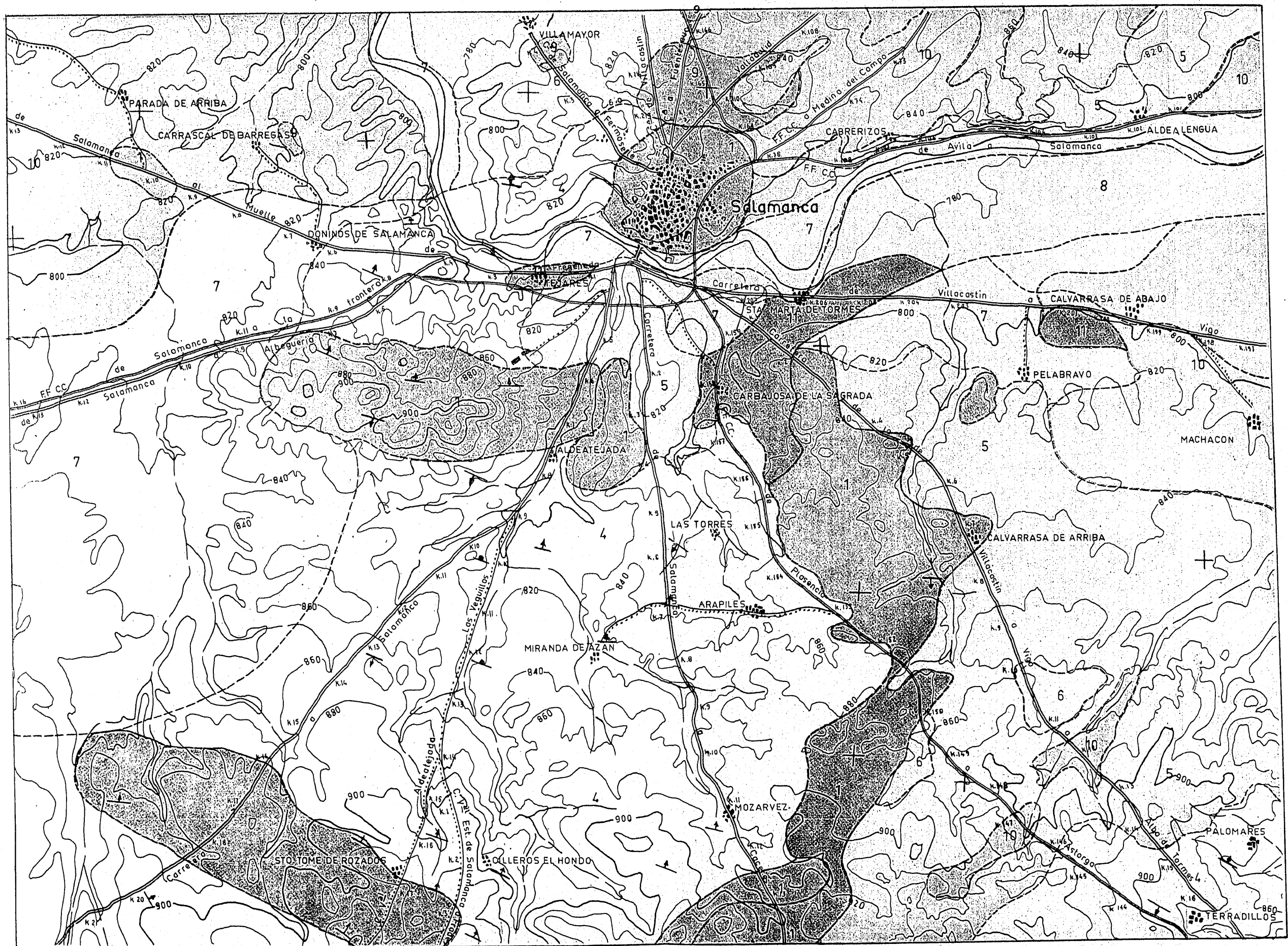
HOJA NUM. 4

CARACTERES HIDROLOGICOS

	Muy acuíferos
	Acuíferos
	Menos acuíferos
	Poco acuíferos
	Muy poco acuíferos
	Nada acuíferos
	Características indeterminadas
	Zona artesiana
	Manantiales
	Pozos en servicio

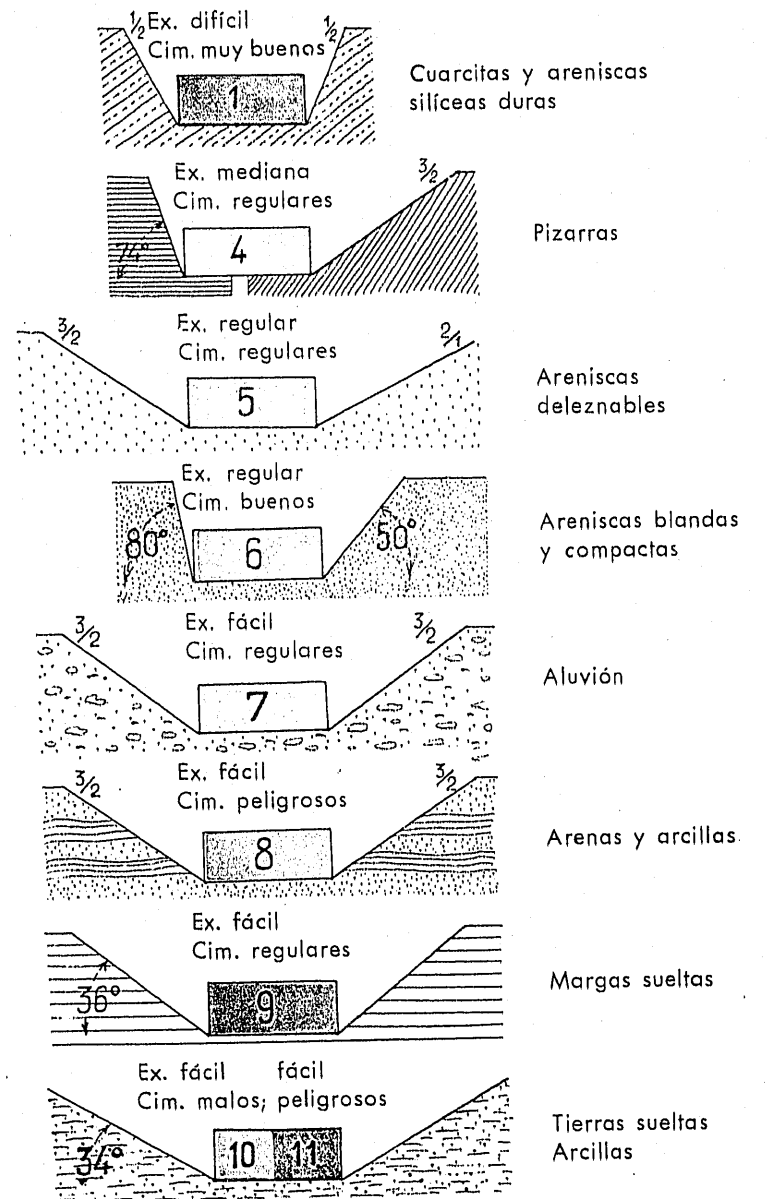
ESCALA GRAFICA



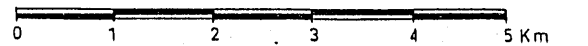


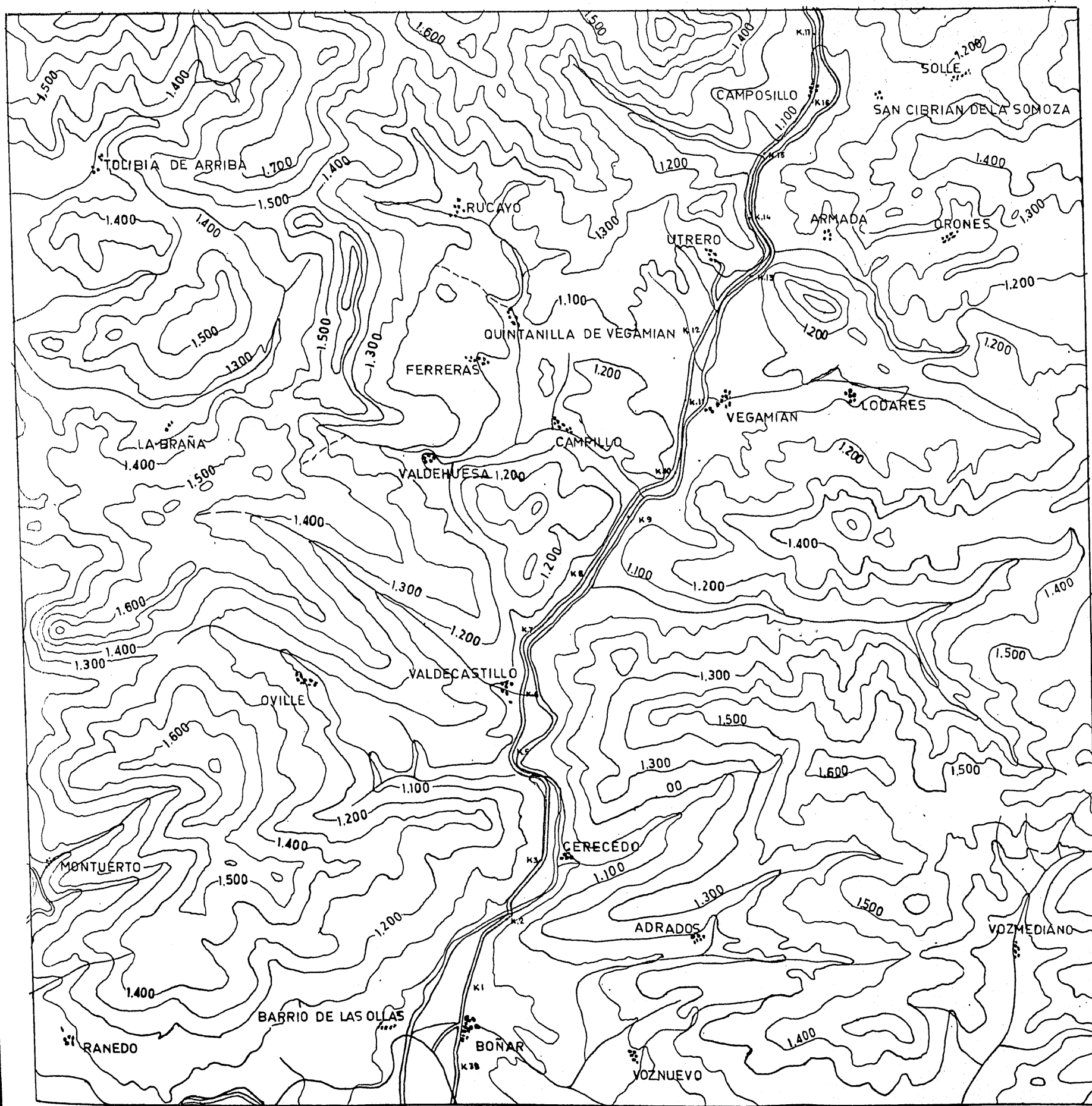
HOJA NUM. 5

EXCAVACIONES Y CIMIENTOS



ESCALA GRAFICA



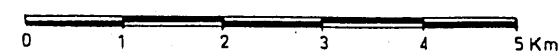


HOJA NUM. 1

MAPA TOPOGRAFICO

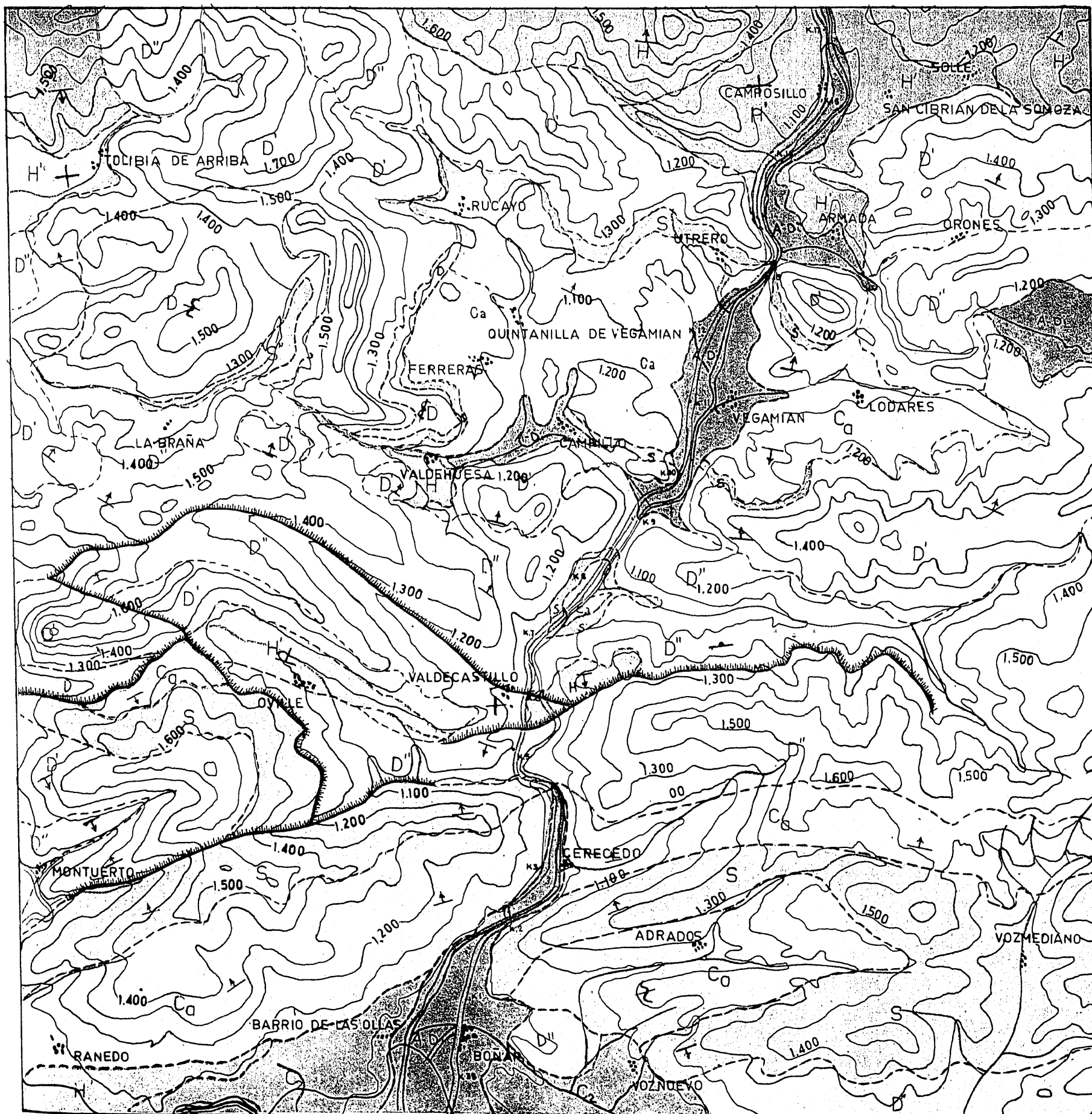
Según datos de la hoja n.º 104 del mapa Topográfico a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Catastral y de Estadística.

ESCALA GRAFICA



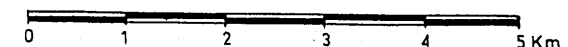
HOJA NUM. 2

MAPA GEOLOGICO



- | | |
|--|---|
| | Cuaternario |
| | Cretáceo medio |
| | Superior |
| | Inferior |
| | } Carbonífero |
| | Superior |
| | Medio |
| | Inferior |
| | } Devoniano |
| | Superior |
| | Inferior |
| | } Siluriano |
| | Cambriano |
| | Contacto anormal |
| | Estratos horizontales |
| | Estratos verticales |
| | Dirección y buzamiento de los estratos |
| | Estratos plegados y ducción del plegamiento |

ESCALA GRAFICA



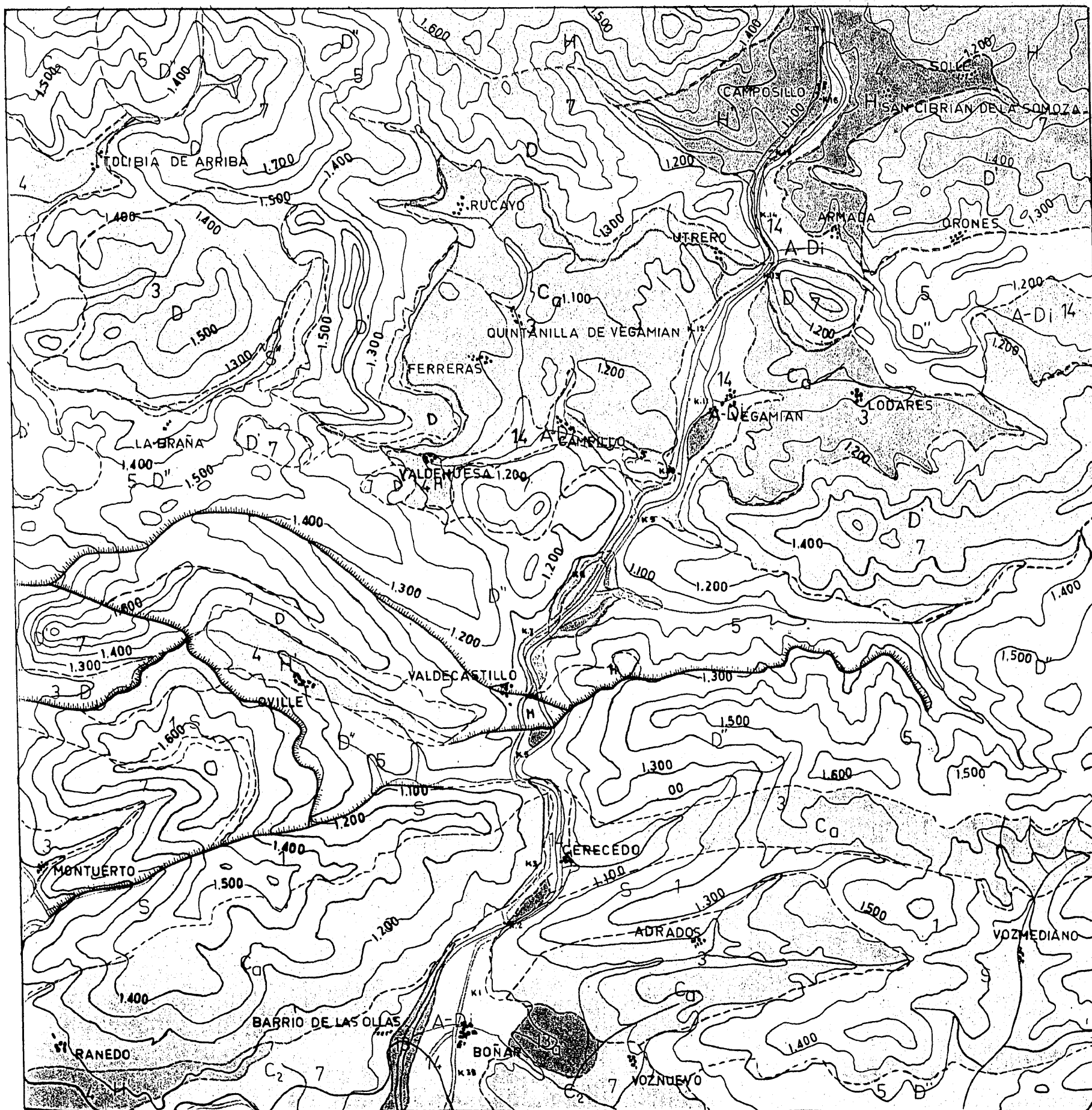
MATERIALES DE CONSTRUCCION

1	Cuarcitas
3	Pizarras
4	Pizarras y areniscas
5	Areniscas silíceas
7	Calizas
13	Gravas y arenas
13a	Arenas
14	Suelos
—	Límite de formaciones
—	Contacto anormal

ESCALA GRAFICA



NOTA. — Las letras corresponden a las edades consignadas en el mapa geológico.



HOJA NUM. 4

CARACTERES HIDROLOGICOS

○ Manantiales.

2 Bastante acuíferos.

3 Acuíferos.

4 Menos acuíferos.

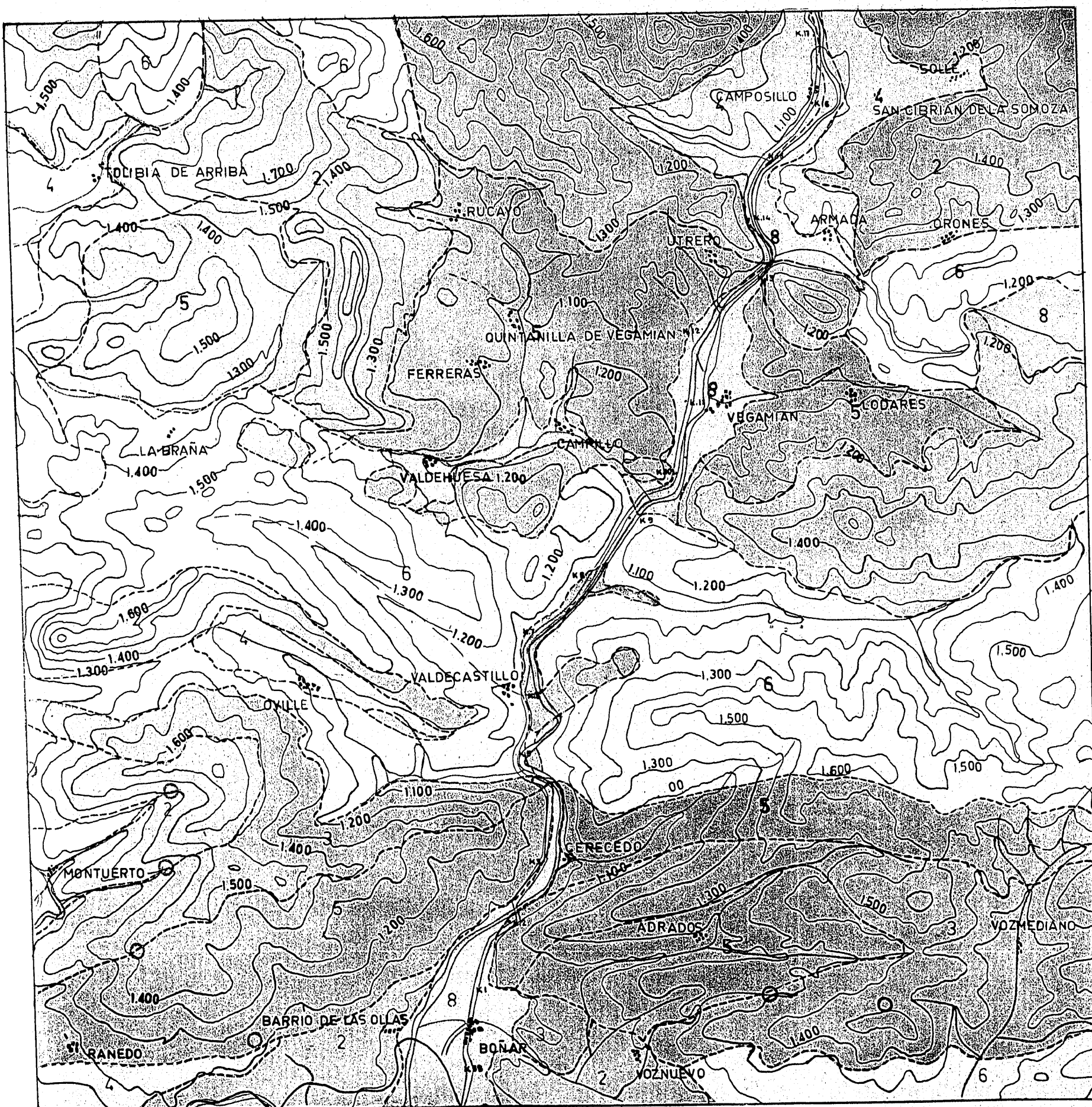
5 Poco acuíferos.

6 Muy poco acuíferos.

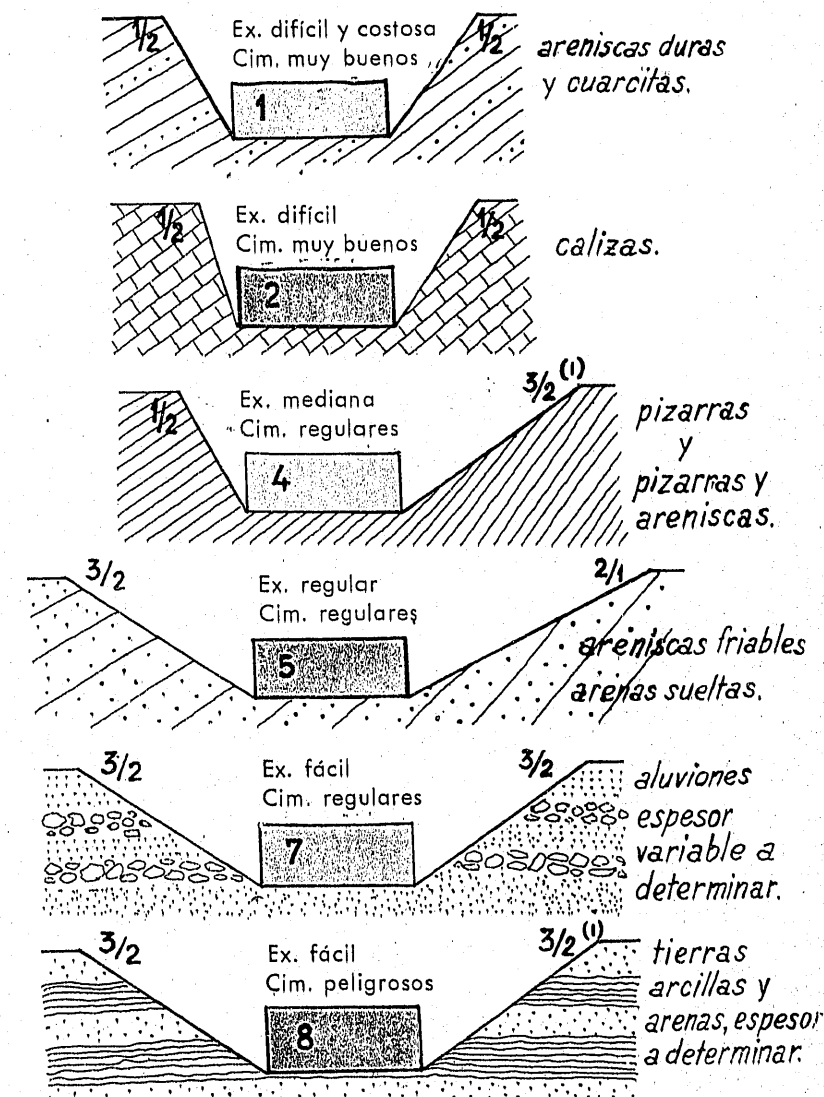
8 Indeterminados.

ESCALA GRAFICA

0 1 2 3 4 5 Km

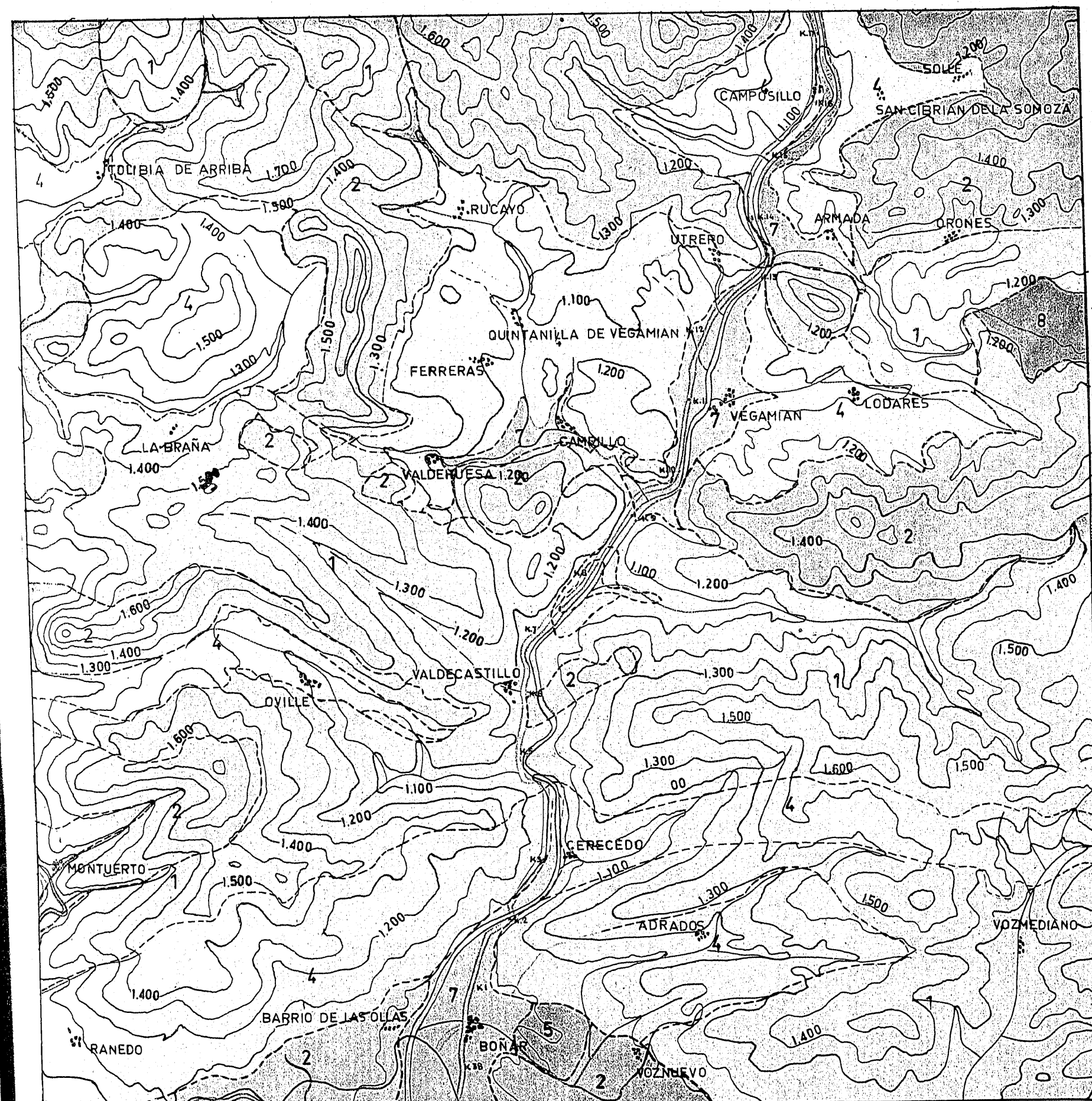


EXCAVACIONES Y CIMIENTOS



(1) Taludes según los buzamientos locales.

ESCALA GRAFICA



sentarse relativamente uniformadas, debido, por ejemplo, a los efectos de la erosión.

La observación de los taludes no suele ser registrada, generalmente, por los geólogos al hacer los mapas geológicos ordinarios y, sin embargo, ello resultaría de un gran interés para los constructores, y como su observación y medición requiere en realidad muy poco trabajo suplementario, sería muy de desear que esta práctica se incluyera en el programa general de sus trabajos de campo.

En los mapas topográficos base cabe también hacer una pequeña adición, consistente en introducir en ellos un símbolo sencillo, pero que resultaría de gran utilidad, que indicara aquellos puntos desde los que se aprecian bellas vistas panorámicas del paisaje que ante ellos se desarrolla. En realidad estas preocupaciones estéticas tienen hoy día una utilidad práctica que justifica plenamente su inclusión en los mapas topográficos. En muchos servicios de carreteras del extranjero existen ingenieros o arquitectos paisajistas, y los modernos proyectos de los grandes itinerarios internacionales atienden tanto a las atracciones turísticas panorámicas como a los demás factores técnicos de su desarrollo; de ello se deduce que los mapas que han de usarse para elaborar tales proyectos deben señalar estos extremos, especialmente a lo largo de los caminos y pistas ya existentes, que el día de mañana se pueden convertir en grandes carreteras.

Los topógrafos y los geólogos son los primeros en andar y recorrer todos los vericuetos y sendas de su zona en el transcurso de sus trabajos profesionales, y es seguro que serán los primeros en observar las bellezas que desde estos puntos estratégicos se pueden apreciar. En realidad, el dejarlos también registrados en sus respectivos mapas representa un pequeño trabajo adicional del que puede otro día obtenerse importantes ventajas.

Aplicaciones.

Sería interminable la enumeración de las múltiples aplicaciones que pueden darse a estos mapas y la de los variados problemas que con su uso y correcta interpretación se pueden solucionar en el campo de la ingeniería, aplicaciones que, por otra parte, saltan a la vista, de la somera consideración de los mismos.

El mapa número 3, de Materiales de Construcción, da una inapreciable información acerca de la calidad, situación y rendimiento técnico y económico de las canteras de toda clase, pudiéndose tomar, con su examen, decisiones definitivas referentes al empleo de materiales de una u otra procedencia.

El número 4 de Caracteres Hidrológicos tiene su principal utilidad en la doble aplicación que puede hacerse de ellos tanto para rehuir las zonas de demasiada agua o humedades perjudiciales, que de entrada indican la necesidad de establecer obras de drenaje

más o menos importantes, como para encontrar aquellas otras que contengan los caudales necesarios, ya sea para fines temporales o provisionales, como puede ser el abastecimiento de una obra durante su construcción, ya para otros tipos de abastecimientos más permanentes.

Finalmente, el número 5 de Excavaciones y Cimientos proporciona los datos necesarios para el proyecto de los cimientos, lo mismo que para la organización de los programas de los movimientos de tierra o para el establecimiento de vías de acceso o de comunicación, con especial indicación de las zonas en las que hay especialmente que prever la aparición de posibles corrimientos, para poder adoptar de antemano las precauciones pertinentes que aseguren en lo posible la estabilidad de las obras de tierra que se tengan que proyectar.

Ejemplos.

Siguiendo los métodos indicados que acabamos de exponer, hemos hecho, a título de muestra, dos series completas de estos mapas de aplicación, que insertamos a continuación. El primero corresponde a la zona de los alrededores de Salamanca, y para ello hemos partido del Mapa Topográfico del Instituto Geográfico y Catastral, hoja núm. 478, Salamanca, escala 1/50 000, y de la hoja y Memoria correspondiente a la misma zona del Mapa Geológico de España del Instituto Geológico y Minero, hoja y Memoria núm. 103 H. Para el segundo caso, o sea cuando no existe el mapa geológico ordinario, hemos hecho también la colección completa, pero sólo para una zona de unos 15 kilómetros de lado, de la hoja número 104, Boñar, del mismo Mapa Topográfico a escala 1/50 000 del Instituto Geográfico y Catastral, que comprende parte del curso superior del río Porma y, entre otros menos importantes, los pueblos de Boñar y Vegamián (provincia de León). (Para el mapa geológico previo que hemos tenido que hacer de esta zona nos ha sido de gran utilidad y ayuda un informe geológico de nuestro malogrado compañero D. José Abollado Aribau, hecho hace ya tiempo, en ocasión de unos estudios realizados por él en dicho río, y que nos ha facilitado grandemente la primera labor de campo.)

En estas colecciones cartográficas incluimos las hojas topográficas y geológicas publicadas por aquellos organismos oficiales que acabamos de indicar, al objeto de presentarlas completas; es decir, los dos mapas fundamentales y los tres de aplicación.

NOTA. — Lamentamos que por un error del grabador, que no se ha podido subsanar a tiempo, debido a la ausencia temporal del autor de este trabajo durante su estancia en los Estados Unidos, los colores dados a los siguientes mapas no corresponden a las escalas cromáticas señaladas en el texto, aunque sí quedan diferenciadas las distintas características que se trata de señalar.