

MEMORIAS  
DEL  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

XLVII

SECCION DE GEOFISICA  
DEL  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

JEFE:

Excmo. Sr. D. José García Siñeriz (*Ingeniero Jefe; Subdirector del Instituto Geológico y Minero de España*).

SUBJEFE:

Sr. D. José Cantos Figuerola (*Ingeniero Vocal del Instituto Geológico y Minero de España*).

INGENIEROS:

Ilmo. Sr. D. Juan Manuel López de Azcona (*Ingeniero Auxiliar del Instituto Geológico y Minero de España*).  
Sr. D. Joaquín Borrego (*idem., id.*).  
Sr. D. Juan Fernández de Caleyá (*idem., id.*).

AYUDANTES:

Sr. D. Juan B. Targhetta.  
Sr. D. Celestino Mora.  
Sr. D. Félix Melián.  
Sr. D. José María Rubio.

MECÁNICOS ESPECIALISTAS:

D. Antonio Ros.  
D. Vicente Sánchez.  
D. Manuel Iturralde.

LA INTERPRETACION GEOLOGICA  
DE LAS  
MEDICIONES GEOFISICAS  
APLICADAS A LA PROSPECCION  
TOMO III

POR 550.341:550.8

JOSE G. SIÑERIZ

SUBDIRECTOR DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
DIRECTOR DEL INSTITUTO NACIONAL DE GEOFISICA

CON UN PROLOGO DEL

EXCMO. SR. D. AGUSTIN MARIN



MADRID  
TIP. Y LIT. GOULLAUT  
MARIA DE MOLINA, 58  
1944

## PROLOGO

---

*El Instituto Geológico y Minero de España hace presente que las opiniones y hechos consignados en sus MEMORIAS y BOLETÍN, son de la exclusiva responsabilidad de los autores de los trabajos.*

---

### ES PROPIEDAD

Queda hecho el depósito que marca la Ley.  
Reservados todos los derechos, incluso el de traducción a lenguas extranjeras.

---

*No puede haber satisfacción mayor para el que está al frente del Instituto Geológico y Minero de España que hacer la presentación del libro que contiene un resumen de la labor científica, intensa y eficaz de una de las Secciones en que aquél está dividido. La Sección de Geofísica, que dirige el eminente Ingeniero D. José García Siñeriz, lleva una vida de trabajo con ritmo acelerado, con lo que presta un gran servicio a la economía de nuestro país. Fruto de este trabajo es la serie de publicaciones del Sr. García Siñeriz que se han dado ya a la luz pública. El volumen que ha motivado este prólogo es el III de la obra "La Interpretación Geológica de las Mediciones Geofísicas" y IV de los de "Geofísica aplicada a la Prospección". El anterior volumen se publicó en 1941, de modo que el tomo de ahora viene a ser el resumen de la labor de nuestra Sección de Geofísica en poco más de dos años.*

*Uno de los méritos del Sr. García Siñeriz es haber logrado crear escuela y que pueda este Centro disponer de un cuerpo sumamente competente de investigadores geofísicos, entre los cuales figuran los Ingenieros Cantos, López de Azcona, Borrego, Caleyá y los Ayudantes de Minas Targhetta, Mora, Melián y Rubio, que están en condiciones de extender*

el empleo de esta ciencia investigadora por toda España, para reconocer los tesoros de minerales que puedan existir escondidos en su subsuelo.

Del examen en conjunto del nuevo libro sacará el lector la impresión de la intensidad del trabajo realizado por el personal de toda clase de la Sección de Geofísica y de la buena organización y dirección que le ha impreso su Jefe. No creo que exista medio de aprovechar mejor el tiempo.

Bien se nos alcanza a todos que el progreso científico, cada vez más grande, no puede por menos de abarcar en gran medida a los métodos geofísicos, en donde se prevé, por su especial naturaleza, que pueden arraigar con eficacia los avances extraordinarios de las disciplinas fisicomatemáticas. Mas es difícil, en los momentos actuales, precisar bien cuáles son las mejoras establecidas en otros países y hasta qué grado de eficacia se ha llegado con ellos. Sin embargo, nos parece que nuestros procedimientos en las aplicaciones a la investigación de criaderos minerales no distan en eficacia de los métodos extranjeros tan preconizados, y en los que se valen para su actuación de una propaganda mercantil que no sabemos si está en relación con su verdadero valor científico.

Así, por ejemplo, fuera de la verificación eléctrica de los sondeos, de gran utilidad práctica, solicitada cada vez con más apremio en la investigación petrolífera, los procedimientos fundados en la electricidad, y que parecen tan sugestivos, sólo tienen eficacia a no grandes profundidades, y han sido suficientes las variaciones establecidas por el señor García Sineriz en algunos aparatos y procedimientos eléctricos para que estos se acerquen y hasta igualen a los considerados como innovaciones en la ciencia geofísica.

No queremos con esto decir que no se deban seguir con interés todos los avances de esta ciencia y que no se procure adquirir los aparatos más modernos. Todo lo contrario, y, en

prueba de ello, esta Dirección ha solicitado de los Poderes Públicos un crédito para la adquisición de equipos completos para nuevas variantes en los métodos y es de esperar que nos sea concedido en atención a los grandes beneficios que puede reportar a la Ciencia y, como consecuencia, a la Economía Nacional.

Se ha procurado por este Centro, siempre con el asesoramiento del Sr. García Sineriz, aplicar alguno de los métodos extranjeros y, al efecto, se contrató, primeramente en colaboración con la Empresa Nacional "Adaro" y, después, sólo a expensas del Instituto Geológico, la aplicación para el descubrimiento de masas piritosas en las provincias de Huelva y Sevilla de los métodos de la casa sueca Antiebolaget Elektrisk Malmletning, de Estocolmo, que tiene su representación en España la Sociedad Española de Prospección Eléctrica, Ltda.

Es opinión de esta Dirección, que siempre se halla acuciada por la Industria con peticiones de primeras materias, de que sin negar la posibilidad de que puedan hallarse en el suelo patrio algunos criaderos aislados interesantes, en general el minero, el buscador, ha recorrido montes y valles en busca de "minas", y es difícil que los yacimientos que afloran, o los que se señalan en la superficie con características manifestaciones, pasen para ellos desapercibidos; pero sí creemos que en las provincias metalogénicas de importancia, que se suponen agotadas o, por lo menos, en vías de empobrecimiento, puedan existir otros filones o masas nuevas que no fueron descubiertas con las labores mineras realizadas o que no se consideraron en su día interesantes, por ser sólo entonces objeto de explotación los criaderos muy ricos. Hoy, algunos de estos criaderos pueden ser beneficiables, debido a que por los progresos en los sistemas de laboreo o en los procedimientos de preparación mecánica y

*metalúrgicos se pueden tratar menas de mucha más baja ley o de constitución compleja, que antes no tenían más destino que ser vertidos a la escombrera.*

*En Huelva, donde los yacimientos de pirita de hierro y cobre van perdiendo en profundidad este último metal, que en tiempos anteriores le dió rango a España de país productor de cobre, es posible que puedan existir ocultas otras masas y yacimientos de piritas ferro-cobrizas que alivien a España de la situación actual de penuria del citado metal. Los procedimientos geofísicos eléctricos de la casa sueca parecían, según García Siñeriz, tenían ancho campo para probar su eficacia, y la verificación que se está realizando nos indicará la utilidad del procedimiento.*

*En el mismo orden de ideas, este Centro consideró de gran interés el hacer un reconocimiento geofísico profundo de la provincia metalogénica Linares-La Carolina. Nos parece que en la zona de esa comarca, en los sitios en que el granito y pizarras paleozoicas, que constituyen la caja de los famosos filones plomizos, están cubiertos por terrenos más modernos, triásicos y terciarios, y en donde no se habían hecho reconocimientos, es natural que en las rocas ocultas continúe el mismo sistema filoniano que en las rocas que asoman a la superficie, cuanto unas y otras han sido objeto de las mismas conmociones tectónicas y se han rellenado las grietas con idénticos minerales.*

*Por estas razones se juzgó conveniente llevar a cabo una investigación geofísica que determinara la profundidad que alcanzaban los terrenos secundarios y terciarios, pues pudiera ocurrir que la roca en donde asoman los filones estuviera tan honda que no fuera económica la explotación del yacimiento que se busca.*

*El Sr. García Siñeriz juzgó conveniente aplicar el procedimiento sísmico y llevó a cabo la investigación en la*

*forma que se indica en este volumen y que por el orden, organización y competencia, se puede poner como modelo en su género.*

*El afán grande que se siente en este Centro por dotar a España de minerales de cobre, de cuya penuria ya hemos hecho mención, nos ha llevado a realizar las investigaciones geofísicas de La Enebrosilla, en término municipal de Cebreros, en la provincia de Avila, y las de Alcaracejos, Pozoblanco, Andújar y Marmolejo, en la sierra de Córdoba, cuyos resultados se expresan en los capítulos I y IV del presente libro.*

*En Cebreros se emplearon los procedimientos magnético y eléctrico en busca de piritas ferro-cobrizas. La abundancia de hierro motivó la elección del procedimiento magnético, y con sus deducciones a la vista se aplicó el método eléctrico para comprobar la existencia de las masas indicadas por el procedimiento anterior. Desgraciadamente, los resultados no fueron satisfactorios y debemos hacer presente la importancia de la geofísica, que con rapidez y de modo poco oneroso puede dictaminar, en ocasiones, acerca de la explotabilidad de los criaderos minerales.*

*También en busca de cobre se realizaron los trabajos de investigación geofísica en la sierra de Córdoba. Se trata aquí de yacimientos hidrotermales de sulfuros, principalmente de calcopirita, que por acciones oxidantes se han transformado en zonas cerca de la superficie en chalcosina y, en su parte más alta, en carbonatos. La existencia de plomo en algunos de ellos, y lo bien marcado que se observan los sistemas filonianos en correspondencia con los más importantes yacimientos minerales de España del metalogénico macizo de Sierra Morena, hizo que el Instituto Geológico emprendiera esta investigación, esperando hallar en esta región un distrito cuprífero de importancia. Los informes recogidos sobre la*

existencia de cobre en algunos de los filones, como, por ejemplo, en Andújar, nos alentaron a tomar la referida decisión.

En el trabajo del Sr. García Siñeriz se pone bien de manifiesto la importancia de las roturas hercinianas, origen de los filones, ya numerada con detalle todas las muchas conocidas. Se empleó en la investigación el método eléctrico de corriente continua, en su variedad de sondeo eléctrico vertical, y los resultados obtenidos fueron muy diferentes; dudosos los del filón Osi, en Pozoblanco; muy irregular en su metalización el famoso filón Los Escoriales, de Andújar, de 17 kilómetros de longitud, cuya futura investigación es interesante; más bien negativo el del filón Navatasno, de Andújar, y francamente negativos los trabajos efectuados en la zona de Marmolejo.

La preocupación constante del Instituto Geológico y Minero de España de abastecer de agua a los pueblos sedientos, repartidos en toda España, y de dar a las tierras secas todo el agua que piden, para poder establecer cultivos intensos y ricos, hizo que el personal de ese Centro, en unos estudios geológicos que hizo en la región de Castellón, comprendiera que de haber posibilidad de alumbrar agua en una zona de tierra tan fértil podría crearse una gran riqueza aprovechando el agua que circula subterráneamente desde la montaña hacia la costa llana, y que no es alumbrada por los pozos bastante hondos repartidos en la llamada Plana de aquella provincia y que se pierde sin aprovechamiento en el mar. Un estudio de los Ingenieros Benito y Templado pusieron bien de manifiesto que las presunciones indicadas podían ser realidades y juzgaron, con la conformidad de la Dirección del Instituto, que una investigación geofísica podía aclarar mucho la cuestión geológico-hidráulica planteada.

García Siñeriz y la Sección a sus órdenes, han hecho una gran labor en aquella región, realizaron varias expedicio-

nes, cuyos resultados se recogen, con su gran competencia habitual, en los trabajos: "Investigación hidráulica en Alcora" e "Investigación hidráulica en Villafamés", capítulos V y X del libro que tenemos el honor de presentar. En estos trabajos, García Siñeriz indica la probable marcha de las corrientes de agua y el modo más conveniente de captarlas, con lo que queda por completo iluminado el camino a seguir.

Trabajo también muy interesante presenta el Sr. García Siñeriz en el capítulo II del libro. Se refiere a la investigación magnética de Cazalla de la Sierra. Pruebas de sinceridad profesional y de no considerar a la Geofísica como ciencia mágica, sino que hay que estimarla como una gran ayuda y guía para el descubridor de riqueza, son las consideraciones que hace el autor en este capítulo, al reconocer que no es posible con la investigación efectuada determinar la potencia ni la profundidad del manto de magnetita, que se buscaba en Cazalla de la Sierra. Lo que sí pudo señalar es que en la mitad oriental de la concesión "Nueva Luz" existe un manto de magnetita casi continuo, que ya es bastante para poder ubicar los sondeos que han de determinar la ubicación del mineral a explotar.

En el capítulo III de la obra de García Siñeriz se toca un punto interesante, referente a las manifestaciones radiactivas de la Sierra de Guadarrama. Conocida es, por haber sido extendido por todas partes, que esta Sierra y principalmente la comarca de Torreldones es rica en gas emanación, y con motivo de dificultades de recepción observadas en ciertos sitios de las ondas emitidas por Radio Madrid, que pudieran tener sus causas en fenómenos radiactivos, se hizo una investigación de la que se sacó la consecuencia que aquellas dificultades de recepción no tenían su origen en la existencia de tales minerales, pero sirvió el trabajo realizado

para presentar datos y hacer consideraciones que obligan a insistir en los estudios y a preparar nuevas campañas de reconocimiento de la Sierra de Guadarrama.

La relación genética de los yacimientos de níquel y cromo con rocas peridóticas y serpentinas, ha motivado que se emprendiera, por el Instituto Geológico, en la Sierra de La Catedral, un reconocimiento geológico llevado a cabo por los Ingenieros Romero Ortiz y Comba, con objeto de buscar criaderos de minerales tan necesarios para fabricar en España determinados aceros especiales.

Descubierto por dichos Ingenieros un aluvión muy importante de cromita, se ha utilizado la Sección de Geofísica de este Centro para tratar aquellas zonas del aluvión en donde pudieran existir concentraciones de mineral. Los resultados geofísicos son muy interesantes y consignados están en el capítulo IX del libro de García Sñeriz.

La importancia de la producción de carbón en España no hay por qué encarecerla. Bien sabemos que la explotación ha estado hasta ahora cohibida por razones de orden político-económico, que trajeron como consecuencia que existiendo en España una cubicación de 8.768 millones de toneladas (1) haya importado carbón, principalmente de Inglaterra. Ahora bien, las necesidades crecientes de la industria y el modo moderno de utilizar el carbón, extendiendo su uso no sólo al de engendrar directamente calor, sino para obtener otros productos de gran interés nacional y, sobre todo, el deseo de hallar ciertas clases de combustibles como los llamados de coque y vapor, escasos en nuestro país, hacen sumamente interesante el descubrimiento de nuevas cuencas carboneras.

(1) Cubicación presentada por el Instituto Geológico en la sesión XII del Congreso Geológico Internacional del Canadá (año 1913).

La investigación del Carbonífero por debajo de los terrenos secundarios, que forman la costa asturiana entre Avilés y Villaviciosa, fué idea perseguida por los geólogos e industriales del fin del siglo pasado, y el eminente geólogo y querido Maestro D. Luis de Adaro fué adalid de estos propósitos y siendo Director del Instituto Geológico se realizaron sondeos en busca del preciado combustible, que tuvieron éxito vario, pero de uno de ellos, del de Caldones, aunque no fué francamente positivo, se desprendieron enseñanzas y datos muy útiles, que se tuvieron muy en cuenta en las futuras investigaciones de la cuenca de La Camocha.

Los hermanos Víctor, Constante y Secundino Felgueroso, que a su espíritu industrial unían una preparación técnica y un gran conocimiento de la cuenca asturiana, fueron los verdaderos descubridores de la cuenca de La Camocha. Consideraban, como Adaro, que debajo de los terrenos secundarios de la costa asturiana se hallaba el Carbonífero productivo, y primero con sondeos, y después con pozos, y siempre a sus expensas, descubrieron la riqueza carbonera que allí había atesorada, y con sus dos pozos y galerías, hasta de 1.000 metros, han puesto de manifiesto más de 27 capas, con una densidad en carbón superior a la de la cuenca central asturiana.

El Instituto Geológico y Minero de España no podía quedar ausente de esta cuestión después de haber sido el iniciador de las exploraciones, y considerando la gran importancia que los descubrimientos de la cuenca de los hermanos Felgueroso tenían ya para la Economía Nacional, comisionó a los Ingenieros que juzgó más conocedores del asunto para que hicieran los estudios geológicos necesarios, no pudiendo hacerlo el Sr. Patac, persona que por su competencia y por los estudios del antracólítico en España había sido requerida con interés por el Instituto Geológico, lo están llevando a

cabo los Sres. Hernández Sampelayo, padre e hijo, designados con el Sr. Patac para dicho objeto.

Al mismo tiempo, como se presentaba el problema interesantísimo de la determinación de los límites del Carbonífero productivo por debajo de los terrenos secundarios y del espesor que alcanzaban estos últimos terrenos en toda la extensión de la costa, desde Caldones a Gijón, nadie mejor que el Sr. García Siñeriz, al frente de la Sección de Geofísica del Instituto Geológico, podía acometer empresa tan importante y eficaz. El fruto de la campaña realizada en el pasado verano se consigna en el capítulo VII del libro que presentamos, y del modo concienzudo de cómo se ha llevado el trabajo lo podrá apreciar el lector con leer lo que en dicho capítulo se manifiesta.

No sólo ha podido determinar el espesor de los terrenos secundarios que tapan al Carbonífero y la extensión de éste, sino que también ha podido llegar a conclusiones sobre la estructura geológica del Carbonífero en las zonas hondas. Es un trabajo muy provechoso en donde se aprecia la gran utilidad de la ciencia geofísica puesta al servicio de la industria. En este verano se seguirán las investigaciones geofísicas ampliando el campo de operaciones.

Con análogos fines de investigar carbón en regiones separadas de la cuenca asturiana, ya que a la tonelada producida en esta cuenca se la recarga en cantidad muy alzada cuando se consume en cualquier otro sitio de España, se ha llevado a cabo una prospección geofísica en la comarca del Viar (Sevilla), en donde se busca la prolongación de las cuencas béticas, algunas explotadas desde hace muchos años. Los resultados geofísicos ponen de manifiesto la conveniencia de realizar algunos sondeos, con objeto de reconocer un tramo pizarreño hullero apoyado en la cuenca paleozoica, acusado por las mediciones realizadas.

Por último, en Pola de Siero, en relación con el importantísimo trabajo de La Camocha, se ha hecho una pequeña investigación sísmica con objeto de determinar el espesor de una caliza, sobre cuya edad existían dudas, y que el resolverlas implicaba la resolución de un problema industrial de importancia. La determinación se pudo hacer y es de esperar que de interpretar bien los resultados, y si éstos son positivos, se resuelva un problema de producción de carbón que siempre tanto interesa al país.

En resumen, el libro de García Siñeriz es una prueba más de sus altas dotes de sabiduría y laboriosidad, y esta Dirección siente la mayor de las satisfacciones al ver cómo su personalidad, creada y formada en el Instituto Geológico y Minero de España, se eleva cada vez más, hasta destacarse con originalidad y pujanza en el campo de la Ciencia.

AGUSTÍN MARÍN



## CAPITULO I

### INVESTIGACION MAGNETICA Y ELECTRICA EN «LA ENEBROSILLA» (CEBREROS, AVILA)

---

**§ 1. Introducción.**—Con el deseo de contribuir en la máxima medida que permitan nuestras aptitudes, a la resolución de los problemas de abastecimiento de materias primas que interesan a nuestra patria y, al mismo tiempo, cumplir los deseos manifestados por nuestro Caudillo (q. D. g.) de formar escuela que permita asegurar la continuación en lo futuro, de esta clase de investigaciones, hemos emprendido la del yacimiento de pirita ferrocobrizada, asociada con otros minerales, situado en el paraje llamado «La Enebro-silla», del término municipal de Cebreros, en la provincia de Avila.

Los métodos indicados para la misma son: el magnético, por la gran cantidad de hierro existente en el mineral, y el eléctrico para comprobar la existencia de las masas indicadas por el método anterior.

### **§ 2. Reseña geográfica y geológico-minera.**

**RESEÑA GEOGRÁFICA.**—La zona de investigación se encuentra en la región SE. de la provincia de Avila, lindando con la de Madrid. Coincide con la divisoria de los términos municipales de Cebreros y Hoyo de Pinares, con los cuales

tiene comunicación directa por medio de caminos vecinales. El paraje donde están abiertos los trabajos mineros, se denomina «La Enebrosilla» (véase el plano general, lámina I).

La carretera que se desarrolla entre Cebreros y Robledo de Chavela pasa a unos 1.500 metros al Sur de dicha zona; y en su kilómetro número 19, que corresponde a las inmediaciones del puente de aquélla sobre el río Sotillo, arranca la senda que, siguiendo por la margen izquierda del mencionado río, conduce a la mina.

Su distancia a la estación de Robledo de Chavela, del ferrocarril del Norte, es de unos 35 kilómetros. La que la separa de Avila es de 85, y de Madrid dista por carretera 87 ó 96 kilómetros, según se haga el recorrido por El Escorial o por San Martín de Valdeiglesias.

La topografía es algo accidentada; forma parte de una especie de cuenca o depresión cuya superficie está surcada por algunos barrancos; dos de los cuales, los más pronunciados, corresponden al mencionado río Sotillo y al Becedas, tributarios ambos del Alberche, después de su confluencia entre los pinares de Valdivieso del Tuero y el Quejigal.

Como la zona que estudiamos está encajada en plena Cordillera Carpeto-Vetónica, alcanza altitudes, con relación al nivel del mar, que superan frecuentemente los novecientos metros.

**RESEÑA GEOLÓGICO-MINERA.**—La estructura de la zona de «La Enebrosilla» ofrece muy escasa variedad en el aspecto geológico. Como la mayor parte del macizo que constituye la Sierra de Guadarrama, está constituida por las rocas graníticas, en su casi totalidad, y por algunas manchas del Estrato cristalino, en las que predomina la variedad de

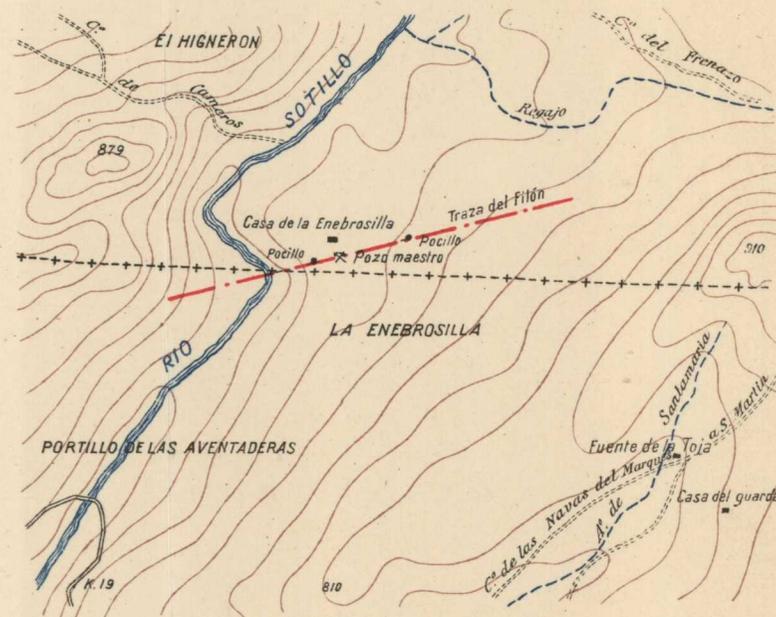


Lám. I

INVESTIGACION ELECTRICA Y MAGNETICA EN «LA ENEBROSILLA»  
CEBREROS (AVILA)

Plano general

Escala: 1 : 25.000



can las zonas de mineral que se han encontrado con ellas.

Se deduce a simple vista que no se trata de mineralizaciones continuas, ni siquiera definidas por una determinada orientación dentro de la masa del filón, sino distribuídas de un modo irregular, como producto de segregaciones, o concentraciones originadas a la salida de la intrusión ígnea.

### § 3. La investigación magnética.

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.—En la constitución geológica de la zona que estudiamos, se presentan dos clases de rocas de muy distinta permeabilidad magnética: el granito, que constituye lo que pudiéramos llamar el medio ambiente y el dique de pórfido, en forma de filón, en cuya masa se encuentran las mineralizaciones buscadas.

No se puede afirmar, de antemano, si la permeabilidad magnética del primero es mayor o menor que la del segundo. Los valores experimentales citados por los autores de las obras más notables sobre Magnetismo, difieren entre sí en los más amplios límites. Según Haalck (\*) el coeficiente de susceptibilidad magnética del granito varía entre  $44.10^{-6}$  y  $1350.10^{-6}$  unidades C. G. S. y, el del pórfido, entre 68 y 231 unidades de la misma naturaleza. Es preciso, por consiguiente, efectuar pruebas con muestras de las rocas que se trata de estudiar, para aclarar este extremo. Estos ensayos, hechos sólo cualitativamente, por no disponer de los aparatos necesarios para las mediciones cuantitativas, nos han demostrado que la susceptibilidad magnética de la intrusión porfídica es menor que la del granito y que, como consecuencia de ello, debe producirse una anomalía nega-

---

(\*) Die magnetischen Verfahren der angewandten Geophysik; pags. 98-100.

# INVESTIGACION ELECTRICA Y MAGNETICA EN «LA ENEBROSILLA»

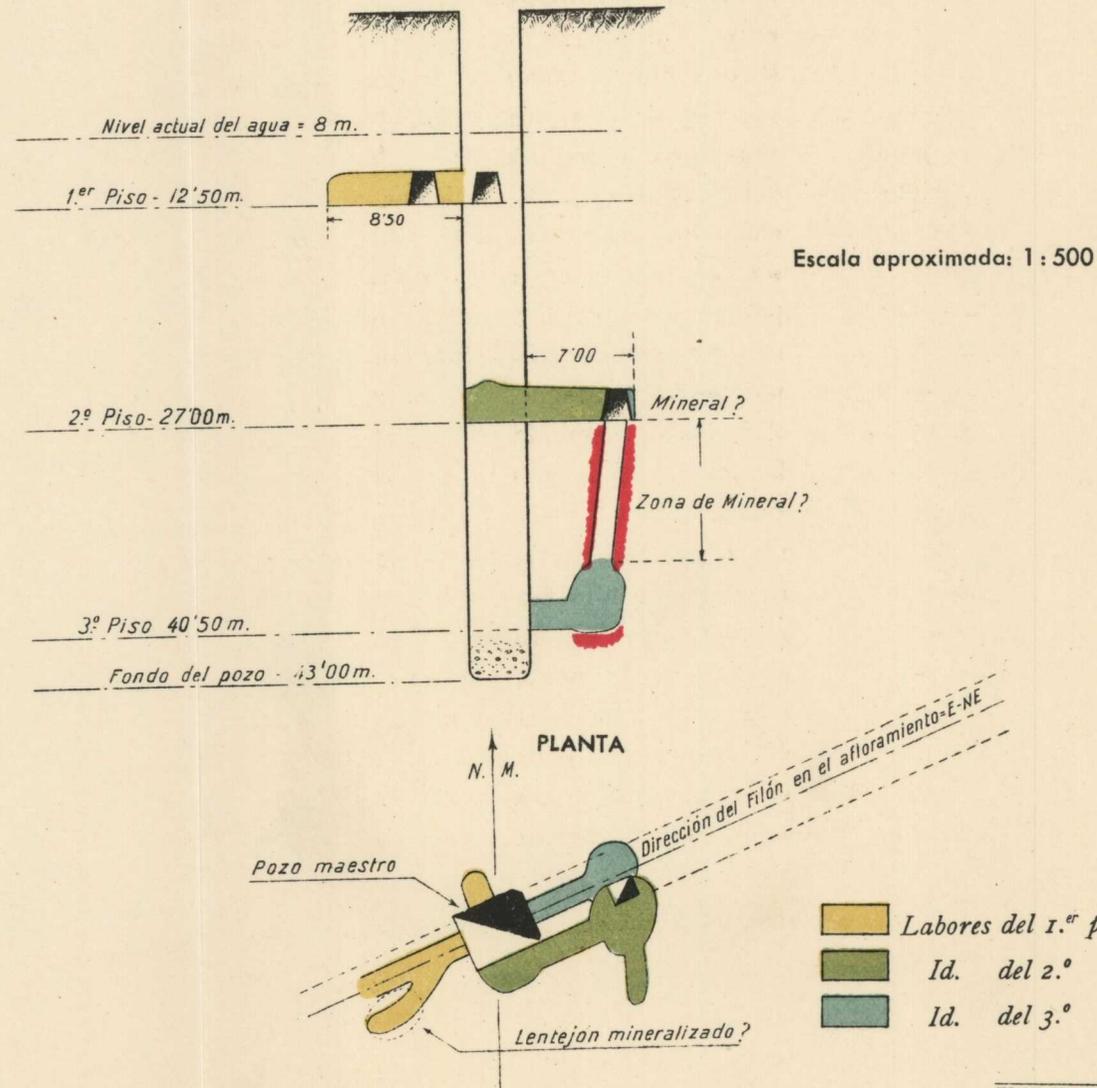
Lám. II

CEBREROS (AVILÀ)  
MINA LEONOR

Representación aproximada de sus trabajos y mine-  
ralizaciones, con arreglo al Informe del Sr. Comba  
de fecha 29 de diciembre de 1916



## PROYECCION VERTICAL E. O.



tiva; o lo que es lo mismo, los valores magnéticos correspondientes al filón serán menores que los del medio ambiente.

Lo que está fuera de duda es la gran permeabilidad magnética de las masas mineralizadas, a consecuencia de la cantidad de minerales de hierro que contienen y que deben suministrarnos una anomalía positiva.

Vemos, pues, que el método magnético de prospección puede ayudarnos a la resolución del problema planteado. Considerando como medio ambiente la formación granítica, el dique porfidico debe manifestarse por una anomalía negativa del campo magnético, si no contiene masas mineralizadas en su interior, y por una anomalía positiva, o menos negativa, en el caso contrario.

El parámetro magnético más apropiado para ser medido en este caso, en el que se trata de una formación vertical de sólo cuatro metros de potencia, es la componente vertical, efectuando las mediciones a lo largo del filón y en perfiles transversales al mismo.

LOS APARATOS EMPLEADOS.—En esta investigación se han empleado dos variómetros verticales, análogos, modelo Schmiedt, construídos por la casa Askania, de Berlín. Omitimos su descripción por haberla ya efectuado en nuestra obra «Los Métodos geofísicos de prospección».

La particularidad, digna de mención, que poseen es que sus sistemas magnéticos se han substituído por otros patentados por Askania, que gozan de la propiedad de ser insensibles a las variaciones de temperatura. Esta modificación tiene extraordinaria importancia, tanto para facilitar las observaciones de campo, como para aumentar la exactitud de los resultados de las mediciones.

Para el cálculo de la sensibilidad de los aparatos se ha

empleado un solenoide, también de Askania, que se coloca alrededor de los variómetros, por medio de un soporte especial. Por él se hace pasar una corriente eléctrica, cuya intensidad se mide en un miliamperímetro, que desvía los imanes un cierto número de divisiones de su escala. El valor de una de ellas es:

$$\varepsilon = \frac{KI}{n}$$

siendo  $K$ , una constante instrumental;  $I$ , la intensidad de la corriente en amperios, y  $n$ , la desviación total producida haciendo pasar la corriente en los dos sentidos opuestos. En los «Estados de Cálculo» se encuentran las observaciones correspondientes.

También se han empleado, con el mismo objeto, los imanes deflectores que contienen las cajas de los variómetros. La fórmula correspondiente, es:

$$\frac{2M}{R^3} = n\varepsilon$$

siendo  $M$  el momento magnético del imán empleado, colocado a la distancia  $R$ , centímetros del centro de gravedad del variómetro, en la primera posición principal de Gauss y  $n$  la diferencia de lecturas entre las posiciones del balancín del variómetro con y sin el empleo del imán deflector. Los cálculos efectuados se encuentran también en los estados.

Para los valores definitivos de  $\varepsilon$  se han tomado los promedios entre los obtenidos por los dos procedimientos, y que son los siguientes:

Variómetro vertical número I (97.120)  $\varepsilon = 26,5 \gamma$

Variómetro vertical número II (97.118)  $\varepsilon = 24,5 \gamma$

El primer aparato ha servido para las mediciones de campo y el segundo para la observación directa de la variación diurna.

Variómetro vertical n.º I (97.120). Fecha 8-IV-41

### Cálculo de $\varepsilon$ por medio de un campo magnético artificial

1.ª determinación				2.ª determinación				3.ª determinación			
Est. Base Hora 10		Est. Base Hora 10		Est. Base H. 10,10		Est. Base H. 10,15		Est. Base H. 10,25		Est. Base H. 10,30	
Este	Este	Oeste	Oeste								
4.6	10.6	5.2	11.4	4.8	11.2	5.6	11.0	5.0	10.7	5.9	11.5
4.6	10.8	5.2	11.3	4.8	11.0	5.6	11.0	5.0	10.7	5.9	11.3
4.7	10.7	5.1	11.2	4.9	11.0	5.4	11.0	5.0	10.7	5.9	11.3
4.7	10.7	5.2	11.4	4.8	11.0	5.4	10.8	5.0	10.8	5.7	11.4
4.6	10.6	5.2	11.4	4.8	11.2	5.4	10.8	5.1	10.9	5.7	11.5
4.6	10.7	5.0	11.4	4.8	11.2	5.5	10.8	5.0	10.9	5.7	11.5
4.6	10.7	5.1	11.4	4.8	11.1	5.5	10.9	5.0	10.8	5.8	11.4
Dif.	6.1	Dif.	6.3	Dif.	6.3	Dif.	5.4	Dif.	5.8	Dif.	5.6
$n = \text{Promedio} = 6.2$				$n = \text{Promedio} = 5.85$				$n = \text{Promedio} = 5.7$			

$$\left. \begin{array}{l} K = \text{Constante del cuadro} = 31,4 \\ I = \text{Intensidad de la corriente} = 5 \text{ m. A.} \\ n = \text{Desviación total} = 6.2 \end{array} \right\} \varepsilon = \frac{31,4 \times I}{n}$$

$$\varepsilon = \frac{31,4 \times 5}{6.2} = 25.3 \gamma.$$

$$\left. \begin{array}{l} K = \text{Constante del cuadro} = 31,4 \\ I = \text{Intensidad de la corriente} = 5 \text{ m. A.} \\ n = \text{Desviación total} = 5.85 \end{array} \right\} \varepsilon = \frac{31,4 \times 5}{5.85} = 26.8 \gamma.$$

$$\left. \begin{array}{l} K = \text{Constante del cuadro} = 31,4 \\ I = \text{Intensidad de la corriente} = 5 \text{ m. A.} \\ n = \text{Desviación total} = 5,7 \end{array} \right\} \varepsilon = \frac{31,4 \times 5}{5.7} = 27.4 \gamma.$$

1.ª determinación:	$\varepsilon = 25.3 \gamma$
2.ª id.	$\varepsilon = 26.8 \gamma$
3.ª id.	$\varepsilon = 27.4 \gamma$

Suma = 79.5  $\gamma$ .

Promedio  $\varepsilon = 26.5 \gamma$ .

Variómetro vertical n.º II (97.118). Fecha 8-IV-41

**Cálculo de ε por medio de un campo magnético artificial**

1.º determinación				2.º determinación				3.º determinación			
Est. Base Hora 14		Est. Base H. 14,05		Est. Base H. 14,15		Est. Base H. 14,10		Est. Base H. 14,30		Est. Base H. 14,35	
				Este	Este	Oeste	Oeste	Este	Este	Oeste	Oeste
5.9	0.7	3.8	10.0	6.0	0.7	3.8	10.1	5.9	0.7	3.8	10.0
5.8	0.7	3.8	10.0	5.9	0.7	3.7	10.1	5.9	0.7	3.8	10.0
5.9	0.7	3.8	10.0	5.8	0.6	3.7	10.1	5.9	0.7	3.8	10.0
5.9	0.6	3.7	10.0	5.9	0.8	3.8	9.9	5.9	0.8	3.7	10.0
5.9	0.7	3.8	10.0	5.9	0.7	3.8	9.9	5.9	0.6	3.8	10.0
5.9	0.7	3.7	10.0	5.9	0.8	3.8	9.9	5.9	0.7	3.8	10.0
5.9	0.7	3.8	10.0	5.9	0.7	3.8	10.0	5.9	0.7	3.8	10.0
Dif. 6.6		Dif. 6.2		Dif. 6.7		Dif. 6.2		Dif. 6.6		Dif. 6.2	
n = Promedio = 6.4				n = Promedio = 6.4				n = Promedio = 6.4			

$K = \text{Constante del cuadro} = 31,4$   
 $I = \text{Intensidad de la corriente} = 5 \text{ m. A.}$   
 $n = \text{Desviación total} = 6.4$   

$$\left. \begin{aligned} & \\ & \end{aligned} \right\} \epsilon = \frac{31,4 \times I}{n}$$

$$\epsilon = \frac{31,4 \times 5}{6.4} = 24.5 \gamma$$

$K = \text{Constante del cuadro} = 31,4$   
 $I = \text{Intensidad de la corriente} = 5 \text{ m. A.}$   
 $n = \text{Desviación total} = 6.4$   

$$\epsilon = \frac{31,4 \times 5}{6.4} = 24.5 \gamma$$

$K = \text{Constante del cuadro} = 31,4$   
 $I = \text{Intensidad de la corriente} = 5 \text{ m. A.}$   
 $n = \text{Desviación total} = 6.4$   

$$\epsilon = \frac{31,4 \times 5}{6.4} = 24.5 \gamma$$

- 1.ª determinación: ε = 24.5
- 2.ª id. ε = 24.5
- 3.ª id. ε = 24.5

Suma = 73.5 γ  
Promedio ε = 24.5 γ

Variómetro vertical n.º I (97.120). Fecha 8-IV-41

**Cálculo de ε por medio de imanes deflectores en la 1.ª posición principal de Gauss**

1.º determinación				2.º determinación				3.º determinación							
Est. Base Hora 14		Est. Base H. 14,05		Est. Base H. 14,10		Est. Base H. 14,15		Est. Base H. 14,20		Est. Base H. 14,25					
Sin imán		Con imán		Sin imán		Con imán		Sin imán		Con imán					
E.	O.	E.	O.	E.	O.	E.	O.	E.	O.	E.	O.				
4.2	4.0	22.5	23.8	4.2	4.0	16.1	16.8	4.2	4.0	35.9	35.7				
4.2	4.0	22.5	23.7	4.2	4.0	16.1	16.8	4.2	4.0	35.9	35.7				
4.0	4.0	22.4	23.7	4.0	4.0	16.1	16.8	4.0	4.0	35.9	35.7				
4.1	4.1	22.5	23.6	4.1	4.1	16.1	16.8	4.1	4.1	35.9	35.7				
4.1	4.1	22.6	23.5	4.1	4.1	16.1	16.8	4.1	4.1	35.9	35.7				
4.1	4.0	22.6	23.6	4.1	4.0	16.1	16.9	4.1	4.0	35.9	35.7				
4.1	4.0	22.5	23.7	4.1	4.0	16.1	16.8	4.1	4.0	35.9	35.7				
Prdio. 4				Prdio. 23.1				Prdio. 16.4				Prdio. 4.0			
n = Diferencia = 19.1				n = Diferencia = 12.4				n = Diferencia = 31.8				n = Diferencia = 31.8			

$\text{Imán n.º 00007} \left\{ \begin{aligned} & \text{⊕ } 4 \text{ m/m. } M = 69^1 10^5 \gamma \cdot \text{cm}^{-3} \\ & b \text{ } 35 \text{ m/m.} \end{aligned} \right.$   
 $n = \text{Diferencia} = 191$       Fórmula  $\frac{2M}{R^3} = n \cdot \epsilon$

$R = 30 \text{ c/m.} \quad \frac{2M}{R^3} = 511.1 \quad \epsilon = 26.75 \gamma$

$\text{Imán n.º 00007} \left\{ \begin{aligned} & \text{⊕ } 4 \text{ m/m. } M = 69 10^5 \gamma \cdot \text{cm}^{-3} \\ & b \text{ } 35 \text{ m/m.} \end{aligned} \right.$   
 $n = \text{Diferencia} = 124$       Fórmula  $\frac{2M}{R^3} = n \cdot \epsilon$

$R = 35 \text{ c/m.} \quad \frac{2M}{R^3} = 321.8 \quad \epsilon = 25.95 \gamma$

$\text{Imán n.º 00007} \left\{ \begin{aligned} & \text{⊕ } 4 \text{ m/m. } M = 69 10^5 \gamma \cdot \text{cm}^{-3} \\ & b \text{ } 35 \text{ m/m.} \end{aligned} \right.$   
 $n = \text{Diferencia} = 31.8$       Fórmula  $\frac{2M}{R^3} = n \cdot \epsilon$

$R = 25 \text{ c/m.} \quad \frac{2M}{R^3} = 883 \quad \epsilon = 27.8 \gamma$

- 1.ª determinación: ε = 26.75 γ
- 2.ª id. ε = 25.95 γ
- 3.ª id. ε = 27.80 γ

Suma = 80.50 γ  
Promedio ε = 26.80 γ

Variómetro vertical n.º II (97.118). Fecha 8-IV-41

**Cálculo de  $\varepsilon$  por medio de imanes deflectores en la 1.ª posición principal de Gauss**

1.ª determinación				2.ª determinación				3.ª determinación			
Est. Base Hora 14		Est. Base H. 14,15		Est. Base H. 14,20		Est. Base H. 14,25		Est. Base H. 14,30		Est. Base H. 14,35	
Sin imán		Con imán		Sin imán		Con imán		Sin imán		Con imán	
E.	O.			E.	O.	E.	O.				
3.1	6.2	15.8	19.7	3.1	6.2	22.0	24.3	3.0	6.2	32.9	37.9
3.0	6.4	15.8	19.7	3.0	6.4	22.0	24.3	3.0	6.4	32.9	37.9
3.0	6.5	15.8	19.7	3.0	6.5	22.0	24.3	3.0	6.5	32.9	37.9
3.0	6.4	15.8	19.6	3.0	6.4	22.0	24.3	3.0	6.4	32.9	37.9
3.1	6.4	15.8	19.6	3.1	6.4	22.0	24.3	3.1	6.4	32.9	37.9
3.0	6.4	15.8	19.6	3.0	6.4	22.0	24.3	3.0	6.4	32.9	37.9
3.0	6.4	15.8	19.65	3.0	6.4	22.0	24.3	3.0	6.4	32.9	35.4
Prdio. 4.7		Prdio. 17.7		Prdio. 4.7		Prdio. 23.1		Prdio. 4.7		Prdio. 30.7	
n = Diferencia = 13.0				n = Diferencia = 18.4				n = Diferencia =			

$$\text{Imán n.º 00005} \begin{cases} \text{a} & 4 \text{ m/m. } M = 10^5 \gamma \cdot \text{cm.}^{-3} \\ \text{b} & 35 \text{ m/m.} \end{cases}$$

$$n = \text{Diferencia} = 13 \quad \text{Fórmula } \frac{2M}{R^3} = n \cdot \varepsilon$$

$$R = 34 \text{ c/m.} \quad \frac{2M}{R^3} = 314 \quad \varepsilon = 24.2 \gamma$$

$$\text{Imán n.º 00005} \begin{cases} \text{a} & \text{m/m. } M = 10^5 \gamma \cdot \text{cm.}^{-3} \\ \text{b} & \text{m/m.} \end{cases}$$

$$n = \text{Diferencia} = 18.4 \quad \text{Fórmula } \frac{2M}{R^3} = n \cdot \varepsilon$$

$$R = 30 \text{ c/m.} \quad \frac{2M}{R^3} = 452 \quad \varepsilon = 24.6 \gamma$$

$$\text{Imán n.º 00005} \begin{cases} \text{a} & \text{m/m. } M = 10^5 \gamma \cdot \text{cm.}^{-3} \\ \text{b} & \text{m/m.} \end{cases}$$

$$n = \text{Diferencia} = 30.7 \quad \text{Fórmula } \frac{2M}{R^3} = n \cdot \varepsilon$$

$$R = 25 \text{ c/m.} \quad \frac{2M}{R^3} = 781 \quad \varepsilon = 25.4 \gamma$$

$$1.ª \text{ determinación: } \varepsilon = 24.2 \gamma$$

$$2.ª \text{ id. } \varepsilon = 24.6 \gamma$$

$$3.ª \text{ id. } \varepsilon = 25.4 \gamma$$

$$\text{Suma} = 74.2 \gamma$$

$$\text{Promedio } \varepsilon = 24.7 \gamma$$

EL MÉTODO DE OBSERVACIÓN Y LA CORRECCIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS.—Se ha tomado una estación de base, situada en la zona granítica, y en ella se han empezado y terminado las observaciones diarias. En todas las estaciones se han hecho seis observaciones, levantando y bajando el balancín, para cada una de ellas.

La extraordinaria coincidencia entre los valores básicos iniciales y finales de cada día ha hecho innecesario repartir la diferencia entre las estaciones observadas.

Tampoco ha sido necesaria la corrección de la variación normal del campo magnético hacia el Norte. En la zona de estudios es de unas 5 unidades  $\gamma$  por kilómetro y su extensión, en ese sentido, no alcanza a los 500 metros.

Ya hemos dicho que los sistemas magnéticos empleados poseen un coeficiente de temperatura  $\alpha = 0$  y que no hace falta corrección alguna por esta causa.

La única corrección necesaria y ésta de gran importancia, por las pequeñas anomalías magnéticas que se presentarán en el problema, es la de la variación diurna. El método empleado de observarla directamente con otro aparato análogo al de las mediciones y colocado cerca de la zona de trabajo, es el de mayor exactitud. Para que sus lecturas no varíen ni en una décima de división, una vez bajado su balancín, no se le ha vuelto a subir hasta la terminación del trabajo del día. En los estados correspondientes, constan las observaciones efectuadas.

Así se han observado 67 estaciones magnéticas, repartidas en un perfil longitudinal, situado a lo largo del filón y de seis transversales al mismo, en los lugares en que se obtuvo una anomalía positiva.

Como los valores magnéticos son variables con el tiempo, no es posible obtener, en una segunda observación, efectuada con algunos días de posterioridad, los mismos

valores que se obtuvieron en la primera. Por consiguiente, para enlazar los perfiles transversales con el longitudinal, hay que compensar en todas las estaciones de aquéllos, la diferencia que se encuentre en la estación común. Por ejemplo: en el perfil transversal número 1 (lámina III), el valor primeramente obtenido fué de  $+15\gamma$  y el correspondiente al efectuar el mencionado perfil de  $-4\gamma$ . La diferencia es  $19\gamma$ , que habrá que sumar a todos los valores obtenidos en el perfil, según se observará en la construcción gráfica del mismo. Con ello no se introduce variación alguna. Es lo mismo que si el dibujo del perfil se trasladase paralelamente a sí mismo en el sentido del eje de las ordenadas.

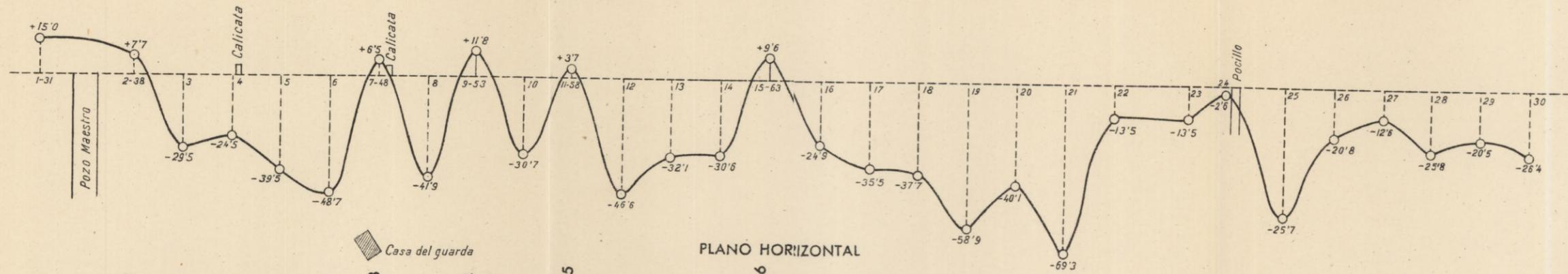
#### Valores relativos de la componente vertical

Estaciones	Componentes en $\gamma$	Estaciones	Componentes en $\gamma$	Estaciones	Componentes en $\gamma$
Base	0.0	23	-13.5	46	-8.3
1	+15.7	24	-2.6	47	+2.7
2	+7.7	25	-52.7	48	-2.6
3	-29.5	26	-20.8	49	+4.7
4	-24.5	27	-12.6	50	-1.1
5	-39.5	28	-25.8	51	+5.3
6	-49.7	29	-20.5	52	+9.1
7	+6.5	30	-26.7	53	+18.3
8	-41.2	31	-4.0	54	+14.9
9	+11.8	32	-11.4	55	+9.6
10	-30.7	33	-12.9	56	+1.9
11	+3.7	34	-8.9	57	+12.5
12	-46.6	35	+1.7	58	+2.3
13	-32.1	36	-7.2	59	+13.1
14	-30.6	37	-8.2	60	+12.1
15	+9.6	38	-10.0	61	+11.9
16	-24.9	39	-13.7	62	+14.5
17	-35.5	40	21.9	63	+25.1
18	-37.7	41	-27.7	64	+9.1
19	-58.9	42	-19.0	65	+8.6
20	-40.1	43	-15.0	66	+8.6
21	-69.3	44	-9.9	67	+13.1
22	-13.5	45	+9.0		

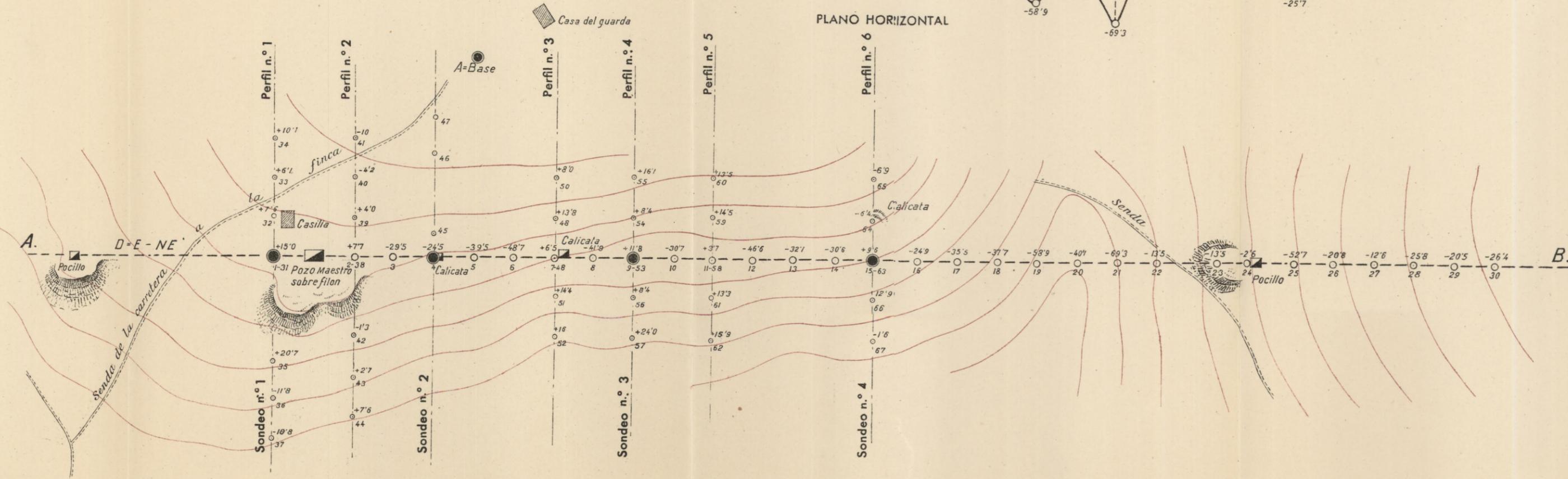
# INVESTIGACION ELECTRICA Y MAGNETICA EN LA ENEBROSILLA (CEBREROS, AVILA)

Escalas { Horizontales: 1 mm. = 1 m.  
Verticales: 1 mm. = 2 γ

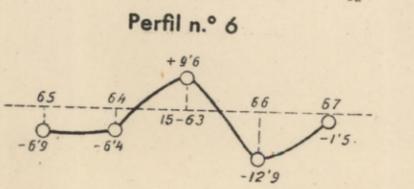
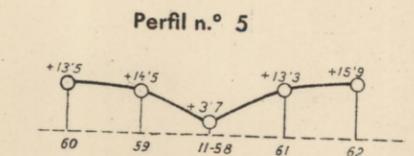
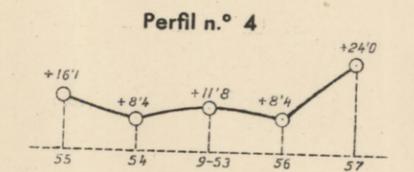
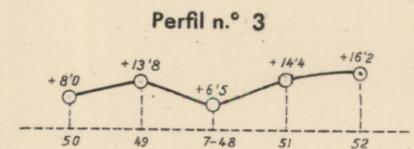
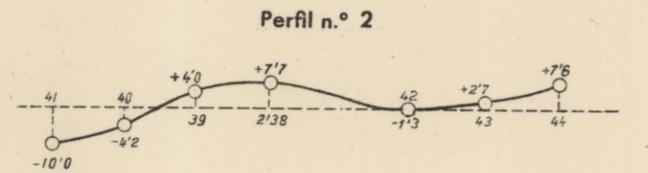
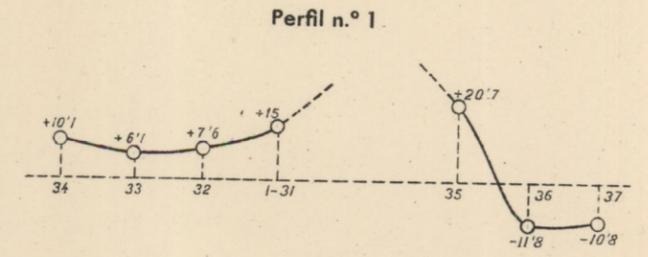
PERFIL MAGNETICO LONGITUDINAL, SEGUN LA TRAZA A-B



PLANO HORIZONTAL



PERFILES MAGNETICOS TRANSVERSALES



LA INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DE LAS MEDICIONES MAGNÉTICAS.—Con los datos observados en las 30 primeras estaciones, se han obtenido las anomalías magnéticas con relación a la tomada como base, que han servido para construir el perfil magnético longitudinal sobre el filón mismo, tomando las distancias como abcisas y las anomalías como ordenadas (véase el dibujo correspondiente en la lámina III).

Como el error de observación podemos cifrarlo en 0,5  $\gamma$  (media aritmética de los seis valores medidos con una apreciación de 3  $\gamma$ ) hemos adoptado la escala gráfica de dos  $\gamma$  por milímetro. La cuarta parte de milímetro corresponde a la apreciación real de las mediciones.

El primer examen del perfil obtenido nos hace ver, en el mismo, una serie de máximos y mínimos perfectamente delimitados. El primer máximo corresponde, sin duda alguna, al mineral cuya existencia se ha demostrado en el pozo maestro, comprobándose así la hipótesis emitida de que las masas mineralizadas debían dar una anomalía positiva. Los mínimos corresponden al pórfido, evidentemente. Su valor medio es  $-46 \gamma$ . El de los máximos es  $+8 \gamma$ . Luego las mineralizaciones aumentan la intensidad del campo magnético tanto como la disminuye el pórfido. Como la profundidad de la masa mineralizada influye en su acción magnética, tanto como su volumen, hay que tener en cuenta los dos factores para la interpretación.

En el punto 4, debe presentarse una masa mineralizada, situada a mayor profundidad de la correspondiente al punto 1. Teniendo en cuenta la identidad de los máximos correspondientes a las estaciones 7, 9 y 11, las masas a que corresponden deben estar a una profundidad comparable con la primera y ser de menor volumen por la rapidez con que descienden los valores, a partir del máximo. La del punto

15 debe tener mayor volumen, para la misma profundidad. En los puntos 24 y 27, se manifiestan otras dos masas mineralizadas, algo más profundas que las anteriores y de mayor cubicación.

Es de notar la coincidencia entre estas indicaciones y los indicios superficiales que determinaron a los mineros explotadores a iniciar labores de reconocimiento. En el punto 24 se inició la perforación de un nuevo pozo. En el 15, se abrió una calicata; en el 7 y en el 4, otras análogas, etcétera.

Los perfiles transversales efectuados completan las indicaciones suministradas por el longitudinal. El número 1 presenta un máximo que corresponde a la masa reconocida. En los puntos 32, 33 y 34, se han obtenido valores ligeramente positivos que corresponden al granito y en los 36 y 37 se aprecia el efecto del pórfido. El número 2 presenta indicaciones semejantes, aunque más atenuadas por no cortar de lleno el lentejón mineralizado.

El número 3, el 4 y el 5 son completamente análogos, e indican el filón mineralizado, limitado por hastiales de granito.

El número 6 indica una mineralización más potente, en una caja de pórfido de mayor anchura que las anteriores. Es decir, que la grieta por la que salió la masa ígnea, tenía un ensanchamiento en el emplazamiento de este perfil.

Para obtener alguna indicación sobre la importancia que puedan tener las distintas masas o lentejones mineralizados descubiertos, imposible de obtener por el método magnético, ya que en ellas intervienen tanto su volumen como la profundidad a que se encuentren, hemos pensado efectuar algunos sondeos eléctricos, que vamos a describir en los párrafos siguientes.

**§ 4. La investigación eléctrica.**—El método de los sondeos eléctricos verticales permite fijar la profundidad a que se encuentran las masas cuya resistividad sea distinta de la del medio ambiente. Las bolsas de minerales complejos de hierro y cobre, acompañados o no de blenda y de galena, se presentan como de mayor resistencia eléctrica que las masas compactas de pórfido, por estar aquellos más o menos disgregados y separados entre sí por materiales aisladores. Es así, por consiguiente, como habrá que tratar de interpretar los perfiles de resistividades que se obtengan.

El método es de muy difícil aplicación en el caso presente, por impedir el tendido normal de los cables, y el estacionamiento del delicado aparato de medida, las escabrosidades del terreno.

Hemos efectuado un sondeo al lado del pozo maestro para comprobar las indicaciones correspondientes al mineral visto. Después, hemos efectuado otro en la estación 4, para conocer la profundidad del lentejón de mineral indicado en los perfiles magnéticos y dos más en las estaciones 9 y 15. En todos ellos no es posible alcanzar más profundidad de investigación que la indicada en los gráficos correspondientes, por las razones ya mencionadas.

**SONDEO ELÉCTRICO NÚMERO 1.**—Omitimos todos los detalles referentes a esta clase de trabajo, por haberlos explicado, con todo detalle, en otras investigaciones.

En el gráfico correspondiente (fig. 1) observamos dos inflexiones de la curva de resistividades, a los 20 y 45 metros de profundidad, que limitan un valor máximo de 85 ohmios  $m^2/m$ . Es la indicación del lentejón mineralizado. A la derecha de la curva se ha dibujado un croquis de la zona de mineral encontrada en las labores mineras, que

coincide muy bien con la determinada eléctricamente. Es seguro, por consiguiente, que las diferencias de resistividad existentes entre el mineral y el pórfido son suficientes para caracterizar el primero. En la curva se aprecian otros máximos, que deben corresponder a otros dos pequeños lentejones, situados debajo del primero y sin contacto con él.

**SONDEO ELÉCTRICO NÚMERO 2.**—Se ha elegido el punto 4 para realizar otro sondeo eléctrico, por permitir su emplazamiento extender un cable de 260 metros a cada uno de sus lados y poder alcanzar así la profundidad de investigación de 130 metros.

La curva representativa de los valores obtenidos para las resistividades se presta muy bien para la interpretación. Después de pasar la zona húmeda superficial a los 7,50 metros el parámetro resistividad aumenta progresivamente hasta un máximo de 170 ohmios m<sup>2</sup>/m. para disminuir hasta un mínimo y volver a aumentar después. El máximo se presenta entre dos inflexiones, a los 50 y 86 metros respectivamente, profundidades que limitan el lentejón mineralizado.

**SONDEO ELÉCTRICO NÚMERO 3.**—Está situado en la estación 9. En él se ha podido alcanzar la profundidad de 150 metros. La configuración de la gráfica correspondiente se asemeja a la del sondeo número 1. Se señalan varios lentejones de mineral entre los 50-64 metros; 80-100; 115-125 y 136-150. Todos ellos de pequeña importancia.

**SONDEO ELÉCTRICO NÚMERO 4.**—Este sondeo se ha practicado en la estación 15, alcanzando la profundidad de 160 metros. La primera masa mineralizada aparece entre los

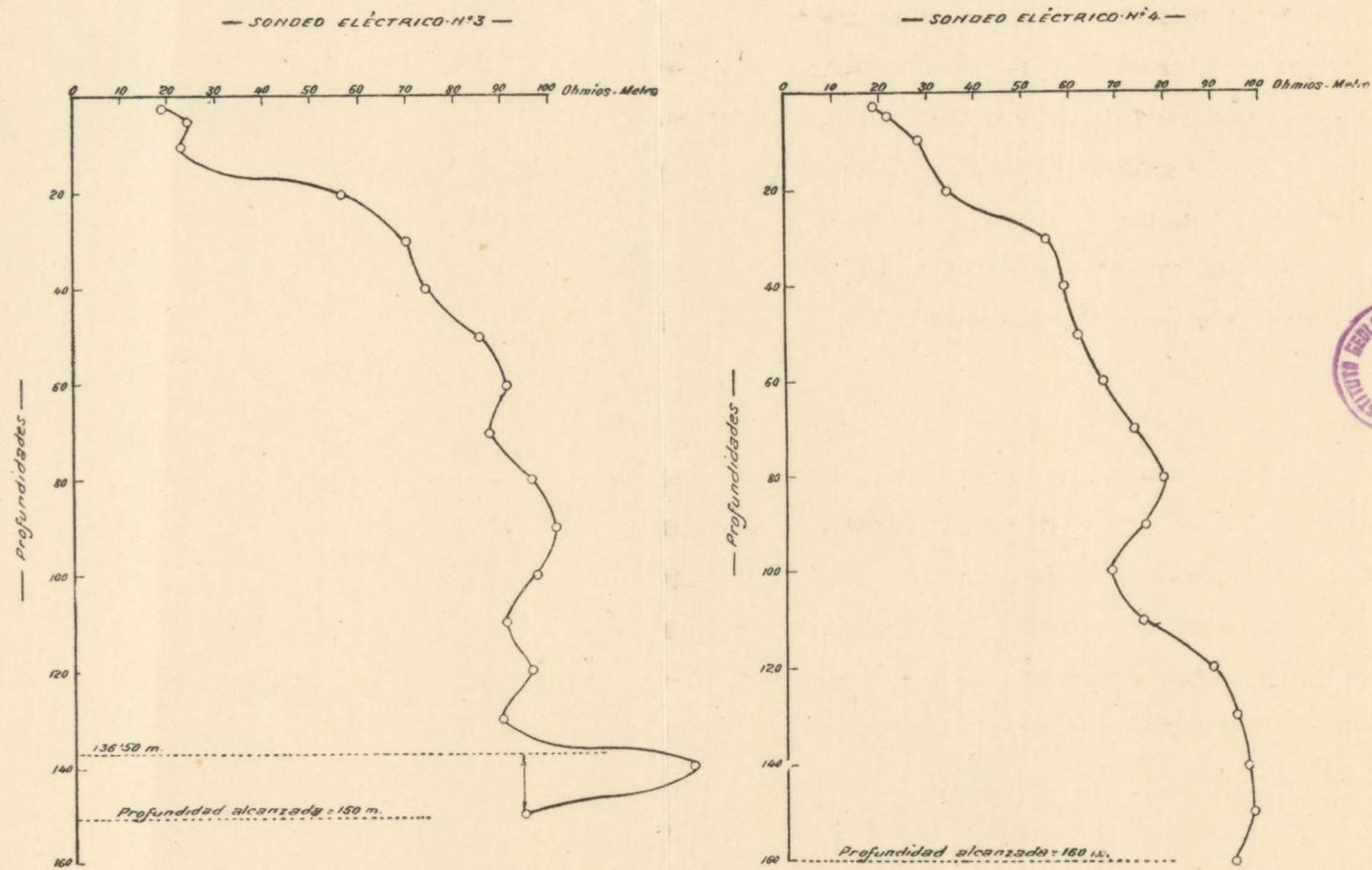
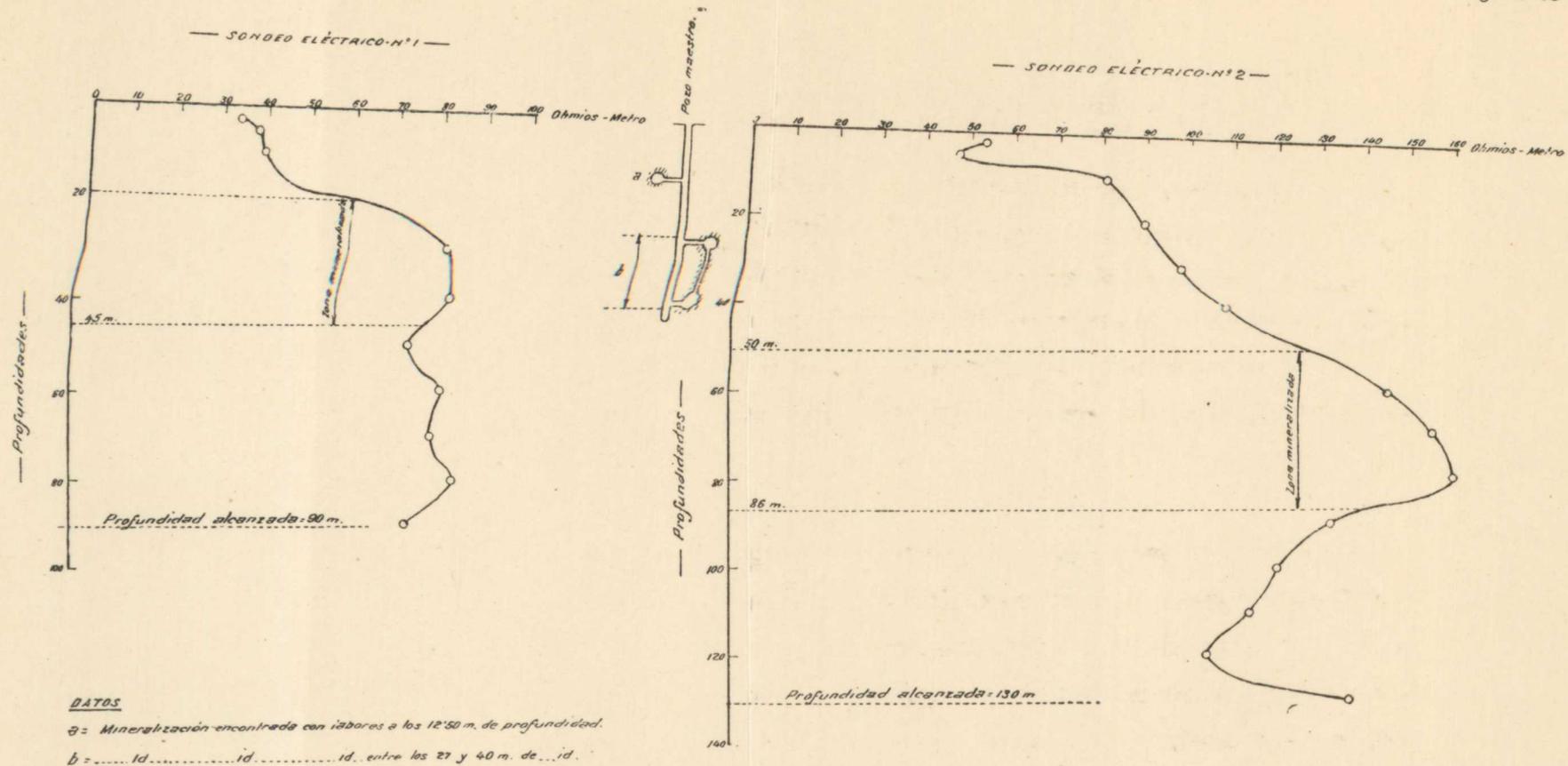


Fig. 1.

75-90 metros. A los 113 se inicia otra de mayor volumen que no ha resultado delimitada en profundidad, por no ser posible aumentar la alcanzada por el sondeo.

#### Valores de las resistividades aparentes

Sondeo n.º	1	2	3	4
Distancia A B en metros (*)	Resistividad Ohmios m <sup>2</sup> /m.			
10	33	53	18	18
20	37	47	24	21
40	39	81	23	28
80	60	90	53	34
120	82	99	70	59
160	85	112	74	59
200	77	130	85	62
240	84	150	91	67
280	82	160	87	73
320	87	165	96	80
360	76	137	101	76
400		125	97	69
440		129	91	76
480		109	96	90
520		141	90	95
560			131	98
600			94	99
640				95

**§ 5. Conclusiones.**—La comprobación de las indicaciones magnéticas, por medio de las mediciones eléctricas, allí donde ha sido posible, nos permite afirmar la existencia de varios lentejones mineralizados, comparables con el explotado en el pozo maestro; pero cuya importancia total no es suficiente para aconsejar la inmovilización del capital necesario para la puesta en marcha y explotación de las minas, cuya vida había de ser muy efímera y de dudosos resultados económicos.

(\*) La distancia A-B es la que existe entre los electrodos que crean el campo.

## CAPITULO II

### INVESTIGACION MAGNETICA EN CAZALLA DE LA SIERRA (SEVILLA)

---

**§ 6. Introducción.**—Los afloramientos de magnetita situados en la parte occidental del término municipal de Cazalla de la Sierra, han sido objeto de numerosos estudios y reconocimientos sin que, hasta la fecha, se haya podido obtener una conclusión concreta sobre si se trataba de asomos aislados procedentes de una erupción de rocas hipogénicas, sin conexión mutua, o si obedecen a una causa general de la que aquellos asomos son los indicios de su existencia.

Entre los métodos geofísicos de posible aplicación al objeto que pretendemos, se destaca el magnético que, por tratarse de un mineral de esta naturaleza, nos indicará la continuidad o discontinuidad del yacimiento de magnetita situado en el subsuelo, y del cual pueden ser ramas o brazos que llegan hasta el exterior todas las manifestaciones encontradas.

Como la influencia magnética del mineral sobre los imanes de los aparatos empleados varía con el cubo de la distancia, una capa delgada de aquél, situada cerca de la superficie del suelo, puede originar una anomalía tan

grande como otra mucho más potente situada a mayor profundidad y de aquí que no nos sea posible calcular la profundidad a que se encuentra el mineral, ni el espesor de la formación. Sólo podremos delimitar la zona mineralizada y estudiar la continuidad de la misma.

Una vez resuelto este problema, habrá que perforar un cierto número de sondeos o efectuar las labores mineras de reconocimiento que se consideren más adecuadas para llegar a conocer la potencia del yacimiento y, por consiguiente, su ubicación.

### § 7. Reseña geográfica y geológica.

a) RESEÑA GEOGRÁFICA.—La región donde se hallan enclavados los cotos ferríferos de magnetita, objeto de nuestro estudio, corresponde a la parte occidental del término de Cazalla de la Sierra, en la provincia de Sevilla, teniendo como límites, por el Norte, la Sierra del Timón; por el Sur, las lomas de los Asperonales y de las Caldetetas; por el Este, los altos de Las Marianas y, por el Oeste, el valle del Viar.

Concretamente, el estudio queda circunscrito a la Sierra de la Grana y a la zona del arroyo y solana del Valle, comprendida entre la misma y la del Timón. Dista desde Cazalla alrededor de 15 kilómetros por la carretera de dicho pueblo a Real de la Jara.

El conjunto del terreno forma parte de la vertiente Sur de Sierra Morena; de Real de la Jara podrá contarse con una salida más hacia el ferrocarril de Cala a Sevilla y, por lo tanto, con una mejoría en las comunicaciones de las mismas.

La carretera de El Pedroso, que enlaza este pueblo con Cazalla de la Sierra, puede ser otro medio para la salida de los minerales. En todo caso será difícil acortar mucho la

distancia al puerto, sea una u otra salida la que se adapte, y sí solamente multiplicar los medios de acceso al mismo, de interés siempre a los efectos del estudio industrial de las concesiones.

b) RESEÑA GEOLÓGICA (\*).—Los terrenos de la región de que forma parte la zona del estudio que vamos a desarrollar, pertenecen a las formaciones más antiguas.

Por el Norte, el Cambriano adquiere un desarrollo muy considerable, extendiéndose en una ancha faja desde la frontera portuguesa, y en dirección NO.-SE., hasta el Guadalquivir, donde queda truncada por la gran falla que lleva el nombre de este río, atravesando la parte Sur de la provincia de Badajoz, el extremo Norte de la de Sevilla y una gran extensión de la de Córdoba.

Sobre esta faja, y paralela a ella, hay otra de terreno Siluriano, ancha también, aunque no tan larga, pues queda comprendida casi toda en la provincia de Sevilla, interrando tan sólo un poco de su extremo NO. en la de Badajoz.

Más al Sur, y sin representación alguna en la reducida zona que más especialmente ha de ocuparnos al describir los yacimientos ferríferos de Sierra de la Grana, por la parte meridional del término de El Pedroso y cruzando los de Alcolea, Lora del Río y Peñaflor, aparece debajo del Siluriano y sin interposición visible del Cambriano, una mancha bastante extensa del Estrato cristalino. Otra más pequeña de este terreno, perfora el Siluriano y se extiende de NO. a SE. desde las inmediaciones de El Pedroso a la parte Sur del término de Constantina.

(\*) En el estudio geológico colaboró el ingeniero del Instituto Geológico, Sr. Pastor.

Las rocas dominantes en estas tres formaciones son: pizarras talcosas, micáceas y arcillosas; grauvacas, bancos a veces muy potentes de caliza cristalina, algunos de cuarcita y, como excepción, alguno de pudinga de elementos gruesos, dentro de la faja cambriana.

La marcada escasez de fósiles en el Cambriano y Siluriano de esta parte de Andalucía, no ha permitido conocer con exactitud los tramos a que pertenecen los horizontes reseñados, por lo cual, siguiendo la clasificación realizada por el Instituto, hace años, los supondremos pertenecientes a los superiores de ambos períodos.

De toda la amplísima región de que, aun de una manera general, hemos tratado, solamente en la Sierra de la Grana o mejor dicho, en los terrenos del arroyo del Valle, ya en plena zona de estudio de los criaderos de «Nueva Luz», existen dos yacimientos fosilíferos importantes que hemos reconocido en detalle.

Uno, en unos bancos de pizarras negras o ampelitas, muy abundante en impresiones de graptolitos (*Monograptus priodon*, *M. colonus*, *M. turricularis*, *M. nilsonii*, *Diplograptus palmeus*, *D. octobranquiatus*) y otro situado algo más al Sur del primero, en una grauvaca caliza, con *Pentamerus knighti*, *Orthoceras timidus* y *anulatum*, *Lingula murrissii*, *Orthis equivalvis* y tallos de crinoides.

De casi todas estas especies hemos podido obtener ejemplares durante nuestras visitas a los yacimientos. Solamente el *Orthis* antes reseñado, nos ha faltado para completar la lista.

Sobre el Cambriano quedan por Zafra, Bienvenida, Fuente del Arco, Alanís y San Nicolás del Puerto, restos aislados del terreno carbonífero. Por el Sur, sobre el Estrato cristalino y el Siluriano se asienta el hullero de la cuenca de Villanueva de las Minas, y por el SE. la extensa mancha

del Viar, que ha sido clasificada tan pronto como carbonífera, como permiana o triásita.

Hacemos resaltar la existencia de estos manchones carboníferos, tanto con el fin de concretar esta visión geológica de conjunto, como por el hecho de que en estudios particulares efectuados hace años, se ha puesto, equivocadamente a nuestro juicio, como Carbonífero el horizonte calizo que corona la Sierra de la Grana. En ello influyó, sin duda, tanto la posición estratigráfica de los bancos, que aparentan por efecto de corrimientos y despegues de sus bordes estar apoyándose en hiladas de indudable edad siluriana, como el prejuicio natural de extender los límites de formaciones comprobadas a sitios como el que nos ocupa, que por sus condiciones especiales de presentación ha sido y es de difícil clasificación.

Nosotros, desorientados desde el primer momento por el aspecto físico de la caliza, hemos podido comprobar que a pesar de todas las apariencias los lechos altos de la Grana están apoyados, sin intercalación alguna, en masas levantadas de la roca hipogénica que forma el subsuelo de toda la región, y que llega o no, según los casos, a aflorar en la superficie en erupciones más o menos pronunciadas y extensas.

Fundados en ello, como lo dejamos marcado gráficamente en los cortes posteriores, suponemos a este reducido horizonte, en el que se presentan las mineralizaciones en magnetita de «Nueva Luz», como perteneciente al Estrato cristalino.

De la época secundaria sólo queda una pequeña mancha del Triásico inferior en la parte baja del arroyo Retortillo, afluente del Guadalquivir, entre las provincias de Sevilla y Córdoba.

El mar terciario debió cubrir, si no toda, gran parte de

la zona que en conjunto consideramos, como lo atestiguan las pequeñas manchas miocenas que quedan desperdigadas por los términos de San Nicolás del Puerto, Constantina, Puebla de los Infantes, Hornachuelos y Posada, las otras más extensas de Berlanga, Ahillones y Bienvenida y la estrecha y entrecortada faja que cubre casi totalmente el Carbonífero de Villanueva de las Minas y la parte meridional de la cuenca del Viar.

La denudación al Norte de la falla Bética ha sido, pues, casi completa para los terrenos de las edades posteriores a la primaria, y asimismo, ha hecho desaparecer la inmensa mayoría del Carbonífero.

Muchas e importantes han sido las erupciones plutónicas que han trastornado los terrenos sedimentarios de esta región, atravesada en multitud de sitios, ya por rocas ácidas, ya básicas.

Entre las infinitas manchas que podríamos señalar, la que para nuestro estudio ofrece mayor interés es la formada por el macizo que desde la Sierra de la Grana, en término de Cazalla, se extiende de NO. a SE. hasta cerca de las minas de carbón de Villanueva, en una longitud de más de 30 kilómetros y una anchura máxima de 10.

La roca fundamental de este macizo es un granito de muy gruesos elementos. Sus componentes esenciales son: la mica, generalmente negra, o biotita, rara vez rubia, el cuarzo, vítreo o lechoso, y el feldespato ortosa; principalmente, pero sustituido por la albita en grandes núcleos del conjunto de la roca.

Distínguese en el terreno las dos clases de granito, pues donde existe el feldespato sódico, la roca, completamente disgregada por los agentes atmosféricos, tiene un aspecto de arena gorda por quedar en libertad los cristales de cuarzo. Por el contrario, cuando el elemento feldespá-

tico es la albita, mucho más difícil de kaolinizarse, al desagregarse del granito de ortosa quedan al descubierto grandes bloques redondeados de rocas sin alterar, con albita.

En otros sitios la mica falta casi por completo, por lo que la roca deja de ser un verdadero granito para convertirse en pegmatita.

Posteriormente a esta gran inyección granítica debieron sobrevenir otras menos considerables de pórfidos y, más tarde, surgieron las rocas básicas, diabasas, dioritas y piroxenitas que si en sitios como en Sierra de la Grana han perforado el macizo granítico, en otros de la misma región han atravesado también formaciones sedimentarias (estrato cristalinas y silurianas).

No entramos en más detalles respecto a la clasificación y estudio de la gran diversidad de rocas ácidas y básicas que se presentan en esta parte de Sierra Morena, pues ello además de dar una extensión y un carácter inadecuado a este trabajo, de índole utilitaria, no haría más que confirmar lo que de modo maestro dejó sentado Macpherson en su «Estudio geológico y petrográfico del Norte de la provincia de Sevilla», que fué publicado en el tomo VI del Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España.

Sólo nos interesa hacer constar que los asomos eruptivos de Cazalla y sus cercanías están considerados en esta memoria como de verdaderas eufótidas o gabros y perfectamente apuntadas las relaciones de estas clases de rocas con las mineralizaciones de magnetita.

Las inyecciones de rocas ígneas posteriores a la granítica, debieron ocurrir en varias y diferentes ocasiones y con ellas es indudable que está íntimamente relacionado el origen de los yacimientos de que vamos a tratar.

De esta relación nos ocuparemos con detalle al explicar

más adelante lo que en nuestra opinión fué el proceso genético de los minerales de hierro de «Nueva Luz».

c) RESEÑA GEOLÓGICA DE LA ZONA MINERA «NUEVA LUZ».— Nos reduciremos en esta descripción, que intentaremos hacer detallada, a la pequeña zona en que se presentan todas las manifestaciones ferríferas de la mina «Nueva Luz», las que a medida que fueron descubriéndose en años anteriores dieron origen a cuatro diferentes concesiones, que formaron un conjunto de 567 hectáreas. De esta cantidad, una buena parte fué abandonada por su propietario, quedando reducido el área actual de la concesión viva a algo menos de 300 pertenencias.

Hacemos constar que como guía en nuestros recorridos nos hemos servido del trabajo realizado en 1922 por D. Antonio Benjumea y que si bien nuestras observaciones nos han llevado a modificar en algún detalle el concepto que se formó entonces nuestro compañero, no ha ocurrido lo mismo con la parte fundamental de su estudio que hemos comprobado como detallado y exacto.

Ya en la zona que nos interesa y descendiendo de la cumbre de la Sierra del Timón hacia el Sur, o sea en sentido perpendicular al curso del arroyo del Valle, se presentan grandes bancos de calizas (ora cristalinas, de colores claros, como sucede en la parte oriental, entre Cazalla y El Rubiano, ora de estructura pizarreña, azulada, con vetas frecuentes de caliza espática, que constituyen casi la totalidad de la vertiente meridional en la Hoya de Adévalos, alternando a veces con pizarras arcillosas y algunos lechos cuarcitosos). La dirección general de esta formación es Oeste 30° Norte a Este 30° Sur y su buzamiento comprendido entre los 75 y 25° es siempre al NE. en esta parte elevada de la Solana.

Estas capas son las que el Sr. Benjumea consideró como pertenecientes al Cambriano superior y las que forman el muro de la formación ferrífera, sin que ello quiera decir que a su vez no presentan ninguna muestra de metalización.

Sobre esta clasificación dentro del Cambriano del horizonte alto del Timón no tenemos que poner reparo alguno; sólo indicar que por la zona que de él hemos reconocido y por su concordancia con la formación, de indudable edad siluriana, de que hablaremos a continuación, más bien lo hubiéramos supuesto de esta época. Sin duda influyó en el criterio del Sr. Benjumea, su conocimiento completo de las manchas cambrianas y silurianas de la provincia de Sevilla y el que el mapa del Instituto Geológico, escala 1:400.000, marca la separación de ambos terrenos precisamente en la zona de la Sierra del Timón y, desde luego, antes de llegar al curso del arroyo del Valle.

Admitidas por nosotros estas razones en el plano (lámina IV), y cortes que acompañamos (números I al IV de las láminas V a VII), hemos hecho la misma división entre estos terrenos paleozoicos, desde luego confusa, entre otros motivos por la concordancia completa de su estratificación respectiva.

Descendiendo más hacia el valle se presentan hiladas de una roca de caracteres variables; en unos sitios son pizarras calizas, en otros calizas, asimismo de estructura pizarreña, que pasan a verdaderas grauvacas de elementos reducidos. La orientación continúa siendo la misma que la de los paquetes altos. El buzamiento NE. que hemos consignado ya, va paulatinamente formando su pendiente hasta la vertical, para cambiarse francamente al Sur más adelante, con ángulos fuertes que se suavizan algo a medida que se acercan al cauce del arroyo.

En los cortes adjuntos hemos representado estas capas formando un anticlinal de flancos de igual pendiente y sentidos opuestos, y cuya charnela o zona de máximo plegamiento, próxima al comienzo de las faldas del Timón, se encuentra en la actualidad muy desmantelada por la erosión.

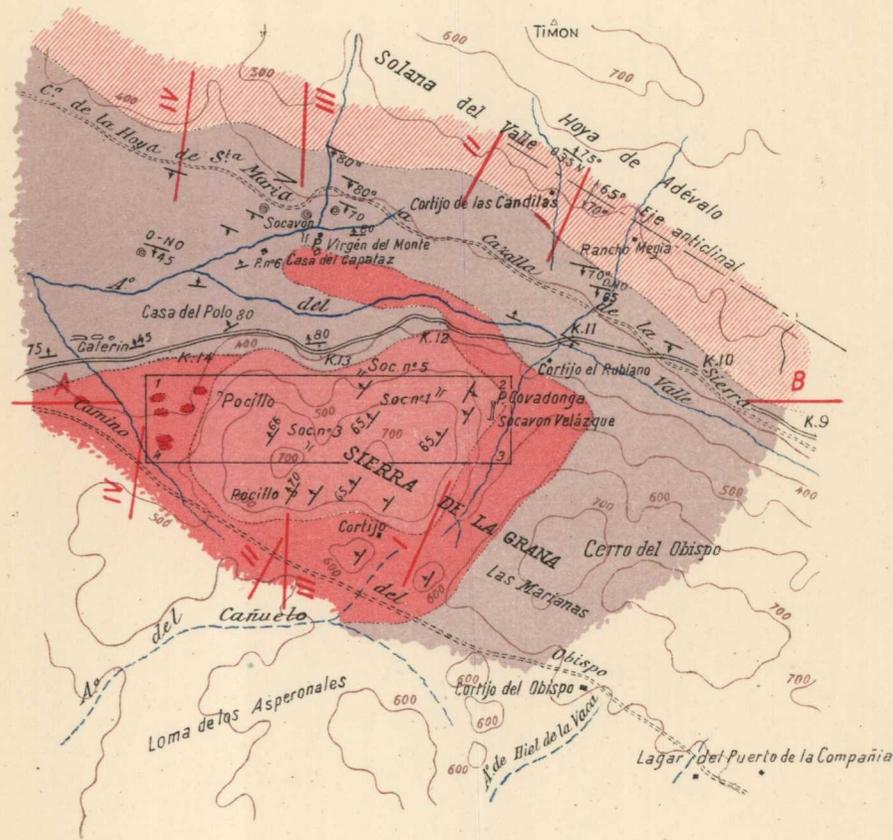
Más al Sur, y ya siempre con buzamientos fuertes en esta dirección, aparecen bancos de una pizarra arcillosa sin consistencia, que van cambiándose a otros ampelíticos de color negro brillante y con alternancias de grauvacas y pizarras que llegan hasta el lecho del río, donde suelen quedar bruscamente cortados por potentes asomos de roca hipogénica de naturaleza granítica en su conjunto (véanse cortes II y III) aunque con estructura y constitución muy variable (lo que le hace pasar de granito verdadero a sienita, pegmatita, etc.), que están atravesados, a su vez, por diques de erupciones más básicas, de marcado color verdoso.

Estos lechos pizarrosos se alínean en concordancia con la formación cambriana del Timón y su buzamiento, casi vertical en algunos sitios, tiene tendencia general al Sur con inclinaciones medias de  $75^{\circ}$ , excepción hecha de la región oriental del arroyo del Valle, donde cambia repetidamente de sentido y afecta la forma de un doble sinclinal, allí donde se manifiesta la roca hipogénica, que se desvanece con la ocultación de ésta dentro del valle, hacia poniente, para quedar reducido a un solo pliegue, según se muestra, en definitiva, con el corte número IV.

Es precisamente en este tramo pizarroso, y con más detalle en un banco de pizarras silíceas de grano fino y color negro, donde hemos recogido todos los fósiles que hemos enumerado al tratar de la geología regional. Estos han sido los que, en este caso, sin ningún género de duda,

# INVESTIGACION MAGNETICA EN CAZALLA DE LA SIERRA

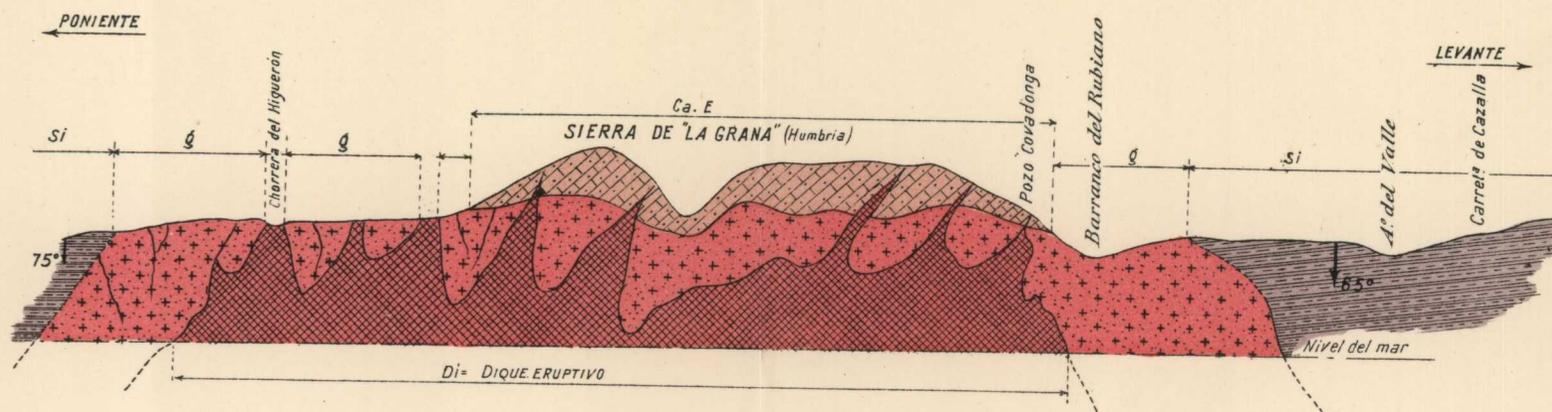
Escala: 1 : 50.000



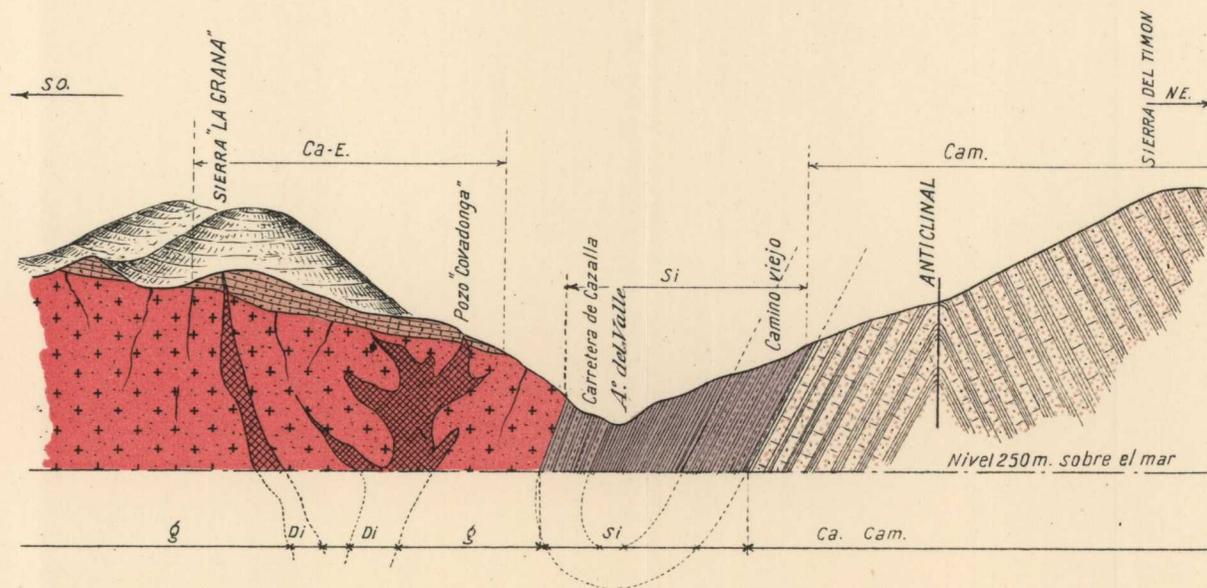
- Siluriano
- Cambriano
- Estrato cristalino
- Granítico
- Asomos hipogénicos
- Zona comprendida por el estudio magnético
- ⊙ Zonas fosilíferas

CORTE GEOLOGICO LEVANTE-PONIENTE DE LA SIERRA DE LA GRANA  
"A-B" DEL PLANO GENERAL

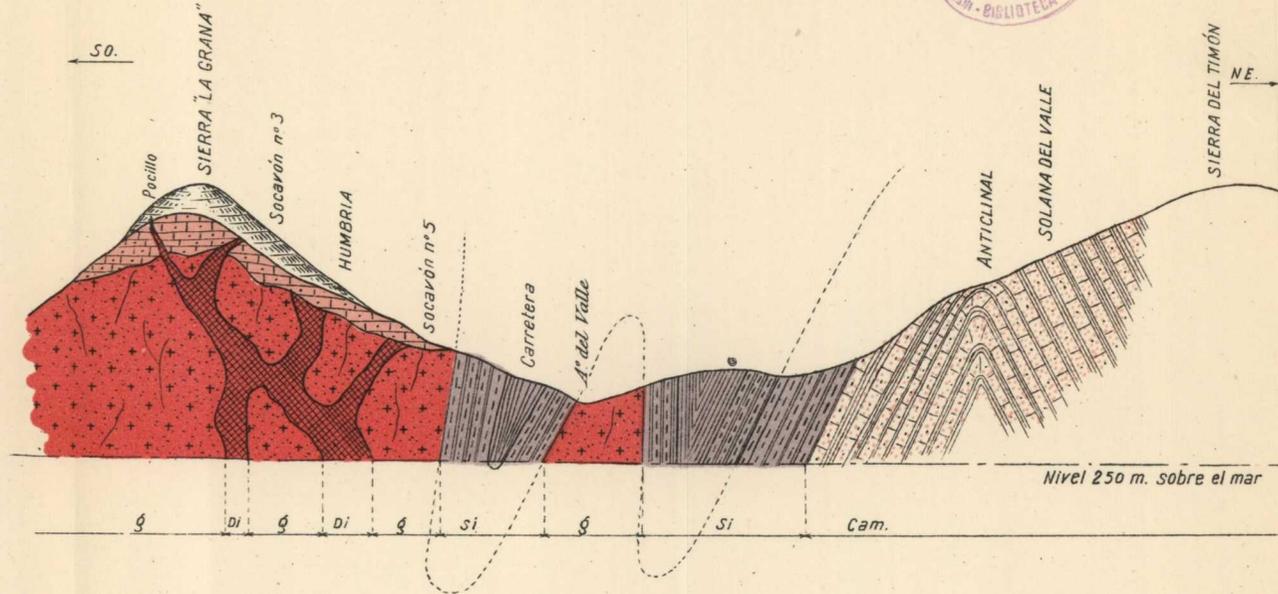
Escalas { Horizontal: 1 : 25.000  
Vertical: 1 : 12.500



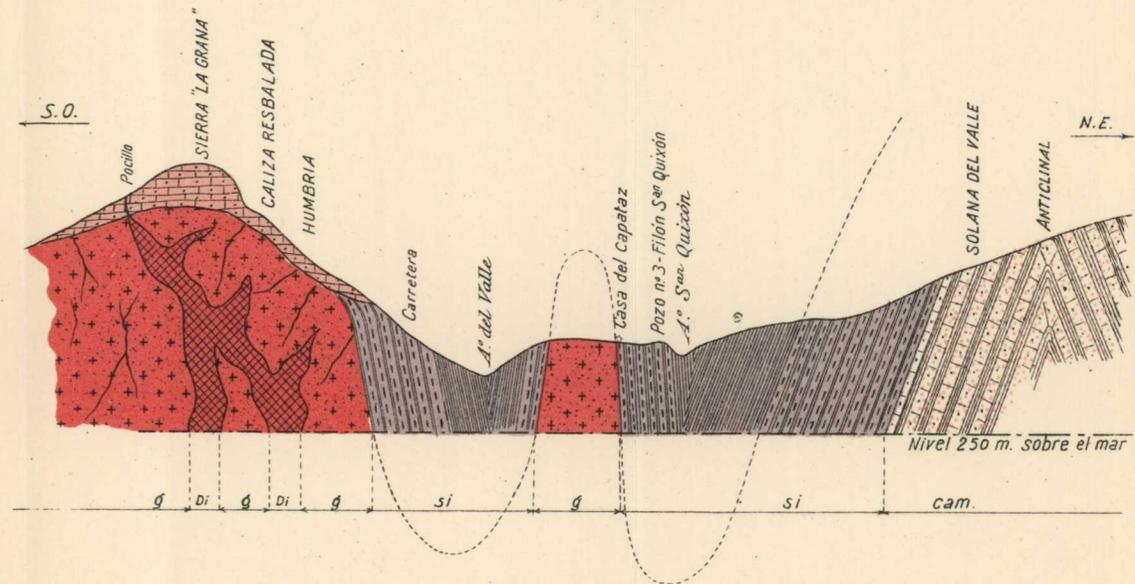
CORTE GEOLOGICO N.º 1



### CORTE GEOLOGICO N.º II

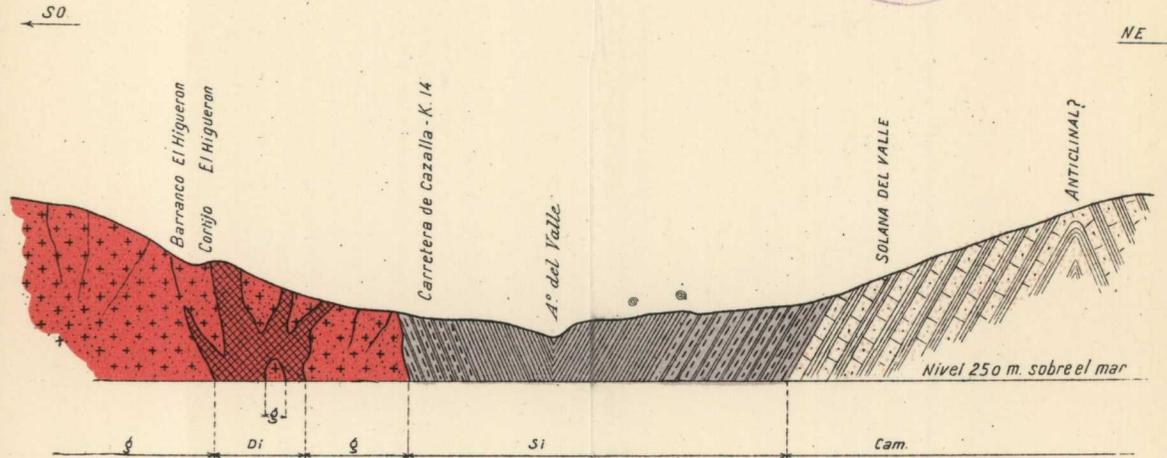


### CORTE GEOLOGICO N.º III



Escalas { Horizontal: 1 : 25.000  
 Vertical: 1 : 12.500

CORTE GEOLOGICO N.º IV



Escalas { Horizontal: 1 : 25.000  
Vertical: 1 : 12.000

- Si  Siluriano. Pizarras tegulares, negras, fosilíferas y grises, arcillosas y grauwasas.
- Cam.  Cambriano. Calizas pizarreñas, compactas, gris azuladas, en bancos potentes.
- Ca. E.  Estrato cristalino. ? Caliza blanquecina con vetas espáticas y dolomíticas.
- g  Granito en masa. Cristalino y compacto en el centro; alterado y descompuesto en los bordes. Con filoncillos de cuarzo y pegmatita.
- Di  Dique hipogénico con magnetita y manifestaciones cobrizas a veces.
-  Zona fosilífera (graptolitos).

han marcado la época siluriana de estos terrenos. Por otra parte, los caracteres físicos de las rocas concuerdan perfectamente con el dato suministrado por la paleontología.

Dentro de este tramo, en que dominan las pizarras, arma el criadero de «San Quixón», del que ya hablaremos más adelante.

La trinchera de la carretera nos ha permitido reconocer estas pizarras en un recorrido de unos cuatro kilómetros, cosa casi imposible en otros sitios, debido a la exuberante vegetación propia de un suelo fértil y de la estación del año en que hemos realizado nuestro estudio. Su orientación dominante, y muy fija, es O. 30° N. a E. 30° S., y su buzamiento, ya sin cambios, queda comprendido entre los 55° y 75° Norte.

Su textura, más o menos pizarreña, es bastante igual en todo el recorrido y sólo cambia la coloración, que pasa del rojizo al negruzco o pardo y de éste al verdoso. Los bancos de este color muestran una marcada tendencia a disgregarse en agujas largas y estrechas, según los planos de estratificación y otros diaclásicos próximamente normales. Ello muestra que este paquete ha debido sufrir fuertes presiones al plegarse en la forma que hemos marcado en los aludidos cortes.

Nuestra opinión es que estas capas forman, en la zona comprendida desde el arroyo del Valle al levantamiento de la Grana, un amplio pliegue isoclinal cuyos flancos paralelos Norte y Sur quedan aprisionados y fuertemente comprimidos por grandes masas eruptivas que al ascender a modo de diques próximos y paralelos motivaron el plegamiento que hemos dibujado.

Continuando siempre hacia el Sur, y ascendiendo ya el pronunciado desnivel de la ladera Norte de la Grana, llegamos al horizonte calizo, que constituye la casi totalidad de

esta Sierra. Sus bancos, en marcada discordancia con las formaciones pizarreñas hasta ahora descritas, bien cambrianas y silurianas, se orientan poco más o menos de NE. a SO. y su buzamiento hacia el Oeste oscila alrededor de los 65°.

Las rocas se presentan en bancos de potencias variables próximas al metro. Su coloración gris azulada llega en sitios al blanco sucio y su textura es totalmente cristalina.

Estas capas, en las que arman todas las manifestaciones de hierro magnético, fueron clasificadas anteriormente como carboníferas en la creencia de que descansaban directamente, aunque en discordancia, sobre las pizarras verdosas silurianas ya descritas. Comprobado por nosotros el error de este concepto al convencernos de que si bien en la ladera Norte de la Sierra aparentan los bancos calizos apoyarse en hiladas de pizarras deleznable silurianas, ello es debido exclusivamente a los corrimientos y desgajes del borde de la formación de la Sierra, que han montado sobre terrenos bajos de edad más moderna, y la completa desaparición en la ladera Sur de todo vestigio de pizarras en la parte baja de su falda, formada aquí por masas hipogénicas, queda justificada nuestra idea de suponer las calizas de la Grana como del Estrato cristalino, lo que por otra parte concuerda perfectamente con la estructura cristalina de la roca.

Concebimos, pues, el accidente orogénico de la Grana como resultado del levantamiento hipogénico que afecta a toda la región, coincidente seguramente con la conmoción herciniana, que en este sitio levantó, a modo de islote aislado y sin solución de continuidad, las calizas arcaicas que coronan hoy los altos de la Sierra.

Sólo nos resta para completar esta reseña general de las diferentes rocas que pueden reconocerse en el perímetro



de «Nueva Luz», tratar de las rocas hipogénicas origen, en su erupción más o menos abortada, del levantamiento de Sierra de la Grana y de la mayoría de los accidentes topográficos de la región, y fuerte, por su propia composición mineralógica, de las más importantes manifestaciones ferríferas de la zona.

La disposición e importancia supuestas de su masa en profundidad, las dejamos representadas gráficamente en los cortes adjuntos (láminas V a VII).

En conjunto, como ya hemos apuntado antes, la masa plutónica es de naturaleza granítica. La mica es negra o biotita y sólo accidentalmente rubia; el cuarzo vítreo o lechoso, y el feldespato ortosa está sustituido en muchos sitios por la albita. De ello proviene la diferente consistencia de los terrenos en que domina uno u otro elemento, pues mientras que el feldespato sódico ha sido fácilmente descompuesto por los agentes atmosféricos, produciendo, como en el barranco del Rubiano, grandes arenales cuarzosos, las masas en que se presenta la albita, por no sufrir casi kaolinización alguna, conservan sus formas y consistencia de origen.

En otros lugares el granito pasa a ser verdadera sienita, o por carecer de toda mica se convierte en pegmatita.

Esta masa está total y desigualmente atravesada por inyecciones posteriores de pórfidos, y éstos y la masa granítica por diques o filones de rocas menos silíceas. Estas, por sitios, han sido clasificadas como diabasas, dioritas, piroxenitas o gabros y en muestras obtenidas en los asomos de la Grana (que son los que más nos interesan), se han apreciado los siguientes componentes:

*Esenciales:* Magnetita, hornablenda, ilmenita, dos feldespatos oblicuos.

*Accesorios:* Mica, olivino, nefelina, turmalina y en otra

de la misma procedencia, que el Instituto clasificó en 1923 como una piroxenita, se encontró:

*Esenciales:* Magnetita, augita, diópsida.

*Accesorios:* Hornablenda, apidota, calcita.

§ 8. **Estudio de los criaderos de hierro de «Nueva Luz».**—De dos clases diferentes son los criaderos de hierro que se presentan dentro del perímetro de «Nueva Luz», en Cazalla de la Sierra.

1.º Los magnéticos de la Sierra de la Grana, propiamente dicha, que sin duda alguna tienen su origen en fenómenos de segregación magmática, y

2.º Los que presentan minerales más oxidados (hematites roja, generalmente, y parda, por excepción), propios de la zona del valle de la solana de la Sierra del Timón.

a) CRIADEROS DE HEMATITES.

*San Quixón.*—El hecho de que este criadero haya sido estudiado ampliamente por eminentes técnicos, que llegaron a cubicar 750.000 toneladas de mineral seguro y apuntar la posibilidad de cantidades mucho mayores en sus probables prolongaciones, y sobre todo el que su conjunto ha de quedar inundado por completo por el embalse del pantano «El Pintado», que la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir está construyendo en el río Viar, quita todo interés que pudiera tener un estudio detallado de este yacimiento, que, bueno o malo, no está llamado a desarrollarse en ningún sentido.

Sólo a título informativo consignaremos que no se aclaró suficientemente su origen, supuesto «filoniano de contacto», aun sin descartar la hipótesis de un proceso sedimentario.

En nuestra opinión, y aunque ello sea una novedad en

relación a la mayoría de las formaciones ferríferas de la parte Norte de la provincia de Sevilla, se trata de dos capas interestratificadas de mineral oolítico, que muy bien pudieran estar carbonatadas por trozos, aunque ello no se observe en las escasas labores que hemos podido reconocer.

En ninguna forma nos parece un yacimiento importante, tanto por la escasez relativa de los afloramientos vistos, que faltan rápidamente hacia el NO. y hacia SE., como por no ser posible preveer el paso de las hematites oolíticas a areniscas o esquistos estériles. Esta suposición queda muy justificada al comparar entre sí muestras de minerales obtenidos en las diferentes labores abiertas en las capas de San Quixón, que ponen en evidencia grandes variaciones de sus contenidos en hierro, llegando en casos al paso brusco de verdaderos minerales a simples rocas impregnadas.

La capa principal corre desde el barranco de San Quixón hacia el cortijo del Rubiano, perfectamente jalonada por los afloramientos y labores del pozo 6, socavones del barranco, pozo Virgen del Monte, pozos 3 y 2 y crestones del Norte del pontón, en una longitud de 1.500 metros en rumbo O. 35° N. buzamiento Norte y armando entre pizarras próximas a los asomos de la roca eruptiva.

El mineral es una hematites roja de naturaleza oolítica, de grano fino, compacta, bastante fosforosa y que se rompe según planos de crucero, uno de ellos paralelo a los hastiales.

La potencia de esta capa parece ser del orden de 2 a 2,50 metros, sin que sea posible asegurar la completa veracidad y constancia de esta medida, dada la escasez de labores practicables hoy en día.

Al Norte del filón-capa descrito, conocido como de San Quixón, corre otro reconocido por los pozos 4, 5 y San

José, con un trayecto próximamente paralelo al primero de unos 650 metros. Su relleno es más sucio y francamente más pobre en hierro.

Refiriéndose solamente a la capa de San Quixón el Sr. Benjumea habla en su informe de una ley media en hierro del 52,57 y del 1,78 de fósforo.

Las muestras obtenidas por nosotros, más pobres y sobre todo muy desiguales, nos hacen creer que los análisis efectuados por nuestro compañero debieron ser de muestras escogidas y que un desmuestra regular de toda la capa no acusaría más del 40 % en Fe.

Tampoco hemos podido comprobar las potencias de las capas ya que, como hemos dicho, la mayoría de las labores existentes son en la actualidad inaccesibles. Sin embargo, por lo visto en la superficie y como consecuencia de la idea que nos hemos formado de la naturaleza de estas capas, creemos que las potencias consignadas deben ser más bien aparentes que reales, y que el origen de esta confusión no es más que el error de admitir una génesis filoniana, y por ello irregular, a una formación que nosotros creemos sedimentaria y al parecer bastante constante.

b) **CRIADERO DE MAGNETITA.**—Dejando a un lado las pequeñas muestras de mineralización de la zona poniente de la Sierra, que se reducen a sustituciones de la caliza por hematites roja y carbonato de hierro manganesífero sin importancia alguna, ya que las cortas labores de investigación abiertas en ellas han demostrado su absoluta falta de extensión en superficie y profundidad, vamos a tratar del posible criadero de buenos minerales magnéticos que parece dibujarse en toda la ladera Norte de la Grana.

A estas mineralizaciones, tanto por las leyes que ponen en evidencia, como por la extensión considerable en que

se presentan (aunque sin conexión o enlaces mutuos comprobados) y, sobre todo, por su indudable relación genética con los grandes asomos eruptivos propios de esta parte de la provincia de Sevilla, es a los que hemos concedido la máxima importancia. La razón es bien sencilla: siendo varias y bastante distintas las muestras de mineralización en magnetita de buena ley y acusando todas ellas una íntima relación con diques o erupciones de rocas diabásicas o piroxénicas que repetidamente han atravesado, con mayor o menor potencia y desarrollo, el gran macizo granítico que constituye el subsuelo de toda la Sierra de la Grana y se extiende por las provincias de Sevilla, Badajoz y Córdoba con unos límites amplísimos, es natural que exista la probabilidad de que todas las masas localizadas hoy en la superficie del terreno, tengan ensanchamientos y uniones subterráneas, con lo que llegarían a formar un solo criadero de cubicación importante.

Si por el contrario, estas masas de mineral dependiesen exclusivamente de diques estrechos o de verdaderas apófisis de la roca básica, sin uniones mutuas entre ellos y sin una mediana profundización en sus metalizaciones, desaparecerían todas las probabilidades de existencia de un verdadero yacimiento, quedando reducido el problema de las magnetitas de «Nueva Luz», a la presentación esporádica y sin regulación de masas aisladas de buen mineral, pero sin cubicación posible para plantear una explotación económica, más aun cuando no hay que olvidar que la situación geográfica de estas minas, a unos 100 kilómetros por ferrocarril (parte de él sin construir) del puerto de Sevilla, las pone en condiciones bastante difíciles, que sólo podrían salvarse a costa de la bondad de sus productos, a su cubicación elevada y a la problemática baratura de su precio de coste en boca mina.

Vistos estos razonamientos es fácil comprender que el verdadero problema que se presentará a cuantos estudien las concesiones de la Grana, es el de justificar o no la existencia de una verdadera acumulación de mineral.

Para ello, por nuestra parte, haremos primeramente una relación de las labores que hemos reconocido en nuestras visitas, dejando consignadas la posición y separación de cada una de ellas y los indicios que hemos podido obtener en relación con sus posibles ensanchamientos profundos.

*Labores de reconocimiento.*—Hacemos constar que parte de los datos que vamos ahora a insertar están sacados de la Memoria del Sr. Benjumea, ya que en la fecha actual algunos de los trabajos visitados se encontraban más o menos hundidos y por ello inaccesibles.

En el plano general adjunto (lámina IV) quedan expresadas gráficamente la situación relativa de cada una de las labores que vamos a describir.

*Pozo «Covadonga».*—Situado en la cresta más oriental de la Sierra, mirando a la cañada del Rubiano, y abierto en un crestón de 1,00 metros de ancho, sobre un trabajo antiguo. A los 14 metros tiene una galería dirigida al Norte, que corta 5,50 metros de mineral magnético, teniendo apoyado uno de sus hastiales en la roca verde, que se presenta muy vertical.

El mineral de esta labor está constituido por magnetita de color negro, gran densidad y brillo metálico.

Los respaldos del dique parecen abrir francamente hacia el Norte y poco o nada al Sur.

Se aprecian en ambos hastiales el paso brusco de la magnetita a la roca diabásica.

Los crestones en que fué emboquillado el pozo se han seguido en la superficie en un trayecto de 160 metros. El mineral es el mismo y su anchura media parece llegar a

cinco metros. Este afloramiento lleva una alineación próxima Este-Oeste, que casi coincide con la línea de cumbreras de la Sierra.

Las calicatas que se hicieron en esta corrida, están hoy cegadas casi por completo y el pozo relleno desde los 10 metros.

*Socavón «Velázquez».*—A unos 110 metros al Sur del pozo Covadonga y 72 metros por debajo de su boca.

Se pensó llegar con esta galería, dirigida al Norte 18° Oeste, a comunicar con el pozo, pero fué parada a los 90 metros de longitud sin conseguir esta finalidad.

A los 5 ó 6 metros de su entrada, cortó una veta de mineral de dos metros de potencia, con alguna mezcla de pirita de hierro. El resto de su longitud caminó en caliza cristalina sin ninguna mineralización. No cortó piroxenita y el tránsito del mineral al estéril lo marca bruscamente.

Esta labor parece indicar que el dique de diabasa queda mineralizado por completo en esta zona y que (por lo menos a la altura del socavón) la masa que cortó no se une con la del pozo Covadonga. Si ello se confirmara, el criadero quedaría reducido a diques o lentejones más o menos aislados e independientes, y con ello muy reducidas sus posibilidades.

*Calicata «Velázquez».*—100 metros al Este del socavón de este nombre y unos 10 más abajo, existe una calicata de unos 12 metros de recorrido.

Corta tres metros de magnetita mezclada con hematites roja y parda, que provienen sin duda de la meteorización superficial del óxido primitivo.

No se aprecia rastro alguno de pirita, ni tampoco de piroxenita o diabasa.

El crestón que se cortó con esta labor se dibuja en el terreno con un recorrido de unos 200 metros.

Ningún indicio utilizable.

*Socavón y calicata núm. 1.*—Estas labores, distantes entre sí 50 metros por unos 30 de desnivel, están emplazadas a unos 400 metros al Oeste del pozo Covadonga y muy próximas al pilar de Lorenzo Bermejo.

El socavón está emboquillado en la caliza cristalina de toda la Sierra y lleva 34 metros de recorrido Norte 35° Este, en magnetita de muy buena calidad.

A los 20 de la boca tiene una traviesa de 5 metros, que queda estrellada en el respaldo Oeste del lentejón o dique, formado por la roca hipogénica verdosa. El respaldo Este, también en la misma roca, sirve de hastial a la galería y como el opuesto marca tendencia a abrir en profundidad, con el consiguiente aumento de volumen de la masa.

La calicata, a 30 metros más de altura por 50 de distancia horizontal, corta cinco metros de mineral, que sin duda alguna es el mismo que el del socavón.

Por último, al pie del pilar ya nombrado, existe una trinchera que atraviesa seis metros de magnetita limpia y 15 más abajo otra, con una potencia similar.

En general, el conjunto de estas labores parecen indicar la continuidad de la mineralización y su tendencia a ensancharse en profundidad.

*Calicata núm. 2.*—A 35 metros Oeste de la número 1.

Consiste en una trinchera de 40 metros de longitud, 10 de anchura, 3 ó 4 de profundidad y orientación al Norte-Sur.

La roca en que se encuentra la masa de mineral es la caliza cristalina con alguna intermitencia de una pizarra muy metamórfica y dura, que en partes llega a ser una cuarcita.

El volumen investigado no ha llegado a su límite en ninguno de sus rumbos, lo que marca ya una acumulación

apreciable. La magnetita es muy pura, negra, de brillo metálico y solo en los afloramientos presenta mezclas de hematites.

Dentro de la masa parecen dibujarse nódulos o clavos de caliza cristalina rodeados de mineral. Ello indicaría una acción digestiva metasomática de la roca hipogénica sobre la caliza de su caja, de la que todavía quedan restos sin atacar. Esta circunstancia marcaría una novedad que no hemos apreciado más que en este sitio. En general, creemos que la caliza de la Sierra de la Grana no ha tenido influencia alguna en la formación de estos criaderos de hierro.

*Calicata núm. 3.*—A unos 400 metros Oeste 15° Sur de la número 2.

El mineral puesto al descubierto tiene una anchura de cinco metros, entre calizas y algo de diabasa serpentizada en ambos respaldos.

Cuarenta metros por bajo hay un socavón de 15 de longitud, todo él en calizas arrumbadas Norte 12° Oeste, con buzamiento 60° al Oeste.

No cortó mineral alguno.

*Calicata núm. 4.*—A 410 metros al Norte 12° Este de la número 3.

Está situada en punto más bajo, casi en el arranque de la Sierra. Tiene cuatro metros, siguiendo un trabajo antiguo, y de ellos sólo dos en mineral, que se presenta entre calizas sin interposición de la roca hipogénica.

*Socavón y calicata núm. 5.*—Por último, al SE. de la calicata número 4, a unos 240 metros de ella, existe un socavón hundido, que viene a caer frente al kilómetro 10 de la carretera de Cazalla a Real de la Jara.

Según referencia, fué orientado al Oeste 40° Sur, y a los 33 metros cortó una veta o lentejón de mineral que acuñó

rápidamente hacia el Norte. Más adelante, en su avance máximo, se dió una galería apoyado en el respaldo Sur de la masa, en la que avanzó nueve metros, pero sin investigar su potencia.

Treinta metros más arriba que este socavón se ven los restos de una trinchera que lleva 20 metros de magnetita (esta medida es en dirección).

El mineral que se aprecia en las escombreras contiene algunas pintas de piritita de hierro, pero nada o ninguna hematites.

No hay indicios aprovechables.

*Análisis.*—Dos efectuados en 1922 en el Laboratorio de la Escuela de Minas, acusaron:

Fe .....	60,00 a 64,80 %
SiO <sub>2</sub> .....	4,25 a 7,10 %
S .....	0,30 a 0,61 %
Ph .....	indicios
Arsénico .....	ninguno

*Génesis.*—Ordenando ideas, muchas de ellas expuestas ya en páginas anteriores, y comparando y adueñándonos de opiniones de geólogos españoles y extranjeros sobre criaderos análogos a los que parecen dibujarse en la Sierra de la Grana, nos inclinamos a explicar su génesis de la forma siguiente:

Los diques de diabasas o piroxenita porfiroide, enclavados con orden y tendencia por ahora desconocidos dentro de la masa granítica de la Sierra y casi cubiertos por la caliza superficial de sus altos, son los que constituyen por sí los yacimientos estudiados.

La diabasa o piroxenita porfiroide contiene entre sus elementos notable cantidad de magnetita, que se ha concentrado en determinados sitios, principalmente en los

contactos de la roca volcánica productiva con el granito estéril o con los bancos sedimentarios calizos, que la erupción básica medio atravesó en la última parte de su camino hacia la superficie.

La segregación, por lo menos en la zona superficial reconocida, ha debido ser casi completa, por lo que es raro encontrar como en el Pedroso, trozos de rocas medio mineralizadas, en los que se aprecie el paso insensible a magnetita de la roca madre. Lo que más bien hemos podido observar, parece indicar un paso brusco entre las zonas ricas y estériles, con el solo intermedio, a veces, de fajas estrechas de roca serpentinizada.

La orientación de la serie de masas reconocidas, su forma y su tendencia a unirse, ensanchando en profundidad, todo ello muy confuso hasta la fecha, son circunstancias que hacemos depender de las presiones laterales del gran macizo hipogénico de granitos, pórfidos y diabasas de que hemos hablado y de la profundidad e importancia de la avenida básica productiva a la que a pesar de que parece manifestarse en la superficie por medio de asomos aislados, suponemos un solo y común origen.

En apoyo de esta teoría, vamos a citar algunos conceptos expuestos en el magnífico trabajo de D. Domingo de Orueta, «Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda», en el que al tratar de las minas del «Peñoncillo», «San Manuel» y Puerto del Robledal, las comparaba con las de la parte Norte de la provincia de Sevilla (citando especialmente las de Sierra de la Grana y el Pedroso) y con las famosas extranjeras del Ural, Escandinavia, Laponia y Siberia y a las que atribuía una génesis similar siempre en relación con erupciones hipogénicas de rocas básicas, aunque de diferente especie en cada caso.

En la citada obra expone el Sr. Orueta las diferentes

hipótesis formuladas por los Ingenieros ingleses Gilman, Hersman y Kendall, que estudiaron los yacimientos de Málaga.

Gilman supone que se ha formado por segregación directa del magma peridótico, fundándose principalmente en la situación de los criaderos, siempre en relación con las masas eruptivas y en el tránsito insensible que se observa dentro de las bolsadas, entre rocas que sólo contienen algunos granos aislados de magnetita y las masas casi puras de esta última, en las que sólo con el microscopio se revelan pequeñas partículas de olivino.

Kendall, en cambio, cree que estos depósitos no provienen de una segregación magmática directa de las masas peridóticas, sino que se han formado por metamorfismo, originando en profundidad por agentes hidrotermales a presión y temperatura elevada, y Hersman supone que en las dolomías se formaron, previamente, depósitos de óxido férrico (hematites) que posteriormente fué reducida por los citados agentes hidrotermales, que los transformaron en magnetita al mismo tiempo que convertían en mármol la dolomía.

Las opiniones de M. Kendall y Hersman concuerdan bastante con las del eminente Ingeniero de Minas francés de Launay, que dice que estos yacimientos de contacto son una transición al tipo filoniano propiamente dicho y que debe admitirse que las acciones hidrotermales han intervenido en su formación. Las masas metalíferas parecen sobre todo haberse concentrado por segregación, ya de una peridotita, ya de una serpentina, al tiempo de producirse por metamorfismo que originó esta última. A menudo la concentración ha tenido lugar, no en la roca hipogénica misma, sino en su contacto inmediato con bancos calizos.

Sin pretender nosotros resolver tan interesante cuestión geológica, fundados en nuestras observaciones de los distintos afloramientos de la Grana y en el conocimiento de las minas «San Manuel» y «Navalázaro» de El Pedroso (muy parecidas en todo a las que nos ocupan), nos inclinamos a admitir como más exacta la teoría expuesta por Gilman, que también es la adoptada por el Sr. Orueta en la Serranía de Ronda.

Admitida, pues, la relación entre la roca piroxénica o diabásica verdosa con los minerales magnéticos, la existencia de la magnetita como elemento constitutivo de esta misma y el papel inactivo que suponemos a las calizas superiores en la formación de los criaderos, entendemos que lo que caracteriza la asociación genética marcada, es la formación y cristalización simultánea de la magnetita y la piroxenita, sin epigénesis. Es decir, que en el magma profundo debió haber una separación gradual de los minerales, que concentró en masas la magnetita, por más que en algunos puntos de la Grana (y muy corriente en El Pedroso) se encuentren entre la masa de mineral cuñas de roca verde casi estéril y zonas de tránsito entre ella y el mineral magnético corriente.

**§ 9. La investigación magnética de los criaderos.**—En el prólogo, hemos expuesto la influencia magnética que ejerce el mineral que pretendemos localizar sobre los imanes de los variómetros magnéticos, propiedad que utilizaremos para fijar las zonas de máximo interés minero. Para conseguir tal fin se hizo una red de estaciones, lo más completa posible, observadas con los variómetros que miden la componente vertical, para poder trazar después el plano magnético con curvas de igual anomalía de esta componente, que deben delimitarse las zonas de mayor o

menor interés. Se emplearon dos variómetros preparados por la casa Askania, de tal manera, que no influyese sobre las lecturas la variación de temperatura del medio ambiente, con lo cual se evita hacer esta difícil corrección. De los dos variómetros, uno, se instaló en una base auxiliar relacionada magnéticamente con otra fundamental situada fuera de la zona sometida a la influencia de las perturbaciones magnéticas producidas por el criadero, para poder referir las medidas a un punto de anomalía cero, que es la que hemos considerado para la base fundamental. En la base auxiliar se tuvo continuamente el variómetro número 97.120, con el fin de poder seguir las perturbaciones extrañas.

Con el segundo variómetro, número 97.118, se hicieron estaciones en la base auxiliar, cuatro veces al día, con el fin de poder comprobar si había ocurrido alguna anomalía en este variómetro, con el que se observaron las 182 estaciones de la red.

Todas las lecturas se refirieron a las 7 horas del 27 de junio, que fué la correspondiente a la primera estación observada en la base auxiliar. Los valores obtenidos pueden verse en el estado titulado «Valores de las anomalías de la componente vertical».

Para establecer la red de estaciones se partió de un perfil principal de 26 estaciones con dirección aproximada E.-O., y situados a una distancia mutua de 100 metros, por lo que la longitud del mismo fué 2.500 metros. El orden de numeración de las estaciones es el indicado para el perfil, o sea de Este a Oeste. La primera o número uno, está al Oeste del cortijo del Rubiano y la 26 al Sur del cortijo del Higuéron; normal a este perfil principal se hicieron 16 perfiles con estaciones de 50 en 50 metros, numerados de Norte a Sur, con una longitud media de 500 metros. El nú-

mero de cada perfil es el de la estación correspondiente del principal.

La componente vertical del campo magnético terrestre, tiene una variación normal de un extremo a otro de cada uno de estos perfiles, que no pasa de 5 gammas y que no tiene importancia en una zona de tan grandes anomalías magnéticas, por lo que no se hizo la corrección de esta variación. Para completar una zona que quedó poco cubierta entre la parte Sur de los perfiles I y III, se hicieron ocho estaciones que figuran en el mapa magnético. Con el fin de seguir para todos los perfiles la misma norma en la numeración, se denominó en cada uno de los perfiles transversales, estación número 3, a la que coincide con el perfil principal.

A causa de las grandes anomalías de la componente vertical, la escala de lectura no quedaba en posición apropiada para efectuar ésta, y en algunos casos llegaba a desaparecer del campo, por lo que hubo de recurrir a los imanes deflectores números 3.144 y 2.144, de momentos respectivos 206  $\gamma$  y 686  $\gamma$ . El primero se empleó a las distancias de 25, 29, 30 y 34 centímetros, con el polo Norte hacia abajo, y en la estación 3 del perfil XII a 25 centímetros, con el mismo polo hacia arriba. El segundo se empleó en el perfil III estación 11; V estaciones 5 y 6, y XIII estación 2, a 34 centímetros, siempre con el polo Norte hacia abajo, y en el perfil V, estación 7, a la misma distancia, pero con el Norte hacia arriba.

Como modelo de los estados de medidas realizadas en el campo, presentamos el del perfil XXIV y como modelo de cálculos de anomalías el del mismo perfil, con el fin de que se pueda seguir la marcha de éstos. Para hacer los cálculos fué preciso determinar el valor en gammas de una división de la escala de cada uno de los variómetros, recu-

riendo a un campo magnético artificial. Presentamos como ejemplo de estas valoraciones la del variómetro 97.118. También fué necesario determinar el momento magnético de los tres imanes deflectores empleados para compensar parte de la anomalía producida, para lo cual utilizábamos el valor ya conocido por la determinación anterior de una división. Como ejemplo de esta determinación, presentamos la del imán número 3.144.

Los cálculos de las anomalías se hicieron de la siguiente manera: Multiplicando las lecturas que figuran para cada perfil en la columna de promedio de lecturas, por el valor de una división del variómetro con que se hicieron estas lecturas, se obtuvo el valor de la componente vertical que figura en su respectiva columna. A este valor, le añadimos cierta cantidad, que equivale a la suma algebraica del valor de la componente vertical del campo creado por el imán deflector, que equivale a una parte de la perturbación producida en aquel punto por el mineral en el campo magnético terrestre; la diferencia entre el valor del campo que tiene la estación auxiliar y el que debía tener con relación a las 7 horas del día 27 de junio; y el valor del campo de la estación auxiliar, con relación a la base. Con esto se obtuvo el valor de la componente corregida, que de esta manera, resulta ser la anomalía con relación a la base. Las de todas las estaciones figuran en el cuadro correspondiente.

Con los valores obtenidos para las anomalías, se construyeron las curvas isanómalas, representadas en el plano correspondiente, de 500 en 500 gammas. Para poder seguir su trazado con facilidad, se han rayado de distinta manera; las zonas que delimitan las anomalías, de 1.000 en 1.000 gammas, hasta las que exceden de 7.000. Las de 2.000 a 3.000 gammas, que cubren la mayor parte de la zona, se han dejado en blanco para mayor claridad.

Observando los valores numéricos de las anomalías, comprobamos que no hay ninguna inferior a 1.000 gammas y que son muy escasas las inferiores a 2.000. Estas últimas están comprendidas, principalmente, en la zona estudiada por los perfiles XXI, XXII y XXIII.

Las anomalías comprendidas entre 2.000 y 3.000 gammas, ocupan una zona muy amplia, que es la que, según ya hemos indicado, ha quedado sin rayar.

Al Este de la zona investigada, entre los perfiles III y XI, las anomalías crecen rápidamente desde 3.000 gammas en adelante. En la estación 7, de los perfiles V y III, son mayores de 7.000, y en la 11, del perfil III, exceden de 4.600.

Al Sur del perfil III, se ha observado el XXVII, que determina otra zona de anomalías superiores a 3.000 gammas. Igualmente sucede en la parte occidental, entre los perfiles XXIV y XXVI, donde se presentan abundantes afloramientos de rocas, integradas principalmente por cuarzo y magnetita. En una muestra de esta roca, finamente molida, sólo un 15% de su peso no era atraído por el imán.

El perfil XIII, ha indicado también una zona de grandes anomalías, que son superiores a 7.000 gammas, en la estación 3.

Los resultados obtenidos confirman la hipótesis que hemos sentado sobre la génesis del yacimiento de magnetita. La erupción general de diabasa o piroxenita porfirioide atravesó el granito y las capas de calizas arcaicas, llegando hasta aflorar en algunos lugares. Uno de los minerales constitutivos de aquella erupción era la magnetita, que se segregó del magma en las zonas de contacto con el granito o con la caliza, formando un manto que constituye el yacimiento estudiado.

Ya hemos dicho, que el efecto magnético producido por el yacimiento depende tanto de la cantidad de mineral

como de la profundidad a que se encuentre. Como en este caso hemos comprobado que las anomalías máximas corresponden a los afloramientos —el socavón «Velázquez» se encuentra cerca de la estación 11, del perfil 3; el pozo «Covadonga», al Sur y cerca de la estación 7 del perfil V, y el socavón número 2, cerca de la estación 3 del perfil XIII— parece deducirse de ello, que el factor profundidad es el que ha tenido mayor influencia; en cuyo caso, las líneas isanómalas trazadas, pueden ser consideradas como curvas de nivel del yacimiento, cuya potencia desconocemos. También nos es desconocida la profundidad, pudiendo sólo apreciar que ésta varía lenta o rápidamente por la numeración de las curvas.

La zona más importante, por la cantidad de magnetita que puede contener, es la comprendida entre los perfiles III y IX. Después, continúa la del perfil XIII, y por último, la determinada por los perfiles XXIV y XXVI. En la estación 11, del perfil III, se encuentra solamente el afloramiento de un brazo o chimenea del yacimiento principal.

**§ 10. Conclusiones.**—Los resultados obtenidos en la investigación magnética, demuestran que en la mitad oriental de la concesión «Nueva Luz», próximamente entre los perfiles III y XV, existe un manto de magnetita, casi continuo, que aflora en tres puntos (3 del perfil XIII; 7 del V, y 11 del III) y que en los demás alcanza profundidades variables.

No se puede sentar la misma afirmación respecto de la mitad occidental, puesto que puede suceder que el efecto magnético esté producido por las rocas cuarzosas que contienen magnetita, cuyos afloramientos se encuentran en esa región, aunque también puede ser debido a la misma causa que en la zona oriental.

No es posible precisar la potencia del manto, ni la profundidad a que se encuentra en cada lugar, con los datos obtenidos en la investigación magnética. Estos datos son suficientes, sin embargo, para presumir razonablemente la existencia de un yacimiento de hierro importante y que, por consiguiente, es aconsejable practicar un reconocimiento por medio de sondeos que determinen aquellos extremos, y poder entonces conocer la cubicación del mineral existente, así como establecer el plan más conveniente para su explotación y deducir el costo de la tonelada extraída, bases indispensables para el estudio de las posibilidades económicas del problema y sin las cuales no es posible efectuar valoración alguna del yacimiento.

## Valores de las anomalías de la componente vertical

Junio y Julio de 1941

PERFIL	Estación	ANOMALIA EN GAMMAS	PERFIL	Estación	ANOMALIA EN GAMMAS
Principal	1	2407	III	4	2555
»	2	2328	»	5	2607
»	3	2435	»	6	2689
»	4	2396	»	7	7000
»	5	3004	»	8	1259
»	6	2840	»	9	1678
»	7	2490	»	10	2253
»	8	2372	»	11	1636
»	9	2434	V	1	2984
»	10	2693	»	2	2991
»	11	2831	»	4	2917
»	12	2672	»	5	5012
»	13	7000	»	6	4959
»	14	2505	»	7	7000
»	15	3576	»	8	2705
»	16	1397	»	9	2708
»	17	2767	»	10	2917
»	18	2752	»	11	2547
»	19	2838	VII	1	2451
»	20	2847	»	2	2475
»	21	1364	»	4	4053
»	22	1409	»	5	4354
»	23	1308	»	6	4503
»	24	2824	»	7	4532
»	25	no se hizo	»	8	4618
»	26	3018	»	9	4579
I	1	2553	»	10	4953
»	2	2511	»	11	5041
»	4	2521	IX	1	2499
»	5	2571	»	2	2400
»	6	2959	»	4	2392
»	7	1467	»	5	2240
»	8	1376	»	6	1669
»	9	1159	»	7	2513
»	10	2448	»	8	3413
»	11	2977	»	9	2657
Relleno XXVII	1	3132	»	10	5240
»	2	3631	»	11	5502
»	3	2879	XI	1	2769
»	4	2774	»	2	2847
»	5	3114	»	4	2883
»	6	2284	»	5	2876
»	7	3158	»	6	2627
»	8	3435	»	7	4160
III	1	2485	»	8	2666
»	2	2189	»	9	2785

PERFIL	Estación	ANOMALIA EN GAMMAS	PERFIL	Estación	ANOMALIA EN GAMMAS
XI	10	2802	XX	5	2873
»	11	2768	»	6	2847
XIII	1	2678	»	7	2835
»	2	3760	XXI	1	2661
»	4	7000	»	2	1348
»	5	2699	»	4	1450
»	6	2529	»	5	1841
»	7	2513	»	6	1453
»	8	2458	»	7	1324
»	9	2494	»	8	1238
»	10	2597	»	9	2886
»	11	2686	»	10	2857
XV	1	2521	»	11	2805
»	2	3573	XXII	0	2810
»	4	2617	»	1	2899
»	5	2607	»	2	1500
»	6	2560	»	4	1675
»	7	2584	»	5	1738
»	8	2602	»	6	1686
»	9	2652	»	7	1720
»	10	2578	»	8	1303
»	11	2578	»	9	1186
»	12	2629	»	10	1110
»	13	2591	XXIV	1	2862
XVII	1	2634	»	2	2758
»	2	2681	»	4	2883
»	4	2684	»	5	3124
»	5	2712	»	6	3133
»	6	2686	»	7	3181
»	7	2699	»	8	3268
»	8	2673	»	9	3375
»	9	2728	»	10	3333
»	10	2733	»	11	3543
»	11	2712	XXVI	2	2914
XVIII	5	2741	»	4	3299
»	6	2757	»	5	2976
»	7	2754	»	5 bis	2937
»	8	2765	»	6	2897
»	9	2778	»	7	3208
»	10	2765	»	8	3397
»	11	2786	»	9	3412
XIX	1	2744	»	10	3270
»	2	2882	»	11	3333
»	5	2801	»	12	3512
XX	4	2912			



Variómetro Askania n.º V 97.111.  $\epsilon = 32.4$ . Fecha: 27-VI-41

### Determinación directa de la variación diurna

Hora	Lectura	Diferencia	Hora	Lectura	Diferencia
7	19,1	—	16,30	21,1	+2,0
7,30	19,2	+0,1	17	21,4	+2,3
8	19,2	+0,1	17,30	20,9	+1,8
8,30	19,5	+0,4	18	20,8	+1,7
9	19,8	+0,7	18,30	20,8	+1,7
9,30	21,1	+2,0	19	20,7	+1,6
10	21,3	+2,2	19,30	20,7	+1,6
10,30	21,5	+2,4	20	20,7	+1,6
11	21,8	+2,7	20,30	20,7	+1,6

Variómetro Askania n.º V 97.118.  $\epsilon = 26,16$ . Fecha 1-VII-14

### Perfil XXIV

Est. Base	H. 15,15	Est. 3	H. 15,50	Est. 4	H. 16	Est. 5	H. 16,5	Est. 6	H. 16,10	Est. 7	H. 16,13	Est. 8	H. 16,15
4.4	5.6	11.	12.8	14.2	14.8	23.5	23.9	24.0	24.0	25.8	25.9	28.8	29.5
4.4	5.6	11.6	12.8	14.2	14.8	23.5	23.9	24.0	24.0	25.8	25.9	28.8	29.5
4.4	5.6	11.6	12.8	14.2	14.8	23.5	24.1	24.0	24.0	25.8	25.9	28.8	29.5
4.4	5.6	11.6	12.8	14.2	14.6	23.5	24.1	24.0	24.0	25.8	25.9	28.8	29.5
4.4	5.6	11.6	12.8	14.2	14.7	23.5	24.0	24.0	24.0	25.8	25.9	28.8	29.5
Prm. 5.0	Prm. 12.20	Prm. 11.45	Prm. 12.20	Prm. 14.45	Prm. 14.45	Prm. 23.75	Prm. 23.75	Prm. 24.0	Prm. 24.0	Prm. 25.85	Prm. 25.85	Prm. 29.15	Prm. 29.15

Est. 9	H. 16,20	Est. 10	H. 16,25	Est. 11	H. 16	Est. 2	H. 16,45	Est. 1	H. 16,50	Est. Base	H. 19,20
32.5	34.0	31.0	32.3	39.5	40.0	9.3	10.5	13.5	13.8	5.6	5.5
32.5	34.0	31.0	32.3	39.5	40.0	9.3	10.5	13.5	13.8	5.6	5.5
32.5	34.0	31.0	32.3	39.5	40.0	9.3	10.5	13.5	13.8	5.6	5.5
32.5	34.0	31.0	32.3	39.5	40.0	9.3	10.5	13.5	13.8	5.6	5.5
32.5	34.0	31.0	32.3	39.5	40.0	9.3	10.5	13.5	13.8	5.6	5.5
32.5	34.0	31.0	32.3	39.5	40.0	9.3	10.5	13.5	13.8	5.6	5.5
Prm. 33.25	Prm. 31.65	Prm. 31.65	Prm. 31.65	Prm. 39.75	Prm. 39.75	Prm. 9.75	Prm. 9.75	Prm. 13.65	Prm. 13.65	Prm. 5.55	Prm. 5.55

Variómetro Askania n.º V 97.118.  $\epsilon = 26.16$ . Fecha 1-VII-41

Variómetro V 97.120 (variación diurna).  $\epsilon = 32.4$

### Perfil XXIV.—Cálculo de las anomalías magnéticas

Estación	Horas	Pro-medios	Compo-nente	Variación diurna	Compo-nente corregida	Variación normal	Compo-nente corregida	Anomalia
B. aux.	15,15	5,00	130,8	+7,2	138		138	2643
1	16,50	13,65	357,1	Como es tan pequeña no la tenemos en cuenta; para las observaciones de las bases auxiliares tomaremos el promedio.	357	No se ha tenido en cuenta por ser insignificante, con relación a las variaciones de la componente V	357	2862
2	16,45	9,75	253,0		253		253	2758
3	15,50	12,20	319,2		319		319	2824
4	16	14,45	378,0		378		378	2883
5	16,05	23,75	619,2		619		619	3124
6	16,10	24,00	627,8		628		628	3133
7	16,13	25,85	676,2		676		676	3181
8	16,15	29,15	762,8		763		763	3268
9	16,20	33,25	869,8		870		870	3375
10	16,25	31,65	828,0		828		828	3333
11	16,30	39,75	1037,8		1038		1038	3543
B. aux.	19,20	5,55	145,2	+7,2	138		138	2643

En todas las estaciones de este perfil, así como en la base auxiliar, se empleó el imán deflector intermedio en la 1.ª posición principal de Gauss, así:  $R = 25$  cm.; por lo cual hemos añadido al valor de la componente V corregida  $-2643$  gammas por el campo creado por el imán y  $-138$  gammas por referencia a la base principal con relación a su valor a las 7 horas del 27-VI-1941, lo que da un total de  $+2505$  gammas.

## **CAPITULO III**

### **INVESTIGACION RADIATIVA EN SAN RAFAEL (SEGOVIA)**

---

**§ II. Introducción.**—Las dificultades de recepción observadas para la emisora Radio Madrid, por el Ingeniero de este Instituto, D. Miguel Moya, en los kilómetros 64 y 68 de la carretera de San Rafael a Segovia, así como en las cercanías de Torrelodones, fueron motivo para ampliar a aquellos parajes los estudios radiactivos efectuados en otras zonas, con el objeto de comprobar si las mencionadas dificultades eran debidas a fenómenos radiactivos o a otras causas.

La existencia de minerales de radio en las zonas que estudiamos, ha sido comprobada en San Rafael por el profesor Muñoz del Castillo, cuyos interesantes trabajos han sido publicados en el «Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural» y en los «Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química», y por el Ingeniero D. Pedro Pérez, en el «Boletín Oficial de Minas y Metalurgia», de abril de 1920.

También se ha encontrado berilo en estos parajes, que como ha comprobado el Sr. Carbonell, se presenta unido a minerales de uranio y, a veces, es substituído completamente por éstos.

## § 12. Reseña geográfica y geológica.

a) RESEÑA GEOGRÁFICA.—La zona de investigación corresponde a la parte meridional de la provincia de Segovia, en su límite con las de Avila y Madrid, y por consiguiente, a la septentrional del macizo montañoso del Guadarrama. Sus límites se indican en la lámina IX.

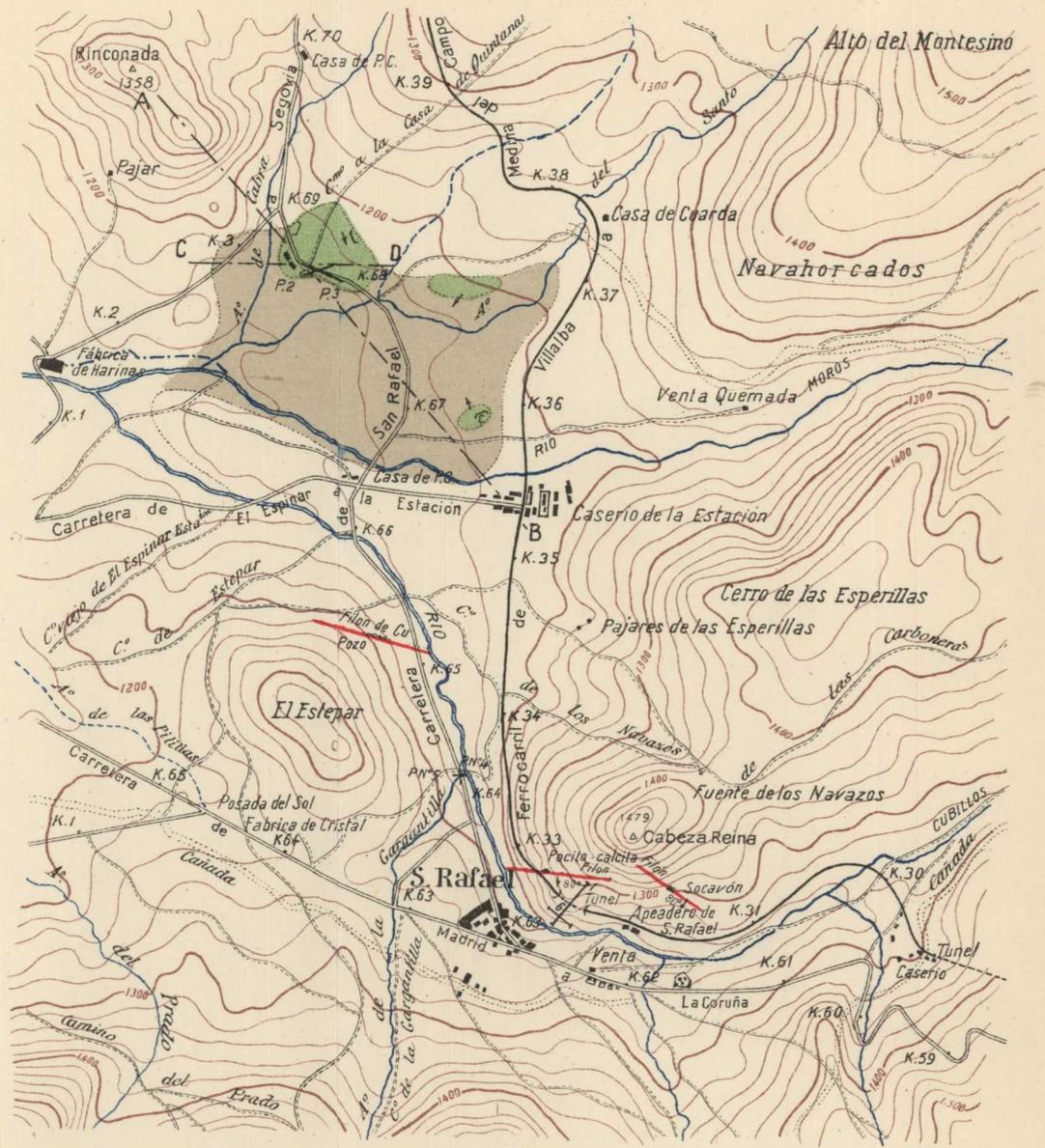
La configuración topográfica es muy accidentada, como corresponde al expresado macizo. Alcanza cotas que exceden de 1.500 metros sobre el nivel del mar, en el Alto de Montesinos; de 1.400, en el Cerro de la Esperillas y Cabeza Reina, y de 1.300, en el vértice de la Rinconada, para quedar en los valles, por donde discurre el río Moros y el de Cudillos, con cotas poco superiores a los 1.000 metros.

b) RESEÑA GEOLÓGICA.—Siguiendo la carretera de San Rafael hacia Segovia, inmediatamente después de traspasar la casilla de peones camineros, que se alza en la mitad aproximada del kilómetro número 66, aparece una semillanura que, por su verdor y praderío, contrasta con las secas y pardas alturas que la circundan.

Dicha llanura está constituida, en su casi totalidad, por materiales de aluvión o de acarreo que recubren una zona francamente sedimentaria. Sus límites son: por el Norte, una línea sinuosa que pasa, en dirección E.-O., por las inmediaciones de las casas llamadas Zamoranas (véase la lámina IX); dobla al Norte para descender al hectómetro 8 del kilómetro 68 de dicha carretera, alcanzando el kilómetro número 3 del ramal que se dirige hacia el pueblo de El Espinar; por el Sur, queda limitada por el río Moros; al Este por una línea sensiblemente paralela y cercana al ferrocarril de Madrid a Segovia, y por el Oeste alcanza la confluencia del mencionado río y el arroyo de Cabra.

Comprende una extensión superficial de unos dos kiló-

INVESTIGACIONES RADIACTIVAS DE SAN RAFAEL



- Aluvial
- Cretáceo
- Canteras y Areneros
- Perfiles con Electroscopio

Escala: 1 : 50.000



metros cuadrados y en ella se manifiestan tres asomos de bancos calcáreos, distribuidos como sigue: uno de ellos, el más importante, superficialmente considerado, en el sitio donde se levantan precisamente los edificios de la finca de Prado (kilómetro 68 de la carretera; croquis 5 de la lámina X); el segundo, en las proximidades de las casas Zamoranas, y el tercero, en las cercanías del río Moros y la estación de El Espinar, donde existe un pequeño horno de cal; siendo el resto de materiales de aluvión que constituyen la casi totalidad de la pradería, denominada «El Quintanar», a ambos lados de la carretera.

Las direcciones curvilíneas de los bancos que afloran en dichos lugares y sus respectivos buzamientos hacia el centro de la planicie, dan a entender que se trata de un pequeño depósito en forma de cubeta. Estos bancos son de naturaleza calcárea en la parte superior y arenosa en la inferior, representando dos horizontes de escaso espesor, pero bien definidos, sin que falten algunos lechos interpuestos, que revelan un tránsito entre ambas clases de roca.

Los cortes geológicos que se indican en la lámina X, aclaran lo expuesto.

No se han encontrado fósiles, pero la naturaleza de los bancos y su disposición stratigráfica revelan cumplidamente, a nuestro juicio, su carácter cretáceo, comparando la mancha con otras aisladas también, distribuidas por las provincias de Madrid, Segovia y Guadalajara, así clasificadas, formando uno más de los restos de ese terreno que se apoyan sobre ambos flancos de la sierra granítica de Guadarrama.

La disposición de cubeta y el carácter arenoso de sus bancos inferiores, permite considerarla como una pequeña cuenca artesiana, que hace brotar el agua, especialmente

en aquellos sitios donde falta la cobertera calcárea, como sucede en la parte occidental y baja de la zona, dando lugar a la pradería de regadío que allí se observa.

El resto de la zona estudiada, forma parte del macizo granítico y neísico que constituye la casi totalidad de la sierra, y en él se hallan enclavados los yacimientos minerales que fueron objeto de examen superficial y estudio por su posible condición de radiactividad y cuyos criaderos se detallan a continuación.

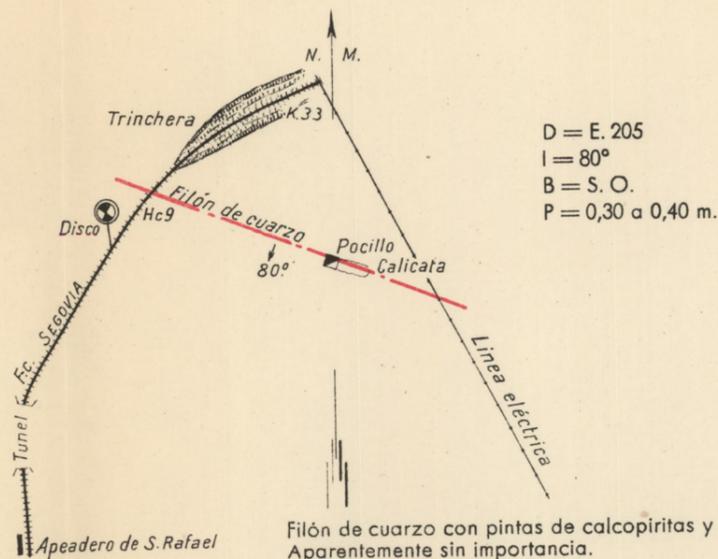
**§ 13. Criaderos minerales.**—Es posible la existencia de la chalcólita en los criaderos minerales siguientes:

**SAN RAFAEL.**—(Croquis números 1 y 2 de la lámina X). Frente al hectómetro número 9 del kilómetro 32 del ferrocarril de Madrid a Segovia, donde coincide también el disco del apeadero de San Rafael, a unos 50 metros a la derecha, mirando hacia Segovia, existe un pequeño pocito-calicata sobre un filón de 30 a 40 centímetros de potencia de cuarzo con pintas escasas de calcopirita y descomposiciones de cobre. Tiene una dirección de E. 20° S., inclinación de 80° con el horizonte y arma en granito. Industrialmente considerado, no tiene importancia.

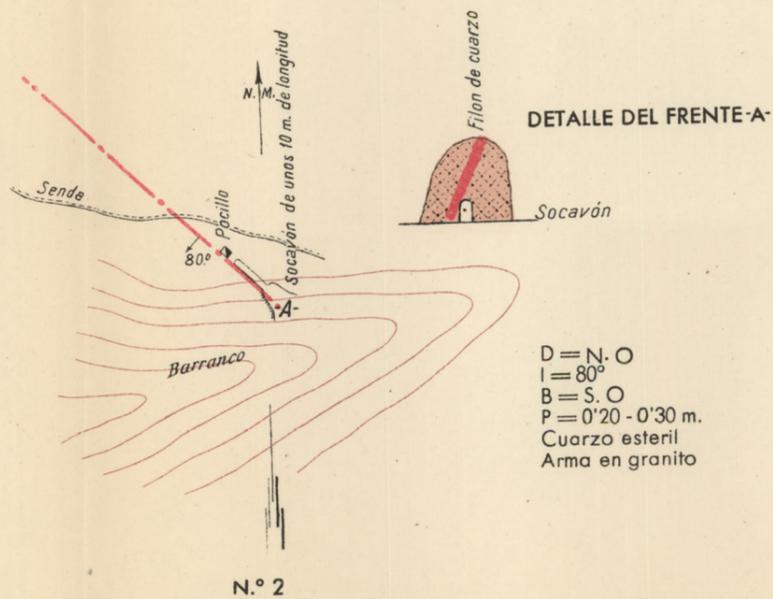
En sentido contrario, con relación al apeadero, y a una distancia sensiblemente igual a la anterior, en la caída de un pequeño barranco, se encuentra un socavón de unos 10 metros de longitud, abierto sobre el muro de otro filón de cuarzo, perfectamente definido y cuya potencia oscila entre 20 y 30 centímetros. Tiene una dirección NO.-SE. e inclinación de unos 80° con buzamiento al SO. A la entrada de dicho socavón hay un corte del terreno que deja al descubierto el criadero en una altura de unos tres metros.

**CROQUIS DE LOS TRABAJOS Y FILONES OBSERVADOS EN LAS INMEDIACIONES DE SAN RAFAEL**

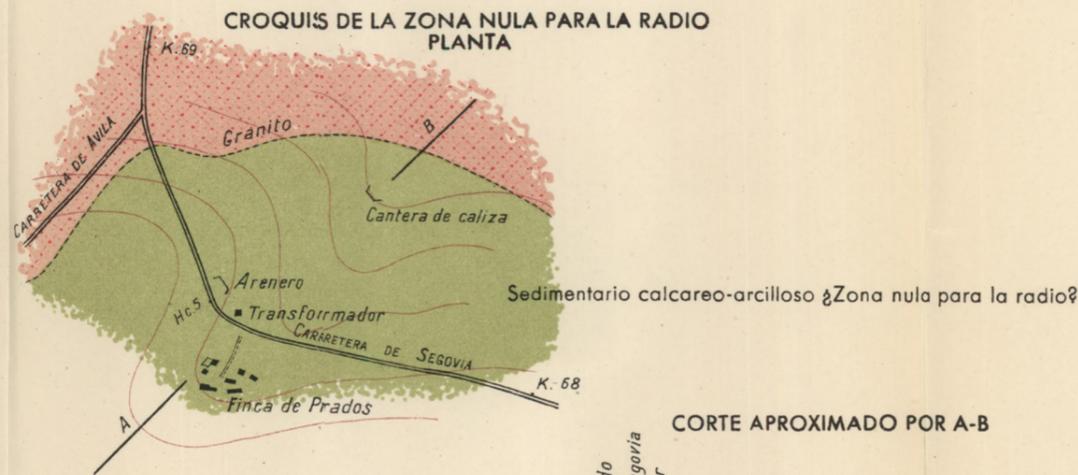
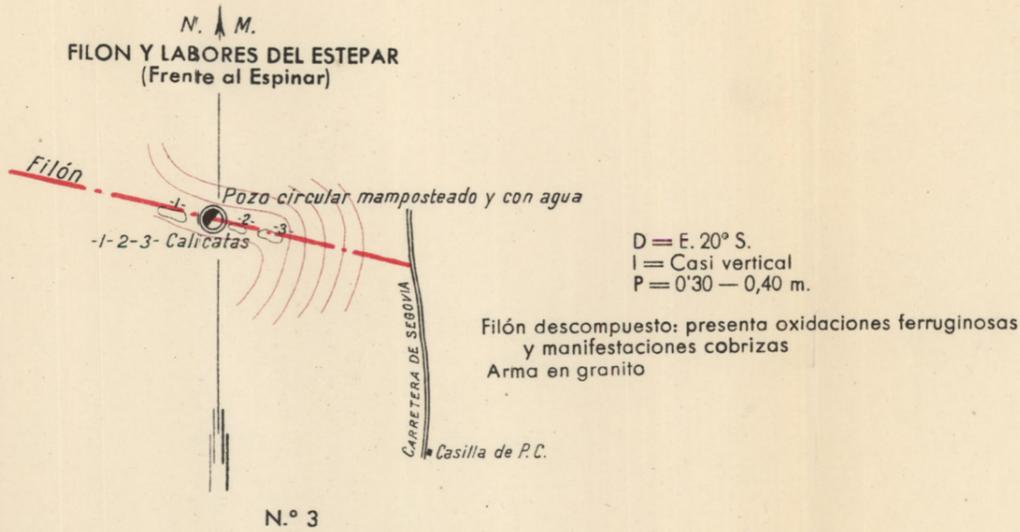
POSICION RELATIVA DE AMBOS FILONES Y TRABAJOS



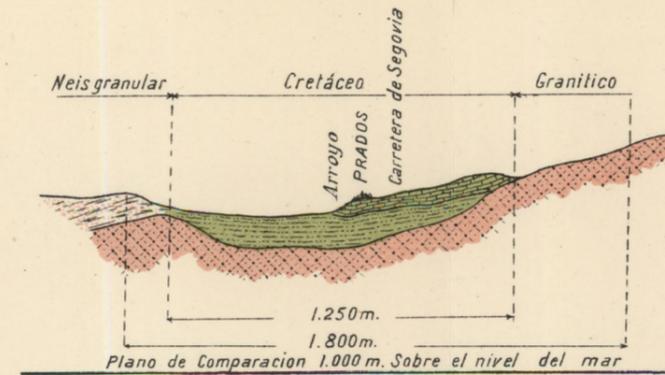
N.º 1



**CROQUIS DEL FILON Y LABORES DEL ESTEPAR (SAN RAFAEL) Y DE LA ZONA DE PRADOS**

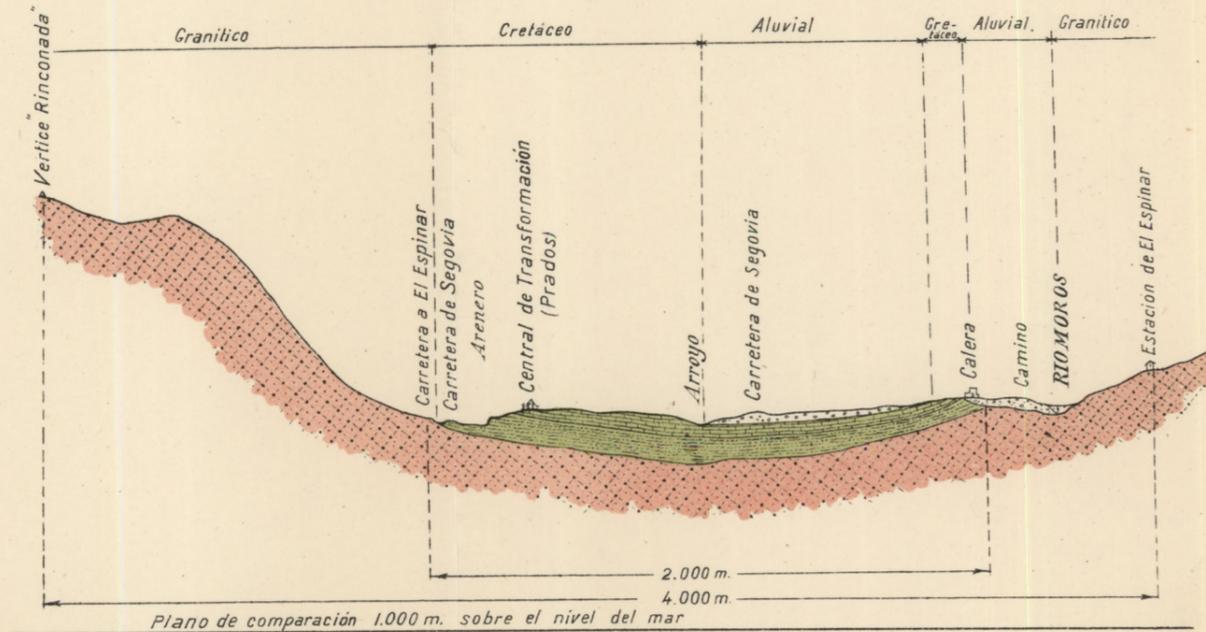


**CORTE GEOLOGICO C-D DEL PLANO (ORIENTACION E-O.)**



Escala { Horizontal: 1 : 100  
Vertical: 1 : 25

**CORTE GEOLOGICO A-B DEL PLANO (ORIENTACION NO-SE)**



N.º 5

EL ESTEPAR.—(Croquis número 3). En este lugar, situado a unos 100 metros a la izquierda de la carretera y frente a la estación de El Espinar, existen cuatro labores consistentes en un pozo de sección circular y tres calicatas al lado del mismo. En la más próxima a la carretera se aprecia un filón descompuesto, como la caja granítica donde arma, de unos 50 centímetros de potencia, de carácter ferruginoso y con algunas manifestaciones de cobre (malachita). En las terreras del pozo circular, se observan algunos trozos de mineral de cobre (calcopirita y descomposiciones).

Tiene también la dirección E. 20° N. y es sensiblemente vertical. El punto de referencia de estos trabajos, puede ser la casilla de peones camineros, situada en la carretera a unos 300 metros hacia San Rafael.

TORRELODONES.—En una mina abandonada de mineral de cobre, situada en el Prado de las Minas, en la falda del Monte de las Nieves, al NO. de la carretera que va al Monte del Pardo desde el kilómetro 1,5 de la carretera de Torrelodones a Hoyo de Manzanares. En esta mina parecen presentarse varios filones, pero sólo pudimos comprobar uno, con rumbo N.-S., que encaja en un granito de estructura pegmatítica.

COLMENAREJO.—Por los trabajos del Dr. Muñoz del Castillo, sabíamos la existencia en este pueblo de minerales uraníferos. Por tal motivo visitamos detenidamente la zona que correspondía a la demarcación de la antigua mina «Pilar», situada a dos kilómetros al Norte del vértice Mardroñal. Los minerales de esta mina son sulfuros, fosfatos y carbonatos de cobre, que encajan en granito, desde luego muy a propósito para la existencia de minerales radiactivos.

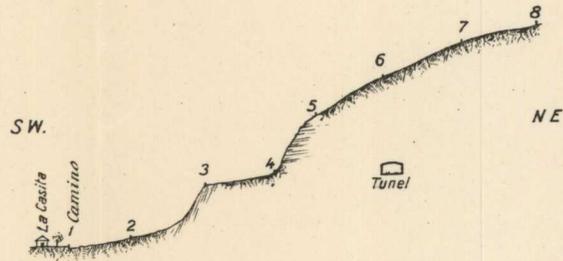
A 1,5 kilómetros al NO. de la mina anterior, están las llamadas «Recompensa», «Gloria» y «Joaquín», en las que también es posible encontrar minerales radiactivos.

COLMENAR VIEJO.—Encontramos otro lugar posible para la existencia de minerales del tipo de la chalcólita, en la dehesa de Navalvillar, en la confluencia de los arroyos Maderones y Lendrinal, unos tres kilómetros al Sur del Pizo San Pedro. El filón tiene una dirección N. 60° O.

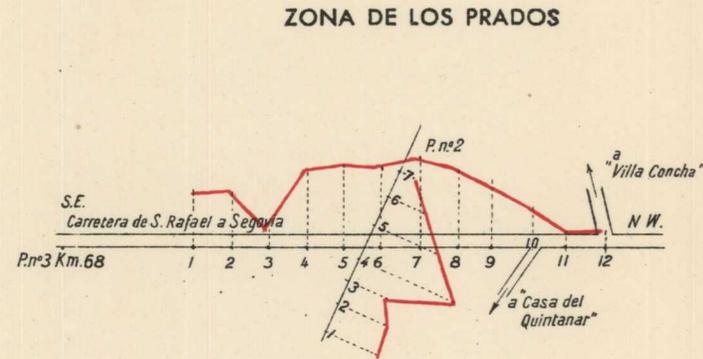
Se comprueba por todos estos indicios, la gran importancia, desde el punto de vista radiactivo, de la Sierra del Guadarrama, aumentada considerablemente por los manantiales de la misma, algunas de cuyas aguas poseen esta propiedad en alto grado. Estos hechos parecían confirmar nuestra idea, de que la causa de las zonas de silencio fuese, como indicamos anteriormente, la ionización del aire, producido por los fenómenos radiactivos.

**§ 14. Perfiles de radiactividad.**—Se hicieron seis perfiles con el electroscopio de emanación de Ambronn, cuyos datos figuran en los estados correspondientes. Su examen demuestra que no puede afirmarse la existencia de minerales radiactivos próxima a las estaciones de observación. Ha de tenerse en cuenta que, con el aparato empleado, la distancia máxima a la que ha de estar el mineral radiactivo, para poder apreciar su influencia en la velocidad de descarga del electroscopio, es de 20 metros.

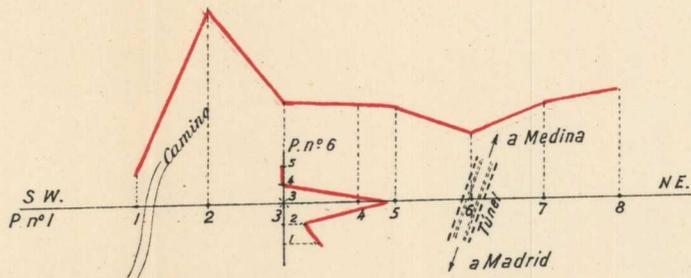
Los perfiles 1 y 6 (lámina XI), corresponden a la zona de la «Flor del Estepar», que es, según los antecedentes, una de las más ricas en chalcólita, aunque en los puntos donde hicimos estación, así como en una faja de 20 metros a cada lado, no había mineral radiactivo; pero de todos modos, los perfiles efectuados son los que corresponden a



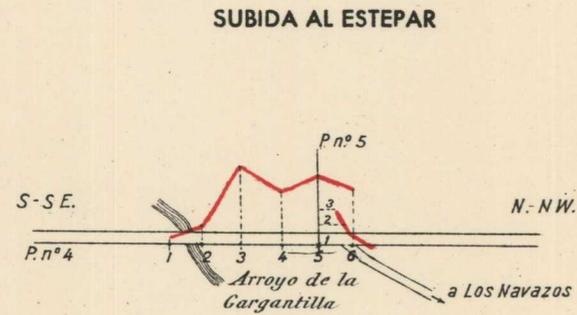
Perfil 1.—En el túnel del ferrocarril de Villalba a Medina del Campo, entre los kilómetros 32 y 33



Perfiles 2 y 3.—Entre los kms. 68 y 69 de la carretera de S. Rafael a Segovia



Perfiles 1 y 6.—Zona correspondiente al denominado Túnel de San Rafael en una ladera de Cabeza Reina



Perfiles 4 y 5.—Carretera de San Rafael a Segovia, entre los kilómetros 64 y 65

Escala horizontal aproximada: 1 : 4.000

Escala de perfiles de descarga = 1/2 cm. = 1 división por minuto

mayores velocidades de descarga, para que sirviesen como término de comparación.

Los perfiles números 2 y 3, corresponden a las zonas de silencio y algunos de los puntos del perfil 3, como el 5 y 6, corresponden a lugares de absoluto silencio, a los cuales debía de corresponder gran velocidad de descarga, si fuese debida a causas radiactivas, y vemos que no ocurrió así.

Los perfiles 4 y 5 corresponden a otra zona que tiene dos puntos de silencio casi absoluto en las estaciones 2 y 5 del perfil 4, lo que nos permite afirmar que estas zonas de silencio tampoco eran debidas a fenómenos radiactivos, aunque no están lejos de las labores a que se refiere el croquis número 3, en las que creemos se pueden encontrar minerales de esta naturaleza.

**§ 15. Investigación con aparato radioreceptor.**—Al adquirir el convencimiento de que las zonas de silencio de las señales radioeléctricas no eran debidas a un aumento de la ionización del aire, producida por la desintegración atómica de los minerales de aquellos parajes, se hicieron varios recorridos por la carretera y el campo, con un aparato receptor. Pudimos comprobar que para Toulouse (386,60 m.) y Radio Madrid (293,50) las zonas de silencio eran prácticamente las mismas, y que las más marcadas correspondían al kilómetro 68 de la carretera de Madrid a Segovia (croquis 4 de la lámina X) y en el lugar correspondiente al perfil número 3. La que le sigue en importancia es la del kilómetro 64. Con la radio de Guadalajara (200 m.) la intensidad de audición permanece prácticamente constante, es decir, que para esta longitud de onda, desaparecen las zonas de silencio antes señaladas.

### **§ 16. Conclusiones.**

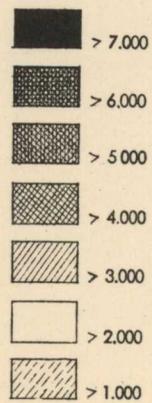
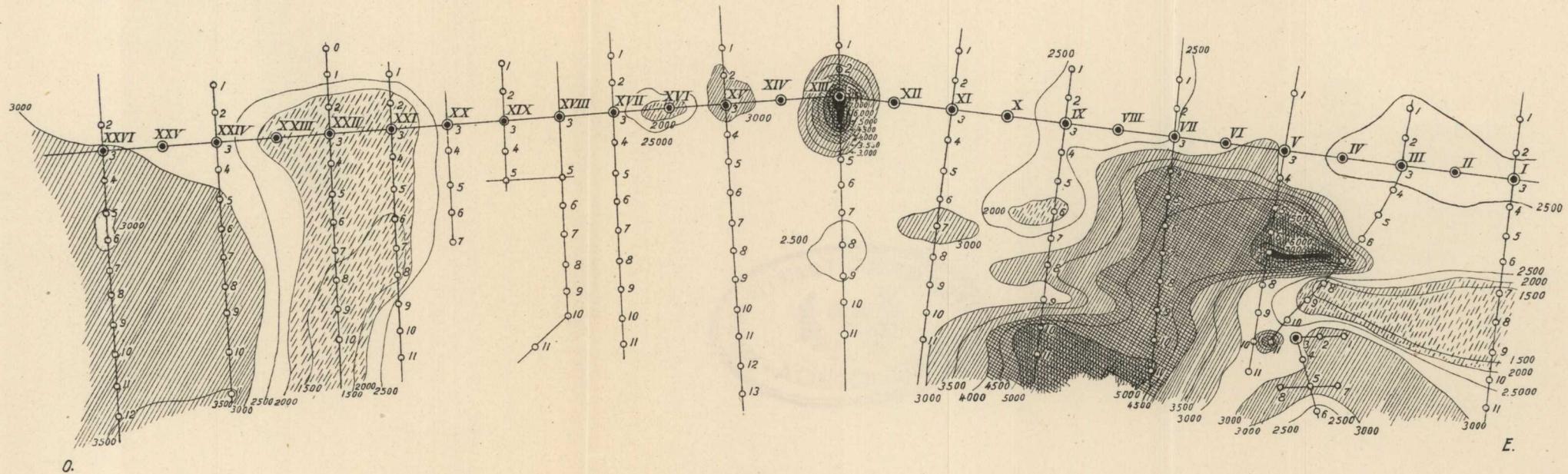
1.<sup>a</sup> Las zonas de silencio objeto de esta investigación, no son debidas a la ionización del aire, producida por los fenómenos radiactivos, aunque a varios cientos de metros de ellas existan claros indicios de minerales de esta naturaleza.

2.<sup>a</sup> Las zonas de silencio tampoco son debidas a cambios en la constitución geológica del terreno, aunque en algunos lugares cambie ésta, como ocurre en el kilómetro 68, ya que dentro del manchón supuesto cretáceo, determinado por nosotros por primera vez en el Mapa Geológico, hay zonas de silencio y otras de audición perfecta.

3.<sup>a</sup> Podemos atribuir las zonas de silencio a fenómenos de interferencia, dado que para unas longitudes de onda, el silencio llega en algunos puntos a ser absoluto, mientras que para otras longitudes, en esos puntos no se observa variación en la intensidad de audición.

---

# INVESTIGACIONES MAGNETICAS EN CAZALLA DE LA SIERRA



## CAPITULO IV

### LA INVESTIGACION ELECTRICA DE LOS FILONES DE COBRE DE LA SIERRA DE CORDOBA

---

**§ 17. Prólogo.**—El déficit existente entre el consumo nacional de cobre y su producción, coloca en un primer plano el problema de la investigación de nuevos yacimientos de minerales de dicho metal. En este estudio, nos vamos a ocupar de una de las zonas que presentan interés desde este punto de vista: la de la Sierra de Córdoba, donde no son raras las manifestaciones de óxidos y carbonatos de cobre que, las más de las veces, son indicio de la existencia de los sulfuros a mayor profundidad.

Los métodos eléctricos son los más apropiados para estas investigaciones. Entre ellos, poseemos en España los de corriente continua, que son los que vamos a aplicar en el presente trabajo.

Las resistividades eléctricas aparentes de las distintas rocas y minerales existentes en el subsuelo, no sólo dependen de su resistividad específica propia, sino del agua de imbibición que poseen y de otros factores de menor importancia. El agua que contiene sales en disolución es conductora de la corriente eléctrica, tanto más cuanto mayor sea la cantidad de aquéllas, y lo mismo sucede con las rocas porosas que la almacenan en su masa. Al interpretar geológicamente las mediciones eléctricas se presentará, por

consiguiente, la dificultad de la determinación de la causa que ha producido el aumento o disminución de la resistividad aparente; puesto que aquélla puede ser la presencia de masas minerales más o menos conductoras que el medio ambiente que las encierra o la de aguas con mayor o menor cantidad de sales en disolución.

Sin embargo, si conocemos de antemano, por medio de un sondeo mecánico o por las labores mineras efectuadas, la situación en el subsuelo de una masa mineral, así como las rocas y demás condiciones esenciales del yacimiento y efectuamos en aquel lugar las mediciones eléctricas que nos caractericen el parámetro de la resistividad aparente, correspondiente a cada uno de sus elementos, podremos extender el conocimiento de su existencia hasta una gran distancia de la zona conocida, tan sólo limitada por la continuidad de la formación estudiada. Entonces quedará muy reducido el margen de error de la interpretación de las mediciones, sobre todo si éstas son muy numerosas y precisas.

Así se ha hecho en la zona de Alcaracejos, efectuando una investigación previa en la zona conocida del filón por las labores mineras realizadas. En las zonas restantes no ha sido posible obtener esta orientación por diversas causas y de ahí la necesidad de disponer para esta clase de trabajos de una sonda mecánica del tipo llamado sonda de prospección, que puede obtener testigos de las rocas o minerales del subsuelo hasta una profundidad de 200 metros, sin necesidad de un personal especializado.

Claro es que cuando las mediciones eléctricas indican la existencia de zonas de gran resistividad aparente y se trata de investigar minerales de cobre muy conductores, como son la chalcosina y la calcopirita, se puede afirmar que en aquéllas no se encuentran estos minerales.

### § 18. Zona de Alcaracejos-Pozoblanco.

**RESEÑA GEOGRÁFICA.** -La investigación geofísica de los filones de cobre, en la zona de Alcaracejos-Pozoblanco, de la provincia de Córdoba, se ha circunscrito a los criaderos llamados de orientación «Principal», que están clasificados como los más importantes entre los reconocidos en esta región. El primero de ellos corresponde al coto minero de «Cantos Blancos», en el término de Alcaracejos y el segundo al denominado «Osi», en el paraje de La Jara, del de Pozoblanco.

El paraje de Cantos Blancos está situado al Norte del pueblo de Alcaracejos, a unos tres kilómetros de distancia por la carretera de Córdoba a Almadén, y a otros tres, aproximadamente, de la estación del ferrocarril de Peñarroya a Puertollano, denominada estación de Alcaracejos y Villanueva del Duque. El de La Jara se encuentra al Este de Pozoblanco, a una distancia de 12 kilómetros por la carretera de Andújar. El hito kilométrico 80 de esta carretera, se halla situado a 20 metros del afloramiento del filón «Osi», cortado por la misma; y a muy corta distancia también de la estación de La Jara, en el mencionado ferrocarril.

La topografía es muy suave, aun cuando la región corresponde al flanco septentrional de la cordillera Bética. Sobre todo dentro de la orientación E.-O., la zona se extiende mucho, sin que sus diferencias de nivel sean muy notables. En la distancia de 22 kilómetros, que media entre los dos filones del estudio, el desnivel más pronunciado no excede de 60 metros, desarrollándose, tanto el ferrocarril como la carretera, dentro de ese trayecto, en dos alineaciones casi completamente rectas y sensiblemente horizontales.

En la dirección perpendicular, o sea de Norte a Sur, se observan la Sierra de Alcudia, al Norte, y el propio macizo

de Sierra Morena, al Sur, que rompen la monotonía de la región, con alturas que llegan y exceden de los 800 metros.

Desde el punto de vista hidrológico, apenas tiene importancia: constituye la divisoria de las cuencas del Guadalquivir y del Guadiana en los orígenes de sus respectivos afluentes, el Guadalmediano y el Guadalmez, ambos de reducido caudal. En dicha región existen algunas barrancadas por donde discurren corrientes de agua que, en general, son arroyos de escasa importancia.

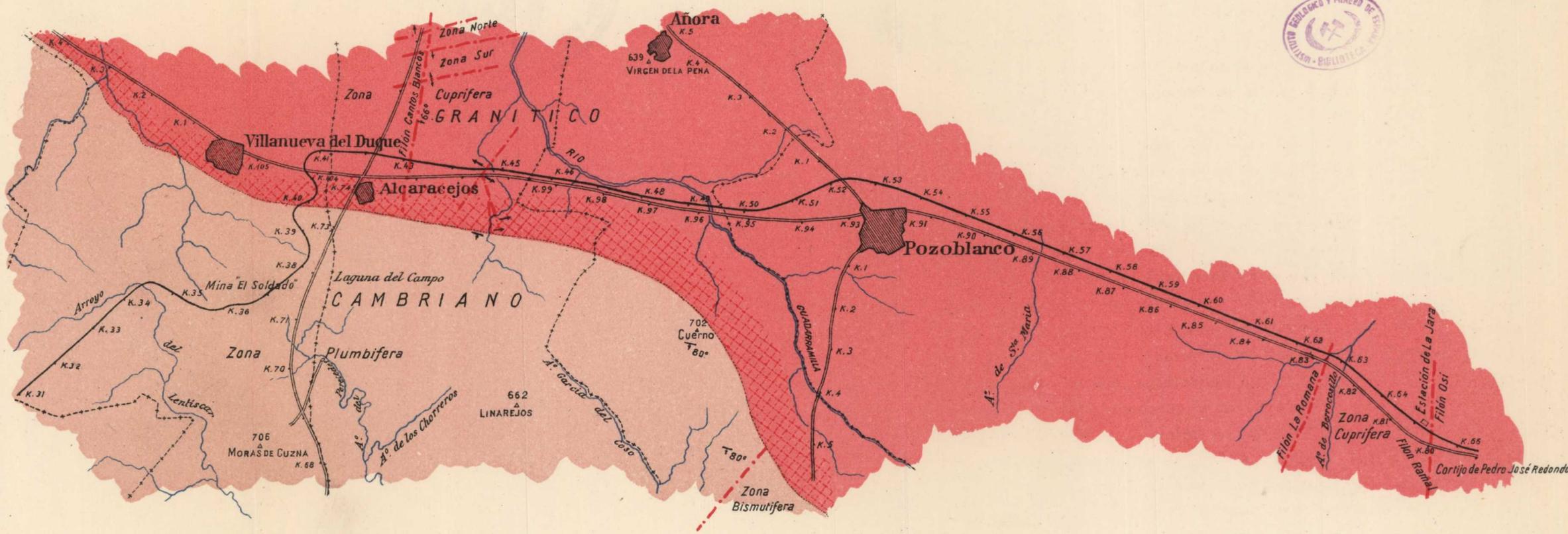
RESEÑA GEOLÓGICA.—Tampoco la geología presenta grandes variaciones en su estructura. El batolito granítico, que se orienta de NO. a SE. y se extiende desde Extremadura hasta la provincia de Jaén, comprendiendo, entre otros, los famosos criaderos metálicos de Linares-La Carolina, tiene su más amplia manifestación superficial en la zona de nuestro estudio, donde su afloramiento se manifiesta en una anchura superior a 10 kilómetros. Este macizo está flanqueado por las pizarras y calizas pizarreñas del Cambriano, cuya marcha general se orienta, como el aludido macizo, desde el 4.º al 2.º cuadrante y que constituyen la mayor parte de aquellas sierras.

La roca constitutiva de este asomo hipogénico es el granito de estructura porfiroide, en términos generales. En la superficie se halla disgregado y forma extensos terrenos de labor, arenosos, interrumpidos, a veces, por asomos compactos que se aprovechan para la explotación de bloques con los que se preparan las muelas troncocónicas destinadas a los molinos de aceite y para las construcciones locales en general. La uniformidad granítica se ve también interrumpida por potentes diques de pegmatita. El pórfido se observa de vez en cuando y llega a constituir diques, a veces orientados como los filones, y llegando

# INVESTIGACION ELECTRICA EN LAS ZONAS DE ALCARACEJOS Y POZOBLANCO

## PLANO GEOLOGICO

Escala: 1 : 100.000



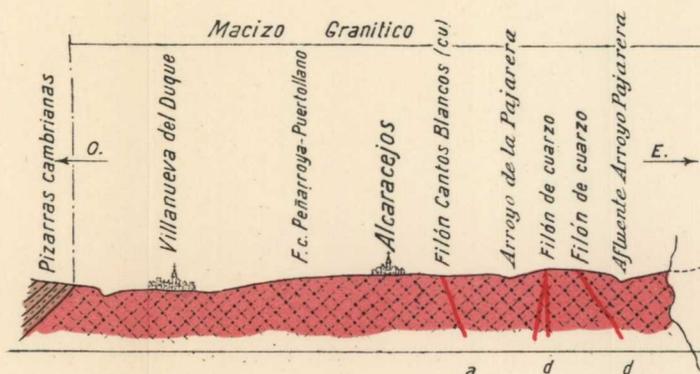
CAMBRIANO  Pizarras

GRANITICO  Granito

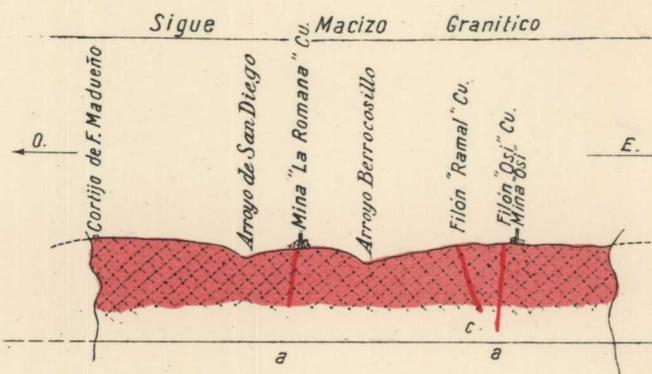
Cortes geológicos



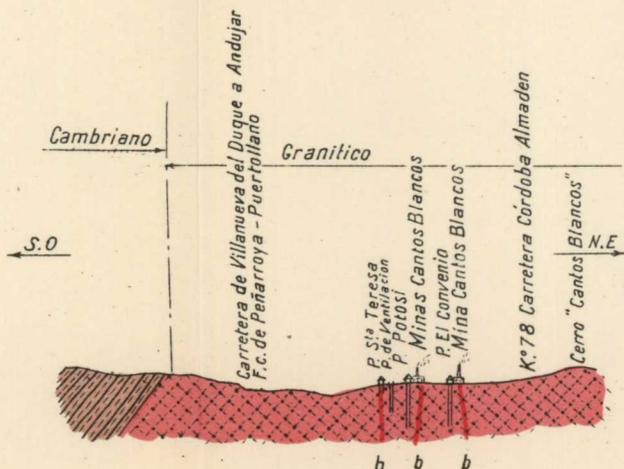
Zona de Alcaracejos



Zona de Pozoblanco



Zona de Alcaracejos



- Pizarras cambrianas.—Zona de plomos.
- Macizo granítico.—Zona de cobres.
- a. Filones principales.—Dirección NE. Productores de Cu.
- b. Filones transversales —Dirección E.-O. Productores de Cu en su encuentro con los NE.
- c. Filón "Ramal", Mina "Osi".—Dirección NO. Productor de Cu en su encuentro con el NE.
- d. Filones sin clasificar.—Direcciones varias. Rellenos cuarzo, superficialmente pobres.

hasta constituir, como sucede en el filón «Principal» de Cantos Blancos, sus mismos hastiales.

La composición granítica se presenta de un modo normal, es decir, constituida por el cuarzo, la mica, en su casi totalidad de la variedad ferromagnésiana o biotita, y el feldespato en las relaciones aparentemente corrientes. Sin embargo, algunas zonas, como en la región de Conquista, son semejantes a las que con frecuencia aparecen en Andújar y Montoro, zonas de Santa María de la Cabeza y Venta del Charco, en donde el proceso de cristalización ha sufrido interrupciones y presenta multitud de fenocristales de ortosa alargados, con tal profusión, que da a la roca la apariencia de un verdadero mosaico.

**CRIADEROS METÁLICOS.**—Los criaderos cupríferos, arman todos ellos, sin excepción, en el macizo granítico y forman varios sistemas: uno, denominado «Principal», cuya orientación es la Norte-Sur con pequeñas variaciones hacia el Este; otro, que acusa la dirección de levante-poniente con ligeras variaciones, y un tercer sistema, también nortado, pero con variaciones hacia el Oeste (véanse las láminas XII y XIII).

De todos estos yacimientos, los que hasta el día han revelado mayor importancia han sido los primeros o del sistema «Principal», entre los que destacan, por orden de producción, el denominado de «Cantos Blancos»; el filón «Osi», a los cuales se refiere el estudio geofísico, y el de la «Romana». De este último no se tienen antecedentes concretos, aunque por el volumen de sus escombreras, naturaleza de los minerales, así como por su analogía con los precedentes, debe incluirse entre ellos. El de «Cantos Blancos» ha producido a razón de 150 kilos de Cu por metro cuadrado de filón arrancado, con leyes que superaron el

30%, y el filón «Osi» ha tenido un rendimiento sensiblemente igual al anterior. Sus minerales han sido análogos en ambos, constituidos por las variedades corrientes de la chalcosina y de la calcopirita.

Los filones del segundo sistema, o de levante-poniente, sólo se han reconocido en sus zonas de intersección con los del primero o «Principal», en cuyo encuentro las columnas metalizadas aparecieron más uniformes.

Por último, los clasificados en el tercer sistema, orientados entre los cuadrantes 4.º y 2.º, a excepción del reconocido en la mina «Osi» con el nombre de filón «Ramal», que tuvo en su encuentro con el «Principal» metalización parecida a los anteriores, no han sido reconocidos y aparecen superficialmente con relleno cuarzoso, manifestaciones de hierro y alguna indicación cobriza, datos que no permiten considerarlos con suficiente interés, de momento, para la investigación geofísica.

#### LA INVESTIGACIÓN ELÉCTRICA EN LAS ZONAS DE ALCARACEJOS Y POZOBLANCO

a) ZONA DE ALCARACEJOS.—El método empleado en estas investigaciones es el de corriente continua, en su variedad de sondeo eléctrico vertical. No repetiremos aquí sus fundamentos, puesto que han sido descritos, con anterioridad, en otros trabajos.

La gran diferencia de resistividad aparente que existe entre la caja granítica de los filones y los minerales de cobre que constituyen su relleno, así como la disposición columnar de las metalizaciones, hacen este método muy indicado para localizarlas.

Los aparatos empleados han sido, indistintamente, el nuevo modelo Siñeriz, construido en este Centro, y el anti-

guo modelo de Ambronn<sup>1</sup>, modificado por el mismo autor. Como fuente de energía, se utilizó una batería de pilas secas, de 180 voltios. El contacto de la línea conductora de la corriente con el terreno se hizo por medio de tres piquetas de hierro para cada electrodo, unidas entre sí por cables, regando, además, el lugar donde fueron clavadas. De esta manera, hemos llegado a hacer circular por el suelo corriente cuya intensidad excede de 2 amperios, con los mencionados 180 voltios de tensión. En el aparato de observación, los contactos de la línea de medida con el suelo se hicieron por medio de dos piquetas de cobre para cada electrodo, regando, también, su emplazamiento.

Las distintas mediciones eléctricas efectuadas se indican en los estados que figuran en este Capítulo.

El sondeo eléctrico sólo se ha aplicado, hasta hoy, para la determinación de contactos horizontales entre las distintas formaciones geológicas. Para los verticales o muy inclinados, que es el más frecuente en los filones metálicos, se ha empleado el método de las resistividades, consistentes en mantener fija la longitud de la línea que produce el campo eléctrico, así como la de la base de medición y trasladar ambas a lo largo de una alineación, conservando su situación relativa en las distintas mediciones. Como todas ellas corresponden a la misma profundidad de investigación, se obtiene un perfil de las resistividades del terreno a profundidad constante. En el caso de que la línea pase sobre un filón, se producirá una variación de la resistividad que debe servirnos para localizarla.

En la realidad, sucede que la anomalía producida por el filón es demasiado pequeña, como corresponde al pequeño recorrido del rayo eléctrico a través del mismo y su interpretación muy dudosa, por confundirse con las mu-

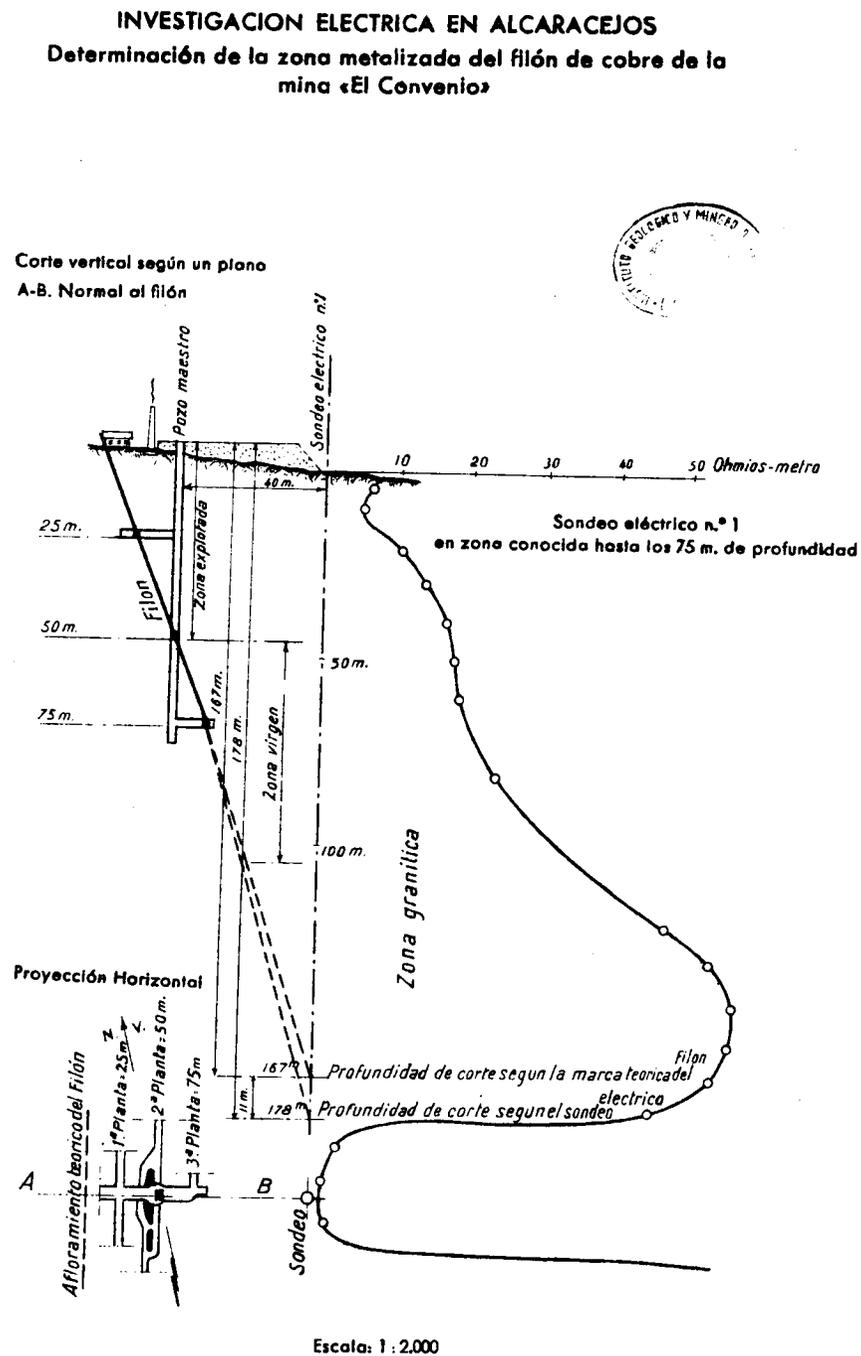
chas irregularidades que se presentan en las curvas por múltiples causas.

Para obviar este inconveniente, hemos pensado en la conveniencia de que el haz de filetes eléctricos tuviese un recorrido importante en el filón mismo, y para esto basta efectuar el sondeo eléctrico de tal manera que la alineación de las mediciones sea paralela a la traza del filón sobre el suelo. De esta manera, cuando la longitud del campo eléctrico sea suficiente para que el haz de rayos alcance el filón, se conseguirá el objeto deseado. Esta idea ha sido aplicada en la investigación del filón de plata llamado «Rico», de Hiendelaencina, con magnífico resultado.

Como en el caso estudiado la metalización se presenta en columnas verticales, es posible colocar los electrodos del campo eléctrico comprendiendo la zona que se desea investigar, para que sean aplicables todos los razonamientos anteriores.

La diferencia existente entre este caso y el de Hiendelaencina, es que, en este último, el filón se muestra como extremadamente resistente con relación al gneis en el que está formado; por no haber continuidad entre las diversas masas metalizadas de sulfoarseniuros y sulfoantimoniuros de plata, que constituyen la mena principal del filón y en el de Alcaracejos, las columnas de chalcosina poseen una conductividad eléctrica comparable con la de los metales, mucho mayor que la del granito que las encierra. Esta diferencia de resistividad nos permitirá localizarlas con gran seguridad.

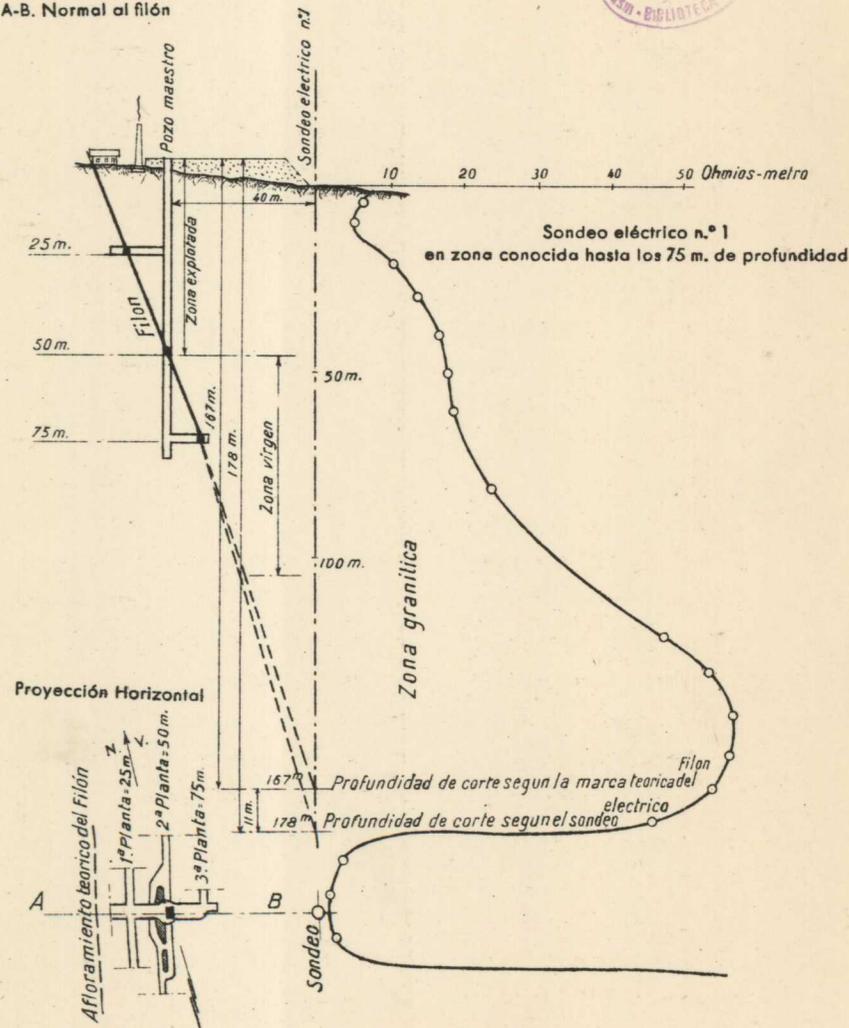
*Sondeo eléctrico en la zona conocida del filón, en la mina «El Convenio».* — Tanto para determinar las características eléctricas del granito en el que arma el filón y de los minerales de cobre que constituyen las columnas, como para comprobar la exactitud de su determinación, es indis-



**INVESTIGACION ELECTRICA EN ALCARACEJOS**  
**Determinación de la zona metalizada del filón de cobre de la**  
**mina «El Convenio»**



Corte vertical según un plano  
 A-B. Normal al filón



pensable efectuar un estudio previo en una zona completamente conocida por las labores mineras ya efectuadas. La zona del pozo maestro de la mina «El Convenio» reúne todas las condiciones necesarias. La columna de chalcosina está cortada por el pozo a los 50 metros de profundidad (véase la lámina XIV) y reconocida por una galería a los 75. A causa de la escombrera indicada en el dibujo, la línea eléctrica tuvo que situarse a 40 metros del eje del pozo, o sea a 60 del afloramiento del filón. A esa distancia, la prolongación del plano del filón, supuesto de pendiente uniforme, corta a la vertical correspondiente al sondeo eléctrico a la profundidad de 167 metros. Esta profundidad es la que debe resultar de los cálculos que efectuemos con las mediciones eléctricas en el mencionado sondeo.

En el estado de cálculo de la mina «El Convenio», se detallan los valores calculados para las resistividades aparentes del sondeo 0. Con ellos se ha construido el gráfico representado en la lámina XIV. En él se aprecia que la resistividad del granito, después de pasar la zona superficial descompuesta, aumenta de una manera continua, casi uniforme, hasta el valor de 56 ohmios-metro, correspondiente a la profundidad de 150 metros. Esto demuestra la homogeneidad e isotropía de su formación. A partir de ese máximo, la resistividad disminuye rapidísimamente hasta 2 ohmios-metro, para volver a aumentar en seguida. Los valores extraordinariamente elevados finales de la resistividad aparente se producen por un efecto relativo y volverían a su verdadera magnitud, con el aumento de la profundidad del sondeo. En la curva se manifiesta, con claridad, la anomalía producida por el filón. El punto de inflexión de su rama superior, que es el que corresponde al contacto del rayo eléctrico con el filón, se encuentra a la profundidad de 178 metros. Hay una diferencia de 11 me-

tros, con relación al valor determinado previamente, en la hipótesis de una pendiente uniforme, para el plano del filón. Esta diferencia es insignificante y puede ser debida a un ligero aumento de aquélla.

Podemos, por consiguiente, comprobar con éxito, por este procedimiento, la situación de las columnas mineralizadas.

*Sondeos eléctricos en la zona desconocida del filón.* —

Una vez conocidas las características eléctricas del filón y de la caja granítica que le contiene, así como la concordancia entre la metalización existente y las indicaciones suministradas por el sondeo eléctrico, vamos a extender el procedimiento a la parte desconocida de aquél.

Para su estudio le dividiremos en dos regiones: la Norte, colindante con el pozo de la mina «El Convenio», y la Sur, situada al lado del pozo de la llamada «Potosí». En la primera se han practicado 18 sondeos eléctricos, situados en una línea recta, paralela a la dirección media del afloramiento teórico del filón y a una distancia mutua de 20 metros. En la segunda, se efectuaron 17 sondeos, en condiciones análogas (véase la lámina XV). Teniendo en cuenta el ángulo de inclinación del filón y la distancia de 40 metros, existentes entre la línea de los sondeos y la línea media del afloramiento teórico de aquél, el plano vertical determinado por los ejes de los sondeos debe cortar al filón a una profundidad aproximada de 100 metros, indicada en el plano por una línea recta.

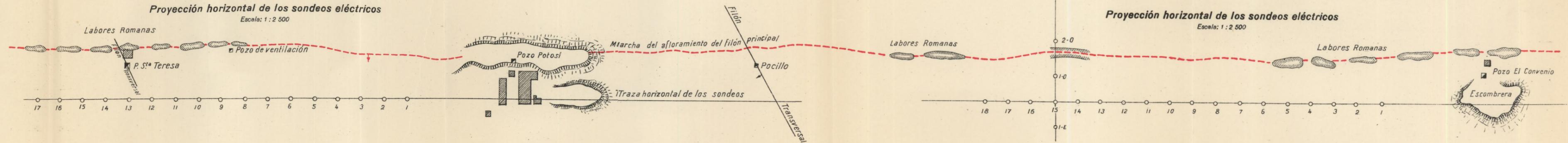
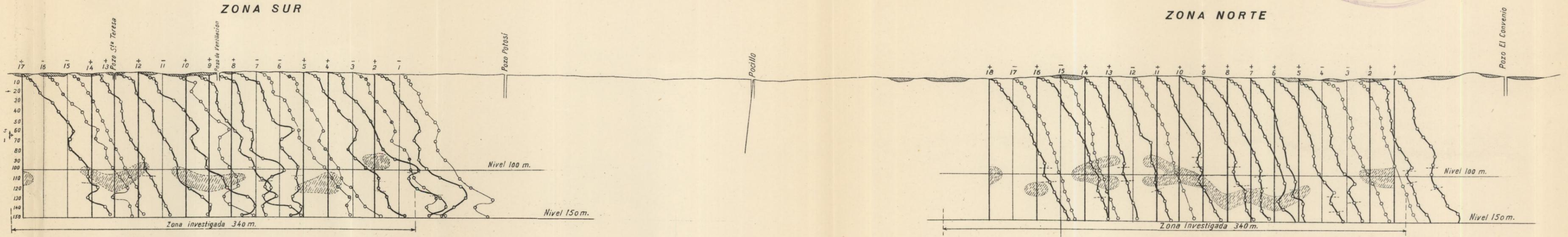
En los gráficos correspondientes a cada sondeo, se efectuó un estudio de interpretación análogo al explicado en la mina «Potosí», determinándose las inflexiones que corresponden a la zona metalizada. Así, por ejemplo, en el sondeo número 1 de la zona Norte, se observa una pendiente de la resistividad aparente bastante uniforme hasta

# INVESTIGACION DE LOS FILONES DE COBRE DE ALCARACEJOS - ZONA CANTOS BLANCOS

PROYECCION VERTICAL DE LOS SONDEOS ELECTRICOS

## REPRESENTACION GRAFICA

Escalas de  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Resistividades: } 3,2 \text{ mm.} = 5 \text{ ohmios-metro.} \\ \text{Profundidades: } 8 \text{ mm.} = 25 \text{ metros.} \end{array} \right.$



+ Sondeos positivos.  
- Sondeos negativos.



## Zona Sur: Mina «El Convenio»

Distancia A-B en metros	$\rho$ ohmios m <sup>2</sup> /m. Número de los sondeos																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10	3	4	6	6	6	4	4	5	6	9	10	7	5	5	5	3	3
20	4	6	7	7	6	6	5	7	9	11	12	7	7	5	6	4	4
40	6	9	9	8	9	8	7	13	13	15	17	9	10	7	8	7	6
80	11	11	10	9	10	9	9	16	15	17	15	15	12	10	11	11	9
120	12	14	13	15	16	14	14	17	17	17	20	18	15	15	14	14	16
160	15	17	17	19	18	16	17	19	17	18	22	24	19	16	16	20	20
200	18	21	21	23	24	20	19	21	17	21	29	27	20	17	18	21	25
240	20	22	23	26	27	22	21	32	22	26	35	31	24	18	21	28	27
280	19	20	22	27	26	20	22	25	23	30	30	28	25	21	23	27	25
320	20	23	28	30	23	24	27	25	22	29	29	31	28	25	26	31	28
360	24	23	30	35	27	26	29	30	29	34	31	35	31	28	28	33	31
400	30	26	31	48	32	30	36	34	41	38	37	37	33	29	30	37	36
440	32	33	32	44	39	31	39	34	33	40	38	45	33	31	32	39	35
480	38	44	38	47	40	37	43	34	30	45	39	48	39	34	36	43	41
520	50	48	44	57	44	40	48	32	36	42	32	56	46	37	37	37	34
560	41	42	40	58	50	45	37	36	27	53	37	63	50	39	37	45	44
600	47	36	50	66	41	53	49	31	30	61	49	55	49	41	41	47	47

granito en toda su profundidad, por cuya razón terminamos la zona rayada antes de la vertical del sondeo 3.

De esta manera se han determinado todas las zonas ricas indicadas en la lámina XV, tanto para la región Norte del filón como para la Sur. Debemos hacer notar que como la traza teórica del filón sobre el terreno no es una línea recta, ni su pendiente uniforme en todo el recorrido, la intersección del mismo con el plano vertical de los sondeos no puede estar a una profundidad constante y de ahí las diferencias que se aprecian en la lámina.

En el sondeo número 15, se hizo un perfil transversal formado por tres nuevos sondeos para cortar el filón a distintas profundidades, obteniéndose resultados acordes con aquél.

En los sondeos 8, 9, 10, 15, 16 y 17 de la zona Sur, se obtiene un mínimo relativo muy caracterizado a mayor

# INVESTIGACION DE LOS FILONES DE COBRE DE POZOBLANCO - FILON OSI

PROYECCION VERTICAL DE LOS SONDEOS ELECTRICOS

## REPRESENTACION GRAFICA

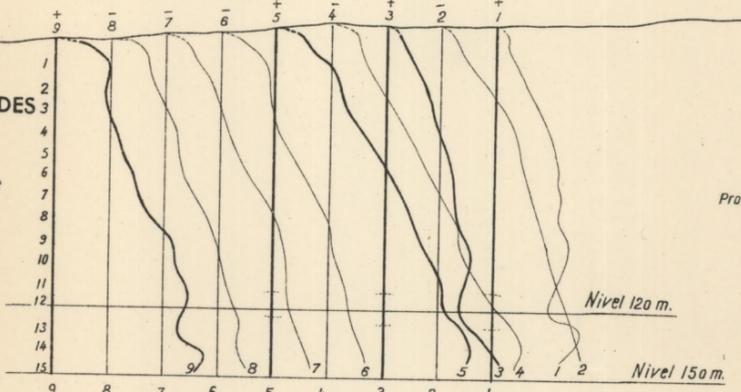
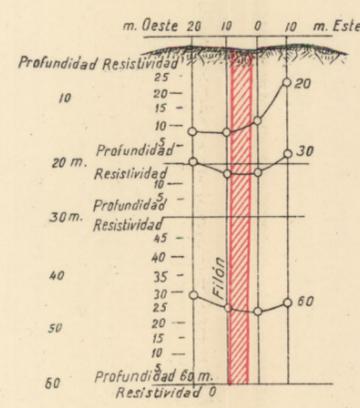
Escalas de Resistividades: 3,2 mm. = 5 ohmios-metro.  
Profundidades: 8 mm. = 25 metros.



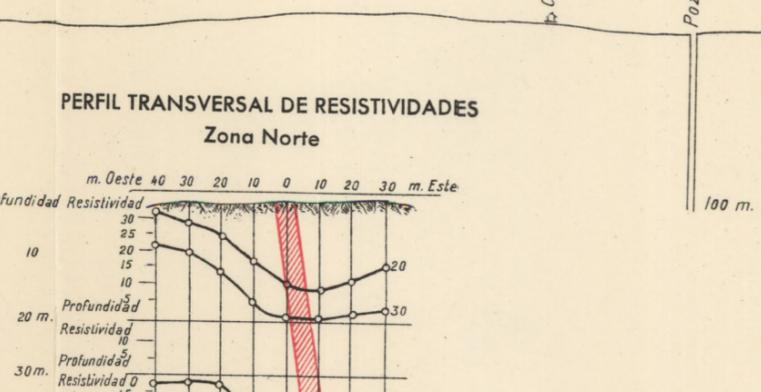
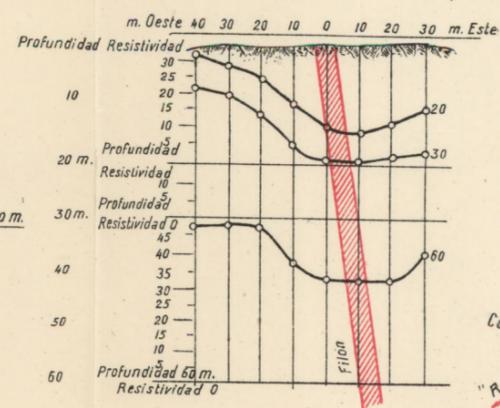
### ZONA SUR

### ZONA NORTE

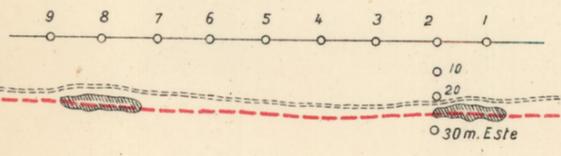
#### PERFIL TRANSVERSAL DE RESISTIVIDADES Zona Sur



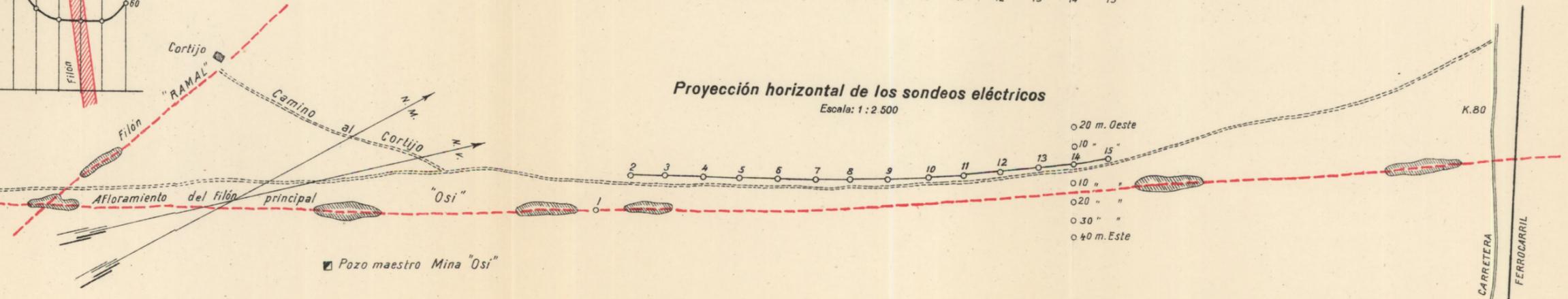
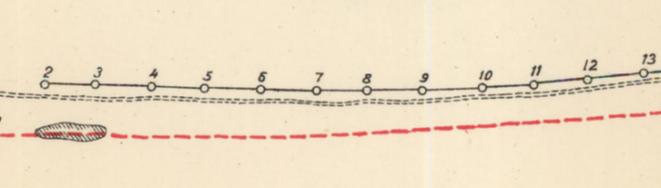
#### PERFIL TRANSVERSAL DE RESISTIVIDADES Zona Norte



#### Proyección horizontal de los sondeos eléctricos



#### Proyección horizontal de los sondeos eléctricos



+ Sondeos positivos.  
- Sondeos negativos.

profundidad que la que corresponde a la intersección del filón con el plano vertical de los sondeos.

Estos valores mínimos pueden corresponder a una zona mineralizada distinta de la indicada en el nivel superior, pero como no tenemos ningún punto de apoyo para sentar tal conclusión, hemos preferido no dibujarla en la lámina como tal zona rica.

*b) ZONA DE POZOBLANCO.*—Por iguales procedimientos y con arreglo al mismo criterio seguido en Alcaracejos, se ha efectuado la investigación en el filón «Osi», situado en el término de La Jara (Pozoblanco).

En total se han efectuado 36 sondeos eléctricos, distribuidos entre la zona Norte, próxima a la estación de la Jara, y la Sur, situada 300 metros al lado opuesto con relación al pozo maestro.

Doce de los sondeos efectuados constituyen perfiles transversales, cuyos resultados se pueden ver en los gráficos correspondientes de la lámina XVI.

El paso del filón se ha manifestado por una disminución de las resistividades aparentes, a las profundidades indicadas de 20, 30, 60 y 100 metros.

Por presentar este filón una inclinación más pronunciada que el de la zona de Alcaracejos, pues alcanza y aun rebasa los 80°, ha sido necesario efectuar los sondeos más profundos. Se les ha situado en una línea paralela al afloramiento del criadero y sobre el techo del mismo, a 20 metros de distancia, con el fin de cortarlo a una profundidad de más de 100 metros.

Conviene tener en cuenta que, aunque el haz principal de la corriente circula por el plano vertical que pasa por los electrodos que crean el campo eléctrico al llegar la pendiente del filón al valor de 80°, gran parte de aquélla pasa

por el criadero mismo, sobre todo cuando éste es de menor resistividad eléctrica aparente que los hastiales, como ocurre en este caso, haciendo menos sensibles las inflexiones de la curva de las resistividades aparentes que nos han de servir para la interpretación de los resultados obtenidos.

En los sondeos números 1 y 3 de la zona Sur, las curvas de las resistividades aparentes tienen dos valores mínimos muy bien caracterizados (véase la lámina XVI) que indican dos zonas conductoras, situadas a una profundidad aproximada de 120 metros. En el número 5 ya casi no se aprecia la disminución de la resistividad. Teniendo en cuenta que los sondeos números 2, 4, 6 y 8 no suministran indicación favorable alguna, no hemos creído prudente unir las correspondientes a los 1, 3 y 5, para suponer una zona mineralizada. El sondeo número 9 vuelve a indicar otra zona conductora a la misma profundidad antes indicada, correspondiente a la intersección del filón con el plano vertical de los sondeos.

En la zona Norte del mismo filón, suministran indicaciones positivas los sondeos números 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 15, que determinan una zona metalizada que indicamos en la lámina XVI con líneas de trazos.

En la misma lámina se han dibujado los perfiles transversales de resistividades efectuadas a varias profundidades de investigación, tanto en la zona Norte como en la zona Sur, que determinan el paso del filón por las estaciones 14 y 2 de cada uno de ellos, respectivamente.

**CONCLUSIONES.**—En el filón de Cantos Blancos, de la zona de Alcaracejos, la investigación eléctrica prueba la existencia de columnas mineralizadas, que deben tener importancia industrial por tratarse de minerales de cobre de leyes elevadas, ya conocidas en las explotaciones antiguas.

También se deduce del mismo estudio la irregular repartición de dichas columnas ricas y, por consiguiente, la necesidad de emprender labores mineras de conjunto que permitan reconocer dicho filón en una gran longitud de su recorrido, en vez de efectuarlo en pequeñas investigaciones locales.

En el filón «Osi», de la zona de Pozoblanco, los resultados no son tan satisfactorios en su zona Sur, donde son muy escasas las indicaciones de mineralización. En la Norte, por el contrario, las indicaciones favorables son persistentes, por lo que sería interesante reconocer por labores mineras la longitud del filón comprendida entre los sondeos 7 y 15, para comprobar si aquellas indicaciones son debidas a la existencia de masas mineralizadas.

Si hubiésemos podido perforar un solo sondeo mecánico de unos 130 metros, y comprobar así aquellas indicaciones, sus resultados hubieran podido extenderse a toda la longitud del filón. Lo mismo hubiera sucedido si hubiese sido posible efectuar un sondeo eléctrico de prueba en una zona del filón bien conocida, como hicimos en el de Cantos Blancos.

### §19. Zona de Andújar.

**RESEÑA GEOGRÁFICA.**—La investigación geofísica realizada por el método eléctrico en la parte Norte del término municipal de Andújar, coincidiendo con la sierra de su mismo nombre, afecta a dos zonas relativamente próximas entre sí: una de ellas, situada en la región Norte del Santuario de Santa María de la Cabeza, a unos cinco kilómetros del mismo, sobre el filón, en la carretera denominada de Andújar a Puertollano, en el hectómetro 8 de su kilómetro 34, y la otra alrededor de diez kilómetros en el sentido oriental.

La primera de dichas zonas dista de Andújar 34 kilómetros por la citada carretera de Puertollano, más otros dos por la general de Madrid a Sevilla.

La segunda o de Los Escoriales alrededor de 30 kilómetros, de los cuales 17 kilómetros corresponden a las citadas carreteras y el resto a un camino vecinal, regularmente conservado, que arrancando en la mitad aproximada del kilómetro 15 de la de Puertollano, en el paraje denominado de Las Viñas, pasa por la citada mina y termina a unos ocho kilómetros de ella en la Central Hidroeléctrica del pantano del Jándula, llamado pantano de La Lancha.

Considerada en conjunto, la topografía de la región es de las más variadas; desde la llanura casi perfecta y cuando más con suaves ondulaciones, como sucede en la propia vega de Andújar, hasta las formas acantiladas que festonean y circundan el Jándula. Sus cotas, con relación al nivel del mar, oscilan alrededor de los 200 metros en la tierra llana y se elevan y exceden de los 600 metros en la sierra, pasando por todos los niveles intermedios, de un modo gradual y relativamente suave en el flanco meridional y con cierta brusquedad en las barrancadas de las inmediaciones del río.

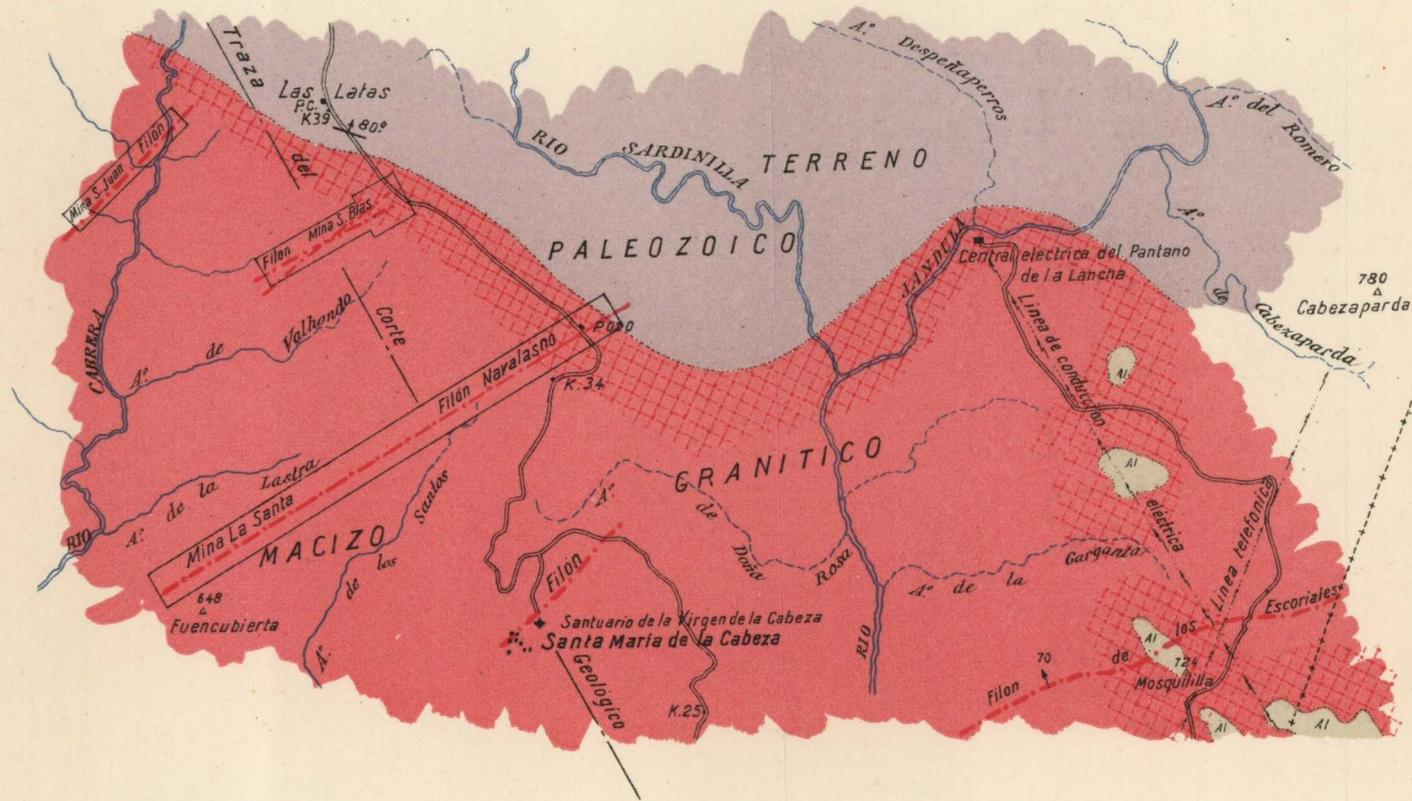
Considerando únicamente las zonas de estudio y sus alrededores, cuya configuración superficial está sometida a la gran denudación meteórica del Jándula, la topografía es francamente accidentada.

El expresado río surca el macizo granítico y pizarreño transversalmente, en una gran fosa de erosión con depresiones superiores a 200 metros. Completan el cuadro hidrográfico sus riachuelos afluentes de La Cabrera y Sardinilla que, con los demás arroyos, secuela de esta pronunciada denudación, constituyen el accidentado conjunto.

# INVESTIGACION ELECTRICA EN LA ZONA DE ANDUJAR

## Filones Navallasno y Los Escoriales

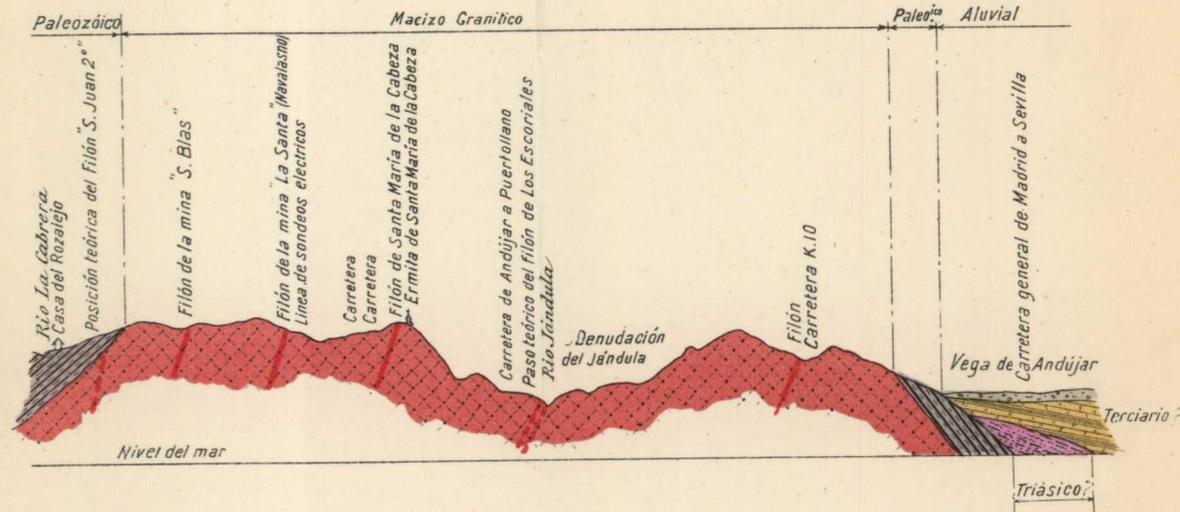
Escala, 1 : 100.000



ALUVIAL		Aluvi3n antigua
PALEOZOICO		Pizarras
GRANITICO		Granito

INVESTIGACION ELECTRICA EN LA ZONA DE ANDUJAR

Corte geológico desde la Vega de Andújar al río «La Cabrera»  
pasando por el Santuario de Santa María de la Cabeza



Escalas { Horizontal: 1 : 200.000  
Vertical: 1 : 40.000

-  Aluvión
-  Calizas y margas
-  Areniscas y Arcillas
-  Pizarras
-  Rocas hipogénicas



RESEÑA GEOLÓGICA.—El corte geológico en la dirección O.-SE., que presentamos en la lámina XVIII, indica las siguientes formaciones geológicas: una banda de pizarras paleozoicas no fosilíferas, clasificadas como cambrianas; otra, amplísima, de roca ígnea de naturaleza granítica, y otra tercera banda constituida por las pizarras cambrianas, ocultas en su extremo meridional por el Aluvial del río Guadalquivir.

También señalamos en la región oriental de la zona estudiada algunas pequeñas terrazas diluviales, que han quedado colgadas a modo de testigos a diferentes alturas del macizo de la Sierra, y una faja triásica que, aunque no aflora, la suponemos existente por haber comprobado su presentación en otras vertientes del levantamiento granítico.

El terreno granítico forma la extremidad SE. de la inmensa faja de rocas intrusivas, tan rica en yacimientos metalíferos, que, con una longitud de centenares de kilómetros, atraviesa las provincias de Jaén, Córdoba, Sevilla, Badajoz y Cáceres, para internarse, hacia el NO., en Portugal.

Numerosos afloramientos de filones metalíferos, constituidos esencialmente por cuarzo ferruginoso o hematites con pintas o trozos de malaquita y azurita, cortan el macizo granítico en diversos parajes, entre los cuales citaremos: las vertientes del cerro del Santuario de Santa María de la Cabeza, Escoriales, Valhondo, Montealegre, Navalasno, Viñas de Andújar, orillas del Sardinilla, Salas de la Galiarda, Cabeza Parda y otros.

En algunas zonas, el granito, cuya textura dominante es la porfiroide, está muy descompuesto y desagregado, formando arenas de grano grueso y en otras, como en la del Santuario, es más compacto y coherente, con grandes cristales de feldespatos blancos sobre la pasta rojiza.

Las pizarras paleozoicas, que son generalmente duras y silíceas, alternan con otros bancos más blandos de tinte verdoso. La inclinación no es muy acentuada en general, pero llega a la vertical en algunos sitios, como en las márgenes del Sardinilla, y el sentido del buzamiento dominante es el meridional. Su dirección es variable en la faja cortada por el trozo de carretera de Andújar a Santa María de la Cabeza, mientras que las hiladas que vuelven a presentarse pasados los cerros del Santuario, se orientan con fijeza al O. 25° N.

Por último, en la estrecha zona de contacto entre el granito y las pizarras, éstas se metamorfizan y toman el aspecto de una roca ígnea, semejante al pórfido.

**CRIADEROS METÁLICOS.**—Sin estar en posesión de observaciones propias sobre la composición y forma de presentarse los filones de Andújar en profundidades realmente mineras y no teniendo más referencias que algunas, en parte contradictorias, que tratan del macizo que intentó explotar en el filón de Los Escoriales la Compañía Castilla la Vieja y Jaén, es natural que al intentar formarnos idea de su génesis, nos dejemos influir por las relaciones de analogía metalífera y escasa separación geográfica entre ellos y otros distritos mineros reconocidos y estudiados ampliamente en su conjunto y en sus detalles.

Pensando, pues, en que tan sólo 15 kilómetros separan la extremidad oriental del campo metalífero de Andújar del distrito de Linares; en la también corta distancia del mismo a la falla del Guadalquivir y a las zonas cupríferas del Norte de Córdoba; en que las labores superficiales de Linares explotaran sulfuros de cobre y que el filón norteado de Salas de la Galiarda haya dado alguna galena, encontramos fundado relacionar su origen con los últimos movi-

mientos hercinianos y con las aportaciones de las dos épocas metalogénicas, anterior al Trías la una y alpina la otra, que tan bien se diferencian en Linares.

Admitida la posibilidad de que las diferentes regiones mineras apuntadas se deriven de un solo magma intrusivo profundo, atribuimos al transporte de los sulfuros (o de cualquier otro compuesto metálico) del mismo a las aguas termales de circulación profunda en su ciclo ascendente, no siendo los carbonatos superficiales vistos en Andújar más que productos de una oxidación de estos mismos sulfuros, de los que serán los mejores indicios de su existencia profunda.

La variación marcada entre los elementos metálicos esenciales de los rellenos de cada uno de estos distritos filonianos del borde meridional mariánico, se concibe tanto por el hecho de que cada uno de ellos corresponde a un grado diferente de erosión regional como por depender íntimamente de la composición fundamental del único magma intrusivo, ácido en Jaén y Córdoba y principalmente diabásico en Huelva.

Enclavado Andújar entre Linares y Córdoba, muy distante de las rocas básicas y subordinados sus filones a batolitos del grupo granítico, creemos muy estrecha su relación con el citado distrito de plomo.

Los filones más importantes de la zona que estudiamos son los que indicamos a continuación.

**Filón «Los Escoriales».**—Está formado en una gran fractura de unos 17 kilómetros de longitud, que siguiendo el rumbo E. 10° N. a O. 10° S., cruza desde la Viña de Jácome, próxima al camino viejo de la Virgen, hasta quedar recubierta al Este de la Huerta del Gato por los estratos horizontales del Trías.

Su potencia, que llega en la dehesa Los Escoriales a

10 metros, la podemos fijar, por lo menos para la parte realmente caracterizada como filón, en tres metros desde el hastial SE. o arrastre del filón, con tendido al NO. de unos 70°.

El granito de la caja contiene las dos micas, biotita y muscovita y presenta textura porfiroide con grandes cristales maclados de ortosa.

La caja presenta un relleno compuesto de cuarzo blanco o teñido de rojo por óxido de hierro, granito descompuesto, siderosa, malaquita y azurita.

Esto es lo que hemos podido apreciar en los afloramientos y en las rocas superficiales que aun existen, aunque hacemos constar que todas las referencias que poseemos de las antiguas explotaciones, de las que hablaremos más adelante, aseguran que los carbonatos de cobre de los afloramientos pasan en profundidad a chalcosina y calcopirita de buena ley y potencia; minerales de los que tan sólo hemos podido recoger pequeñas muestras en las antiguas escombreras de la mina de Los Escoriales.

Estas escombreras nos han parecido algo reducidas para la potencia y extensión de los trabajos antiguos, hoy hundidos e inundados.

Esta impresión puede explicar una exageración en el cálculo de los arranques antiguos o una gran riqueza y concentración de las menas que se extrajeron; quedarían por ello pocos estériles y mixtos, aunque parece más probable lo primero.

En el sector que llamaremos central, situado entre Mosquililla y Salas de la Galiarda, ofrece este filón algunos afloramientos (con alguna pequeña calicata moderna) y montones de escorias, a los que se atribuye y es ello muy verosímil, una procedencia romana.

Precisamente, en esta zona es donde el filón de Los

Escoriales ha sido trabajado en diferentes épocas, dejando como recuerdo, además de las ruinas de importantes instalaciones de extracción y tratamiento, montones antiquísimos de escorias cupríferas y un historial largo y contradictorio referente a la riqueza existente a la importancia y profundidad del laboreo romano y a las dificultades de desagüe que en tiempos recientes hicieron fracasar a sociedades mineras de importancia.

Sobre todos estos datos volveremos a referirnos en el historial minero de Los Escoriales.

Al Oeste de esta zona, después de algunos trayectos recubiertos, en la falda occidental del cerro Mosquililla, se dibujan en la Solana de Cerrajeros otros afloramientos ferruginosos del mismo filón, que se siguen perfectamente en más de un kilómetro y marcan una alineación O. 18° S., que prueba una ligera inflexión del conjunto de la fractura.

También existen manifestaciones al Este, aunque por efecto de la topografía suavizada de la zona sean más discontinuos los afloramientos visibles. Así, en la colina de Las Minillas, se destacan algunos crestones de cuarzo, coloreados de óxido de hierro, que se siguen hasta el Pilar del Novillero, donde quedan también vestigios del laboreo romano.

Los crestones siguen un rumbo aproximado E.-O. y tienen unos seis metros de potencia, cortados en varios sitios por «rafas» de antiguos trabajos, hoy casi desdibujados.

Las muestras de mineralización son, poco más o menos, las ya consignadas.

*Filón Salas de la Galiarda.*—(No tiene representación en el corte general adjunto, ya que su orientación es casi paralela al plano del dibujo).

Similar en conjunto al de Los Escoriales, se diferencia de él por su orientación, que es casi N. 10° E., por que se

prolonga dentro de las pizarras y por haber mostrado en sus explotaciones pequeñas metalizaciones de galena, según referencias dignas de crédito.

Está situado en el paraje llamado Huerta del Gato. Tiene una potencia media de unos dos metros y es vertical.

Sus afloramientos, hoy poco marcados, debido a las rozas practicadas en él en épocas remotas, presentan manchas de minerales de hierro y cobre.

En él trabajó, al parecer sin éxito, durante el año 1920, la Compañía de Peñarroya, que prolongó un antiguo socavón a través del granito y de las pizarras.

*Filonos de Navalasno o de la mina «La Santa».*—Mezclas reconocidas, y sobre todo trabajados modernamente, que los anteriores, se hacen notar, sin embargo, tanto por sus largas corridas como por la potencia de sus afloramientos, constituidos por cuarzo de color blanco, con bandas metalizadas y muy coloreadas de minerales de hierro y cobre.

Como los anteriores presentan indicios y existe tradición de haber sido explotados en época romana.

Se presentan en la situación señalada en el plano, armando todos en el granito que forma la comarca ondulada que se extiende al Norte del Santuario de la Virgen de la Cabeza.

El más importante de ellos es el de «Navalasno», cuya corrida, de varios kilómetros, forma una alineación casi perfecta.

De Oeste a Este se presentan sus crestones de cuarzo, con rumbo E. 30° N., tendido casi vertical y potencia comprendida entre cuatro y diez metros, desde un kilómetro antes de la Casa de Navalasno hasta el paraje llamado Las Minillas, para seguir luego, más o menos señalados u ocultos por el matorral del monte, por el Cerro de los Vena-

dos hasta sobrepasar un buen trecho de la carretera de Andújar a Puertollano, que lo corta por dos veces en sus kilómetros 24 y 25.

Este largo afloramiento queda frecuentemente cortado o sustituido por grandes depresiones del terreno, que sin duda corresponden a las zanjas de las labores antiguas, hoy rodeadas de grandes terreras, con trozos de hematites y fragmentos de malaquita y en menor cantidad de azurita.

*Filón «San Blas».*—Siguiendo el trazado de la carretera hacia Puertollano, en la ladera SO. de una colina, se presenta un enorme afloramiento integrado por crestones de cuarzo y una masa de hematites con vetas de carbonato de cobre, que bien pudieran indicar la montera de una masa sulfurada inferior.

Su dirección es E. 22° N., su potencia 10 metros, su tendido casi vertical y su corrida, que cruza y sigue el camino viejo de Fuencaliente, es de varios kilómetros.

Este es el filón que ha dado origen modernamente a la mina «San Blas».

*Filón «San Juan II».*—El llamado «San Juan II», situado más al Norte que el precedente y próximo al contacto con las pizarras cambrianas, es exactamente igual al que acabamos de describir sucintamente, con el mismo rumbo, tendido y relleno, pero con potencia claramente inferior.

*Filón de Santa María de la Cabeza.*—Para completar la enumeración de los filones, mencionaremos que en la falda del Santuario de la Cabeza se presentan varios diques de hematites que siguen rumbo variable y de los cuales el más definido lleva dirección E. 10° N. En ellos no hemos apreciado indicio alguno de cobre, pero como pertenecen, sin duda, al mismo sistema que los anteriores, de los que

conservan las características principales, no sería extraño se pongan en evidencia en otros puntos de su corrida.

Otros muchos afloramientos, diversamente arrumbados y de distintas dimensiones, han sido observados en la comarca que se extiende hasta la línea de cumbres de Sierra Morena, en los límites de Jaén y Ciudad Real. Entre otros, citaremos los de Montealegre, orillas del río Sardinilla y el del Peñón del Rozalejo.

*Antecedentes mineros.*—No siendo posible, dada su total inaccesibilidad actual, visitar ninguna de las labores mineras que entre los años 14 y 21 montó la Compañía de «Minas de Castilla la Vieja y Jaén» en el filón de Los Escoriales, que de todos a los que nos hemos referido anteriormente es el único que se ha trabajado en la moderna época y con medios (aunque discutidos en su concepción técnica e insuficiencia) apropiados a una minería regular, nos reduciremos en este capítulo a resumir la impresión sacada de la lectura de otros tantos informes, redactados en años y ocasiones diferentes, por técnicos extranjeros y españoles que miraron el problema desde puntos de vista tan diferentes, como son los del vendedor, comprador y tasador oficial de una mercancía que en este caso era el coto minero de Los Escoriales.

Con estos informes a la vista, nos limitaremos a resumir la descripción de las labores que se llevaron a efecto en aquella época de trabajo, anotando cuantos datos se refieran a potencias cortadas, corrida investigada y todos aquellos que a más de servir para darse cuenta de la riqueza que pusieron en evidencia, avisen sobre las dificultades de desagüe y sostenimiento con que sin duda alguna tropezaron en el desarrollo del plan que quiso llevarse a cabo, indudablemente, sin éxito.

*Pozos.*—Se comenzó el número 1 en el pendiente del

filón, hasta que éste se cortó a 125 metros de profundidad. El mal terreno de la labor aconsejó su parada y el comienzo del número 2 (a 50 metros del primero) que fué emboquillado en el arrastre de la fractura. Se llegó con él en buen granito a 185 metros, pero como su emplazamiento poco centrado, obligaba a exagerar la longitud de las traviesas que en las diferentes plantas habían de llegar hasta el filón, se decidió su parada y la continuación del número 1, que después de profundizar sobre el filón cierto trayecto, fué en su arrastre hasta el metro 283, donde quedó parado en granito compacto.

Comenzada la galería de la planta 277, se hundió la parte alta del pozo (la que iba en terreno falso) y quedaron suspendidas definitivamente todas las labores.

*Trabajos en planta.*—El filón fué investigado en diez plantas diferentes, cuyas cotas, tomadas con relación a la boca del pozo número 1, son: 53, 77, 102, 127, 152, 177, 227 y 277 metros.

En las cinco primeras se tropezó con labores antiguas, que pusieron en evidencia que el filón tenía una veta de sulfuros de cobre de 10 a 30 centímetros de espesor. (Estas cifras se elevan, en otro informe que proviene de los dueños de la mina, a 80 y 90 centímetros).

Los reconocimientos hechos en la planta 177 metros, demostraron que de los 338 que se avanzaron en su corrida, sólo 154 fueron con mineral de calcopirita y chalcosina, con un espesor reducido de 0,21 metros y que a esta profundidad se presentaba ya gran cantidad de agua, que se retuvo entonces con presas de contención, levantadas en los frentes extremos.

Al nivel 227 se cortó el filón, pero el agua, a presión y en gran cantidad, motivó el hundimiento de la parte blanda de éste, con arrastre de materias oxidadas, que provenían

sin duda de labores antiguas. Se cortó la avenida con una presa como las anteriores.

La décima planta (277 metros) no llegó a dar enseñanza útil alguna. El recorte al filón tenía sólo 15 metros y estaba comenzado tan sólo el anchurón para el montaje de las bombas, cuando sobrevino el hundimiento del pozo y la parada definitiva y ruina de todas las labores.

*Desagüe.*—Todas las referencias son de que dió bastante que hacer y hasta se ha supuesto que su insuficiencia y defectuosa concepción técnica fué la causa de la ruina de todo el plan de laboreo.

Se calculó en 2.500 m.<sup>3</sup> diarios, sin la ayuda de las presas de retención que lo reducían a unos 800, estimándose que una vez sangrados los depósitos de aguas acumuladas en las labores antiguas la cantidad normal de la extracción diaria, sin presa alguna, no sobrepasaría de los 1.500 m.<sup>3</sup>

*Características del filón en profundidad.*—Las labores que acabamos de reseñar, hoy completamente inaccesibles, parecen demostrar que el filón tiene generalmente una potencia de cinco a seis metros, siendo sus hastiales de granito compacto y su buzamiento medio de unos 80° al Norte.

En sus zonas estériles, el filón se encuentra generalmente relleno de granito compacto, vetado de cuarzo. En sus partes metalizadas el granito se presenta descompuesto.

La veta de mineral ocupa, casi siempre, el centro del filón, con calcita, carbonato de hierro acompañando a los minerales de cobre en proporciones variables. Los principales minerales eran la calcopirita y la chalcosina, predominando la primera.

Estos sulfuros parece que dieron como término medio el 30% de cobre.

# INVESTIGACION DE LOS FILONES DE COBRE DE ANDÚJAR - FILÓN «LOS ESCORIALES»

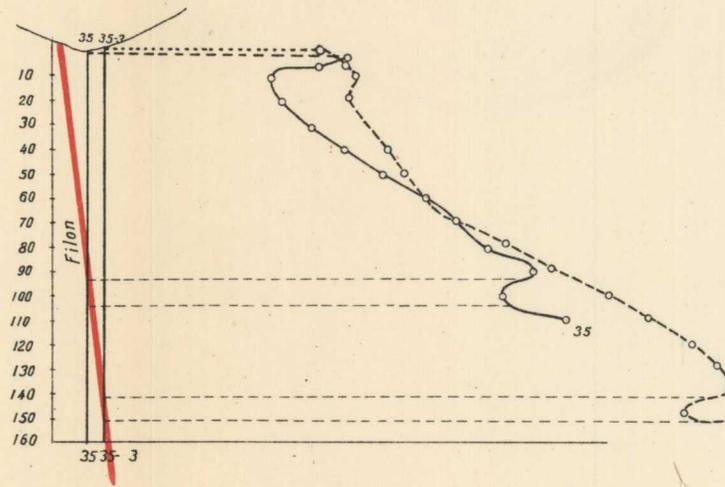
## PROYECCION VERTICAL DE LOS SONDEOS ELECTRICOS

### REPRESENTACION GRAFICA

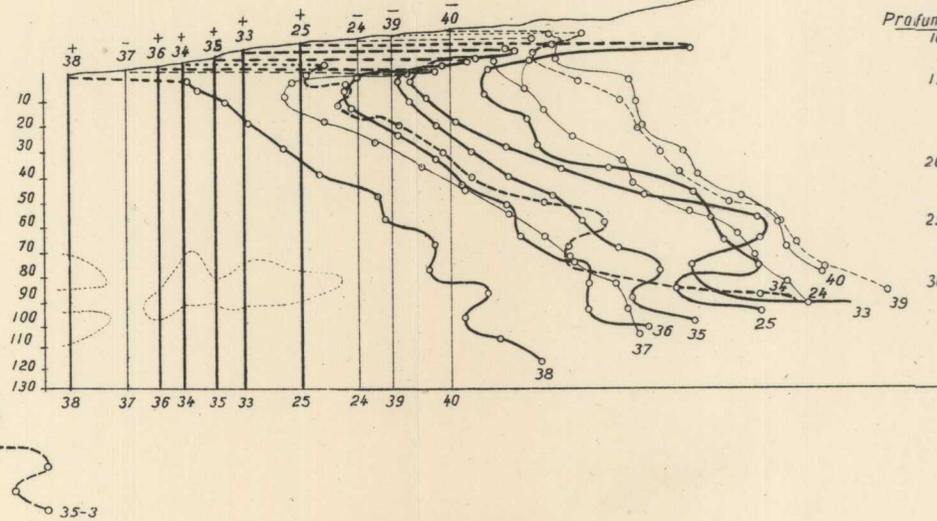
Escalas de Resistividades: 3,2 mm. = 5 ohmios-metro.  
 Profundidades: 8 mm. = 25 metros.



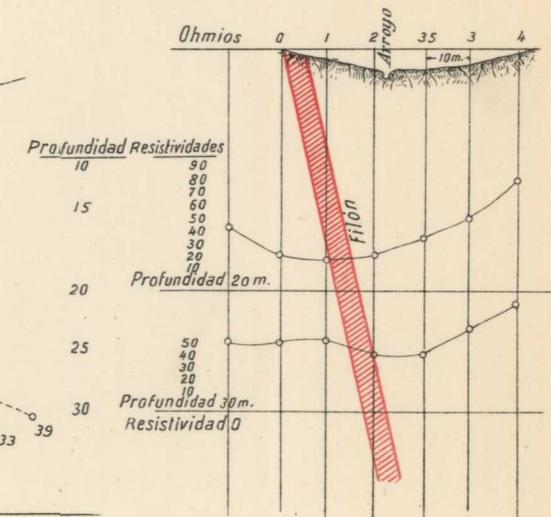
SONDEOS DEL PERFIL TRANSVERSAL



BARRANCO DEL CERRAJERO

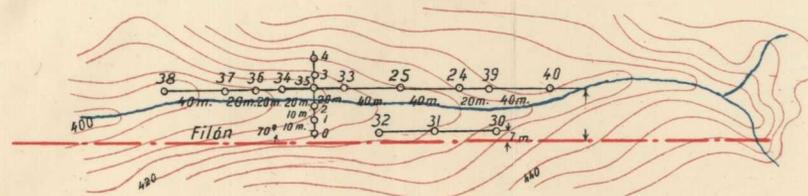


PERFIL TRANSVERSAL DE RESISTIVIDADES



Proyección horizontal de los sondeos eléctricos

Escala: 1 : 5 000



- + Sondeos positivos.
- Sondeos negativos.

# INVESTIGACION DE LOS FILONES DE COBRE DE ANDÚJAR - FILÓN «LOS ESCORIALES»

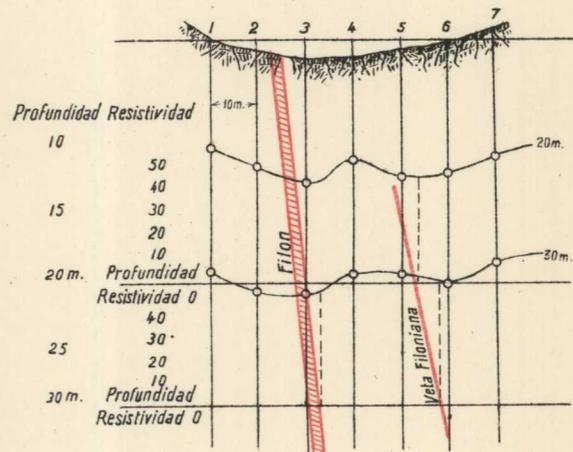
## PROYECCION VERTICAL DE LOS SONDEOS ELECTRICOS

### REPRESENTACION GRAFICA

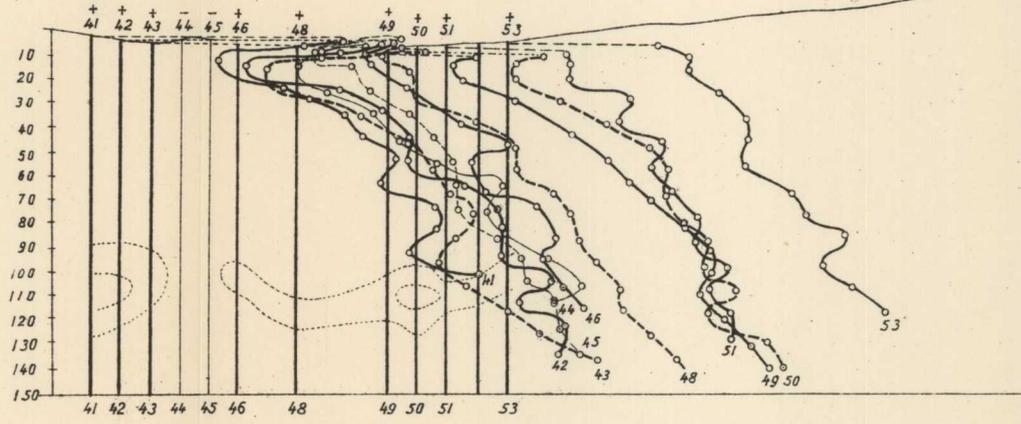
Escalas de  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Resistividades: } 3,2 \text{ mm.} = 5 \text{ ohmios-metro.} \\ \text{Profundidades: } 8 \text{ mm.} = 25 \text{ metros.} \end{array} \right.$



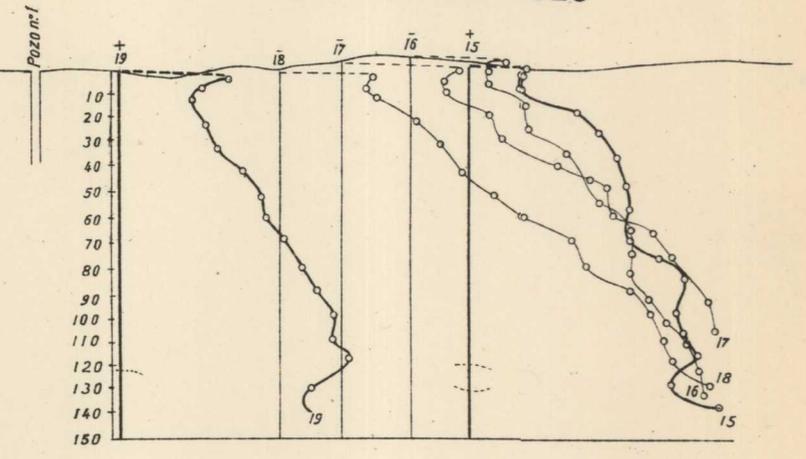
PERFIL TRANSVERSAL DE RESISTIVIDADES



ZONA OESTE DEL POZO

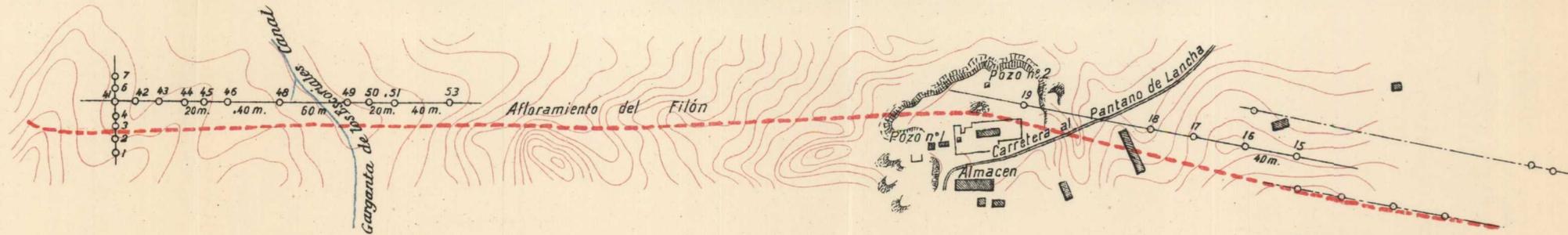


ZONA ESTE DEL POZO



Proyección horizontal de los sondeos eléctricos

Escala: 1 : 5 000



+ Sondeos positivos.  
- Sondeos negativos.

Los concentrados que se obtuvieron en cantidad de unas 600 toneladas, procedentes del lavado de las tierras extraídas de los avances y realces, tuvieron un ensaye medio de 28% de cobre metal.

El relleno del filón era suficientemente compacto para sostenerse bien y las labores necesitaron poca entibación.

#### LA INVESTIGACIÓN ELÉCTRICA EN LA ZONA DE ANDÚJAR

Una vez terminado el estudio geológico de los criaderos cupríferos de la zona de Andújar, se llegó al convencimiento de que los únicos apropiados para la investigación eléctrica eran Los Escoriales y Navalasno, cuyo trabajo exponemos a continuación.

*Sondeos eléctricos en el filón «Los Escoriales».*—Aun siendo claras las manifestaciones externas del filón (afloramientos, trabajos antiguos, hundimientos, etc.) era preciso localizar éste con precisión, por medio de líneas de sondeos, transversales a la corrida de aquél. Este trabajo ha sido de gran interés, pues no solamente se han localizado, en la zona próxima al pozo principal dos vetas, indicadas en la lámina XX, sino que nos ha determinado el buzamiento del filón.

Además de los dos perfiles citados, se han efectuado 50 sondeos, distribuidos entre el barranco del Cerrajero, Cerro de Mosquililla, barranco situado entre este cerro y el pozo principal y zona al Este del citado pozo (láminas XIX y XX).

En el barranco del Cerrajero (lámina XIX) se han podido interpretar geológicamente 10 sondeos, situados en una línea paralela al afloramiento teórico del filón y a 20 metros de su techo. Hemos prescindido de los sondeos que no nos ofrecían suficiente garantía por los accidentes del terre-

no o por otras razones. Es curioso comprobar como se manifiesta, con toda exactitud, el nivel hidrostático en concordancia con el del arroyo. Después, a las profundidades comprendidas entre 80 y 90 metros, próximamente, se corta en los sondeos números 25, 33, 34, 35 y 36, una zona del filón que por su notable disminución de resistividad, coincidente en todos ellos, interpretamos como metalizada. En el sondeo número 38, se cortan dos zonas de menor resistividad que pueden ser debidas a bifurcaciones del filón. En los números 24, 37, 39 y 40, la disminución es tan pequeña que pueden interpretarse como de haberse cortado el filón sin metalización, o filón de niega, como se llama vulgarmente en las zonas mineras.

En el barranco del Cerrajero se han efectuado también los sondeos números 30, 31 y 32, que no han suministrado manifestación alguna de interés.

El sondeo número 35-3.º, situado a 30 metros del filón, corta la misma zona de menor resistividad correspondiente al 35, pero a 147 metros de profundidad, como era de esperar (lámina XIX), lo que nos proporciona además el buzamiento de la veta metalizada.

La segunda zona en que se han podido encontrar manifestaciones positivas está situada entre el Cerro de Mosquillilla y el pozo principal del filón, y la hemos llamado en el plano «Zona del Oeste del pozo». En la lámina XIX se dibujan solamente los 11 sondeos que han dado indicaciones positivas a la profundidad de unos 100 metros, que son los números 41, 42, 43, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52 y 53. En los tres primeros se observa una bifurcación del filón. Los números 44 y 45 no presentan anomalías a la profundidad correspondiente al corte del filón.

En este mismo sector se hizo también un perfil de resistividades a las profundidades constantes de 20 y 30 me-

tros. En la lámina XX se observan dos zonas de resistividad mínima, situada a una distancia mutua de 20 metros, que nos indican dos vetas del mismo o de distintos filones.

La proyección sobre la vertical de cada sondeo de los mínimos de las curvas nos suministra el buzamiento del filón. Las inflexiones encontradas nos son suficientes para suponer una metalización explotable a las citadas profundidades.

En el sector correspondiente investigado, a levante del pozo principal, se han hecho cinco sondeos en una línea paralela al filón y situada a 20 metros de distancia del afloramiento, por el lado del mismo. Estos sondeos han cortado a éste a mayor profundidad que los anteriores, por presentarse casi vertical. No se observan disminuciones apreciables en los valores de la resistividad aparente que puedan interpretarse como producidos por una metalización, más que los sondeos 15 y 19.

*Sondeo eléctrico en el filón «Navalasnó».*—Ya hemos dicho que el afloramiento del filón «Navalasnó», está cortado por la carretera de Andújar a Puertollano, en el hectómetro 8 del kilómetro 34.

Tiene una dirección aproximada de NE.-SO., su potencia oscila entre uno y cinco metros, en la zona reconocida, y se halla en posición casi vertical, con ligera tendencia, si acaso, hacia el SO.

Se puede seguir su afloramiento, a trechos interrumpidos, en una longitud, quizá, superior a 10 kilómetros, y presenta una serie de rafas y pequeñas hondonadas en todo su recorrido que son señales evidentes de trabajos antiguos, probablemente romanos.

Parece ser que los reconocimientos más importantes están situados en la parte occidental de la concesión «La Santa»; pero las dificultades de acceso para el personal y

traslado de los aparatos en la época en que se hizo el trabajo de campo, unido a la imposibilidad material de vivir en dicho lugar, han impuesto la resolución de limitar el estudio en su zona oriental, situada en las cercanías de la carretera y próxima a la línea de contacto del batolito granítico, donde encaja el criadero con las pizarras cambrianas.

Se han practicado 10 sondeos eléctricos, cuya profundidad media, para cada uno de ellos, ha sido de 100 metros; ocho de los cuales se ubicaron según la marcha del filón, situándolos ligeramente sobre el techo, y los dos restantes en plena roca granítica, suficientemente separados de la influencia de aquél para poder determinar la resistividad de dicha roca.

La longitud reconocida ha sido de un kilómetro próximamente y los resultados obtenidos se representan en la lámina XX, después de haber suprimido los sondeos cuyos resultados no ofrecían completa garantía por las dificultades inherentes al lugar de su emplazamiento.

La investigación eléctrica del filón «Navalaso» es completamente distinta de las anteriores a causa de presentarse éste en posición casi vertical. El campo eléctrico se crea en el filón mismo, en lugar de producirse en el medio ambiente donde se encuentra encajado. A consecuencia de ello no se apreciarán las diferencias de resistividad aparente entre ambas formaciones, sino las existentes entre las distintas zonas del mismo filón, íntimamente ligadas a la existencia de aguas cargadas de sales en disolución, cuya conductividad eléctrica es muy importante.

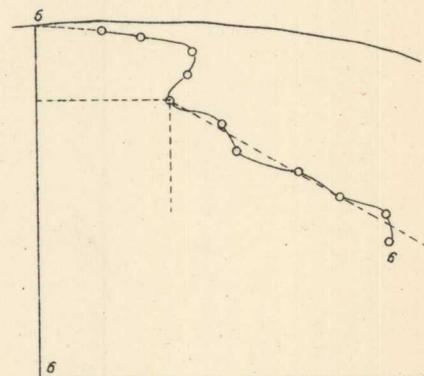
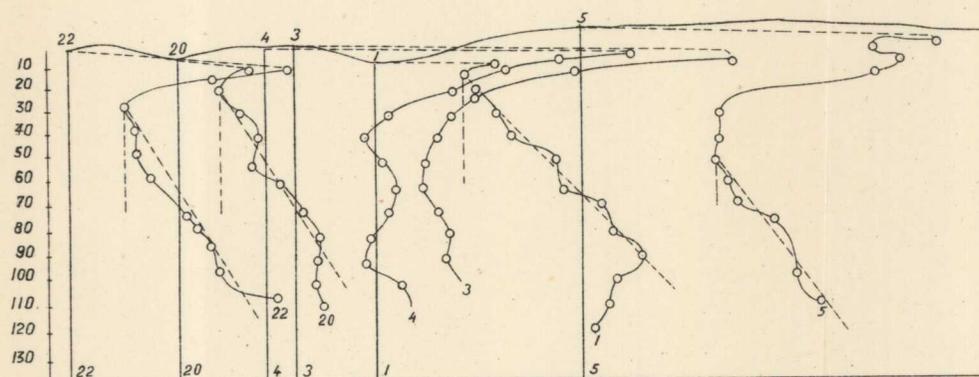
Uno de los sondeos efectuados fuera del filón para determinar las características eléctricas del granito, es el número 6, situado en el plano transversal al filón que pasa por el número 5, y cuyo campo eléctrico se ha creado

# INVESTIGACION DE LOS FILONES DE COBRE DE ANDÚJAR - FILÓN «NAVALASNO»

## PROYECCION VERTICAL DE LOS SONDEOS ELECTRICOS

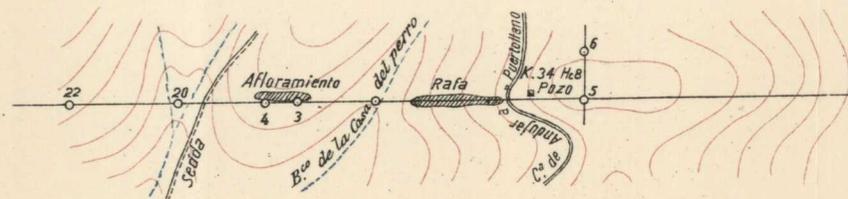
### REPRESENTACION GRAFICA

Escalas de  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Resistividades: } 3,2 \text{ mm.} = 5 \text{ ohmios-metro.} \\ \text{Profundidades: } 8 \text{ mm.} = 25 \text{ metros.} \end{array} \right.$



### Proyección horizontal de los sondeos eléctricos

Escala: 1 : 10.000



en la dirección paralela al filón. En su gráfica de resistividades aparentes se observa que a los 20 metros de profundidad, próximamente, se encuentra el nivel de las aguas y poco después continúa el granito compacto, cuya resistividad aumenta gradualmente. El incremento medio aproximado de la resistividad aparente por metro de profundización o sea el valor medio del gradiente de aquel parámetro es igual a la tangente del ángulo indicado en la lámina.

Entre los sondeos efectuados en el filón, mencionaremos los números 1, 3, 4, 5, 20 y 22. El 1, el 20 y el 22, presentan una silueta eléctrica análoga al 6, efectuado en el granito.

El gradiente medio de la resistividad aparente de todos ellos es casi igual, o ligeramente superior, al del número 6, como debe suceder, puesto que el grado de humedad de la caja del filón debe ser superior al del granito compacto. Esto parece indicarnos que en las verticales de los sondeos respectivos no hay causas que aumenten la conductividad eléctrica aparente o sea que no hay masas mineralizadas de cobre, ni agua con sales en disolución.

La última parte de la gráfica del sondeo 1, presenta una zona más conductora, que puede ser debida a la existencia de aguas filonianas o de alguna masa de minerales de cobre de pequeña importancia.

El sondeo número 5 es muy distinto a los anteriores. La capa de agua se encuentra a la misma profundidad que en el 6, o sea a unos 20 metros. Después, la resistividad aparente disminuye rápidamente, hasta permanecer casi constante en el valor mínimo, en otros 30 metros de profundidad. Por último, en los puntos restantes reaparece la alineación caracterizada en los tres sondeos ya mencionados.

El agua puede explicarnos la existencia del trozo de la curva paralela al eje de las profundidades, o sea de resisti-

vidad aparente constante y mínima, puesto que en el sondeo número 6, en donde no había filón, el agua se encontraba a la misma profundidad. En el sondeo que estudiamos, situado en el filón mismo, el agua ha rellenado alguna oquedad existente hasta su terminación, 30 metros más abajo.

Desde allí reaparece el filón estéril, caracterizado por los sondeos anteriores.

No es imposible que en la zona anegada del filón hubiera también alguna masa de minerales de cobre, pero, de todas maneras, ésta sería de poca importancia por desaparecer en seguida en profundidad.

Nos restan los sondeos 3 y 4, que tienen un perfil semejante al 5, indicando una zona anegada del filón de mayor profundidad que en éste. Los últimos trozos de los perfiles correspondientes tienen una tendencia que parece iniciar la zona estéril, indicada también en aquél.

Como resumen de lo expuesto, se deduce que en la zona estudiada del filón «Navalaso», las zonas estériles constituyen su casi totalidad y existe agua abundante en varios lugares.

En estas zonas anegadas del filón, pueden existir algunas masas de minerales de cobre, no muy extensas, puesto que están rodeadas de zonas estériles y, por consiguiente, de poca importancia.

*Filón La Santa*

Distancia A-B en metros	$\rho$ ohmios m <sup>2</sup> /m. Número de los sondeos			
	20	21	22	23
10	16	60	66	20
20	12	34	47	16
40	10	19	31	11
80	14	15	11	19
120	17	13	14	21
160	16	14	14	37
200	22	14	18	53
240	27	19	23	28
280	30	21	27	41
320	30	17	31	34
360	30	29	31	28
400	31	37	44	37
440	,	30	,	45
480	,	26	,	,
520	,	26	,	,

*Filonos de la Virgen de la Cabeza*

Distancia A-B en metros	$\rho$ ohmios m <sup>2</sup> /m. Número de los sondeos								
	1(*)	2(*)	3(*)	4(*)	5(*)	6(*)	7(**)	8(**)	9(***)
10	25	51	156	79	74	14	31	38	80
20	19	36	106	62	64	22	329	41	82
40	21	40	59	49	71	34	229	33	75
80	25	99	38	40	43	32	141	135	79
120	28	36	33	25	31	29	81	64	60
160	37	41	30	22	30	38	43	55	61
200	40	35	28	24	30	42	50	87	70
240	47	35	27	27	33	55	51	64	65
280	50	35	31	26	35	63	26	122	,
320	56	39	32	22	42	73	66	123	,
360	51	73	31	21	76	74	47	252	,
400	49	58	35	29	47	97	74	318	,
440	47	,	,	52	63	,	18	135	,
480	,	,	,	,	,	,	,	191	,

(\*) Casilla del Perro.

(\*\*) Alto Mosquito.

(\*\*\*) Junto a la carretera.



zonas estériles constituyen su casi totalidad y existe agua abundante en varios lugares.

De estas zonas anegadas del filón, pueden existir algunas masas de minerales de cobre, no muy extensas, puesto que están rodeadas de zonas estériles y, por consiguiente, de poca importancia.

### § 20. Zona de Marmolejo.

RESEÑA GEOGRÁFICA.—Los filones de cobre de la zona de Marmolejo se encuentran tan internados en la sierra, tan lejos del pueblo de estancia posible, y en situación de acceso tan complicada y difícil, que fué preciso reducir el estudio de los mismos a uno solo de ellos, en el que se efectuaron los sondeos eléctricos necesarios para su reconocimiento.

Se eligió, entre los previamente reconocidos, el de mejor apariencia superficial, cuya dirección es sensiblemente de Norte-Sur. Está situado en la margen izquierda del barranco Tamujos y en la vertiente meridional del macizo donde se alza la cortijada de Navalamojeda, a unos cinco kilómetros al Sur de la misma.

Sobre dicho filón, cuyo afloramiento se manifiesta sin solución de continuidad en más de un kilómetro, se hallan repartidas varias calicatas o rozas de apariencia remota, posiblemente eneolítica, en las inmediaciones de las cuales y con relativa profundidad se encuentran herramientas primitivas de trabajo, tales como martillos de diferentes formas y tamaños, hechos con trozos apropiados de roca dura, en general de naturaleza porfídica, de los que se han recogido varios ejemplares.

El terreno es extraordinariamente accidentado. Las cotas varían con gran rapidez en pequeñas extensiones, presentándose diferencias de nivel que se cifran en centenares

de metros. El acceso más fácil desde Marmolejo a la zona de referencia es por la carretera general de Andújar a Villanueva del Duque, hasta el kilómetro 27 de la misma, derivando después hacia levante por una senda tortuosa y difícil, en longitud aproximada de cinco kilómetros.

RESEÑA GEOLÓGICA.—Como la zona corresponde a la formación geológica de la Sierra Morena, el núcleo donde arman los filones es el granito en todas sus variedades de colorido, destacándose frecuentemente el tono gris y la textura porfiroide. Se presentan zonas idénticas a las observadas en las zonas de Pozoblanco y Santa María de la Cabeza como ejemplares de grandes cristalizaciones de ortosa.

Dentro del batolito granítico se observan superficialmente zonas de roca descompuesta, dando lugar a terrenos arenosos, aunque interrumpidos también, de vez en cuando, por asomos duros y compactos.

Tampoco es rara la existencia de tizones o diques que atraviesen el macizo, algunos de naturaleza porfídica y otros de textura granuda y color gris verdoso con apariencia diabásica. En los contornos de estos asomos eruptivos suelen aparecer zonas piritosas y algunas de ellas con manchas cobrizas. Uno de ellos se halla no lejos del criadero estudiado, en el inmediato barranco de Tamujos, y sobre él se ha abierto una profunda trinchera.

En las zonas marginales del batolito aparecen las pizarras, a veces fuertemente metamorfizadas. Su dirección es generalmente de levante-poniente, con buzamientos encontrados, constituyendo en la zona de contacto y sus cercanías algunos sinclinales separados, y aprisionados por la roca hipogénica que alterna con aquéllos.

**CRIADEROS METÁLICOS.**—Los observados en esta zona meridional del batolito, o zonas de contacto, difieren poco entre sí. En todos ellos son muy escasos los trabajos de reconocimiento y todos son, también, de mediana apariencia. El de mejor aspecto es el estudiado, cuya dirección es sensiblemente Norte-Sur, como ya hemos dicho. Su potencia oscila entre uno y dos metros y el relleno es cuarzoso, con manifestaciones ferruginosas y frecuentemente manchado de minerales cobrizos.

#### LA INVESTIGACIÓN ELÉCTRICA EN LA ZONA DE MARMOLEJO

La investigación eléctrica en el filón de Navalamojeda, situado en el término municipal de Montoro, cerca de su límite con el de Marmolejo, ha consistido en cinco sondeos. Dos de ellos, el número 1 y el número 2, están situados sobre el afloramiento, oculto en parte, del filón citado. Los tres restantes se encuentran en una alineación perpendicular al mismo. El lugar del emplazamiento de los sondeos, sus distancias mutuas y los desniveles existentes entre ellos, se indican en el plano representado en la lámina XXI. También se han dibujado en la misma lámina los diagramas eléctricos obtenidos para cada uno de ellos, excepto el del sondeo número 1, que se proyecta sobre el dibujo según una línea que coincide, aproximadamente, con la correspondiente al número 2 y que hemos suprimido para mayor claridad.

La primera consecuencia que deducimos del examen y comparación de los diagramas eléctricos es la casi identidad de todos ellos, no obstante la diferencia de estar efectuado el número 2 dentro del filón y los restantes en la masa granítica donde aquél está encajado. No se aprecia, por consiguiente, la existencia de minerales de cobre en

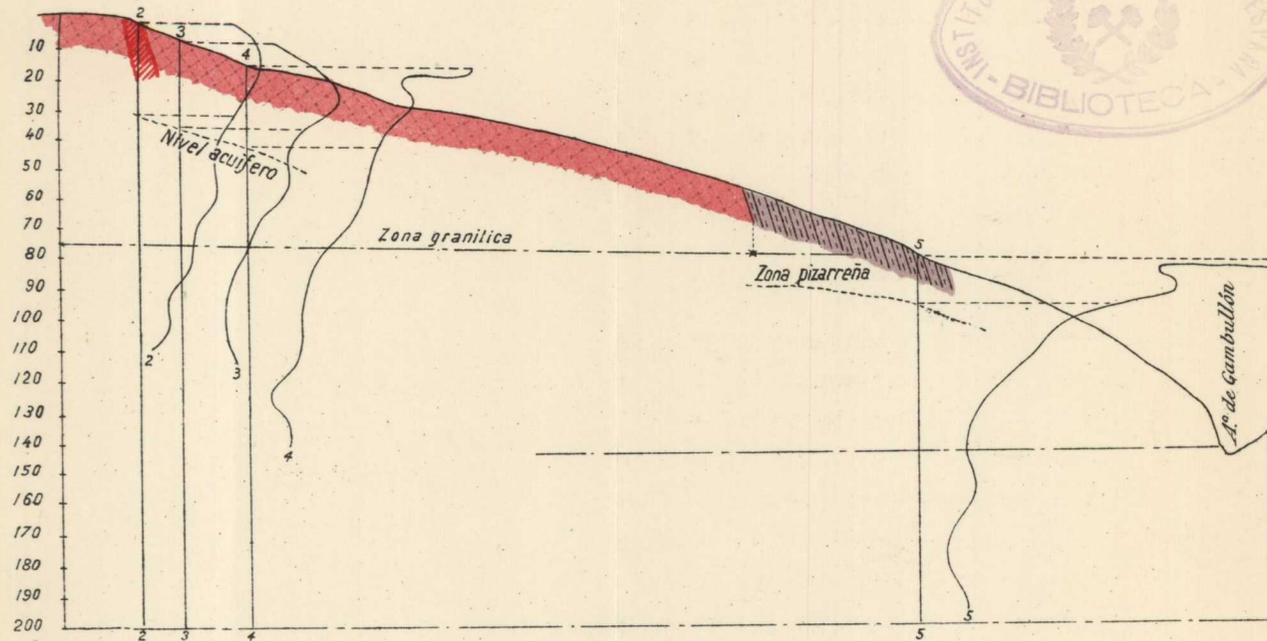
# INVESTIGACION DE LOS FILONES DE COBRE DE MARMOLEJO

## FILON DE NAVALAMOJEDA (MONTORO)

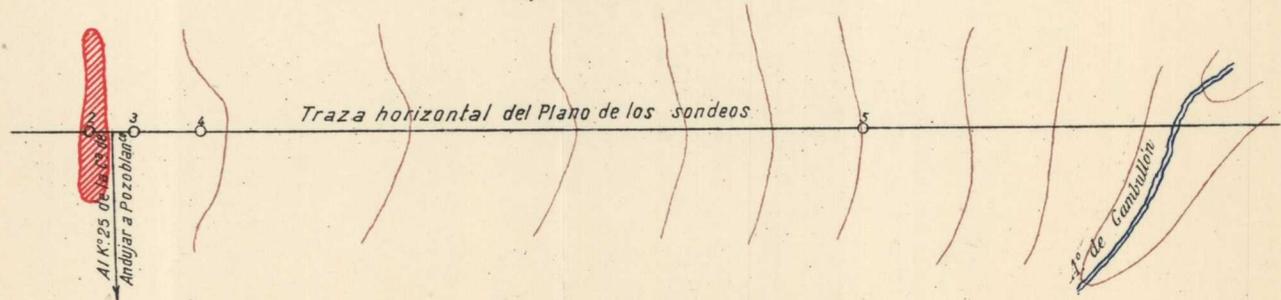
### Proyección vertical de los sondeos eléctricos

REPRESENTACION GRAFICA

Escalas de { Resistividades: 16 mm. = 5 ohmios-metro.  
Profundidades: 40 mm. = 25 metros.



### Proyección horizontal



aqué. Las resistividades aparentes disminuyen rápidamente, indicando un nivel acuífero situado a unos 20 metros debajo de la superficie, que hemos dibujado en la lámina y que continúa debajo del nivel del arroyo Gambullón, según se comprueba en el sondeo número 5. El agua que contiene el filón y rellena los poros de la masa granítica descompuesta es la causa, a nuestro juicio, de la gran conductividad eléctrica de toda la zona investigada, sin que haya motivo alguno que permita afirmar la existencia en el filón de minerales de cobre.

CONCLUSIONES.—Las dificultades para el acceso a la zona de Navalamojeda, la abundancia de agua subterránea en el filón y en sus alrededores y la falta de indicaciones eléctricas positivas en la investigación efectuada, no aconsejan recomendar esa zona para ulteriores trabajos mineros de reconocimiento, sobre todo mientras existan otras sin reconocer de mayor interés.

---

## **CAPITULO V**

### **INVESTIGACION HIDROLOGICA POR EL METODO SISMICO EN ALCORA (CASTELLON DE LA PLANA)**

---

**§ 21. Introducción.**—El Ayuntamiento de Castellón de la Plana elevó una instancia a la Dirección General de Minas y Combustibles, en solicitud del auxilio del Estado, para un alumbramiento de aguas subterráneas que pudiera compensar su gran escasez para el abastecimiento de la población.

El Director del Instituto Geológico y Minero de España, confió a la Sección Hidrológica de este Centro, el estudio de las zonas que creyese más conveniente, no sólo para abastecer de agua a los servicios públicos de la capital, sino para el riego de las regiones susceptibles de ello con el posible sobrante.

En un informe de los Sres. Templado y Benito, se indica la posibilidad de realizar, por medio de galerías, la captación de aguas subterráneas no aprovechadas, procedentes de la rambla de la Viuda, situada en el término municipal de Alcora. Las labores de captación debían efectuarse en las proximidades del pantano de María Cristina, con el plan de hacer verter sus aguas directamente al canal, en el caso de utilizarlas para riego.

Para conseguir el fin propuesto con estas obras, que significan la perforación de una galería de varios kilómetros

de longitud aguas arriba de la rambla y a partir de unos 100 metros de distancia del vaso del pantano, con objeto de evitar toda influencia perjudicial, es indispensable que la constitución estratigráfica del subsuelo en dicha zona reúna las características hidrológicas y petrográficas necesarias para ello. Pero encontrándose los terrenos secundarios ocultos por una cubierta de conglomerados modernos, no es posible garantizar un buen resultado al citado proyecto sin recurrir a otros métodos de investigación, como son los de la geofísica aplicada o los de los sondeos; éstos mucho más caros y lentos que aquéllos.

Por estas razones, en el informe geológico ya citado, se propone un estudio geofísico del subsuelo que pueda determinar la profundidad y calidades de ciertas capas, a fin de captar el mayor volumen de aguas, en caso de ser realizable el proyecto.

El método elegido para su realización ha sido el sísmico, por ser el más apropiado para resolver un problema de esta índole, ya que no sólo nos permite conocer la profundidad a que se encuentran los distintos grupos de estratos del subsuelo sino también su composición petrográfica general.

## **§ 22. Reseña geográfica y geológica.**

RESEÑA GEOGRÁFICA.—La zona de esta investigación comprende parte de los términos municipales de Alcora, San Juan de Moró y Borriol. Está limitada, al Norte, por la rambla del primero de dichos pueblos y el paraje de Serretes; al Sur, por el camino vecinal de Ribesalbes y el kilómetro 10 de la carretera de Castellón a Lucena; al Este, por el meridiano que pasa por el hito de dicho kilómetro, y, al Oeste, por el de Alcora (véase el plano general, lámina XXII).

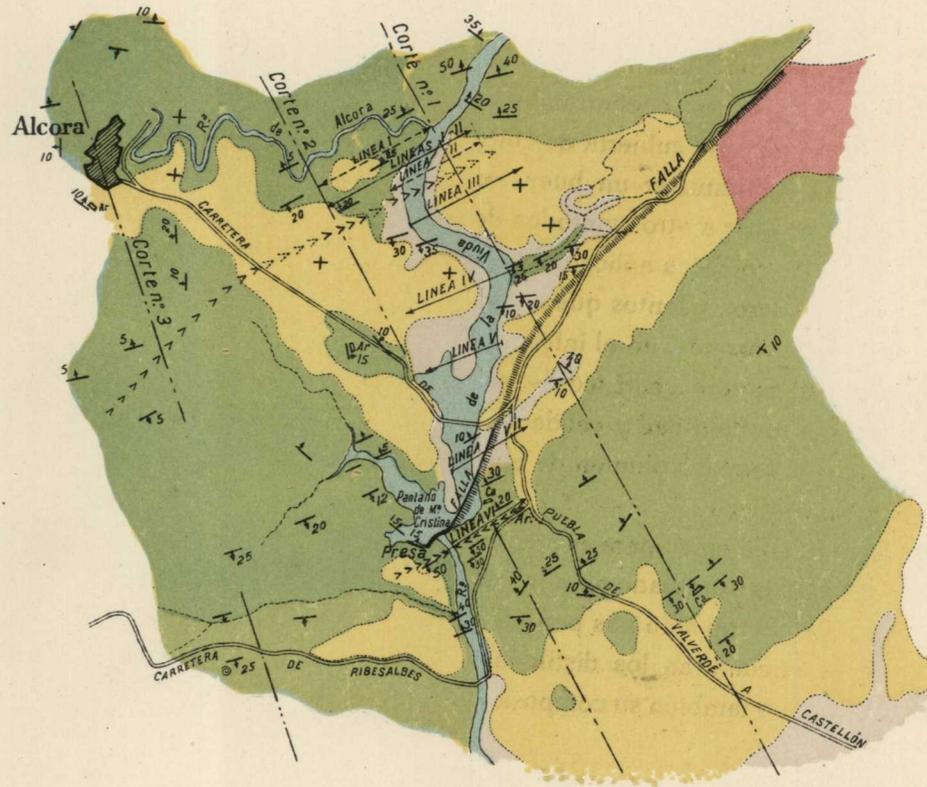
Las investigaciones geofísicas se han realizado en una

# INVESTIGACION HIDROLOGICA EN ALCORA POR EL METODO SISMICO

Lám. XXII

## PLANO GEOLOGICO

Escala 1:100.000



- |             |   |                                 |
|-------------|---|---------------------------------|
| CUATERNARIO | □ |                                 |
| TERCIARIO   | □ |                                 |
| CRETACEO    | } | Calizas                         |
|             |   | Arenas arcillas y conglomerados |
| TRIASICO    | □ | Arcillas y arenas               |

faja de cinco kilómetros de longitud por 1.500 metros de anchura, cuyo eje mayor concuerda con la dirección media aproximada de la rambla de la Viuda, y las observaciones geológicas se han ampliado a los alrededores de la misma, en la medida indicada en el mencionado plano.

La carretera general del Grao de Castellón a Lucena del Cid es su vía principal de comunicación. Atraviesa la rambla de la Viuda y, por lo tanto, la zona de estudio, en el kilómetro 18, por medio de un puente metálico. En el mencionado kilómetro nace la bifurcación que conduce a Villafamés, pasando por S. Juan de Moró. Las dos carreteras están cruzadas por diversos caminos de herradura y de labor.

La hidrografía de la zona está representada por la cuenca de la citada rambla, que tiene como afluente principal la de Alcora, en su margen derecha. Afluyen a ella otros barrancos por sus dos márgenes, siendo entre ellos los más importantes el que desciende desde las inmediaciones de Alcora hasta las de la presa del pantano, por la derecha, y el que por la margen izquierda discurre entre Mas de Flors y San Juan de Moró.

Su régimen es de carácter intermitente y torrencial, como corresponde a las cercanías de la sierra. Se alimenta principalmente de las aguas que discurren y son absorbidas por el macizo montañoso del Maestrazgo, y su notable particularidad consiste en que, por la naturaleza arenosa de las capas que forman su lecho y las frecuentes grietas existentes en las rocas de tipo calcáreo que constituyen su estructura, gran parte de aquéllas se infiltran en el subsuelo, estableciendo una corriente subálvea de tanta importancia quizá, si no mayor, que la superficial. Esta corriente interior, de existencia evidente, cuyo caudal es de gran interés recoger y guiar, es la que justifica el estudio geofísico de que tratamos.

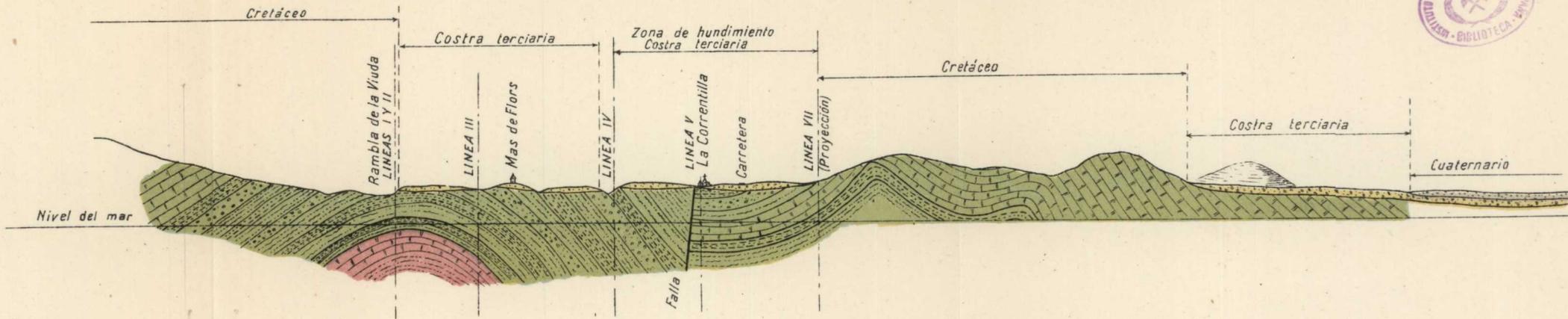
La topografía, debida en su mayor parte a accidentes de orden tectónico y ultimada por fenómenos de erosión, se divide en dos partes: una de suave perfil y pendiente sensiblemente uniforme, hacia Castellón y el mar, que constituye la hermosa y fértil vega de La Plana, y otra, accidentada y ascendente hacia el Norte, donde se encuentra la zona de estudio, coincidente con una extensión de bajo nivel circundada por un conjunto orográfico, cuyas cotas crecen desde el centro de la misma hacia el exterior. El orden de dichas cotas está comprendido entre 150 metros, que corresponde al término medio de la zona de San Juan de Moró, hasta 500 metros y más, que corresponden a los de Borriol, Ribesalbes y Alcora.

El clima suave y la fertilidad de su suelo hace de dicha región una de las más productivas de España.

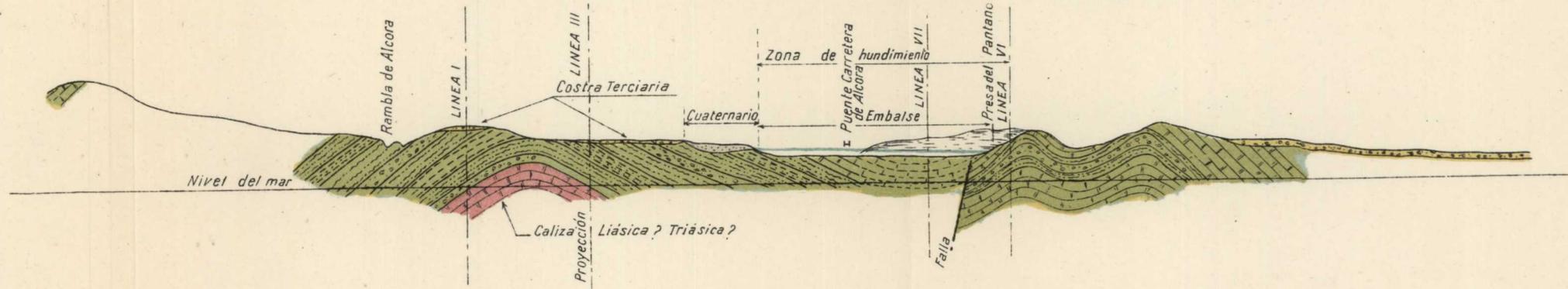
RESEÑA GEOLÓGICA.—En el mapa geológico de España, la zona de nuestro estudio, o una gran parte, al menos, de la misma, así como su extensión por Alcora hasta Lucena, se la clasifica como perteneciente a la formación triásica. En otros planos geológicos más recientes se rectifica esta clasificación y se la incluye en las pertenecientes al período cuaternario. Nosotros hemos restringido ambos términos de clasificación, fijando como triásica una pequeña mancha localizada en el ángulo NO. del plano, que es el único lugar de dicha zona donde se manifiestan las areniscas y margas irisadas clásicas de tal formación; como Cuaternario y Diluvial, una faja que sigue las márgenes de la rambla de la Viuda, con entrantes sobre los afluentes de la misma, y la extensión de La Plana; y como Cretáceo el resto, recubierto en parte por una costa terciaria. Puede decirse que, en esta segunda formación cuaternaria, su límite concuerda con la línea divisoria del cultivo del naranjo y el algarrobo,



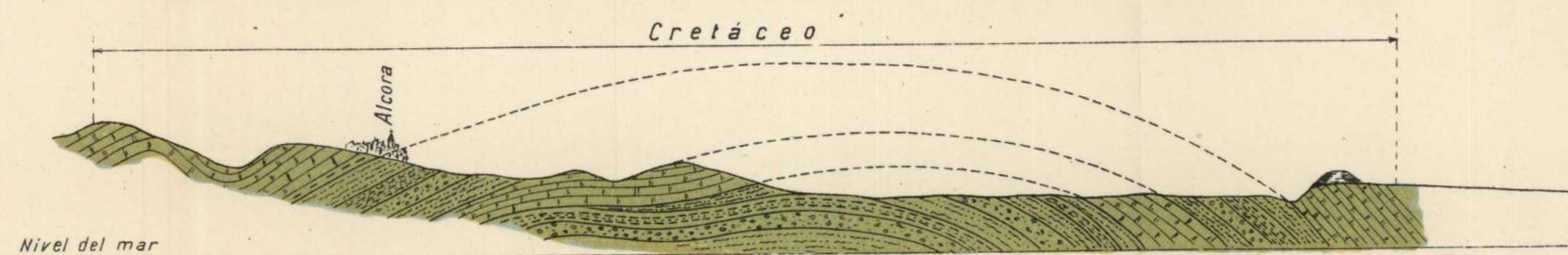
CORTE GEOLOGICO N.º 1 POR EL ORIGEN DE LAS LINEAS SISMICAS I y IV



CORTE GEOLOGICO N.º 2 POR EL FINAL DE LAS LINEAS I-IV y V y ORIGEN DE LA VII



CORTE GEOLOGICO N.º 3 ENTRE ALCORA Y EL KILOMETRO 7 DE LA CARRETERA DE RIBESALBES



- Cuaternario
- Terciario
- Arcillas areniscas y conglomerados
- Calizas

Escalas: { Horizontales: 1 : 50.000  
Verticales: 1 : 25.000

situado en el kilómetro 11 de la carretera de Castellón a Lucena.

A partir de esta divisoria persiste el terreno de labor, pero con escaso espesor y como producto exclusivo de la desagregación *in situ* de una costra calcáreo-brechosa, indudablemente terciaria, a juzgar por la naturaleza de sus componentes, todos de marcado carácter mesozoico.

Esta costra aflora, perfectamente diferenciada del terreno diluvial superpuesto, en las márgenes de río Seco, y desciende hacia el mar, con pendiente de unos 5° con el horizonte, en el sentido opuesto, o sea hacia el Norte, continúa hasta intestar con el asomo cretáceo; presenta solución de continuidad entre los kilómetros 14 y 16 de la aludida carretera y prosigue después extendiéndose por toda la zona de San Juan de Moró, Mas de Flors y la región SE. de Alcora, amén de otros pequeños isleos separados por denudación.

El espesor de la misma depende del lugar de observación, pero en términos generales difiere poco de un metro, y en su composición entran trozos más o menos grandes de caliza, de marcado carácter cretáceo, de areniscas, posiblemente cretáceas y también triásicas, unidos todos por un cemento calcáreo.

Debajo de este horizonte terciario se encuentran otros secundarios, posiblemente infracretáceo, de calizas compactas, areniscas y arcillas, con interposiciones, a veces, de pizarras arcillosas. La disposición de sus horizontes está representada en los cortes geológicos de la lámina XXIII.

Como horizonte superior o de cobertera de la formación secundaria existe una caliza compacta de gran espesor, que se manifiesta en las inmediaciones de Alcora y en la parte meridional de la zona, en bancos potentes, con indudable correspondencia estratigráfica, aunque denudados en su

parte central. Sobre estas calizas se halla estribada la presa del pantano de Alcora, en la rambla de la Viuda, y de ellas se explotan varias canteras para la obtención de materiales de construcción y fabricación de cal. Como apoyo inmediato de las mismas aparece, generalmente, un horizonte de areniscas de colores claros, amarillento a veces y poco coherente, que sirve a su vez de techo a una zona de arcillas y pizarras arcillosas, de tinte ferruginoso y grisáceo. Se repite, frecuentemente, un horizonte de calizas de espesor más reducido y aparece de nuevo una potente zona de areniscas, pizarras arcillosas y arcillas propiamente dichas, que descansan sobre un espesor francamente arenisco de textura basta, conglomerada, que en los niveles profundos se convierte en una verdadera pudinga o gonfolita.

En uno y otro horizonte las arcillas son objeto de múltiples explotaciones con destino a la alfarería y cerámica.

Las calizas mencionadas, especialmente las del tramo superior, son, en algunos sitios, eminentemente fosilíferas, en términos tales que hemos hallado, a unos 500 metros aguas arriba de las líneas sísmicas I y II, en la margen izquierda de la rambla de la Viuda, un banco compuesto, en toda su potencia, superior a un metro, de restos de conchas íntimamente enlazadas por una ligera proporción de cemento calizo. En la estribación izquierda de la presa del pantano, en el kilómetro 7 del camino vecinal de Alcora, cruce con el de Ribesalbes, en las canteras de Alcora y en las de Borriol, se encuentran también múltiples ejemplares, no muy completos ni fáciles de obtener, pero discernibles, de *orbitolinas*, *toucasias*, moldes de *nerineas* y multitud de *ostreas*, que confirman la clasificación infracretácea que se asigna a dichas calizas.

La comprobación paleontológica encontrada en los horizontes calizos y su alternancia estratigráfica con los de

areniscas y arcillas situados dentro de la zona de estudio, nos induce a considerarla, en conjunto, como perteneciente a la formación del Cretáceo inferior.

Una particularidad digna de mención en el estudio estratigráfico es que, en algunos lugares, especialmente en la parte meridional de la zona, entre la carretera y la rambla, en el lugar denominado de la Serrulla, se explotan unos bancos de arcilla y pizarras blandas arcillosas, entre las que aparecen multitud de trozos de hierro oolítico, en nódulos de forma ovoidea, de arenisca teñida de oxidaciones ferruginosas, en forma concéntrica, tan profusamente, que la distribución de estos nódulos por las terreras da la sensación, más que de una explotación de arcillas, de una mina de hierro. Esto pudiera significar, quizá, una aproximación al horizonte triásico, explicable por su cercanía a la zona de hundimiento que se aprecia más al Norte.

En el orden tectónico, la serie de pliegues orientados de NE. a SO. indica un empuje en dirección normal, consecuencia inmediata del descenso mediterráneo y de la emergencia forzada de su costa. Como secuela del mismo, un efecto de descompresión pudo producir la rotura y hundimiento de una zona de forma sensiblemente circular, que adquiere precisamente su máxima manifestación en las inmediaciones del emplazamiento de la presa. En las calizas que la forman se han originado fracturas diversas, agrandadas por la acción de las aguas. Este fenómeno, unido al carácter poroso de las areniscas que forman el fondo de la rambla, con inclinaciones variables, pero siempre en el sentido de la corriente, constituye el motivo fundamental de la pérdida de una gran parte de las aguas almacenadas en dicho pantano.

Resumiendo las consideraciones expuestas, comprobadas después en la investigación geofísica, podemos decir

que las rocas constitutivas de la estructura interna de la zona, desde la superficie del suelo hasta el nivel del mar, habrán de ser calizas, areniscas y arcillas alternantes, predominando los dos horizontes últimos.

En el fondo existe una tongada de calizas, quizá repetición de las superiores, de carácter infracretáceo o quizá perteneciente a los sistemas Liásico o Triásico, que afloran al Norte de la zona.

### § 23. La investigación sísmica.

**DISTRIBUCIÓN DE LAS LÍNEAS SÍSMICAS.**—Se han llevado a efecto en este trabajo siete líneas sísmicas, que comprenden 98 estaciones. Su dirección general aproximada E.-NE., coincide con la de estratificación de las capas de areniscas y arcillas que afloran en las márgenes de la rambla de la Viuda.

Están situadas, según se indica en la lámina XXII, en las proximidades de la misma rambla, a una distancia mutua de un kilómetro, en el sentido de aguas abajo, hacia el pantano de María Cristina. Las últimas líneas, situadas al Norte y al Sur del citado pantano, tienen por fin comprobar que las areniscas que se observan a lo largo de la rambla son inferiores geológicamente a las calizas cretáceas, sobre las que se asienta la presa. Como veremos más adelante, en las conclusiones obtenidas por el estudio de las líneas sísmicas, estas areniscas, de color claro naranja, alternadas de capitas arcillosas, son también secundarias, casi seguramente cretáceas, pues se manifiestan con la misma velocidad sísmica, tanto a lo largo de la rambla cuanto debajo de las mencionadas calizas, y están en concordancia perfecta con ellas.

La finalidad de todas las líneas es conocer la profundidad de las distintas formaciones infrayacentes; su compo-

sición, para comprobar la posibilidad de captar agua al llegar hasta ellas con la galería proyectada y que además, por su impermeabilidad, signifiquen un muro sobre el que discurren las aguas subterráneas.

La corrección de altitud, debida a los desniveles del terreno, se ha calculado por medio de un ábaco representado en la figura 2. En él se ha tomado para la velocidad de las capas, hasta 50 metros de profundidad, 1.500 m/s., y para profundidades mayores 2.750 m/s., como se ha calculado en la primera línea afectada.

Tomando como abscisas los desniveles con relación al origen, las ordenadas indican la corrección en segundos.

*Línea I.*—La línea sísmica número I, cuya dirección coincide con la E.-NE., según hemos indicado anteriormente, está situada en la rama Norte del anticlinal de areniscas y arcillas cretáceas, representado en el plano y en los cortes geológicos, a un kilómetro, próximamente, del caserío de Mas de Flors.

Consta de 16 estaciones sísmicas, distribuídas en una longitud total de 1.600 metros, según se indica en la figura 3. Las distancias epicentrales y los tiempos de recorrido del rayo sísmico, correspondientes a cada una de ellas, con sus correcciones por las diferencias de altitud, se han reunido en el cuadro adjunto, con cuyos datos se ha dibujado la línea dromocrónica número 1.



Línea I

Estaciones	Diferencias de nivel en metros	Correcciones en segundos	Tiempos en segundos	Tiempos corregidos en segundos	Distancias epicentrales en metros
Barreno					0
1			0,074	0,074	100
2			0,135	0,135	200
3			0,168	0,168	300
4			0,214	0,214	400
5			0,249	0,249	500
6			0,287	0,287	600
7			0,317	0,317	700
8			0,295	0,295	800
9	+11,0	0,007	0,336	0,329	900
10	+19,0	0,013	0,400	0,387	1,000
11	+23,0	0,015	0,420	0,405	1,100
12	+28,0	0,017	0,394	0,377	1,200
13	+43,0	0,028	0,448	0,420	1,300
14	+48,0	0,032	0,508	0,476	1,400
16	+45,0	0,030	0,551	0,521	1,600
17	+44,0	0,029	0,607	0,578	1,700

Las velocidades medias del rayo sísmico, en cada una de las estaciones observadas, se exponen a continuación:

$V_1 = \frac{0,100}{0,074} = 1.350 \text{ m/s.}$	$V_8 = \frac{0,800}{0,295} = 2.700 \text{ m/s.}$
$V_2 = \frac{0,200}{0,135} = 1.500 \text{ »}$	$V_9 = \frac{0,900}{0,329} = 2.700 \text{ »}$
$V_3 = \frac{0,300}{0,168} = 1.800 \text{ »}$	$V_{10} = \frac{1,000}{0,387} = 2.600 \text{ »}$
$V_4 = \frac{0,400}{0,214} = 1.900 \text{ »}$	$V_{11} = \frac{1,100}{0,405} = 2.700 \text{ »}$
$V_5 = \frac{0,500}{0,249} = 2.000 \text{ »}$	$V_{12} = \frac{2,200}{0,377} = 3.200 \text{ »}$
$V_6 = \frac{0,600}{0,287} = 2.100 \text{ »}$	$V_{13} = \frac{1,300}{0,420} = 3.100 \text{ »}$
$V_7 = \frac{0,700}{0,317} = 2.200 \text{ »}$	$V_{14} = \frac{1,400}{0,476} = 2.950 \text{ »}$

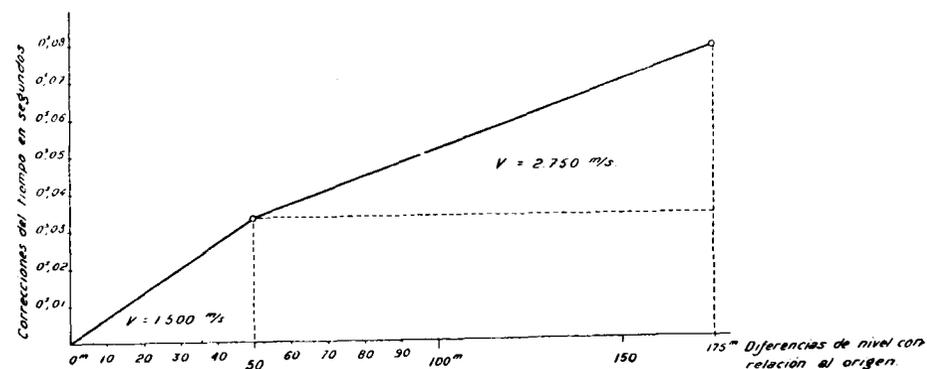


Fig. 2.—Abaco para la corrección del tiempo del recorrido

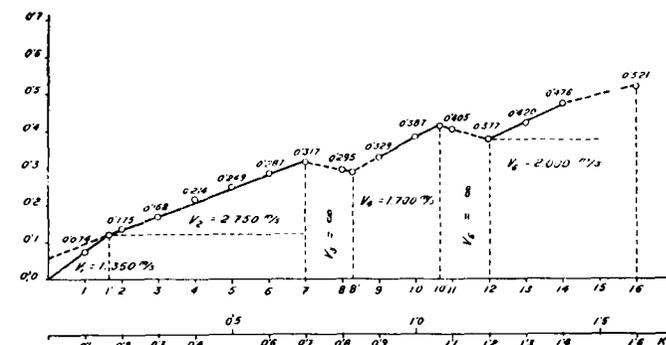


Fig. 3.—Línea dromocrónica n.º I

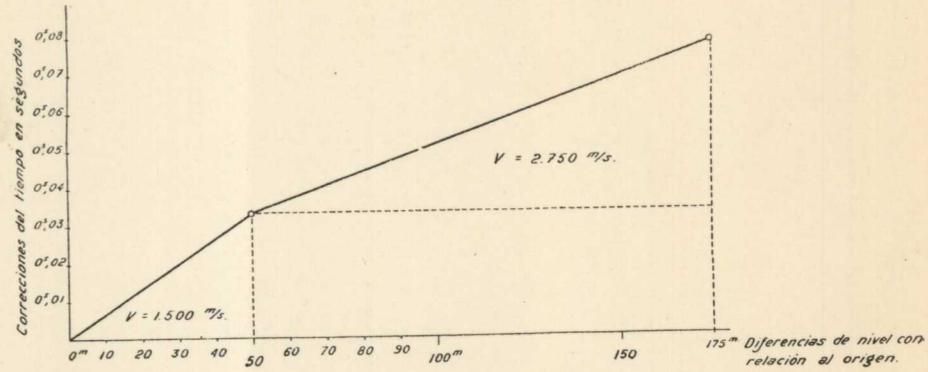


Fig. 2.—Abaco para la corrección del tiempo del recorrido

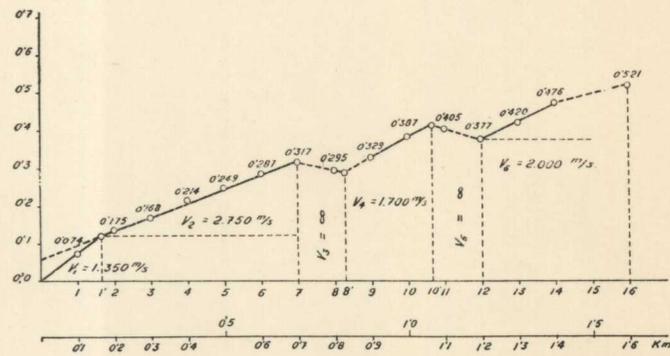


Fig. 3.—Línea dromocrónica n.º I

$$V_{15} = \frac{1,600}{0,521} = 3.100 \text{ m/s.}$$

La estación 1 ha suministrado la velocidad sísmica del horizonte detrítico superficial

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{0,100}{0,074} = 1.350 \text{ m/s.}$$

En la estación 2, este parámetro tiene un valor algo mayor, sin ser tan grande que caracterice un nuevo horizonte geológico. Más bien indica que el horizonte aludido ha sido encontrado por un rayo sísmico, que aflora antes del emplazamiento de aquella estación.

Desde la estación 2 a la 7, la velocidad media aumenta de una manera uniforme, comprobándose así en la dromocrónica al formar todos sus puntos una sola alineación, que determina el segundo nivel geológico. A esta formación le corresponde la velocidad sísmica,

$$V_2 = V_{2-7} = \frac{0,700 - 0,200}{0,317 - 0,135} = 2.750 \text{ m/s.}$$

La prolongación del lado 2-7, corta al 0-1 en el punto que determina el paso del horizonte superficial al constituido por las areniscas y arcillas cretáceas, caracterizadas por el valor de  $V_2$ .

La velocidad media del rayo sísmico sufre el enorme aumento de 500 m/s. para el incremento de 100 metros en la distancia epicentral, al pasar de la estación 7 a la 8. Este salto brusco está producido por haber encontrado el rayo sísmico, en su trayectoria subterránea, otro nivel geológico distinto de los anteriores, cuya constante sísmica es mucho mayor que la correspondiente a aquéllos. Como en la esta-

ción siguiente aquel valor ha permanecido constante, el nuevo horizonte termina, próximamente, al alcanzar el rayo sísmico la estación 8. Para abreviar, diremos que termina en la estación 8', aunque esta manera de expresarse no sea completamente correcta.

La velocidad

$$\frac{V}{3} = V_{7-8} = \infty \text{ m/s.}$$

tiene un valor aparente igual a infinito, que sólo sirve para indicarnos la existencia del nivel geológico de gran velocidad sísmica que, casi sin duda alguna, corresponde a las calizas negras observadas al Este de San Juan de Moró.

En la estación 10, la velocidad media disminuye; es decir, que ésta está en el horizonte que comenzó en la 8'; y en la 11 vuelve a aumentar, indicándonos que la última corresponde ya a otro nuevo. Por eso hemos dibujado en la línea dromocrónica la estación 10, correspondiente a la intersección de sus lados 9-10 y 11-12.

La velocidad del paquete comprendido entre las estaciones 8' y 10', es

$$V_4 = V_{8'-10'} = V_{9-10} = \frac{1,000 - 0,900}{0,387 - 0,329} = 1.700 \text{ m/s.}$$

correspondiente a nuevas capas de arcillas y areniscas.

Al pasar el rayo sísmico de la estación 11 a la 12, vuelve a incrementarse su velocidad media en otros 500 m/s., como sucedió entre las 7 y 8. Se ha repetido el fenómeno allí encontrado, cuya causa es, también, la existencia de un nuevo horizonte calizo.

En la estación 13 la velocidad media ha disminuído, y lo mismo sucede en la 14. Ambas están, pues, fuera de aquel horizonte. La alineación que determinan en la dromocrónica nos da el valor,

$$V_6 = V_{12-14} = \frac{1,400 - 1,200}{0,476 - 0,377} = 2.000 \text{ m/s.}$$

No nos atrevemos a unir los puntos 14 y 16, por ser más probable la repetición de los saltos encontrados entre las estaciones 7-8 y 11-12 que el paso gradual de las areniscas a las calizas, representado por el lado 14-16. Para aclarar este hecho sería necesario interpolar alguna estación más, no habiéndolo efectuado por no considerarlo necesario para la resolución del problema propuesto.

La profundidad del horizonte geológico superficial puede calcularse por medio de las fórmulas expuestas en nuestros trabajos. (\*)

La expresada en función del tiempo  $t$ , correspondiente al origen de las distancias, es

$$h = \frac{t}{2} \frac{V_1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2}} \text{ siendo } \left\{ \begin{array}{l} \frac{t}{2} = 0,03 \text{ s.} \\ V_1 = 1,350 \text{ m/s.} \\ V_2 = 2,750 \text{ m/s.} \end{array} \right\} h = 46 \text{ m.}$$

La fórmula en función de la distancia epicentral del codo de la dromocrónica se representa por

$$h = \frac{\Delta}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}} \text{ siendo } \left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta}{2} = 82,5 \text{ m.} \\ V_1 = 1,350 \text{ m/s.} \\ V_2 = 2,750 \text{ m/s.} \end{array} \right\} h = 47 \text{ m.}$$

Aceptamos el valor de 46 metros para el techo del segundo horizonte y muro del primero, siendo, por lo tanto, el coeficiente de profundización en este último igual a 0,28.

(\*) Los Métodos Geofísicos de Prospección, por José G. Siñeriz.  
La Interpretación Geológica de las Mediciones Geofísicas, por José G. Siñeriz.

Para calcular la profundidad del muro del segundo horizonte, constituido por las areniscas y arcillas a las que corresponde la velocidad  $V_2$ , no podemos emplear las fórmulas teóricas, no obstante el aumento de aquel parámetro al pasar desde este horizonte al infrayacente, por no conocer el valor  $V_3$  que le corresponde.

Para obtener un valor aproximado, podemos admitir para  $V_3$  un valor probable, en este caso igual a 6.000 m/s., y con él calcular la potencia del segundo horizonte, por medio del nuevo valor del coeficiente de profundización.

$$K = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} \text{ siendo } \left( \begin{array}{l} V_2 = 2.750 \text{ m/s.} \\ V_3 = 6.000 \text{ m/s.} \end{array} \right) K = 0,29$$

Como la distancia epicentral 1' - 7 es igual a 535 metros, la potencia buscada es 155 metros y la profundidad total 201 metros, correspondiente, también, al techo de las calizas.

La profundidad de muro de este nuevo grupo de capas calizas, cuya velocidad  $V_3$  hemos supuesto igual a 6.000 m/s., es aún más difícil de conocer. Como la velocidad del horizonte inferior  $V_4 = 1.700$  m/s. es menor que aquélla, no se pueden aplicar las fórmulas teóricas, entre las que se encuentra la del repetido coeficiente de profundización, por estar deducidas en la hipótesis contraria. Sólo es posible admitir para este parámetro un valor práctico, deducido en anteriores trabajos y aplicarlo a la distancia epicentral correspondiente que, en este caso, es 130 metros. Haciendo  $K = 0,30$ , la potencia buscada será 39 metros y la profundidad total 240 metros.

En los niveles siguientes se suman las dificultades explicadas y sólo es posible conocer sus respectivas profundidades por el procedimiento aproximado que acabamos de explicar.

En resumen, la línea I nos suministra las profundidades siguientes:

TERRENO	Profundidades en metros	Potencia en metros
Horizonte detrítico . . . . .	0 a 46	46
Areniscas y arcillas cretáceas . .	46 a 201	155
Calizas . . . . .	201 a 240	39

*Línea II.*—Los barrenos de la línea II coinciden con la estación 8 de la línea I, pero las estaciones sucesivas están colocadas en la dirección contraria. Es decir, avanzan hacia el E.-NE. De esta manera investigamos la margen izquierda del barranco de la Viuda, cuya margen derecha fué estudiada por medio de la línea I.

Consta de 12 estaciones sísmicas, situadas a las distancias epicentrales indicadas en la figura 4.

En el cuadro adjunto se reúnen los datos necesarios para el dibujo de la línea dromocrónica número 2.

#### Línea II

Estaciones	Diferencias de nivel en metros	Correcciones en segundos	Tiempos en segundos	Tiempos corregidos en segundos	Distancias epicentrales en metros
Barreno	„	„	„	„	0
18	„	„	0,121	0,121	100
19	„	„	0,193	0,193	200
20	„	„	0,227	0,227	300
21	„	„	0,257	0,257	400
22	„	„	0,277	0,277	500
23	„	„	0,307	0,307	600
24	„	„	0,350	0,350	700
25	„	„	0,323	0,323	800
26	+ 5,00	0,003	0,342	0,339	900
27	+ 7,00	0,005	0,342	0,337	1,000
28	+ 5,00	0,003	0,392	0,389	1,100
29	+ 8,00	0,005	0,458	0,453	1,200

Los valores de la velocidad media del rayo sísmico al ser registrado en las estaciones sucesivas son:

$$\begin{array}{ll}
 V_{18} = \frac{0,100}{0,121} = 800 \text{ m/s.} & V_{24} = \frac{0,700}{0,350} = 2.000 \text{ m/s.} \\
 V_{19} = \frac{0,200}{0,193} = 1.100 \text{ »} & V_{25} = \frac{0,800}{0,323} = 2.500 \text{ »} \\
 V_{20} = \frac{0,300}{0,227} = 1.300 \text{ »} & V_{26} = \frac{0,900}{0,339} = 5.650 \text{ »} \\
 V_{21} = \frac{0,400}{0,257} = 1.600 \text{ »} & V_{27} = \frac{1,000}{0,337} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{22} = \frac{0,500}{0,277} = 1.800 \text{ »} & V_{28} = \frac{1,100}{0,389} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{23} = \frac{0,600}{0,307} = 1.950 \text{ »} & V_{29} = \frac{1,200}{0,453} = 2.650 \text{ »}
 \end{array}$$

Pasado el horizonte aluvial, en el que sólo hay situada la estación 18, y al que le corresponde la velocidad  $V_1 = 800$  m/s., se encuentra el de las areniscas y arcillas cretáceas, que comprende todas las sucesivas hasta la 24. En ellas, la velocidad media aumenta de una manera uniforme, hasta alcanzar el valor de 2.000 m/s. Todos los puntos de la línea dromocrónica forman una alineación que determina la velocidad correspondiente al horizonte atravesado.

$$V_2 = V_{19-24} = \frac{0,700 - 0,200}{0,350 - 0,193} = 3.200 \text{ m/s.}$$

El valor obtenido es mayor que su correspondiente en la línea I, a causa de cortarse las capas en el sentido ascendente, al contrario de lo que sucedía en aquélla, y quizá, también, por existir en él algún horizonte calizo de pequeño espesor.

La velocidad sísmica experimenta en la estación 25 el gran incremento de 500 m/s., al igual de lo sucedido en la

línea I. Pero así como entonces permanecía constante en la siguiente y disminuía después, ahora aumenta otros 500 m/s. en las dos sucesivas. Es decir, que el horizonte de calizas que es, sin duda alguna, la causa de estos incrementos, llega, en la línea II, hasta la estación 27. Su potencia no es suficiente para que la dromocrónica nos determine la velocidad real que le corresponde y sólo nos suministra un valor aparente e igual a infinito.

En la estación 28, el valor de 3.000 m/s. alcanzado por la velocidad media en la 27, permanece constante, indicándonos que el rayo sísmico pasa ya debajo del horizonte constituido por la formación caliza. La nueva disminución observada en la estación 29, unida a la alineación obtenida en la dromocrónica entre los puntos 27, 28 y 29, nos comprueba la interpretación hecha y determina la velocidad del horizonte infrayacente,

$$V_{24} = V_{27-29} = \frac{1,200 - 1,000}{0,453 - 0,337} = 1.700 \text{ m/s.}$$

que corresponde a un grupo de capas de arenas y arcillas, como en la línea I. El valor de  $V_4$  es menor que su correspondiente de aquélla, bien porque predominen las arenas o bien porque para su determinación más precisa fuera menester observar nuevas estaciones después de la 29, toda vez que así como el paso del rayo sísmico de un horizonte de pequeña velocidad a uno de grande produce un enorme incremento en la velocidad aparente, el caso contrario se señala por una disminución excesiva. Como su aclaración no tiene importancia alguna en el problema que estudiamos decidimos no observar más estaciones en la línea II.

El primer nivel geológico existente en el origen de la línea II es el Aluvial, cuya profundidad podemos calcular con el auxilio de las fórmulas antes expuestas:

$$\left. \begin{aligned}
 h &= \frac{\Delta}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}} \quad \left. \begin{aligned}
 V_1 &= 800 \text{ m/s.} \\
 V_2 &= 3.200 \text{ »} \\
 \Delta &= 165 \text{ »}
 \end{aligned} \right\} h = 63 \text{ m.} \\
 h &= \frac{t}{2} \frac{V_1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2}} \quad \left. \begin{aligned}
 V_1 &= 800 \text{ »} \\
 V_2 &= 3.200 \text{ »} \\
 t &= 0,125 \text{ »}
 \end{aligned} \right\} h = 74 \text{ m.}
 \end{aligned} \right\} \text{Promedio} = 68 \text{ m.}$$

El coeficiente de profundización para este horizonte es igual a 0,40. En el horizonte siguiente se presentan las mismas dificultades explicadas en la línea I para el cálculo de su potencia y de la profundidad a que se encuentra el muro del mismo. Admitiremos, como anteriormente, que la velocidad  $V_3$  de las calizas sea igual a 6.000 m/s. y en su caso el valor de  $K$  correspondiente será:

$$K = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} \left( \begin{aligned}
 V_2 &= 3.200 \text{ m/s.} \\
 V_3 &= 6.000 \text{ »}
 \end{aligned} \right) K = 0,275$$

La aplicación de ese valor a la distancia de 535 metros nos da la potencia de 147 metros y la profundidad total del muro de las areniscas y techo de las calizas de 215 metros, con relación al nivel de los barrenos de la línea II.

Repitiendo lo manifestado en la línea I, podemos asignar a las calizas una potencia de 90 metros para un valor de  $K = 0,30$ .

En resumen, la línea II, nos suministra los siguientes resultados:

TERRENO	Profundidades en metros	Potencia en metros
Aluvial.....	0 a 68	68
Areniscas y arcillas cretáceas.	68 a 215	146
Calizas.....	215 a 305	90

*Línea III.*—La línea III, situada en el flanco Sur del anticlinal y cuya dirección es, próximamente, paralela a las

dos anteriores, dista de ellas unos 750 metros. Consta de 16 estaciones, colocadas sucesivamente desde 0 a 1.600 metros hacia el N.-NE., a las distancias respectivas indicadas en el dibujo de la figura 5, correspondiente a la línea dromocrónica número III.

En el cuadro adjunto constan los valores numéricos que han servido para dibujar la mencionada línea.

**Línea III**

Estaciones	Diferencias de nivel en metros	Correcciones en segundos	Tiempos en segundos	Tiempos corregidos en segundos	Distancias epicentrales en metros
Barreno	»	»	»	»	0
30	»	»	0,120	0,120	100
31	»	»	0,169	0,169	200
32	+ 5,0	0,003	0,200	0,197	300
33	+ 8,0	0,005	0,226	0,221	400
34	+ 10,0	0,007	0,241	0,234	500
35	+ 8,0	0,005	0,292	0,287	600
36	+ 8,0	0,005	0,305	0,300	700
37	+ 8,0	0,005	0,335	0,330	800
38	+ 11,0	0,007	0,326	0,319	900
39	+ 17,0	0,011	0,341	0,330	1,000
40	+ 24,0	0,016	0,363	0,347	1,100
41	+ 25,0	0,017	0,384	0,367	1,200
42	+ 35,0	0,023	0,467	0,444	1,300
43	+ 36,0	0,024	0,498	0,474	1,400
44	+ 37,0	0,024	0,529	0,505	1,500
45	+ 38,0	0,025	0,549	0,524	1,600

Las velocidades medias, calculadas de los sismogramas, se expresan a continuación:

$$\begin{aligned}
 V_{30} &= \frac{0,100}{0,120} = 800 \text{ m/s.} & V_{34} &= \frac{0,500}{0,240} = 2.100 \text{ m/s.} \\
 V_{31} &= \frac{0,200}{0,169} = 1.200 \text{ »} & V_{35} &= \frac{0,600}{0,287} = 2.100 \text{ »} \\
 V_{32} &= \frac{0,300}{0,190} = 1.500 \text{ »} & V_{36} &= \frac{0,700}{0,300} = 2.350 \text{ »} \\
 V_{33} &= \frac{0,400}{0,221} = 1.800 \text{ »} & V_{37} &= \frac{0,800}{0,330} = 2.400 \text{ »}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{38} &= \frac{0,900}{0,319} = 2.800 \text{ m/s.} & V_{42} &= \frac{1,300}{0,444} = 2.900 \text{ m/s.} \\
 V_{39} &= \frac{1,000}{0,330} = 3.000 \text{ »} & V_{43} &= \frac{1,400}{0,474} = 2.950 \text{ »} \\
 V_{40} &= \frac{1,100}{0,347} = 3.150 \text{ »} & V_{44} &= \frac{1,500}{0,505} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{41} &= \frac{1,200}{0,367} = 3.250 \text{ »} & V_{45} &= \frac{1,600}{0,524} = 3.000 \text{ »}
 \end{aligned}$$

El horizonte aluvial se determina con la estación 30. Le corresponde la insignificante velocidad sísmica de 850 m/s. que indica un terreno de relleno suelto, de poca coherencia, como el hallado en la línea II.

A continuación encontramos el potente grupo de capas de arcillas y areniscas cretáceas, desde la estación 31 a la 37, con la velocidad

$$V_2 = V_{31-37} = \frac{0,800 - 0,200}{0,330 - 0,169} = 3.700 \text{ m/s.}$$

Su constante sísmica ha aumentado con relación a la encontrada en la línea II, indicándonos que, en su conjunto, hay algunos lechos de rocas de mayor velocidad, como se aprecia, por ejemplo, en las estaciones 34 y 36, que caen debajo de la alineación determinada por las demás. Quizá estas rocas sean algún banco calizo intercalado entre los de arcillas y areniscas.

El aumento brusco de velocidad media encontrado en las dos líneas anteriores aparece también en ésta, en la estación 37, pasando del valor de 2.400 m/s. al de 2.800 m/s.

Las cuatro estaciones siguientes caracterizan el horizonte encontrado por su constante

$$V_3 = V_{38-41} = \frac{1,200 - 0,900}{0,360 - 0,319} = 6.300 \text{ m/s.}$$

que, sin duda alguna, es una potente formación caliza.

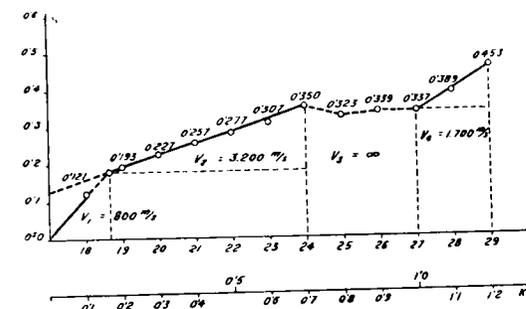


Fig. 4.—Línea dromocrónica n.º II

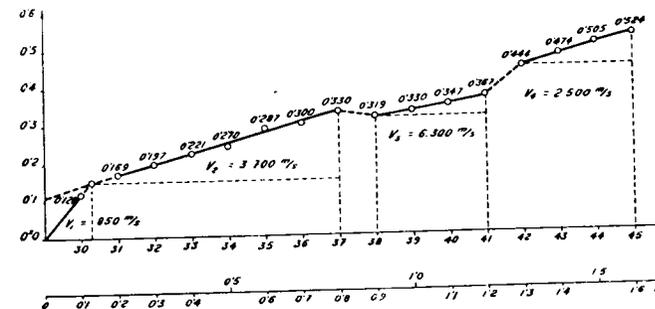


Fig. 5.—Línea dromocrónica n.º III

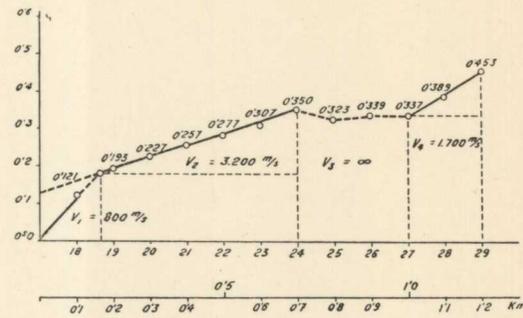


Fig. 4.—Línea dromocrónica n.º II

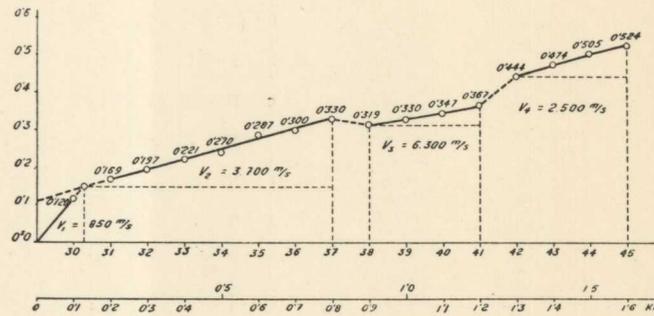


Fig. 5.—Línea dromocrónica n.º III

Después, entre las estaciones 41 y 42, hay la gran disminución aparente del valor de la velocidad media producido por el horizonte de arcillas y arenas, que se precisa entre las estaciones 42 y 45:

$$V_4 = V_{42-45} = \frac{1,600 - 1,200}{0,524 - 0,367} = 2.500 \text{ m/s.}$$

La profundidad de la formación aluvial, se determina por las fórmulas anteriores:

$$h = \frac{\Delta}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}} \left\{ \begin{array}{l} V_1 = 850 \text{ m/s.} \\ V_2 = 3,700 \text{ »} \\ \Delta = 130 \text{ »} \end{array} \right\} h = 52 \text{ m.}$$

$$h = \frac{t}{2} \frac{V_1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2}} \text{ para } t = 0,11 \quad h = 60 \text{ m.} \left\{ \begin{array}{l} \text{Promedio} = \\ 56 \text{ m. } K=0,43 \end{array} \right.$$

La potencia del horizonte de areniscas y arcillas se la calculará por el empleo del valor correspondiente de *K*,

$$K = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} \left\{ \begin{array}{l} V_2 = 3,700 \text{ m/s.} \\ V_3 = 6,300 \text{ »} \end{array} \right\} K = 0,25$$

Así resulta, para la distancia epicentral de 670 metros, de 167 metros y su profundidad de 223 metros.

Como en las líneas anteriores, aceptamos *K* = 0,30 para el paquete de capas calizas, por lo que su potencia será de 120 metros y la profundidad de su muro 343 metros.

En resumen, obtenemos los valores siguientes para la línea III:

TERRENO	Profundidades en metros	Potencia en metros
Aluvial .....	0 a 56	56
Areniscas y arcillas cretáceas.	56 a 223	167
Calizas.....	223 a 348	120

**Línea IV.**—La línea IV, está situada a un kilómetro, aguas abajo, de la línea III, aun en el flanco Sur del anticlinal, cuyas capas tienen un ángulo de inclinación de 22°, en término medio.

Las 16 estaciones de que consta, observadas desde el origen hacia el S.-SO., están situadas a las distancias respectivas indicadas en el dibujo de la figura 6. Tanto estas distancias, cuanto los demás elementos necesarios para el trazado de la línea dromocrónica, se han reunido en el adjunto cuadro.

Línea IV

Estaciones	Diferencias de nivel en metros	Correcciones en segundos	Tiempos en segundos	Tiempos corregidos en segundos	Distancias epicentrales en metros
Barreno	»	»	»	»	0
46	»	»	0,065	0,065	100
47	»	»	0,113	0,113	200
48	+ 3,0	0,002	0,154	0,152	300
49	+ 9,0	0,006	0,209	0,203	400
49 bis	+ 9,0	0,006	0,202	0,196	400
50	+ 9,0	0,006	0,261	0,255	500
51	+ 10,0	0,007	0,307	0,300	600
52	+ 7,0	0,005	0,341	0,33	700
52 bis	+ 7,0	0,005	0,332	0,327	700
53	+ 13,0	0,008	0,394	0,386	800
54	+ 18,0	0,012	0,430	0,418	900
55	+ 19,0	0,012	0,445	0,433	1.000
55 bis	+ 19,0	0,012	0,443	0,431	1.000
56	+ 20,0	0,013	0,491	0,478	1.100
57	+ 17,0	0,011	0,513	0,502	1.200
57 bis	+ 17,0	0,011	0,511	0,500	1.200
59	+ 14,0	0,009	0,574	0,565	1.400
60	+ 14,0	0,009	0,647	0,638	1.500
61	+ 22,0	0,014	0,681	0,667	1.600

Los valores de la velocidad media del rayo sísmico, en cada una de las estaciones observadas, son los siguientes:

$$V_{46} = \frac{0,100}{0,065} = 1.500 \text{ m/s.} \quad V_{48} = \frac{0,300}{0,152} = 1.950 \text{ m/s.}$$

$$V_{47} = \frac{0,200}{0,113} = 1.750 \text{ »} \quad V_{49} = \frac{0,400}{0,203} = 2.000 \text{ »}$$

$$V_{50} = \frac{0,500}{0,255} = 2.000 \text{ m/s.} \quad V_{56} = \frac{1,100}{0,478} = 2.300 \text{ m/s.}$$

$$V_{51} = \frac{0,600}{0,300} = 2.000 \text{ »} \quad V_{57} = \frac{1,200}{0,500} = 2.400 \text{ »}$$

$$V_{52} = \frac{0,700}{0,336} = 2.100 \text{ »} \quad V_{59} = \frac{1,400}{0,565} = 2.400 \text{ »}$$

$$V_{53} = \frac{0,800}{0,386} = 2.100 \text{ »} \quad V_{60} = \frac{1,500}{0,638} = 2.350 \text{ »}$$

$$V_{54} = \frac{0,900}{0,418} = 2.150 \text{ »} \quad V_{61} = \frac{1,600}{0,697} = 2.400 \text{ »}$$

$$V_{55} = \frac{1,000}{0,433} = 2.300 \text{ »}$$

Pasado el horizonte detrítico, recubierto por un pequeño espesor de terreno aluvial, determinado por la velocidad  $V_1 = 1.500 \text{ m/s.}$ , la velocidad media aumenta hasta la estación 49. El lado correspondiente de la dromocrónica nos da,

$$V_{46-49} = \frac{0,400 - 0,100}{0,203 - 0,065} = 2.200 \text{ m/s.}$$

Entre la 49 y la 52 permanece constante e igual a 2.000 m/s. Para la velocidad determinada en la dromocrónica se obtiene

$$V_{49-52} = \frac{0,700 - 0,400}{0,336 - 0,203} = 2.200 \text{ m/s.}$$

Luego todos los puntos forman una sola alineación y caracterizan un horizonte geológico único. El cambio al horizonte siguiente puede corresponder a la estación 52 o a la 53, puesto que, en ambas, la velocidad media es la misma. Si se tiene en cuenta que



$$V_{46-53} = \frac{0,800 - 0,100}{0,386 - 0,065} = 2.200 \text{ m/s.}$$

queda comprobado que la dromocrónica caracteriza un horizonte geológico determinado por la velocidad

$$V_2 = V_{46-53} = 2.200 \text{ m/s.}$$

y constituido por las capas más altas del pliegue anticlinal, en donde predominan las arcillas y areniscas blandas.

Desde la estación 52 a la 59 aumenta progresivamente el valor de la velocidad media. El nuevo horizonte determinado, tiene el parámetro

$$V_3 = V_{53-59} = \frac{1,400 - 0,800}{0,565 - 0,386} = 3.400 \text{ m/s.}$$

que caracteriza las areniscas y arcillas del núcleo del anticlinal encontrado en las líneas anteriores.

La estación 55 manifiesta un gran aumento de velocidad media con relación a la 54. Puede ser debido a la existencia de algún lecho calizo intercalado entre las capas, de muy pequeño espesor, puesto que su efecto desaparece en la estación siguiente.

El paso de la estación 59 a la 60 se señala por una disminución brusca de la velocidad media, a causa de haber penetrado el rayo sísmico en unas capas de menor elasticidad que las superiores. Después, entre las 60 y 61, recupera su valor anterior, pero serían necesarias más estaciones para poder fundamentar una interpretación de las causas productoras del fenómeno observado.

Para el cálculo de profundidades conviene tener en cuenta que el primer horizonte determinado por el valor  $V_1 = 1.500 \text{ m/s.}$  no corresponde a ninguna formación geológica realmente existente. El valor hallado es el resultante de un pequeño espesor de sedimentos aluviales, con la velocidad de  $800 \text{ m/s.}$ , y las capas de la formación siguiente.

Las fórmulas expuestas anteriormente nos dan:

$$\left. \begin{aligned} h &= \frac{\Delta}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}} \left\{ \begin{array}{l} \Delta = 100 \\ V_1 = 1,500 \\ V_2 = 2,700 \end{array} \right\} h = 22 \text{ m.} \\ h &= \frac{t}{2} \frac{V_1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2}} \quad t = 0,02; \quad h = 27 \text{ m.} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Promedio} = 25 \text{ m.} \\ K = 0,25 \end{array}$$

Para el segundo horizonte calcularemos el coeficiente de profundidad para

$$\left. \begin{array}{l} \Delta = 800 - 100 = 700 \text{ m.} \\ V_2 = 2,200 \\ V_3 = 3,300 \end{array} \right\} \begin{array}{l} K = 0,23; \text{ Potencia} \\ 0,23 \times 0,700 = 161 \text{ m.} \end{array}$$

En el tercer horizonte no podemos calcular directamente el valor  $K$ . Pero como ya conocemos los valores que ha tenido en las líneas I, II y III, podemos aceptar su promedio  $K = 0,27$  y con él calcular la potencia del horizonte de las areniscas y arcillas y su profundidad

$$\text{Potencia} = 0,27 \times 0,600 = 162 \text{ m.}$$

En resumen:

TERRENO	Profundidades en metros	Potencia en metros
Horizonte detrítico.....	0 a 25	25
Areniscas y arcillas.....	25 a 186	161
Areniscas y arcillas más fuertes	186 a 348	152

*Línea V.*—La línea V dista unos 800 metros, contados hacia el SE. de la línea anterior. Su origen está situado en el margen izquierda de la rambla de la Viuda, próximamente frente al poblado de La Correndilla. Tiene una longitud de 1.200 metros, en los que se han practicado 12 esta-

ciones, desde el origen hacia el S.-SO., situadas sobre una capa de pudingas miocenas.

Los elementos necesarios para el dibujo de la línea dromocrónica número V, representada en la lámina figura 7, se han reunido en el siguiente cuadro:

**Línea V**

Estaciones	Diferencias de nivel en metros	Correcciones en segundos	Tiempos en segundos	Tiempos corregidos en segundos	Distancias epicentrales en metros
Barreno	>	>	>	>	0
62	>	>	0,077	0,077	100
63	+ 4,0	0,003	0,114	0,111	200
64	+ 16,0	0,011	0,147	0,136	300
65	+ 20,0	0,013	0,198	0,185	400
67	+ 22,0	0,015	0,234	0,219	600
68	+ 15,0	0,010	0,271	0,261	700
69	+ 20,0	0,013	0,298	0,285	800
70	+ 23,0	0,015	0,322	0,307	900
71	+ 21,0	0,014	0,393	0,379	1,000
72	+ 15,0	0,010	0,484	0,474	1,100
73	+ 17,0	0,011	0,508	0,497	1,200

A continuación se han escrito los valores de las velocidades medias del rayo sísmico, en cada una de las estaciones observadas.

$$V_{62} = \frac{0,100}{0,077} = 1.300 \text{ m/s.}$$

$$V_{69} = \frac{0,800}{0,285} = 2.800 \text{ m/s.}$$

$$V_{63} = \frac{0,200}{0,111} = 1.800 \text{ »}$$

$$V_{70} = \frac{0,900}{0,307} = 2.900 \text{ »}$$

$$V_{64} = \frac{0,300}{0,136} = 2.200 \text{ »}$$

$$V_{71} = \frac{1,000}{0,379} = 2.600 \text{ »}$$

$$V_{65} = \frac{0,400}{0,185} = 2.150 \text{ »}$$

$$V_{72} = \frac{1,100}{0,474} = 2.300 \text{ »}$$

$$V_{67} = \frac{0,600}{0,219} = 2.700 \text{ »}$$

$$V_{73} = \frac{1,200}{0,497} = 2.400 \text{ »}$$

$$V_{68} = \frac{0,700}{0,261} = 2.700 \text{ »}$$

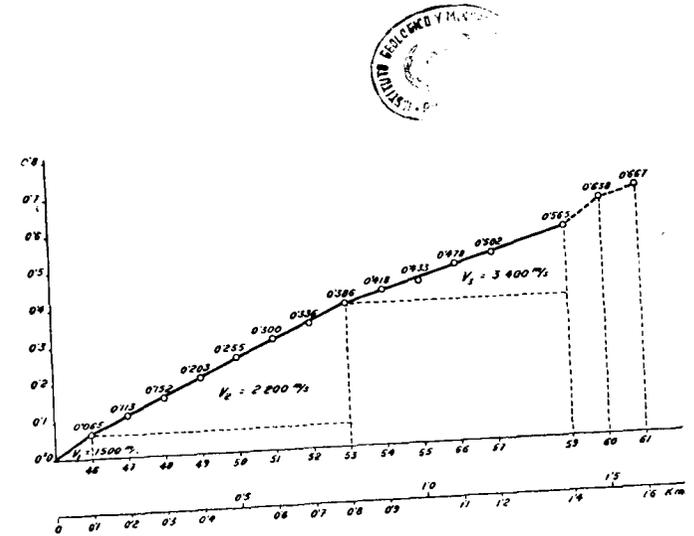


Fig. 6.—Línea dromocrónica n.º IV

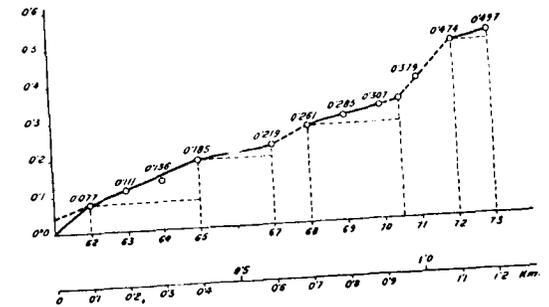


Fig. 7.—Línea dromocrónica n.º V

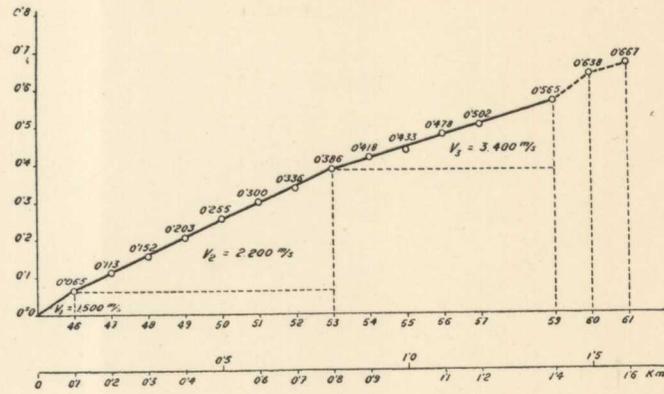


Fig. 6.—Línea dromocrónica n.º IV

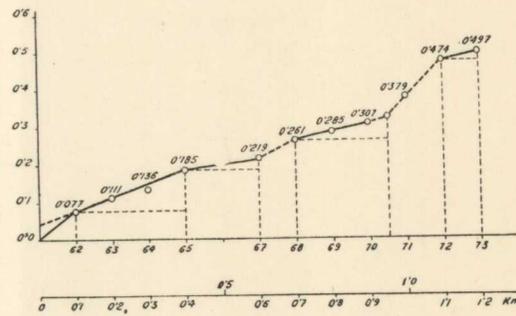


Fig. 7.—Línea dromocrónica n.º V

Como en las líneas anteriores, aparece un horizonte superficial que refleja, en su velocidad sísmica, el efecto producido por el relleno aluvial y el límite superior de las puddingas miocenas.

$$V_1 = V_{0-62} = 1,300 \text{ m/s.}$$

Después, se caracterizan dichas puddingas, hasta la estación 65, por el parámetro,

$$V_2 = V_{62-65} = \frac{0,400 - 0,100}{0,185 - 0,077} = 2.800 \text{ m/s.}$$

La estación 64 no coincide con la alineación 62-65; pero creemos fuera de duda la determinación del horizonte anterior.

Entre las estaciones 65 y 70 se presenta un notable incremento del valor de la velocidad media. El nuevo horizonte es el de las calizas cretáceas. La constancia del valor de ese parámetro, en las estaciones 67 y 68, indica una solución de continuidad de las calizas, por existir un banco de arcillas arenosas intercalado entre ellas.

El tramo superior se determina por la velocidad

$$V_3 = V_{65-67} = \frac{0,600 - 0,400}{0,219 - 0,185} = 5.900 \text{ m/s.}$$

y el inferior por

$$V_4 = V_{68-70} = \frac{0,900 - 0,700}{0,307 - 0,261} = 4.300 \text{ m/s.}$$

A continuación, encontramos en la estación 71 un descenso de la velocidad media igualmente notable, que continúa en la 72. El horizonte geológico correspondiente tiene por parámetro sísmico

$$V_5 = V_{70-72} = \frac{1,100 - 0,900}{0,474 - 0,307} = 1.200 \text{ m/s.}$$

Es difícil interpretar la clase de rocas determinadas por su parámetro, que es sólo un valor aparente producido al pasar el rayo sísmico a un horizonte de mucha menos velocidad que el superior.

Si tenemos en cuenta que en el reconocimiento geológico efectuado hacia el Sur de la línea sísmica que estudiamos (véase el corte geológico número 1 de la lámina XXIII), debajo de las calizas aparecen las areniscas y arcillas cretáceas, no tiene duda que el valor aparente encontrado es el producido por éstas, aunque su valor real sea muy superior.

El aumento de velocidad media existente en la estación 73 no podemos interpretarlo sin la observación de más estaciones.

El estudio de los estratos encontrados en el subsuelo de la línea V nos muestra la gran diferencia que existe entre éstos y los correspondientes a todas las líneas anteriores. En ésta, aparece una potente formación miocena y un horizonte de calizas situado encima de las areniscas y arcillas cretáceas, que no existía en las anteriores. El flanco Sur del anticlinal ha roto su continuidad en una falla, cuyo labio meridional, hundido, ha permitido el relleno mioceno, según se representa en el corte geológico mencionado.

La aplicación de las conocidas fórmulas expuestas nos da para el primer horizonte geológico, formado por el Aluvial y la zona descompuesta del Mioceno, la profundidad de 30 metros.

El conglomerado mioceno tiene una potencia de 90 metros; por lo que el techo de la formación caliza está a los 120 metros de profundidad, con relación al nivel de los barrenos.

El coeficiente de profundización ha resultado igual a 0,30 en los dos grupos anteriores. Aplicándole a la distan-

cia epicentral de 200 metros, se obtiene la cifra de 60 metros para el paquete superior de calizas y 75 para el inferior, correspondientes a 250 metros de aquella distancia.

El muro de las calizas está, por consiguiente, a la profundidad de 285 metros.

En resumen, se han obtenido los valores siguientes:

TERRENO	Profundidades en metros	Potencia en metros
Aluvial y cubierta detrítica moderna .....	0 a 30	30
Conglomerado mioceno.....	30 a 120	90
Primer grupo de calizas cretáceas .....	120 a 180	60
Grupo de areniscas.....	180 a 210	30
Segundo grupo de calizas cretáceas .....	210 a 285	75

*Línea VI.*—Según hemos indicado en el Prólogo, las líneas VI y VII tienen por objeto el reconocimiento del subsuelo de la zona de la presa del pantano de la Viuda. La línea VI se encuentra al Sur y muy próxima a la presa, sobre el eje de un pliegue anticlinal de calizas, que desaparece pronto, tanto hacia el Este cuanto hacia el Oeste.

En una longitud de 1.250 metros, contados desde el barranco de la Viuda, hacia el E.-NE., se han observado 13 estaciones sísmicas, cuyas características constan en el cuadro siguiente, que ha servido para la representación de la línea dromocrónica número VI, de la figura 8.

## Línea VI

Estaciones	Diferencias de nivel en metros	Correcciones en segundos	Tiempos en segundos	Tiempos corregidos en segundos	Distancias epicentrales en metros
Barreno	,	,	,	,	0
74	,	,	0,046	0,046	75
75	+ 6,0	0,002	0,066	0,064	150
76	+ 27,0	0,006	0,092	0,086	250
77	+ 26,0	0,006	0,114	0,108	350
78	+ 32,0	0,007	0,125	0,118	450
79	+ 39,0	0,009	0,166	0,157	550
80	+ 45,0	0,010	0,194	0,184	650
81	+ 51,0	0,011	0,209	0,198	750
82	+ 56,0	0,011	0,235	0,224	850
83	+ 62,0	0,012	0,267	0,255	950
84	+ 69,0	0,013	0,301	0,288	1,050
85	+ 65,0	0,013	0,348	0,335	1,150
86	+ 62,0	0,012	0,358	0,346	1,250

La corrección por la diferencia de altitud, se ha calculado en ábaco correspondiente a la velocidad de 4.000 m/s.

Las velocidades medias deducidas de la medición de los sismogramas, se indican a continuación:

$$V_{74} = \frac{0,075}{0,046} = 1.600 \text{ m/s.}$$

$$V_{75} = \frac{0,150}{0,064} = 2.300 \text{ »}$$

$$V_{76} = \frac{0,250}{0,084} = 3.000 \text{ »}$$

$$V_{77} = \frac{0,350}{0,108} = 3.200 \text{ »}$$

$$V_{78} = \frac{0,450}{0,118} = 3.800 \text{ »}$$

$$V_{79} = \frac{0,550}{0,157} = 3.500 \text{ »}$$

$$V_{80} = \frac{0,650}{0,184} = 3.500 \text{ »}$$

$$V_{81} = \frac{0,750}{0,198} = 3.800 \text{ m/s.}$$

$$V_{82} = \frac{0,850}{0,224} = 3.800 \text{ »}$$

$$V_{83} = \frac{0,950}{0,288} = 3.600 \text{ »}$$

$$V_{84} = \frac{1,050}{0,288} = 3.600 \text{ »}$$

$$V_{85} = \frac{1,150}{0,335} = 3.400 \text{ »}$$

$$V_{86} = \frac{1,250}{0,346} = 3.600 \text{ »}$$

Descontando una pequeña profundidad de caliza erosionada, que se señala por el valor

$$V_1 = 1.600 \text{ m/s.}$$

se presenta un potente horizonte de calizas duras y compactas que llega hasta la estación 78. Su constante sísmica es:

$$V_2 = V_{74-78} = \frac{0,450 - 0,075}{0,118 - 0,046} = 5.200 \text{ m/s.}$$

Debajo de las calizas se presenta un paquete de areniscas y arcillas blandas, caracterizadas por el valor

$$V_3 = V_{78-80} = \frac{0,650 - 0,450}{0,184 - 0,118} = 3.000 \text{ m/s.}$$

y, por último, después de un horizonte calizo poco potente, se encuentra el grupo de areniscas y arcillas, tan bien determinado en las líneas anteriores

$$V_4 = V_{81-86} = \frac{1,250 - 0,750}{0,346 - 0,198} = 3.400 \text{ m/s.}$$

Esto nos demuestra que las calizas de la superficie son más altas, desde el punto de vista geológico, que el potente horizonte de areniscas y arcillas que constituye el núcleo del anticlinal de las líneas I y II. Es decir, que estas calizas aparecen, por primera vez, en el estudio efectuado. Sobre ellas se asientan la presa del pantano que, por consiguiente, tiene en el subsuelo una serie de capas areniscas de importante porosidad. Si a esto se une el resquebrajamiento de las calizas, producido por el hundimiento de la zona del embalse, se puede sentar, de antemano, la afirmación de la pérdida de una importante cantidad del agua embalsada.

*Línea VII.*—Está situada próximamente a la mitad de

la distancia que existe entre la presa del pantano y el puente de la carretera. Su dirección es E.-NE., como la línea VI.

Desde el punto de vista geológico, la línea VII ha sido observada sobre las mismas calizas de la línea VI; en el flanco Norte del pequeño anticlinal que indicamos en aquélla. En la superficie del terreno existe un conglomerado mioceno de espesor pequeño y en la primera mitad de su recorrido es cortada por una gran falla.

Como en las líneas anteriores, se ha dibujado la dromocrónica número VII, representada en la figura 9, con los valores numéricos del cuadro siguiente:

**Línea VII**

Estaciones	Diferencias de nivel en metros	Correcciones en segundos	Tiempos en segundos	Tiempos corregidos en segundos	Distancias epicentrales en metros
Barreno	,	,	,	,	0
87	,	,	0,088	0,088	100
88	+ 7,0	0,005	0,129	0,124	200
89	+ 7,0	0,005	0,137	0,132	300
90	+ 8,0	0,005	0,149	0,144	400
91	+ 10,0	0,007	0,191	0,184	500
92	+ 17,0	0,011	0,205	0,194	600
93	+ 24,0	0,016	0,239	0,223	700
94	+ 27,0	0,018	0,247	0,229	800
95	+ 30,0	0,020	0,291	0,271	900
95	+ 30,0	0,020	0,294	0,274	1.000
97	+ 20,0	0,013	0,345	0,332	1.100
98	+ 20,0	0,013	0,350	0,337	1.200

Los valores de la velocidad media del rayo sísmico son los siguientes:

$$V_{87} = \frac{0,100}{0,088} = 1.100 \text{ m/s.} \quad V_{89} = \frac{0,300}{0,132} = 2.300 \text{ m/s.}$$

$$V_{88} = \frac{0,200}{0,124} = 1.600 \text{ »} \quad V_{90} = \frac{0,400}{0,144} = 2.800 \text{ »}$$

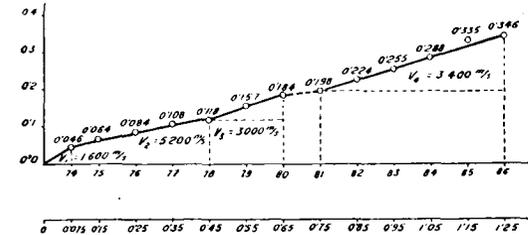


Fig. 8.—Línea dromocrónica n.º VI

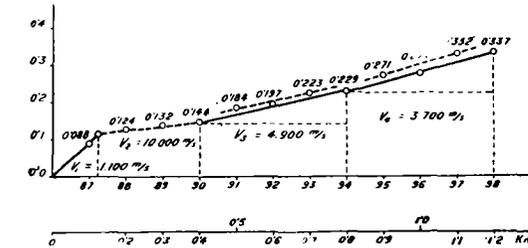


Fig. 9.—Línea dromocrónica n.º VII

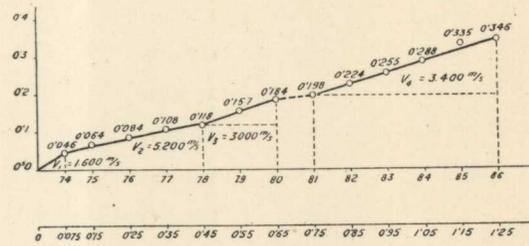


Fig. 8.—Línea dromocrónica n.º VI

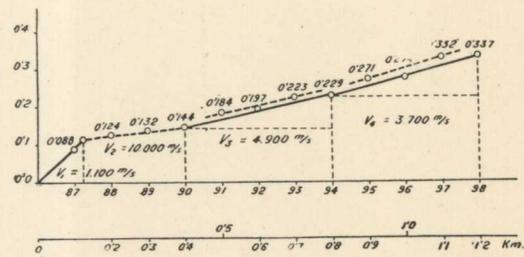


Fig. 9.—Línea dromocrónica n.º VII

$$\begin{array}{ll}
 V_{91} = \frac{0,500}{0,184} = 2.900 \text{ m/s.} & V_{95} = \frac{0,900}{0,271} = 3.300 \text{ m/s.} \\
 V_{92} = \frac{0,600}{0,197} = 3.000 \text{ »} & V_{96} = \frac{1,000}{0,274} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{93} = \frac{0,700}{0,223} = 3.500 \text{ »} & V_{97} = \frac{1,100}{0,332} = 3.300 \text{ »} \\
 V_{94} = \frac{0,800}{0,229} = 3.500 \text{ »} & V_{98} = \frac{1,200}{0,337} = 3.600 \text{ »}
 \end{array}$$

Después del conglomerado mioceno que ha determinado el valor  $V_1 = 1.100$  m/s. para la velocidad sísmica, ésta experimenta un aumento brusco, por corresponder ya a las calizas infrayacentes. La velocidad aparente  $V_2 = 10.000$  m/s., adquiere, en las estaciones siguientes, su valor real:

$$V_3 = V_{90-94} = \frac{0,800 - 0,400}{0,229 - 0,144} = 4.900 \text{ m/s.}$$

El retraso que se aprecia en las estaciones 92 y 93, es debido al efecto amortiguador de la onda sísmica, producido por el horizonte superficial del conglomerado mioceno.

Entre las estaciones 94 y 98 se caracterizan las capas de arcillas y areniscas del Cretáceo, tantas veces estudiadas en las líneas anteriores.

$$V_4 = V_{94-98} = \frac{1,200 - 0,800}{0,337 - 0,229} = 3.700 \text{ m/s.}$$

También se aprecia el efecto producido en las estaciones 95 y 97 por la capa miocena superficial.

El paso de la falla corresponde a los alrededores de la estación 90. Es muy posible que el descenso de la velocidad no hubiera sido tan considerable de no haber existido aquélla.

Según acabamos de explicar en los párrafos anteriores, en el subsuelo del vaso del pantano encontramos la caliza apoyada sobre las areniscas y arcillas del sistema Cretáceo. Por las mismas razones expuestas en la línea VI, la pérdida del agua acumulada por el embalse tiene que ser de importancia.

Las calizas que mencionamos pertenecen a un nivel geológico superior a las arcillas y areniscas sobre las que se han observado las líneas I, II, III y IV (véanse los cortes geológicos 1 y 2 de la lámina XXIII); sin embargo, descienden hasta un nivel topográfico muy inferior y terminan a tope con aquéllas (corte número 1), luego queda fuera de toda duda que la región donde se cimienta la presa del embalse es una zona hundida y rellena, después, por las sedimentaciones más modernas.

**§ 24. Conclusiones.**—La formación triásica no se encuentra en la zona investigada por el método sísmico, por lo menos hasta la profundidad del nivel del mar, puesto que, hasta esa profundidad, se ha comprobado la existencia de las capas de areniscas y de arcillas pertenecientes a la base del sistema Cretáceo. Las calizas representadas en el núcleo del anticlinal principal, donde se han observado las líneas sísmicas I y II, pueden ser liásicas o triásicas, pero no se inician hasta la profundidad mencionada.

Como la galería que se pretende construir está proyectada a un nivel medio de 100 metros sobre el nivel del mar, es evidente que no puede cortar, en su recorrido, las capas del sistema Triásico, constitutivas del fondo impermeable por el que discurren las aguas subterráneas hasta perderse en el Mediterráneo y, por consiguiente, la captación de estas aguas no puede ser total. Sólo se podrá aprovechar una parte de las que discurren por encima del nivel de la

galería, dotando a ésta de un piso impermeable para que no se vuelvan a perder en el mismo.

La galería de captación de aguas tiene su origen al nivel de la base de la presa del pantano de María Cristina, situada a unos 40 metros sobre el nivel hidrostático, según se ha comprobado por medio de pocillos efectuados en el vaso de aquél, al quedarse seco en la época del estiaje. En su recorrido cortará a ese nivel, cuya pendiente es muy superior a la de aquélla, y después quedará situada debajo del mismo. Todas las capas de areniscas que encuentre, y especialmente después de atravesar el mencionado nivel hidrostático, la alimentarán de agua, y lo mismo sucederá con las chimeneas que es necesario perforar, de trecho en trecho, para mantener la necesaria ventilación.

El examen de los cortes geológicos 1, 2 y 3, como exposición de los resultados obtenidos en la investigación sísmica, nos permite afirmar que el primer trozo de la galería de captación de agua atravesará la formación caliza superior del Infracretáceo, sobre el que se asienta la presa. Después llegará a las areniscas y arcillas que constituyen los flancos de la estructura anticlinal de la zona, encontrándolas siempre con pendiente favorable para la reunión del agua y no saldrá de esta formación en todo su recorrido.

Creemos muy probable, como consecuencia de los razonamientos que acabamos de hacer, que la galería de captación de aguas proyectada pueda reunir un caudal cuyo valor compense, con creces, el gasto necesario para su construcción.

Otro extremo muy interesante, mostrado por nuestro estudio, ha sido la comprobación de las causas que originan la pérdida del agua embalsada en el pantano de María Cristina.

La presa se asienta sobre unas calizas hundidas y corta-

das por una gran falla. Inmediatamente debajo de las mencionadas calizas yacen las capas de areniscas y arcillas constitutivas de la estructura general de la zona investigada. La falla observada, las grietas de las calizas y la porosidad de las areniscas infrayacentes, cuyos poros no se han rellenado aún por la acción de las arcillas, son las causas principales de aquella pérdida.

Ya hemos dicho que la captación de aguas no puede ser total, por no poder llegar con la galería al nivel triásico impermeable. La formación triásica general tiene que ir disminuyendo de profundidad hacia el NE., puesto que llega a aflorar en el pueblo de Villafamés. Es posible, por consiguiente, que si la galería proyectada u otra que se proyectase pudiera llegar al contacto de las capas cretáceas con aquella formación, la captación de aguas subterráneas fuese de gran importancia.

---

## CAPITULO VI

### INVESTIGACION SISMICA EN LA ZONA DE LINARES-LA CAROLINA (JAEN)

---

#### PRIMERA PARTE

**§ 25. Prólogo.**—La red filoniana del distrito minero de Linares-La Carolina, ha sido objeto de una explotación muy intensa; pero sus criaderos están muy lejos de agotarse, como algunos han supuesto. Hasta la fecha, sólo se han explotado los filones principales, en una pequeña longitud de su recorrido y no muy grande profundidad, reducidas las labores de investigación a la más mínima expresión. Existen, actualmente, zonas de gran amplitud donde no se ha practicado investigación alguna, aun en las alineaciones de los mejores filones conocidos.

Ante la importancia nacional del problema del plomo, se ha creído necesario efectuar una investigación de la posible continuidad de la zona filoniana encajada en el granito y en las pizarras paleozoicas, debajo de las sedimentaciones triásicas y terciarias que la ocultan. Esa investigación ha de ser a base de pozos, perforados en los lugares más convenientes, desde los que partan galerías transversales que corten a los filones, para practicar en ellos galerías de dirección o sirvan para preparar los lugares del emplazamiento de sondeos horizontales con el mismo fin.

La primera dificultad que se presenta para la resolución del problema es la elección del lugar donde deban practicarse los pozos, íntimamente ligados a la profundidad a que se encuentren las pizarras y el granito donde arman los filones.

Para resolver esa dificultad, la Sección Geofísica del Instituto Geológico y Minero de España, ha realizado una investigación sísmica, que ha de suministrarlos las profundidades a que se encuentran las formaciones mencionadas en cada uno de los puntos de la zona de estudio.

### **§ 26. Reseña geográfica y geológica.**

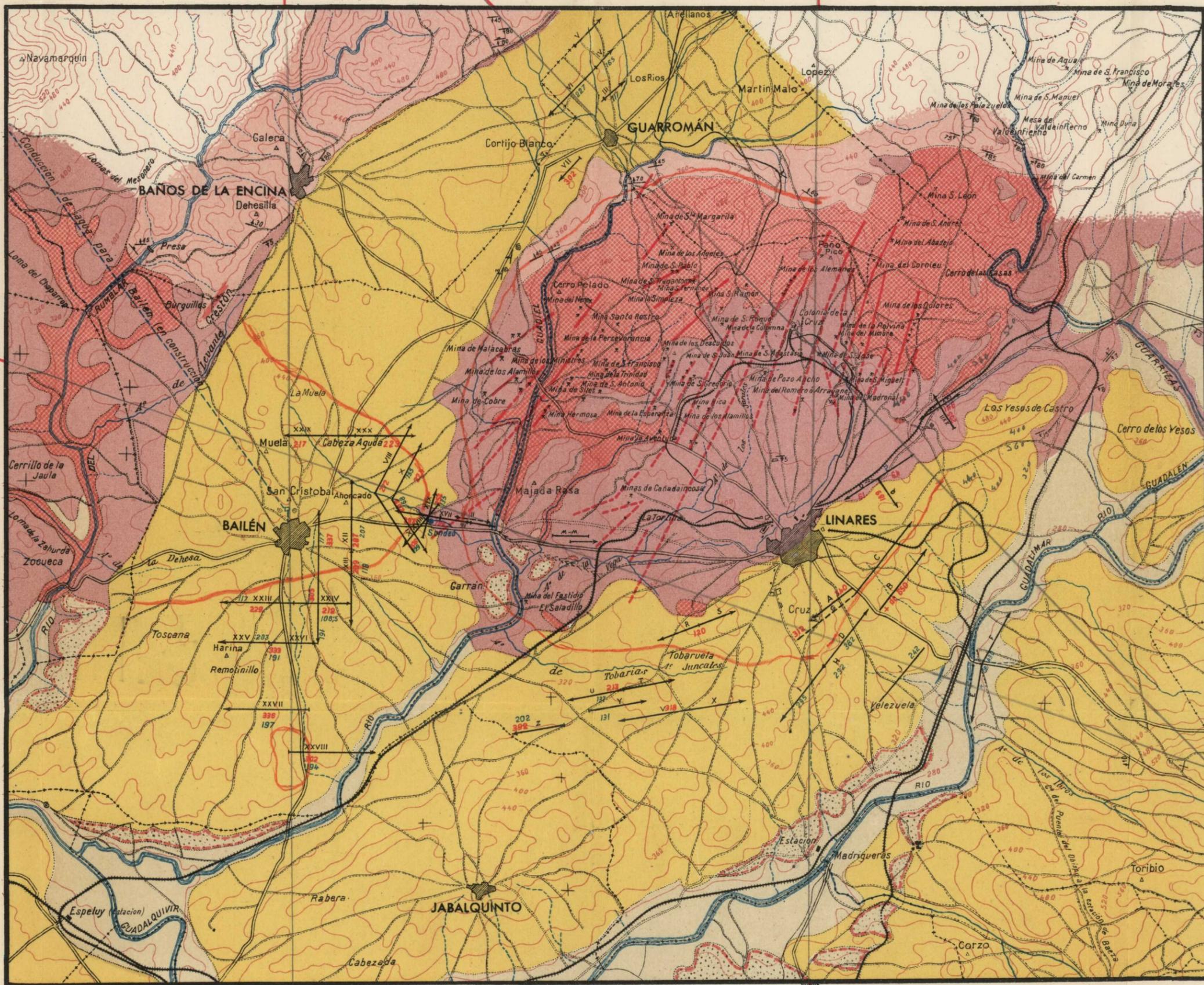
RESEÑA GEOGRÁFICA.—La zona de trabajo de la investigación geofísica que vamos a exponer está comprendida entre las últimas estribaciones o contrafuertes de la Cordillera Mariánica, representadas por la vertiente meridional de Sierra Morena y la fértil llanura andaluza, que bordeando el curso del Guadalquivir se extiende hasta el mar.

Las líneas sísmicas se han estudiado sobre los terrenos que recubren las formaciones granítica, paleozoica y triásica, cuyas respectivas profundidades se trata de determinar. Abarcan los términos de Linares, Bailén y la zona Norte del de Guarromán. Dos de ellas se han emplazado en el valle del Guadalimar, en la margen izquierda del río, dentro del término de Baeza y en las cercanías de la estación del mismo nombre del ferrocarril directo de Madrid a Sevilla. (Véase el plano general, lámina XXIV).

La topografía de la región está afectada, en su parte septentrional, por las causas de carácter tectónico que han intervenido en la configuración de la sierra, aunque sólo sea en sus manifestaciones más amortiguadas, y, en la meridional, por los fenómenos de erosión producidos por los agentes externos. Sus alturas más notables y sus valles

# INVESTIGACIÓN SÍSMICA EN LA ZONA DE LINARES-LA CAROLINA (JAÉN)

ESCALA 1:100.000



### EXPLICACION

- |  |             |  |                 |
|--|-------------|--|-----------------|
|  | Cuaternario |  | Crestones       |
|  | Terrazas    |  | Filones         |
|  | Mioceno     |  | Fósiles         |
|  | Triásico    |  | Anticlinal      |
|  | Cambriano   |  | Lineas sísmicas |
|  | Granito     |  | Granito         |
|  |             |  | Paleozoico      |

más profundos y angostos concuerdan con los terrenos antiguos, en los lugares por donde discurren los ríos Guarizás y Rumblar. En los cerros de La Luz, en los de Las Casas y en Valdeinfierno, aquéllas alcanzan y exceden de 500 metros sobre el nivel del mar, mientras el Guarizás discurre al nivel aproximado de los 300 metros, entre márgenes escarpadas. Lo mismo sucede, en la zona de Baños de la Encina, con relación al Rumblar, que pasa en curso angosto y profundo con diferencias de nivel parecidas, aunque entre cotas extremas más bajas.

Hacia el Sur, en la zona de la campiña, los cerros y lomas no difieren, apenas, en altura de los anteriores, pero se esparcen entre límites mucho más amplios. Los valles se abren, las laderas se suavizan y el conjunto topográfico resulta más ondulado y sencillo.

Las cotas más destacadas en la parte meridional son: las del cerro de la Cruz, en Linares, que alcanza 493 metros de altitud; las de La Muela y el cerro de San Cristóbal, en Bailén, algo superiores a 400; la loma de Castro, en Valladolid, con 450, y la de Jabalquinto, que excede de 480 metros.

El relieve, en su conjunto, no resulta ni excesivamente accidentado ni tampoco muy llano, salvo en contados casos.

Desde el punto de vista hidrográfico, la zona comprende las cuencas de los ríos Rumblar, Guadiel y Guadalimar, tributarios en su conjunto del Guadalquivir, en las cercanías de Espeluy. Sus afluentes más interesantes son: para el Rumblar, río Pinto, que desciende por el Norte desde Sierra Madrona y se le incorpora cerca de Baños; para el Guadalimar el Guadalén, que discurre por el término de Arquillos e ingresa sus aguas en aquél cerca de la estación de Baeza, y, por último, el Guarizás, que nace en Despe-

ñaperros y pasa por Santa Elena, para unir sus aguas al Guadalén al SE. de Vadollano.

Otros muchos afluentes, de menor importancia, completan el cuadro hidrográfico, todos o casi todos de régimen torrencial y gasto variable, cuando no intermitente.

Región de lluvias frecuentes y suelo terroso sobre mantos arcillosos, mantiene fácilmente la humedad y hace de la misma con su tierra feraz una de las más fértiles y productivas de España.

La cuenca hidrológica subterránea da lugar, además de los manantiales de agua potable, insuficientes en algunos casos, como en Linares y Bailén, por el exceso de población, a otros de carácter medicinal, alguno de ellos en explotación, aunque muy modesta, como el llamado Fuente Agría o Baños de la Muela, situado al Sur de Linares, a unos seis kilómetros de la población, por la carretera o camino vecinal de Torreblascopedro. Este manantial surge en la margen derecha del río Guadalimar. Su caudal aproximado es de 250 a 300 litros por hora, según aforo hecho en el mes de abril, y la calidad de sus aguas del tipo de las sulfurosas, recomendadas para las afecciones de la piel.

En la barriada de Zocueca, del término de Bailén, sobre el río Rumblar y en su margen izquierda, alumbraba otro manantial de aguas gaseosas del tipo de las de Marmolejo, con un gasto aproximado, según datos suministrados por su propietario, de unos 15.000 litros cada 24 horas.

Y un tercer manantial, actualmente abandonado, pero que en otro tiempo fué utilizado, es el denominado Baños de Castro, situado en la carretera de Linares a Vadollano, hacia la mitad de su trayecto. Por los informes recogidos se trata de aguas parecidas a las de La Muela.

De las aguas que abastecen actualmente Bailén se han recogido muestras, y los análisis correspondientes, hechos

por el Ingeniero de Minas Sr. Menéndez Puget en el Laboratorio del Instituto Geológico, han dado los resultados siguientes:

	Fuente Vieja	Fuente de la Carrera	Fuente del Paseo
Cal .....	0,1379	0,1646	0,2223 grs. litro
Magnesia .....	0,0360	0,0288	0,0720 >
Anhídrido sulfúrico .....	0,0635	0,0446	0,2506 >
Cloro .....	0,0337	0,0284	0,0319 >
Cloruro sódico .....	0,0556	0,0468	0,0525 >
Grado hidrotimétrico .....	34,5°	34,5°	53,5° >

Las comunicaciones son buenas y variadas, como corresponde al rango de una región de las más importantes de España por su riqueza minera, pecuaria y olivarera. Cuenta Linares con cuatro estaciones de ferrocarril: la de Almería y Granada; la de Málaga, por Jaén y Puente Genil; la de M. Z. A. para el enlace, en Vadollano, con el directo de Madrid a Sevilla, y la del ferrocarril económico a la vecina zona minera de La Carolina.

Por medio de un servicio eléctrico de tranvías se enlaza con la estación de Baeza y con el pueblo del mismo nombre y el de Ubeda. Su red se extiende, además, por todas las minas y fundiciones importantes de los arrabales de Linares, a las que facilita el acceso de todo su personal y abastecimiento.

Apartada la población unos 12 kilómetros de la carretera general de Madrid a Sevilla y Jaén, dispone de otras auxiliares que permiten su enlace con aquella, en los pueblos de Guarromán y Bailén y en el término de Baños.

Las altitudes extremas con relación al nivel del mar oscilan entre 250 y 500 metros, siendo la mayoría de las intermedias del orden de 300 a 400. Su clima es suave en

la mayor parte del año, por corresponder a clima de sierra dentro de la región andaluza.

En cuanto a riqueza minera ha figurado como uno de los centros productores de plomo más importantes de la minería mundial y en el día de hoy, a pesar de su sensible y prolongada crisis, entra aún dentro del rango de gran categoría.

**RESEÑA GEOLÓGICA.**—Hallándose en preparación la hoja en escala 1:50.000 del Mapa Geológico que comprende la zona de nuestro estudio, y siendo para éste de pequeño interés hacer con detalle la delimitación estratigráfica en tanto no existan diferencias esenciales en los caracteres físicos de sus capas dentro de cada formación geológica, fijamos en nuestros planos solamente los límites de cada terreno, sin más tramos ni otros horizontes que los de carácter general. Con tal criterio presentamos el plano horizontal y los cortes geológicos de las láminas XXIV, XXV y XXVI, cuya descripción es como sigue:

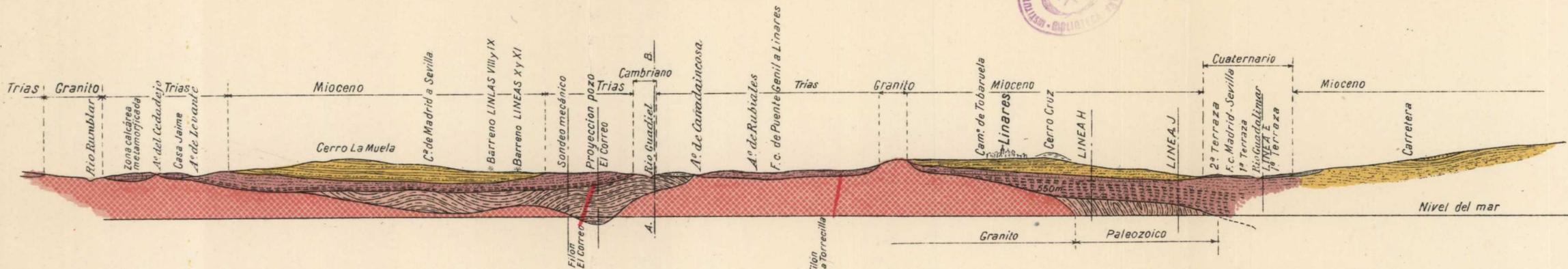
**Cuaternario.**—Este terreno se encuentra, en su casi totalidad, dentro de la zona de estudio, siendo las direcciones respectivas de los ríos Rumbler, Guadiel y Guadalimar, sobre cuyas cercanías tiene su asiento y de los cuales procede, como restos de un todo que cubrió la superficie total que consideramos.

Sus materiales se encuentran distribuidos en diferentes tongadas, constituyendo terrazas en cierto modo imperfectas por su falta natural de horizontalidad, pero que pueden diferenciarse. Dentro de esos límites impuestos por la imprecisión, las hemos dividido en dos series, diferenciadas entre sí, no sólo por su horizonte, sino también por el tamaño y naturaleza de sus cantos. Las primeras o más bajas corresponden a los 250 y 280 metros de altitud y las

INVESTIGACION SISMICA EN LA ZONA DE LINARES LA-CAROLINA (JAEN)

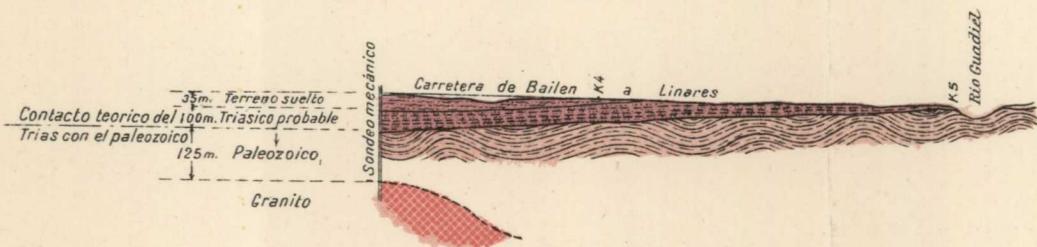
Escalas { Horizontal 1:100.000  
Vertical 1:40.000

Corte geológico según un plano vertical 1-1

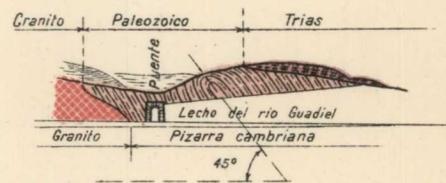


Detalle del corte geológico entre el río Guadizel y el sondeo mecánico

Escala 1 : 20.000



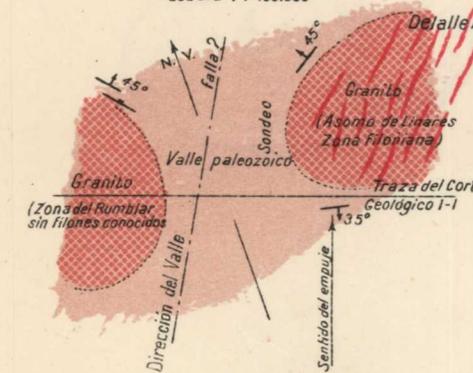
Detalle del anticlinal del km. 5. Carretera de Bailén (Corte por A-B)



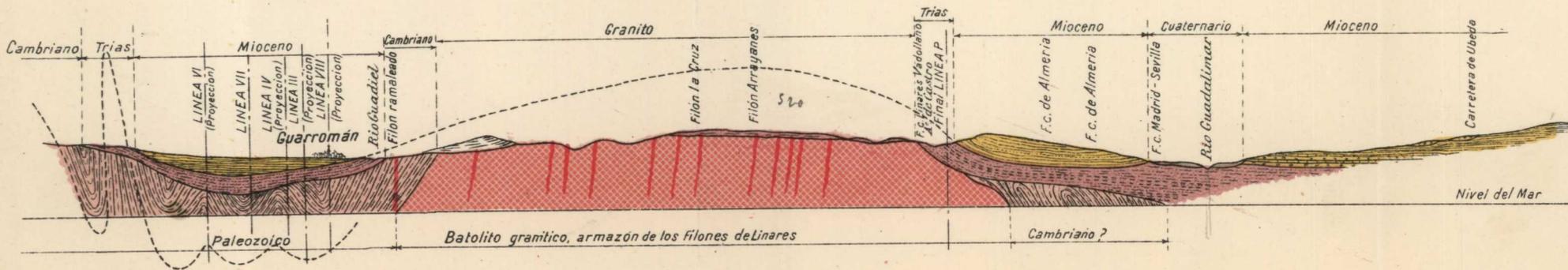
Corte geológico por un plano horizontal bajo el nivel del Trias (croquis)

Nivel aproximado 250 metros

Escala 1 : 400.000



Corte geológico según un plano vertical 2-2, por Guarromán



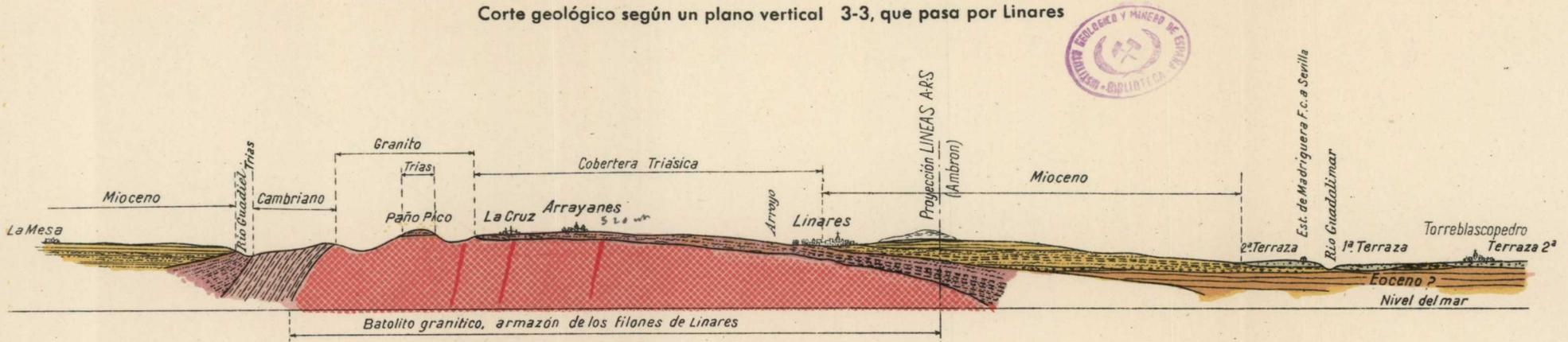
EXPLICACION

- Cuaternario
- Margas
- Arcillas y areniscas
- Pizarras
- Caliza
- Granito

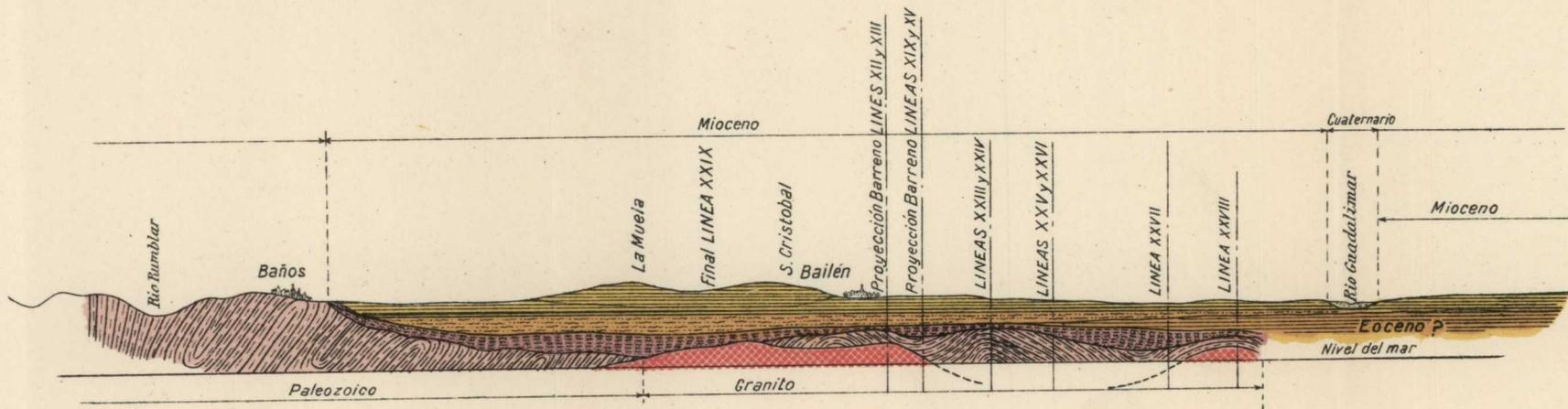
INVESTIGACION SISMICA EN LA ZONA DE LINARES LA-CAROLINA (JAEN)

Escalas { Horizontal 1:100.000  
Vertical 1:40.000

Corte geológico según un plano vertical 3-3, que pasa por Linares



Corte geológico según un plano vertical 4-4, que pasa por Baños y Bailén



EXPLICACION

-  Cuaternario
-  Margas
-  Arcillas y areniscas
-  Pizarras
-  Granito

segundas o más altas a los 300 y 350. En aquéllas, son más frecuentes los cantos de naturaleza calcárea; el tamaño es más pequeño y el cemento que los une, generalmente sabuloso, forma un conjunto suelto. Los cantos de las segundas son más silíceos, variados y de mayor tamaño, y el cemento, de naturaleza arcillosa, liga tan fuertemente los trozos que forman, a veces, verdaderos conglomerados.

A esta última serie corresponden las de La Muela y Torreblascopedro, sobre la que se alza el pueblo del mismo nombre; las de Vadollano, en el Guarizás, las de la margen izquierda del río Rumber, al Sur de Zocueca, y los restos aislados de las dos márgenes del Guadiel, en las cercanías de la carretera de Linares a Bailén.

En términos generales, unas y otras soportan la capa de tierra vegetal más o menos pedregosa, pero roturable, generalmente. Las de nivel bajo, próximas a las del río, suelen estar festoneadas por las del terreno actual, que constituyen las orillas del mismo.

*Terciario.*—En el orden descendente inmediato al anterior terreno aparecen unos bancos de margas, arcillas, areniscas flojas y algunos horizontes calizos, de pequeño espesor, de la formación miocena.

Como se aprecia en el plano, comprende la mayor parte de la superficie de la zona de estudio y se extiende por los términos de Guarromán, Bailén, Jabalquinto y Linares, en disposición envolvente, alrededor del macizo central filoniano, abierta hacia el NE. por la zona donde discurre el Guarizás y se origina el Guadiel.

Las capas yacen con la más perfecta horizontalidad, salvo rarísimos casos de acomodamiento y de bordes, lo que prueba la casi total inamovilidad desde su depósito. Únicamente alteraron su figuración exterior los efectos producidos por la erosión, dejando al descubierto sus bordes

en las laderas. Dichas capas son de constitución margosa, con alternancias sabulosas y colores claros en los horizontes altos; son arcillosas y grisáceas, en los medios; y arenosas, con algunos conglomerados y pequeños lechos calizos con tinte moreno amarillento y rojizo, en el fondo.

El poco tiempo destinado a la observación de dichos horizontes; la falta de cortes naturales o canteras; la remoción del terreno por el cultivo y, sobre todo, la escasa importancia de la separación por tramos para el estudio sísmico, toda vez que en ellos no hay variación física esencial en las capas, no nos ha permitido recoger fósiles con la abundancia necesaria para su clasificación. Se encontraron *ostreas*, *turritelas* y otros moluscos en el cerro de San Cristóbal y alrededores de Bailén, que, si bien no caracterizan el tramo, confirman en parte la clasificación miocena y la probable designación como helveciense para el horizonte superior que se extiende por toda la formación.

El espesor máximo de la misma es de unos 200 metros, quedando reducido en algunos sitios a unos 50 ó 60 metros y a la mínima expresión en los bordes (véanse los cortes geológicos de la lámina XXV).

El tramo medio o de las arcillas, con capas de gran pureza y potencias superiores a los 10 metros en algunos sitios, alimenta una industria alfarera en la zona de Bailén que se cifra en varios millones de pesetas anuales y sostiene la población bracera una gran parte del año.

Examinado el fondo y las márgenes del río Guadalimar, en las inmediaciones de la estación de Madrigueras, del ferrocarril de Madrid a Sevilla, se aprecia un horizonte de capas margosas en disposición horizontal, frente a dicha estación y algo más aguas abajo, con un tendido de unos 5 a 10° en el sentido de la corriente, de color gris azulado, disposición tableteada y alternancias a veces arcillosas, y

otras, con lechos endebles de arenisca, de facies eocena. Está situado debajo de los mantos de conglomerado que bordean el ferrocarril y que, sin duda, constituyen la base del Mioceno. Entre las margas de estructura sabulosa se observa una gran profusión de foraminíferos y moldes de alveolinas.

Siguiendo hacia Espeluy, el fondo y las márgenes de dicho río, así como las del Guadalquivir, al que se une, están labrados en la misma clase de terreno que continúa hasta el límite de la hoja, en La Ceña.

No ha permitido el tiempo empleado reconocer el río aguas arriba; pero en el fondo del mismo, en las inmediaciones de Baeza y próximo al molino y presa de Arquillos, las capas cambian gradualmente su tinte gris azulado y claro en el rojizo, como si señalasen un tránsito hacia el Triás. Constituyen allí esas capas una especie de lomo denudado por el cauce y en cuyas márgenes buzan en sentido contrario (corte geológico 2-2, lám. XXV), para orientarse en disposición sensiblemente normal a la corriente y buzar, con unos 5° de inclinación, en su mismo sentido.

En los cortes 3-3 y 4-4 (lám. XXVI) se señala la posible zona eocena intercalada entre los horizontes triásicos y miocenos.

*Secundario.*—A las formaciones precedentes, y especialmente a la primera de las dos citadas del período Terciario, sigue, en el mismo orden de enumeración, una mancha triásica, prolongación de la que, en gran extensión, bordea el Paleozoico de Despeñaperros por Vilches, Santisteban del Puerto y sigue hasta la Sierra de Alcaraz. En la parte de Linares y Vadollano se apoya directamente sobre el granito; en la de El Correo sobre éste y el Paleozoico, recubriendo su probable contacto, y en la más occi-

dental o del río Rumblar, vuelve de nuevo a servir de cobertera a dicho batolito granítico.

El espesor de este horizonte, que se presenta potente en la parte de Vilches y en todo el curso del Guadalimar, hasta Vadollano, queda reducido en la zona de Linares a una simple cobertera o costra con una ligerísima inclinación hacia el Sur; rara vez alcanza potencia superior a ocho o diez metros, siendo, por el contrario, de cuatro a cinco ordinariamente y queda reducido en algunos lugares a un metro y hasta 0,50, como sucede en la carretera de Acebuchares.

Entre los kilómetros 5 y 7 del ferrocarril de Vadollano aparecen sus capas con ángulos de inclinación de 45°; hundida tanto la parte de margas irisadas o keuper como los bancos de areniscas que constituyen la coronación del tramo, o la parte inferior del Mioceno que se le superpone en dicho punto (corte 2-2).

Las rocas componentes de esta formación triásica son: los conglomerados y areniscas groseras de la base, generalmente en contacto y fuertemente metamorfizadas y aureoladas por el granito; sobre este horizonte se apoyan allí donde existen las margas irisadas arcillosas, seguidas de un espesor de areniscas de grano fino y color amarillento rojizo. En la zona de Castro, coronando el tramo, se presenta un banco marcadamente conchífero y algunas tongadas de caliza fina litográfica, de espesores que rara vez alcanzan más de 0,20 metros. Este horizonte se observa en el Castro, en las cercanías del Torreón romano, donde existen calerines que han tratado la mencionada roca hasta el mismo banco conchífero. El horizonte continúa hacia Vadollano y bordea la loma de Castro, en su base, hasta la cortijada del Vizconde de Begíjar, donde hay nuevos hornos de cal y asomos de las capitas mencionadas, cuya

dirección está comprendida entre los E. 10° N. y O. 10° N. y una inclinación de 15° al Sur, hacia donde tiende, en general, toda la formación.

En la parte occidental, donde se encuentra la mina «El Correo», los conglomerados triásicos son extraordinariamente silíceos, tanto por lo que se refiere a sus cantos como por el cemento que los traba. En algunos lugares tiene aspecto brechoso y en todo caso son duros y difícilmente quebrantables con el martillo. Sobre estos conglomerados se apoyan las tongadas de arenisca roja, en disposición alternante con lechos de naturaleza arcillosa. Las capas tienden ligeramente hacia el S.-SO. y el conjunto se oculta bajo el manto terciario para reaparecer en las márgenes del Rumblar. La novedad en este nuevo afloramiento de los horizontes triásicos es la existencia de las calizas en contacto directo con el granito. Son de tinte rojizo, como las areniscas, con vetas espáticas frecuentes, textura arriñonada generalmente y muy metamorfizada. Se extiende en posición horizontal y su espesor es pequeño.

Al lado del cortijo denominado de Jaime, en el arroyo de Levante, hay un horno derruido y varias canteras abandonadas, que han servido para la producción de cal.

Sobre estas calizas, quizá del muschelkalk, se apoyan algunas areniscas de grano fino, en bancos fuertes.

Pasado el río Rumblar continúa el horizonte triásico coronando el granito y sellando, como en la zona de «El Correo», la línea de contacto del batolito con las pizarras del paleozoico.

*Paleozoico.*—En la parte Norte de la zona de estudio, esta formación ocupa una faja cuyo asomo comienza en la margen derecha del río Guadiel, al SO. del pueblo de Guarromán y, ceñida al batolito granítico, se extiende por Palazuelos, Coto de la Luz y Valdeinfierno. En la dirección

contraria se oculta bajo las formaciones terciaria y triásica y enlaza con el asomo de Baños de la Encina, donde se apoya en el granito del río Rumbiar, y sigue por el Norte para enlazar en La Carolina con la mancha de Palazuelos, dejando así envuelta la formación terciaria.

En la parte Sur no existen otras manifestaciones superficiales de esta formación más que dos pequeños asomos: uno de ellos, originado por la propia denudación del Guadiel, coincide con el cruce de este río bajo el puente de la carretera de Linares a Bailén, en el hectómetro 1.º del kilómetro 5 de la misma; el otro se halla separado hacia levante unos dos kilómetros, en el arroyo de la Vega; entre ambos se puede observar otra escasa manifestación al lado de la carretera, sobre la margen derecha del arroyo de Cañadaincosa.

En todos estos asomos las pizarras están fuertemente metamorfizadas por su proximidad al macizo eruptivo, cuyo contacto por el Norte se encuentra a 200 metros escasos, siguiendo el curso del río, aguas arriba.

Sus capas están dobladas en posición de anticlinal tumbado bajo una inclinación aproximada de 45°, de ramas simétricas y con buzamiento hacia el S.-SO. (véase el detalle A-B de la lámina XXV).

En el arroyo de la Vega aparece este pliegue en arco más abierto y normal, como si se iniciase una descompresión con tendencia a desvanecerse.

No hay más asomos en esta parte meridional; pero su prolongación por debajo de la formación triásica se comprueba en los trabajos de la mina «El Fastidio», situada unos dos kilómetros aguas abajo del Guadiel, cuyas escombreras son de pizarras en su mayoría, y en la de otro pocito situado al NE. de la misma, de escasa profundidad. También se confirma por las labores de la mina «El Correo»

y, en otros diferentes lugares, por los resultados del estudio geofísico.

*Eruptivo o granítico.*—El granito constituye la base de toda la serie estratigráfica enumerada.

Su manifestación superficial más importante, sin solución de continuidad, corresponde a la parte septentrional de Linares.

Comprende desde las inmediaciones de Vadollano, como extremo oriental, hasta el río Guadiel, en sentido opuesto. Cubre, en forma de arco, toda la zona minera por los parajes de La Laguna, Cerro de Las Mancebas, minas de «San Tragantón» y «La Liebre», hasta la vertiente occidental del Guadiel, en las proximidades de Matababras.

La particularidad notable de esta mancha granítica estriba en que sobre ella encaja el mayor y más importante número de criaderos de plomo, que tan justa celebridad han dado al distrito minero.

Hacia levante hay otros asomos de dicho terreno, unidos, sin duda, bajo el manto cuaternario y triásico que los recubre, uno de los cuales, de escasa extensión, aparece en el cruce de la carretera de Arquillos con el río Guarizás, a tres kilómetros, poco más o menos, de la estación de Vadollano; otro, también de pequeña importancia superficial, asoma en el kilómetro 12 de dicha carretera, y el tercero se halla en el cruce del río Guadalén, donde se define en su fondo y se extiende a la izquierda del mismo con mayor amplitud. En este último asomo arma el criadero de plomo de la mina «La Española», actualmente parada, que fué importante por su gran producción.

Tales manchas graníticas constituyen una espina dorsal entre los sedimentos de Vilches y la zona de hundimiento aparente de Vadollano y río Guadalimar.

Por el Oeste se manifiesta el granito en el curso del río

Rumblar, desde las cercanías del pantano de Baños hasta Zocueca, unos 500 metros aguas abajo del puente y carretera de Madrid a Sevilla.

Y por el Sur quedan reducidas las manifestaciones de dicho terreno a dos pequeños asomos; uno de ellos en el paraje denominado de El Saladillo, en el kilómetro 168 del ferrocarril de Puente Genil, y el otro en las cercanías y al NE. de Tobaruela; después de los cuales se oculta y desciende su borde hacia el Guadalimar y la vega en los términos que se indican en los cortes geológicos 3-3 y 4-4, completados con arreglo a los resultados del estudio sísmico que nos ocupa.

La calidad del granito, en unos y otros asomos, varía notablemente en cada lugar con arreglo a sus componentes; se presenta feldespático y descompuesto, fácilmente disgregable y disgregado, como sucede ampliamente en la zona de La Laguna, en el borde meridional, cerca de la carretera de Vadollano, y en algunos sitios de las márgenes del Guadiel y Rumblar; otras, cuarcífero y compacto, de extremada dureza, como en los asomos de El Saladillo y Tobaruela, donde por tales caracteres se explotan varias canteras para la obtención de adoquines, y metamorfoseado e impuro, frecuentemente, en las zonas de contacto y sus cercanías, especialmente cuando éste se verifica con las areniscas y calizas del Trías.

En cuanto a coloración ocurre lo mismo, varía el tono según la clase de mica predominante: es claro cuando abunda la muscovita o mica blanca y de color oscuro cuando es la biotita o negra la que predomina; otras se torna rosáceo y acaramelado cuando lo es el feldespato, y frecuentemente rojizo cuando se tiñe de oxidaciones ferruginosas, como sucede en las cercanías del contacto con las areniscas y calizas triásicas. Otra particularidad indepen-

diente de sus caracteres físicos, debida probablemente a fenómenos de hundimiento o tectónicos, es la de aparecer, en extensiones a veces relativamente grandes, señaladamente friccionado, dando de lejos la sensación de terreno estratificado, cuando no se trata más que de secciones de la roca o litoclasas en planos repetidos y paralelos, en disposición sensiblemente vertical. Ejemplos de esta estructura pueden observarse en la zona de Vadollano, río Guarizás, aguas arriba del cruce con el ferrocarril, y en la de Zocueca, término de Bailén, aguas abajo del puente y carretera general de Madrid a Sevilla; es decir, coincidiendo con el borde meridional del batolito, donde comienza a pronunciarse la caída del mismo hacia el Guadalimar y la vega.

**TECTÓNICA.**—La de esta zona está naturalmente ligada a la general, que ha formado la gran cordillera, de la cual no es más que una pequeña manifestación de su extremo oriental. Siendo, pues, la de aquélla de tipo herciniano, a su gran serie de pliegues ha de corresponder la marcha general que en dicha zona se observa, modificados, si acaso, por acciones sucesivas y póstumas que sólo afectaron de un modo local.

En este orden de ideas es interesante observar la existencia del pliegue tumbado y simétrico del referido corte *A-B* de la lámina XXV, en coincidencia con el asomo paleozoico de que hemos hecho mención, que concuerda con el comienzo del kilómetro 5 de la carretera de Linares a Bailén, a orillas del Guadiel, así como la posición invertida del terreno en los lugares de contacto de dicha formación geológica y la granítica, en el asomo de este río y el río Rumblar.

Es dicho pliegue de dirección francamente herciniana,

como lo es a su vez el contacto (véase el plano general y corte *A-B* de las láminas XXIV y XXV, respectivamente), pero este último con la siguiente particularidad: que en el contacto del Guadiel ocupa el granito el flanco septentrional del pliegue y la pizarra el del Sur, mientras que en el del Ramblar se invierten los términos: pasa la pizarra al Norte y el granito ocupa el flanco meridional.

En el detalle *A* de la lámina XXV, se indica un corte horizontal en croquis a escala, supuesto al nivel inmediato inferior a las últimas capas del Trías y primeras del Paleozoico, con la situación relativa de las dos formaciones, y a la vista del mismo, y pensando en la acción tangencial evidente que originó el pliegue de referencia, surge inmediata la presunción de dos estructuras posibles: la de que dichas pizarras pueden ser flancos opuestos de un anticlinal de tipo normal, cuyo eje ideal une los dos asomos graníticos, o que existe una falla entre ellos que afecta al macizo, sellada por los depósitos posteriores, terciarios y triásicos, con dirección sensiblemente paralela a la del valle superficial.

En todo caso habrá solución de continuidad en la marcha de dicho contacto. Doblarán las pizarras del río Guadiel hacia el Norte, para ceñirse al asomo de Linares y empalmar con las de Guarromán; y las del río Rumblar hacia el Sur, en posición sensiblemente simétrica, envolviendo el asomo segundo. La parte primera de este supuesto está confirmada por la existencia de aquéllas en las minas «El Correo», «La Previsión», «El Porvenir» y algunas más en la zona de Matababras y, la segunda, es posible y probable por lógica correspondencia para explicar el accidente.

En cuanto a la posibilidad de existencia de una falla, debemos tener en cuenta que la diferencia de nivel entre los dos asomos graníticos, que alcanza y excede de 150 metros

más bajo en el Rumblar que en Linares, basta por sí sola para explicar el fenómeno.

**§ 27. La investigación sísmica.**—Ya hemos enunciado en el Prólogo el problema que pretendemos resolver. La determinación de las profundidades a que se encuentran las pizarras paleozoicas y el granito, en los distintos lugares de la zona.

El método sísmico de prospección resulta apropiado para conseguir nuestro objeto, por la gran diferencia de velocidad sísmica existente entre la que corresponde a las formaciones mencionadas y a las triásica y miocena que las recubren.

Según el criterio establecido en otros trabajos análogos, resultante de la gran práctica adquirida en esta clase de investigaciones, evitamos corrientemente el empleo de las fórmulas que sirven para calcular la profundidad a que se encuentran las superficies de separación de cada dos formaciones geológicas distintas, cuando éstas están inclinadas, reduciendo el problema al caso de capas horizontales por la observación de los perfiles sísmicos, según la dirección de estratificación. Cuando esto no es posible, se han observado dos perfiles de direcciones contrarias, a partir del mismo origen, y se ha aceptado para valor de la profundidad correspondiente al mismo, el promedio de los dos valores pertenecientes a aquéllos.

Se han efectuado 56 líneas sísmicas que suman en conjunto más de 90 kilómetros de longitud. El número total de sismogramas calculados ha sido de cerca de 1.400.

Las estaciones se han situado de 100 en 100 metros, excepto cuando ha sido necesario afirmar los valores obtenidos para las profundidades, que aquella distancia se ha reducido a 50 metros

El estudio realizado es, por consiguiente, de carácter general, cuya aproximación es del orden de 25 metros, cuarta parte de la distancia entre las distintas estaciones.

Del número total de perfiles estudiados, treinta se han observado con los aparatos de Mintrop-Askania, de registro óptico individual, que inscriben directamente sobre los sismogramas el verdadero movimiento del suelo. Los veintiseis restantes (denominados por letras) corresponden a los aparatos de Ambronn, de registro galvanométrico central, que registran la aceleración de aquel movimiento.

Con los valores obtenidos para los tiempos de recorrido del rayo sísmico correspondientes a cada sismógrafo, y las distancias horizontales al origen, medidas directamente sobre el terreno, se han dibujado las respectivas líneas dromocrónicas, cuyos lados determinan la velocidad sísmica de cada horizonte geológico, y cuyos codos sirven para el cálculo de sus profundidades.

La irregularidad de la superficie de contacto entre aquellas, nos ha determinado, en general, a utilizar nuestro método de cálculo de profundidades por el empleo del coeficiente de profundización, al que hemos dado el valor  $K = 0,30$  de la correspondiente distancia epicentral.

A continuación exponemos el estudio de todos los perfiles efectuados. En ellos se empieza por la determinación de las velocidades medias del rayo sísmico al llegar a cada estación, para con ese dato, y el dibujo de la línea dromocrónica, diferenciar los distintos sistemas geológicos atravesados por aquél. Después, se calculan las velocidades aparentes de cada uno de ellos, así como sus profundidades respectivas.

*Línea I.*—La línea I de la investigación de Linares, se ha situado en el lugar denominado Acebuchares, cerca del cortijo de Trojón, cuatro kilómetros al SO. de la población.

El suelo, constituido por las areniscas triásicas, con un pequeño espesor de 5 a 10 metros, descansa directamente sobre el granito.

Tiene por objeto la determinación de la constante sísmica de esta roca.

Las velocidades medias del rayo sísmico en cada estación, son las siguientes:

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{10}{0,030} = 350 \text{ m/s.} & V_{0-18} = \frac{280}{0,116} = 2.400 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{40}{0,041} = 1.000 \text{ »} & V_{0-20} = \frac{320}{0,120} = 2.400 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{70}{0,054} = 800 \text{ »} & V_{0-21} = \frac{340}{0,115} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{80}{0,045} = 1.800 \text{ »} & V_{0-22} = \frac{360}{0,117} = 3.100 \text{ »} \\
 V_{0-9} = \frac{100}{0,057} = 1.800 \text{ »} & V_{0-23} = \frac{380}{0,134} = 2.900 \text{ »} \\
 V_{0-11} = \frac{140}{0,068} = 2.100 \text{ »} & V_{0-25} = \frac{420}{0,142} = 2.900 \text{ »} \\
 V_{0-12} = \frac{160}{0,078} = 2.100 \text{ »} & V_{0-26} = \frac{460}{0,159} = 2.900 \text{ »} \\
 V_{0-14} = \frac{200}{0,081} = 2.500 \text{ »} & V_{0-28} = \frac{480}{0,162} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-15} = \frac{220}{0,098} = 2.200 \text{ »} & V_{0-32} = \frac{560}{0,168} = 3.300 \text{ »} \\
 V_{0-17} = \frac{260}{0,099} = 2.600 \text{ »} &
 \end{array}$$

De la observación de estos valores se deduce que el rayo sísmico atraviesa un horizonte uniforme, cuya elasticidad aumenta con la profundidad.

En la forma acostumbrada dibujamos la línea dromo-

crónica, con los datos obtenidos de los sismogramas. En ellas se observan ciertas irregularidades en las alineaciones, debidas a los desniveles del contacto de las areniscas descompuestas de la superficie con el granito. La citada curva se ha podido descomponer en tres alineaciones. La primera, entre las estaciones 1 y 15, proporciona una velocidad sísmica de

$$V_1 = V_{1-15} = \frac{220 - 10}{0,098 - 0,030} = \frac{210}{0,068} = 3.100 \text{ m/s.}$$

que se debe a la zona de granito muy caolinizado, descompuesto y, sobre todo, influido por una serie de filones explotados hasta el nivel del suelo.

Para calcular la profundidad hasta donde alcanza hemos aplicado la constante de profundización  $K = 0,30$ , de donde obtiene la cifra 66 metros

$$220 \times 0,30 = 66 \text{ m.}$$

La segunda alineación se ha tomado entre las posiciones 15 y 25, resultando de una velocidad sísmica de

$$V_2 = V_{15-25} = \frac{420 - 220}{0,142 - 0,098} = 4.550 \text{ m/s.}$$

que corresponde a un granito todavía algo caolinizado e influido por las explotaciones de los filones que cruzan la línea.

Este nivel llega hasta

$$420 \times 0,30 = 126 \text{ m.}$$

Tomando la pendiente entre los puntos 25 y 32 se obtiene un valor de

$$V_3 = V_{25-32} = \frac{560 - 420}{0,168 - 0,142} = 5.400 \text{ m/s.}$$

todavía algo pequeño.

Si se continúa la observación de la línea, el valor de  $V_3$  aumentaría hasta llegar a unos 6.000 m/s., como se comprobará en otras sucesivas.

*Línea II.*—La línea II de esta investigación se ha situado directamente sobre las pizarras paleozoicas, en la dirección Este-Oeste, con su origen a 200 metros al Sur del pozo principal de la mina «El Correo», donde se sabía que la potencia del tramo era de importancia.

La finalidad de ella es conocer la constante sísmica del tramo de pizarras y la mayor o menor regularidad de sus elementos.

Las velocidades medias al origen son:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{50}{0,034} = 1.500 \text{ m/s.} & V_{0-9} = \frac{450}{0,127} = 3.500 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{100}{0,055} = 1.800 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{500}{0,136} = 3.700 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{200}{0,076} = 2.600 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{550}{0,147} = 3.700 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{250}{0,086} = 2.900 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{600}{0,158} = 3.800 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{300}{0,092} = 3.300 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{650}{0,168} = 3.900 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{350}{0,101} = 3.400 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{700}{0,177} = 3.900 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{400}{0,117} = 3.400 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{900}{0,234} = 3.900 \text{ »} \end{array}$$

De su observación se deduce que a partir de la esta-

ción 2 no hay ningún cambio de horizonte, como se comprueba en la curva dromocrónica correspondiente.

La cubierta detrítica, o más bien las capas superficiales descompuestas, se caracterizan con una velocidad

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,034} = 1.500 \text{ m/s.}$$

y el de las pizarras antiguas, cuyo valor medimos entre las posiciones 2 y 14,

$$V_2 = V_{2-14} = \frac{700 - 100}{0,177 - 0,055} = 4.900 \text{ m/s.}$$

Salvo muy pequeñas irregularidades, debido a la mayor o menor compacidad de las pizarras por su diferente contenido en arcilla, el horizonte paleozoico se puede considerar como uniforme desde el punto de vista sísmico. Las diferencias, relativamente grandes, que encontremos para el valor de esta constante, se deben a que las pizarras estén más o menos descompuestas o caolinizadas, a no coincidir la dirección de la línea con la de la estratificación o a estar las capas muy inclinadas.

Las potencias de los horizontes sucesivos han resultado:

$$h_1 = \frac{75}{2} \sqrt{\frac{4,900 - 1,470}{4,900 + 1,470}} = 37,5 \sqrt{\frac{3,430}{6,370}} = 27 \text{ m.}$$

para la zona descompuesta; y aplicando la constante de profundización más corriente en la región,  $K = 0,30$ , resulta para las pizarras atravesadas

$$h_2 = 900 \times 0,30 = 270 \text{ m.}$$

*Línea III.*—El origen de esta línea está situado a unos

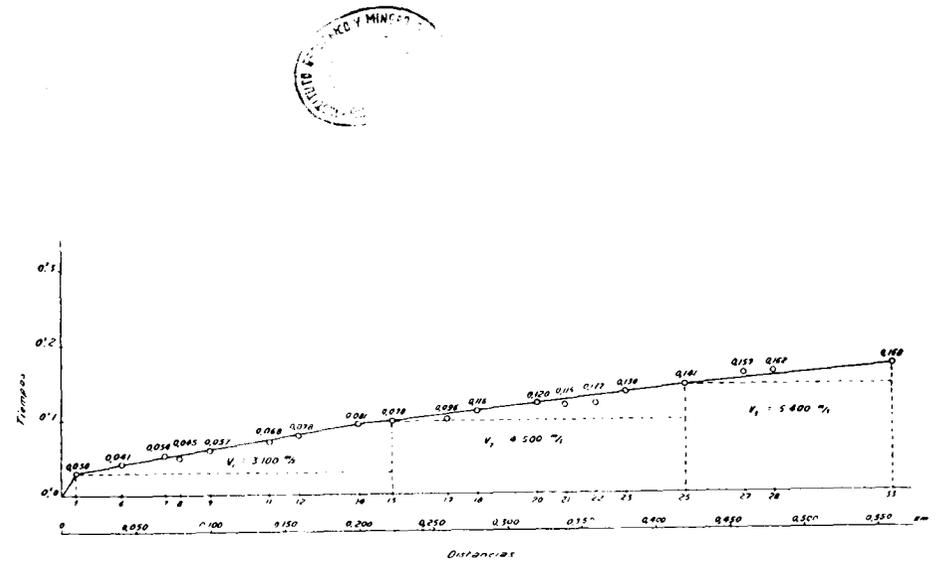


Fig. 10.—Línea dromocrónica n.º I

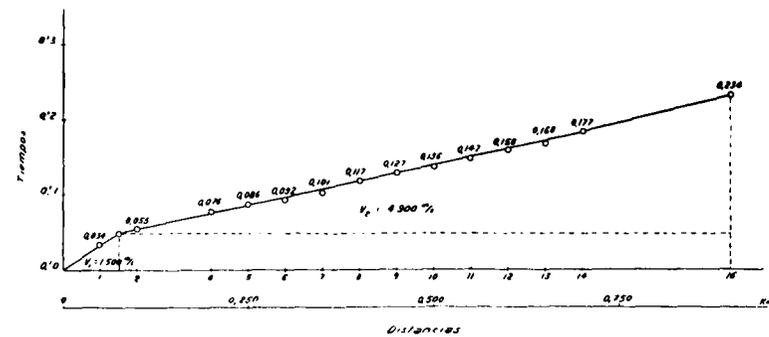


Fig. 11.—Línea dromocrónica n.º II

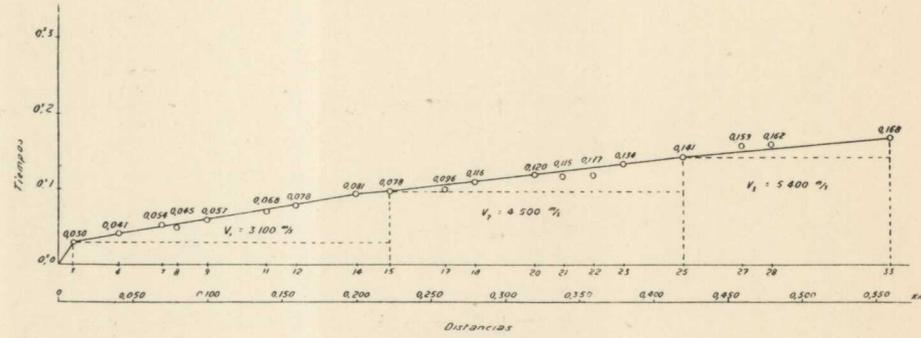


Fig. 10.—Línea dromocrónica n.º I

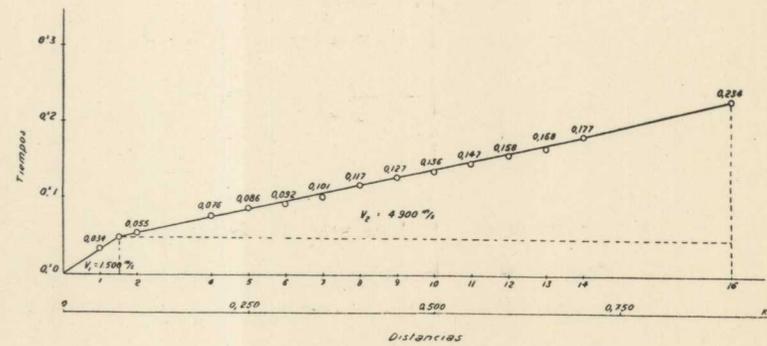


Fig. 11.—Línea dromocrónica n.º II

750 metros al NO. del kilómetro 282 de la carretera de Madrid, y su dirección es hacia el NE.

Las condiciones atmosféricas reinantes, cuando se observó la línea, fueron tan extraordinariamente malas que hubo que desechar un gran número de sismogramas obtenidos.

Hemos preferido, sin embargo, aprovechar el trabajo realizado, que traducimos en la dromocrónica número III.

Las velocidades medias del rayo sísmico han sido:

$$\begin{aligned}
 V_{0-1} &= \frac{50}{0,060} = 800 \text{ m/s.} & V_{0-8} &= \frac{400}{0,216} = 1.900 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} &= \frac{100}{0,082} = 1.200 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{500}{0,227} = 2.200 \text{ »} \\
 V_{0-3} &= \frac{150}{0,089} = 1.700 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{650}{0,275} = 2.400 \text{ »} \\
 V_{0-4} &= \frac{200}{0,126} = 1.600 \text{ »} & V_{0-15} &= \frac{750}{0,292} = 2.600 \text{ »} \\
 V_{0-5} &= \frac{250}{0,135} = 1.900 \text{ »} & V_{0-19} &= \frac{950}{0,350} = 2.700 \text{ »} \\
 V_{0-6} &= \frac{300}{0,174} = 1.700 \text{ »} & V_{0-21} &= \frac{1,050}{0,353} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-7} &= \frac{350}{0,200} = 1.700 \text{ »} & V_{0-23} &= \frac{1,135}{0,375} = 3.000 \text{ »}
 \end{aligned}$$

La observación del conjunto de las velocidades medias nos indica la existencia de tres horizontes característicos:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{50}{0,06} = 800 \text{ m/s.}$$

correspondiente a la cubierta detrítica.

$$V_2 = V_{1-8} = \frac{400 - 50}{0,216 - 0,066} = 2.100 \text{ m/s.}$$

que corresponde al paquete margoso y arcilloso; y

$$V_3 = V_{8-23} = \frac{1.135 - 0.400}{0,375 + 0,216} = \frac{735}{0,159} = 4.600 \text{ m/s.}$$

La potencia de estos tramos ha resultado:

$$h_1 = \frac{50}{2} \sqrt{\frac{2.150 - 0,850}{2.150 + 0,850}} = 25 \sqrt{\frac{1.300}{3.000}} = 16 \text{ m.}$$

para la cubierta detrítica.

$$h_2 = \frac{400 - 50}{2} \sqrt{\frac{4.600 - 2.150}{4.600 + 2.150}} = 175 \sqrt{\frac{2.450}{6.750}} = 101 \text{ m.}$$

para el horizonte margoso-arcilloso, y

$$h_3 = (1.135 - 400) 0,30 = 220 \text{ m.}$$

para el paleozoico. No se ha manifestado aún el granito a esta profundidad.

*Línea IV.*—La línea IV parte de un punto a 1.400 metros al NO. del kilómetro 282 de la carretera general de Madrid. Su dirección es SO.-NE. y se desarrolla hacia levante.

Por dificultades materiales no tiene más que una longitud de 650 metros; las estaciones se han hecho de 50 en 50 metros.

Las velocidades medias del rayo sísmico al origen son las siguientes:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,076} = 1.300 \text{ m/s.} \quad V_{0-5} = \frac{300}{0,159} = 1.900 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{150}{0,096} = 1.600 \text{ »} \quad V_{0-6} = \frac{350}{0,191} = 1.800 \text{ »}$$

$$V_{0-3} = \frac{200}{0,123} = 1.600 \text{ »} \quad V_{0-7} = \frac{400}{0,201} = 2.000 \text{ »}$$

$$V_{0-4} = \frac{250}{0,132} = 1.900 \text{ »} \quad V_{0-8} = \frac{450}{0,227} = 2.000 \text{ »}$$

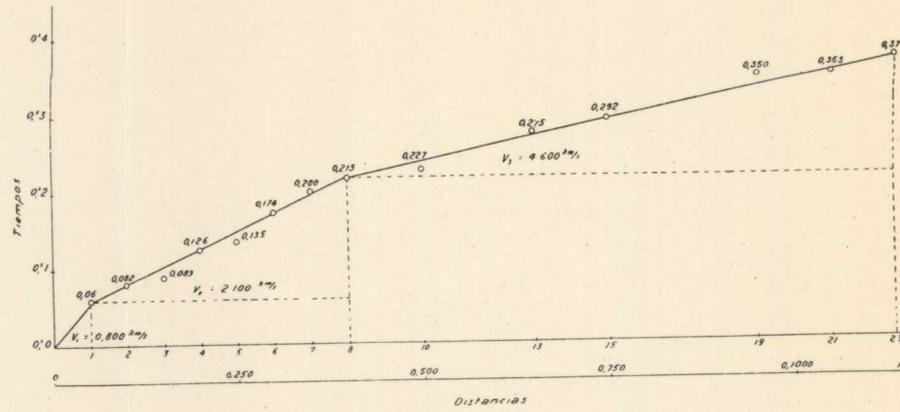


Fig. 12.—Línea dromocrónica n.º III

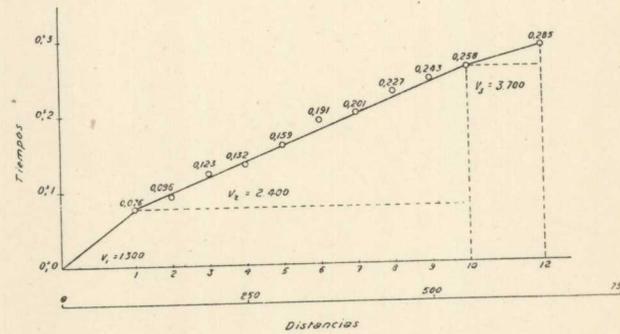


Fig. 13.—Línea dromocrónica n.º IV

$$V_{0-9} = \frac{500}{0,243} = 2.000 \text{ m/s.} \quad V_{0-12} = \frac{650}{0,285} = 2.300 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-10} = \frac{550}{0,258} = 2.100 \text{ »}$$

De su observación y de la dromocrónica correspondiente se deducen cambios de horizonte después de las estaciones 2, 7 y 11.

El primero se debe a la diferencia de velocidad de la cubierta detrítica y del Mioceno. El segundo, al paso de la onda sísmica por las arcillas duras triásicas y, el tercero, nos indica el haber atravesado el rayo sísmico un tramo más compacto, sin duda alguna de pizarras paleozoicas.

La velocidad del primer horizonte es de

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,076} = 1.300 \text{ m/s.}$$

Los dos siguientes, de margas terciarias y arcillas triásicas, se consideran, según costumbre, como uno sólo

$$V_2 = V_{1-10} = \frac{550 - 100}{0,258 - 0,076} = 2.400 \text{ m/s.}$$

El horizonte siguiente en la curva se manifiesta con un valor de

$$V_3 = V_{10-12} = \frac{650 - 550}{0,285 - 0,258} = 3.700 \text{ m/s.}$$

algo pequeño para el paleozoico, lo que nos indica que el cambio corresponde algo después de la estación 11.

No estando realmente completa la línea daremos la profundidad de este tramo con la constante de profundización más corriente,  $K = 0,30$ .

$$\text{Profundidad paleozoica} = 550 \times 0,30 = 165 \text{ m.}$$

Es un dato únicamente aproximado y que damos con reserva.

*Línea V.*—El origen de ésta se ha situado en la zona al Norte de Guarromán, a 2.000 metros al NO. del kilómetro 282 de la carretera general de Madrid.

La dirección de la línea es NE. Las estaciones se han colocado de 50 en 50 metros. Consta de 17 posiciones útiles y tiene una longitud total de 950 metros.

Las velocidades medias al barreno han resultado:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{50}{0,071} = 700 \text{ m/s.} & V_{0-10} = \frac{500}{0,251} = 2.000 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{100}{0,078} = 1.300 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{550}{0,283} = 2.000 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{150}{0,106} = 1.400 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{600}{0,270} = 2.200 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{200}{0,125} = 1.600 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{650}{0,299} = 2.200 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{300}{0,170} = 1.800 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{700}{0,297} = 2.400 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{350}{0,196} = 1.800 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{750}{0,305} = 2.500 \text{ »} \\ V_{0-8} = \frac{400}{0,212} = 1.900 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{800}{0,310} = 2.600 \text{ »} \\ V_{0-9} = \frac{450}{0,245} = 1.800 \text{ »} & V_{0-17} = \frac{950}{0,335} = 2.800 \text{ »} \end{array}$$

Tanto de su observación como de la dromocrónica, dibujada con sus datos, se deducen tres horizontes característicos, con las siguientes constantes sísmicas:

El primero pertenece a la cubierta moderna, con un valor de

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{56}{0,071} = 700 \text{ m/s.}$$

El segundo al paquete geológico margoso-arcilloso, que se manifiesta con

$$V_2 = V_{1-11} = \frac{550 - 50}{0,283 - 0,071} = 2.350 \text{ m/s.}$$

El tercero tiene un valor aparente de

$$V_3 = V_{11-19} = \frac{950 - 550}{0,335 - 0,283} = 7.700 \text{ m/s.}$$

excesivamente grande para ser debido a las pizarras paleozoicas, por lo que suponemos que en el lugar de esta línea ha quedado prácticamente desmantelado este tramo, presentándose el granito directamente bajo el Trías.

Los espesores resultantes para estos paquetes han sido:

$$h_1 = \frac{50}{2} \sqrt{\frac{2.350 - 700}{2.350 + 700}} = 25 \sqrt{\frac{1.650}{3.050}} = 18 \text{ m.}$$

para la cubierta moderna.

$$h_2 = \frac{550 - 50}{2} \sqrt{\frac{7.700 - 2.350}{7.700 + 2.350}} = 250 \sqrt{\frac{5.350}{10.050}} = 182 \text{ m.}$$

para las margas y arcillas.

De donde concluimos el siguiente perfil:

Espesor de la cubierta detrítica — 18 m.

Profundidad del granito  $18 + 182 = 200$  m.

*Línea VI.*—Esta línea se desarrolla hacia el SO., está su origen a unos 1.400 metros al NO. del kilómetro 282 de la carretera general de Andalucía.

Consta de 17 estaciones, con una longitud total de 1.700 metros.

Las velocidades medias, tomadas desde el origen, han resultado:

$$\begin{aligned}
 V_{0-1} &= \frac{100}{0,071} = 1.400 \text{ m/s.} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,338} = 2.700 \text{ »} \\
 V_{0-2} &= \frac{200}{0,109} = 1.800 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,372} = 2.700 \text{ »} \\
 V_{0-3} &= \frac{300}{0,149} = 2.000 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,407} = 2.700 \text{ »} \\
 V_{0-4} &= \frac{400}{0,183} = 2.100 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,433} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-5} &= \frac{500}{0,216} = 2.300 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,468} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-7} &= \frac{700}{0,290} = 2.406 \text{ »} & V_{0-17} &= \frac{1.700}{0,513} = 3.300 \text{ »} \\
 V_{0-8} &= \frac{800}{0,338} = 2.400 \text{ m/s.}
 \end{aligned}$$

Dibujada la dromocrónica como de costumbre, se observan en ella tres horizontes diferentes.

El primero de la cubierta detrítica, con valor de

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,071} = 1.400 \text{ m/s.}$$

El segundo, que se manifiesta entre las posiciones 1 y 8,

$$V_2 = V_{1-8} = \frac{800 - 100}{0,338 - 0,071} = 2.600 \text{ m/s.}$$

pertenece al tramo arcilloso.

El tercero, desde la estación 8 hasta el final de la línea,

$$V_3 = V_{8-17} = \frac{1.700 - 800}{0,513 - 0,338} = 5.100 \text{ m/s.}$$

debe probablemente corresponder al paleozoico, aunque su valor excesivo puede indicar que la posición 17 ha llegado a tocar el fondo granítico.

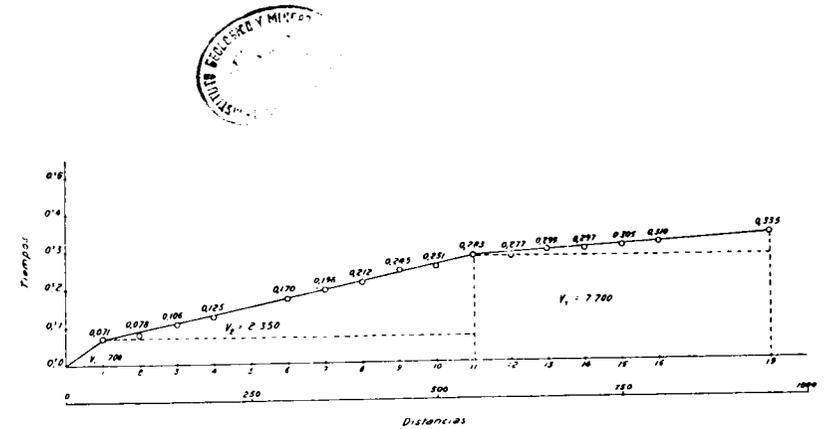


Fig. 14.— Línea dromocrónica n.º V

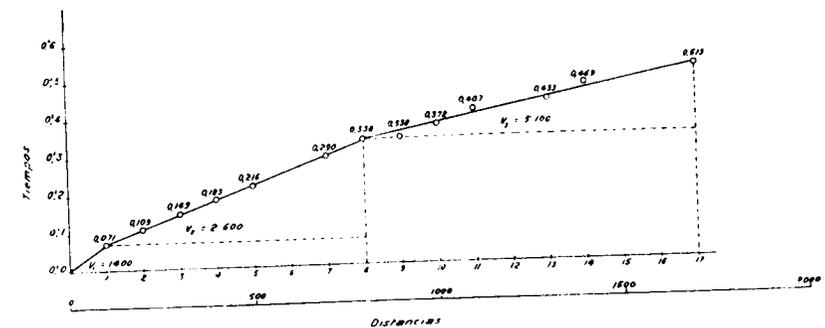


Fig. 15.— Línea dromocrónica n.º VI

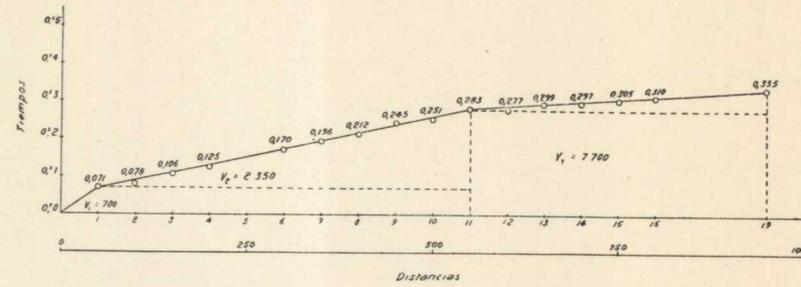


Fig. 14.—Línea dromocrónica n.º V

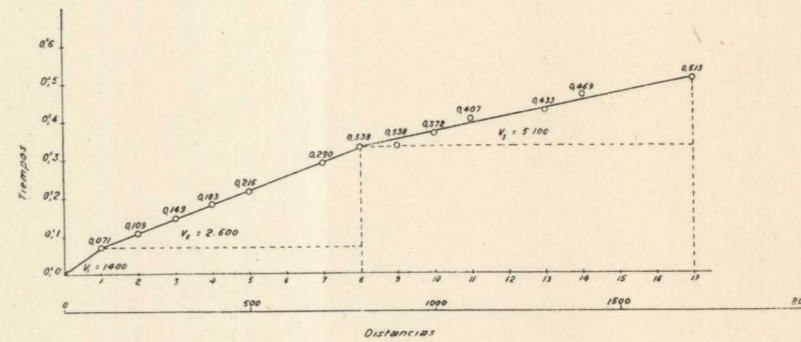


Fig. 15.—Línea dromocrónica n.º VI

La potencia de los tramos se calcula como siempre:

$$h_1 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{2.600 - 1.400}{2.600 + 1.400}} = 50 \sqrt{\frac{1.200}{4.000}} = 27 \text{ m.}$$

corresponde a la cubierta moderna.

$$h_2 = \frac{800 - 100}{2} \sqrt{\frac{5.100 - 2.600}{5.100 + 2.600}} = 350 \sqrt{\frac{2.500}{7.700}} = 200 \text{ m.}$$

indica la potencia del paquete margoso-arcilloso.

*Línea VII.* — El barreno de la línea VII está situado a 200 metros al SE. del kilómetro 283 de la carretera general de Madrid a Sevilla, y su dirección ha sido SO. magnético.

Tiene una longitud total de 1.000 metros, con estaciones de 50 en 50 metros.

La lista de valores de las velocidades medias al barreno son las siguientes:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{50}{0,042} = 1.200 \text{ m/s.} & V_{0-9} = \frac{450}{0,199} = 2.300 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{100}{0,065} = 1.500 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{500}{0,207} = 2.400 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{150}{0,074} = 2.000 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{550}{0,207} = 2.700 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{200}{0,095} = 2.100 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{600}{0,229} = 2.600 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{250}{0,128} = 2.000 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{650}{0,235} = 2.800 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{300}{0,165} = 1.800 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{700}{0,243} = 2.900 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{350}{0,167} = 2.000 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{750}{0,265} = 2.800 \text{ »} \\ V_{0-8} = \frac{400}{0,192} = 2.100 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{800}{0,273} = 2.900 \text{ »} \end{array}$$

$$V_{0-18} = \frac{900}{0,287} = 3.100 \text{ m/s.} \quad V_{0-20} = \frac{1.000}{0,310} = 3.200 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-19} = \frac{950}{0,306} = 3.100 \text{ »}$$

De la observación de la correspondiente dromocrónica se deducen los mismos tres horizontes que se han diferenciado en el perfil anterior, a pesar de que a primera vista parece que se pudiera separar en dos el paquete margoso-arcilloso.

En efecto, la disminución de velocidad entre las estaciones 4 y 6 igual puede ser debida, tanto a que se presenten las arcillas triásicas más descompuestas como a una pequeña irregularidad local del contacto del Mioceno y el Trías. Por consiguiente, consideramos al horizonte margoso-arcilloso como un horizonte único.

La velocidad que caracteriza la cubierta moderna resulta:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{50}{0,042} = 1.200 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = V_{1-6} = \frac{300 - 50}{0,165 - 0,042} = 2.000 \text{ m/s.}$$

y la correspondiente al paleozoico:

$$V_3 = V_{6-20} = \frac{1.000 - 300}{0,310 - 0,165} = 4.800 \text{ m/s.}$$

Los espesores de estos horizontes son:

$$h_1 = \frac{50}{2} \sqrt{\frac{2.000 - 1.200}{2.000 + 1.200}} = 12 \text{ m.}$$

que corresponde a la cubierta detrítica.

$$h_2 = \frac{300 - 50}{2} \sqrt{\frac{4.800 - 200}{4.800 + 200}} = 80 \text{ m.}$$

es la potencia obtenida para el paquete arcilloso.

$$h_3 = (1.000 - 300) \times 0,3 = 210 \text{ m.}$$

es el espesor atravesado de paleozoico, sin haber llegado al fondo de éste.

En resumen, hemos obtenido:

Cubierta detrítica ..... 12 m.

Profundidad del paleozoico (12 + 80) ... 92 »

Idem granito. Más de ... 302 »

*Línea VIII.*—Esta línea, que aparece representada en el dibujo con su contralínea correspondiente, la número IX, está situada a unos dos kilómetros al NE. de Bailén.

Su dirección es la del N.-NE., para adaptarla, en lo posible, a la de la superficie de contacto con los terrenos antiguos.

Consta de 16 estaciones, con una longitud total de 1.800 metros.

Las velocidades medias, tomadas desde el barreno, son las siguientes:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,074} = 1.350 \text{ m/s.} \quad V_{0-7} = \frac{700}{0,318} = 2.200 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{200}{0,124} = 1.600 \text{ »} \quad V_{0-8} = \frac{800}{0,334} = 2.200 \text{ »}$$

$$V_{0-3} = \frac{300}{0,070} = 1.750 \text{ »} \quad V_{0-9} = \frac{900}{0,362} = 2.500 \text{ »}$$

$$V_{0-4} = \frac{400}{0,216} = 1.850 \text{ »} \quad V_{0-10} = \frac{1.000}{0,394} = 2.600 \text{ »}$$

$$V_{0-5} = \frac{500}{0,235} = 2.100 \text{ »} \quad V_{0-11} = \frac{1.150}{0,412} = 2.800 \text{ »}$$

$$V_{0-6} = \frac{600}{0,274} = 2.200 \text{ »} \quad V_{0-12} = \frac{1.250}{0,430} = 2.900 \text{ »}$$

$$V_{0-13} = \frac{1.350}{0,456} = 3.000 \text{ m/s.} \quad V_{0-15} = \frac{1.650}{0,496} = 3.300 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-14} = \frac{1.500}{0,470} = 3.200 \text{ »} \quad V_{0-16} = \frac{1.800}{0,521} = 3.500 \text{ »}$$

Se observan cambios de horizonte en las posiciones 1, 4, 7 y 10, suministrando la dromocrónica correspondiente los siguientes parámetros:

El primero se debe a la zona superficial descompuesta:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,074} = 1.350 \text{ m/s.}$$

El valor sísmico del segundo paquete geológico resulta ser de

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{300}{0,216 - 0,074} = 2.100 \text{ m/s.}$$

correspondiente al Mioceno margoso.

El Trías aparece aquí algo más compacto que en las líneas anteriores, por estar representado, sin duda, por arcillas más duras y areniscas. Nos da una constante sísmica de

$$V_3 = V_{4-7} = \frac{300}{0,318 - 0,216} = 3.000 \text{ m/s.}$$

Como no se puede garantizar la profundidad del contacto del Trías y Mioceno, consideraremos siempre a estos terrenos como un solo paquete geológico, cuya velocidad, en este caso, es igual a

$$V_{1-7} = \frac{600}{0,318 - 0,074} = 2.500 \text{ m/s.}$$

Después de la estación 7 el rayo sísmico alcanza las pizarras paleozoicas, con un valor aparente de

$$V_4 = V_{7-10} = \frac{300}{0,394 - 0,318} = 4.000 \text{ m/s.}$$

Por último, en las posiciones 10 y 16, el gráfico nos indica una sola alineación, que por su alto valor corresponde al granito:

$$V_5 = V_{10-16} = \frac{800}{0,521 - 0,394} = 6.300 \text{ m/s.}$$

Calculada la potencia del recubrimiento moderno por la fórmula que por experiencia se sabe da mayor aproximación, resulta

$$h_1 = \frac{\Delta}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}} = 23 \text{ m.}$$

La potencia del horizonte mioceno-triásico, se obtiene:

$$h_2 = \frac{600}{2} \sqrt{\frac{4.000 - 2.500}{4.000 + 2.500}} = 144 \text{ m.}$$

Para calcular la potencia del paleozoico, aplicaremos el coeficiente empleado en otras líneas:

$$h_2 = 300 \times 0,30 = 90 \text{ m.}$$

En resumen, hemos obtenido los siguientes valores:

Recubrimiento superficial .....	23 m.
Profundidad del paleozoico .....	167 »
Idem del granito .....	257 »

*Línea IX.*—Parte del mismo origen que la VIII y va dirigida hacia el Sur, con una longitud total de 1.600 metros.

Copiamos el cuadro de los valores de las velocidades medias:

$$\begin{aligned}
 V_{0-1} &= \frac{100}{0,085} = 1.200 \text{ m/s.} & V_{0-8} &= \frac{800}{0,322} = 2.500 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} &= \frac{200}{0,122} = 1.600 \text{ »} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,341} = 2.600 \text{ »} \\
 V_{0-3} &= \frac{300}{0,177} = 1.700 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,373} = 2.700 \text{ »} \\
 V_{0-4} &= \frac{400}{0,202} = 2.000 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,381} = 2.900 \text{ »} \\
 V_{0-5} &= \frac{500}{0,239} = 2.000 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,394} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-6} &= \frac{600}{0,281} = 2.100 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,426} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-7} &= \frac{700}{0,311} = 2.200 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,433} = 3.200 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Sobre la línea dromocrónica se pueden apreciar los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = 1.200 \text{ m/s.}$$

correspondiente a las capas superficiales descompuestas.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{300}{0,207 - 0,079} = 2.300 \text{ m/s.}$$

que indica el Mioceno margoso.

$$V_3 = V_{4-6} = \frac{200}{0,272 - 0,207} = 3.000 \text{ m/s.}$$

valor que representa al Triás más compacto.

Estos dos últimos se tomarán para los cálculos como un solo tramo, por las razones ya citadas:

$$V_{1-6} = \frac{600}{0,272 - 0,079} = 2.600 \text{ m/s.}$$

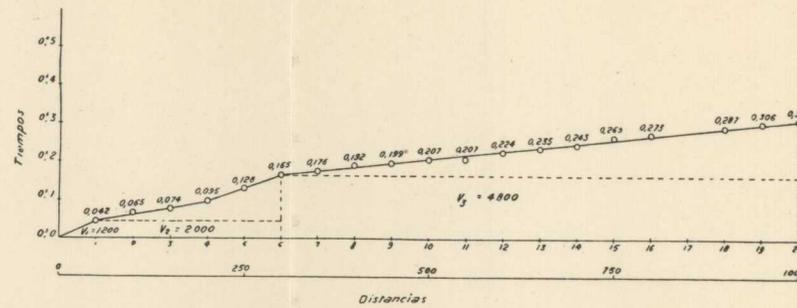


Fig. 16. - Línea dromocrónica n.º VII

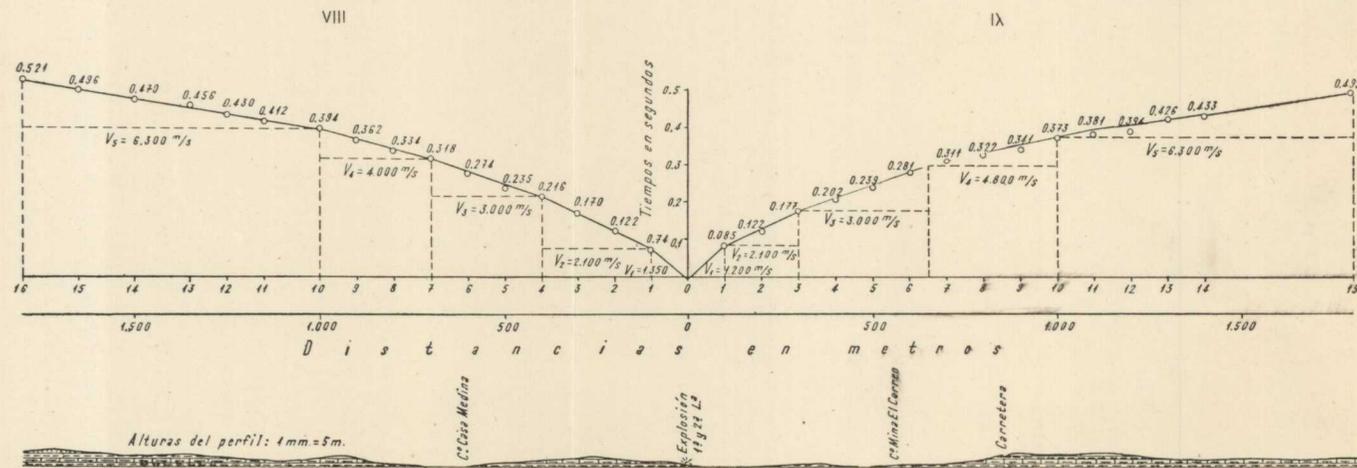


Fig. 17. - Líneas dromocrónicas números VIII y IX

La constante sísmica del paleozoico resulta:

$$V_4 = V_{7-10} = \frac{300}{0,373 - 0,311} = 4.800 \text{ m/s.}$$

y el valor correspondiente al granito

$$V_5 = V_{10-15} = \frac{800}{0,499 - 0,373} = 6.300 \text{ m/s.}$$

La potencia de la primera capa es:

$$h_1 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{2.600 - 1.200}{2.600 + 1.200}} = 30 \text{ m.}$$

La potencia del segundo horizonte, hasta el paleozoico, es:

$$h_2 = \frac{550}{2} \sqrt{\frac{4.800 - 2.600}{4.800 + 2.600}} = 150 \text{ m.}$$

y la potencia del terreno granítico

$$h_3 = 350 \times 0,30 = 105 \text{ m.}$$

En resumen, se han obtenido los siguientes valores:

Recubrimiento superficial..... 30 m.

Profundidad del paleozoico ..... 178 »

Idem del granito..... 284 »

Por lo tanto, en el barreno común de las líneas VIII y IX, resulta lo siguiente:

$$\text{Profundidad del paleozoico} \dots\dots \frac{167 + 178}{2} = 172 \text{ m.}$$

$$\text{Profundidad del granito} \dots\dots \frac{257 + 283}{2} = 270 \text{ m.}$$

*Línea X.*—Esta línea se ha situado a 600 metros al Norte del kilómetro 2 de la carretera de Bailén, y es paralela a la VIII, unos 500 metros más al Este. El lugar de los barrenos está en el mismo barranco que los de las anteriores.

Tiene 14 posiciones a 1.600 metros de longitud.

Se ha obtenido la siguiente lista de velocidades medias al barreno:

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= \frac{100}{0,072} = 1.400 \text{ m/s.} & V_{0-8} &= \frac{800}{0,321} = 2.500 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} &= \frac{200}{0,105} = 1.900 \text{ »} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,341} = 2.640 \text{ »} \\ V_{0-3} &= \frac{300}{0,143} = 2.100 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,357} = 2.800 \text{ »} \\ V_{0-4} &= \frac{400}{0,165} = 2.420 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,395} = 2.780 \text{ »} \\ V_{0-5} &= \frac{500}{0,226} = 2.210 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,392} = 3.060 \text{ »} \\ V_{0-6} &= \frac{600}{0,272} = 2.200 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.400}{0,417} = 3.360 \text{ »} \\ V_{0-7} &= \frac{700}{0,303} = 2.310 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.600}{0,446} = 3.590 \text{ »} \end{aligned}$$

Sobre la curva dromocrónica se pueden distinguir cuatro alineaciones, que corresponden a las siguientes constantes sísmicas:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,072} = 1.400 \text{ m/s.}$$

debido a la cubierta detritica.

$$V_2 = V_{1-6} = \frac{600 - 100}{0,272 - 0,072} = 2.500 \text{ m/s.}$$

correspondiente a los horizontes margoso y arcilloso en conjunto.

$$V_3 = V_{6-9} = \frac{900 - 600}{0,341 - 0,272} = 4.300 \text{ m/s.}$$

es el valor que indica el paleozoico.

Por último,

$$V_4 = V_{0-14} = \frac{0,446 - 0,341}{1.600 - 900} = 6.600 \text{ m/s.}$$

corresponde al granito.

Las profundidades de los diferentes tramos se obtienen por las fórmulas de costumbre:

$$h_1 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{2.500 - 1.400}{2.500 + 1.400}} = 26 \text{ m.}$$

es el espesor resultante para la cubierta detritica.

$$h_2 = \frac{500}{2} \sqrt{\frac{4.300 - 2.500}{4.300 + 2.500}} = 129 \text{ m.}$$

el que se obtiene para el tramo margoso-arcilloso.

$$h_3 = \frac{300}{2} \sqrt{\frac{6.600 - 4.300}{6.600 + 4.300}} = 69 \text{ m.}$$

es la potencia que resulta para el paleozoico.

Sumando estos tramos se obtienen las siguientes profundidades:

$$\begin{aligned} \text{Espesor de la cubierta detritica} &\dots\dots\dots 26 \text{ m.} \\ \text{Profundidad del paleozoico} &\dots\dots\dots 26 + 129 = 155 \text{ »} \\ \text{Id. del granito} &\dots\dots\dots 155 + 69 = 224 \text{ »} \end{aligned}$$

*Línea XI.*—La línea XI es paralela a la IX y parte del mismo barreno que la X. Va dirigida en sentido SE.; por tanto, no en la misma dirección que esta última, como pudiera parecer por su representación en forma de contralínea.

Las velocidades medias, tomadas desde el origen, han resultado:

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{100}{0,079} = 1.300 \text{ m/s.} & V_{0-9} = \frac{900}{0,342} = 2.600 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{200}{0,110} = 1.800 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,345} = 2.900 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{300}{0,141} = 2.100 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,375} = 2.900 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{400}{0,207} = 2.000 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,390} = 3.100 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{500}{0,226} = 2.200 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,413} = 3.200 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{600}{0,272} = 2.200 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,448} = 3.200 \text{ »} \\
 V_{0-7} = \frac{700}{0,298} = 2.400 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.500}{0,468} = 3.200 \text{ »} \\
 V_{0-8} = \frac{800}{0,316} = 2.500 \text{ »} &
 \end{array}$$

Observando la curva dromocrónica se distinguen en ella las siguientes alineaciones:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,079} = 1.300 \text{ m/s.}$$

valor que se debe a la velocidad de las ondas sísmicas a través del recubrimiento detrítico.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,207 - 0,079} = 2.300 \text{ m/s.}$$

corresponde a las arcillas y margas terciarias.

$$V_3 = V_{4-6} = \frac{600 - 400}{0,272 - 0,207} = 3.000 \text{ m/s.}$$

es la constante sísmica aparente de las arcillas compactas.

Estos dos tramos se tomaron como uno solo para el cálculo de profundidades, con un valor de

$$V_{1-6} = \frac{600 - 100}{0,272 - 0,079} = 2.600 \text{ m/s.}$$

$$V_4 = V_{7-9} = \frac{900 - 700}{0,342 - 0,298} = 4.500 \text{ m/s.}$$

representa la velocidad del paleozoico.

$$V_5 = V_{9-15} = \frac{1.600 - 900}{0,468 - 0,342} = 5.600 \text{ m/s.}$$

es la velocidad aparente que ha resultado para el granito.

Los espesores de estos tramos se han calculado por la fórmula acostumbrada.

Para la cubierta detrítica se ha obtenido la cifra de

$$h_1 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{2.300 - 1.300}{2.300 + 1.300}} = 26 \text{ m.}$$

Para las margas y arcillas resulta una potencia de

$$h_2 = \frac{550}{2} \sqrt{\frac{4.500 - 2.600}{4.500 + 2.600}} = 142 \text{ m.}$$

y para el paleozoico

$$h_3 = \frac{250}{2} \sqrt{\frac{5.600 - 4.500}{5.600 + 4.500}} = 41 \text{ m.}$$

Del cálculo anterior se deducen las siguientes profundidades:

Espesor de la cubierta detrítica.....	26 m.
Profundidad del paleozoico	26 + 142 = 168 »
Id. del granito.....	168 + 41 = 209 »

Resumiendo las líneas X y XI, resulta, en el barreno común:

Profundidad del paleozoico.....	$\frac{155 + 168}{2} = 161 \text{ m.}$
Profundidad del granito.....	$\frac{224 + 209}{2} = 217 \text{ m.}$

*Línea XII.*—El sitio del barreno se ha elegido a un kilómetro al Este de Bailén, camino de Zahonera, y se extiende hacia el Norte.

Consta de 18 posiciones con un total de 1.800 metros de línea.

Se han obtenido las siguientes velocidades medias:

$V_{0-1} = \frac{100}{0,095} = 1.000 \text{ m/s.}$	$V_{0-6} = \frac{600}{0,312} = 1.900 \text{ m/s.}$
$V_{0-2} = \frac{200}{0,143} = 1.300 \text{ »}$	$V_{0-7} = \frac{700}{0,363} = 1.900 \text{ »}$
$V_{0-3} = \frac{300}{0,187} = 1.600 \text{ »}$	$V_{0-8} = \frac{800}{0,378} = 2.100 \text{ »}$
$V_{0-4} = \frac{400}{0,234} = 1.700 \text{ »}$	$V_{0-9} = \frac{900}{0,396} = 2.300 \text{ »}$
$V_{0-5} = \frac{500}{0,281} = 1.800 \text{ »}$	$V_{0-10} = \frac{1.000}{0,425} = 2.400 \text{ »}$

$V_{0-11} = \frac{1.100}{0,451} = 2.400 \text{ m/s.}$	$V_{0-15} = \frac{1.500}{0,516} = 2.900 \text{ m/s.}$
$V_{0-12} = \frac{1.200}{0,456} = 2.600 \text{ »}$	$V_{0-16} = \frac{1.600}{0,519} = 3.000 \text{ »}$
$V_{0-13} = \frac{1.300}{0,445} = 2.900 \text{ »}$	$V_{0-17} = \frac{1.700}{0,536} = 3.200 \text{ »}$
$V_{0-14} = \frac{1.400}{0,484} = 2.900 \text{ »}$	$V_{0-18} = \frac{1.800}{0,564} = 3.200 \text{ »}$

En la curva dromocrónica correspondiente se pueden diferenciar cuatro parámetros:

El primero se debe a las capas superficiales, y tiene un valor de

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,95} = 1.000 \text{ m/s.}$$

El segundo, a las arcillas y margas

$$V_2 = V_{1-7} = \frac{700 - 100}{0,363 - 0,095} = 2.200 \text{ m/s.}$$

El tercero da un valor de

$$V_3 = V_{7-11} = \frac{1.100 - 700}{0,451 - 0,363} = 4.500 \text{ m/s.}$$

que corresponden, sin duda, a las pizarras antiguas.

Por último, a partir de la posición 11, se aprecia una constante cuyo valor

$$V_4 = V_{11-18} = \frac{1.800 - 1.100}{0,564 - 0,451} = 6.200 \text{ m/s.}$$

es la correspondiente al granito.

Las profundidades deducidas de estos valores han resultado ser:

Para el primer paquete superficial:

$$h_1 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{2.200 - 1.000}{2.200 + 1.000}} = 31 \text{ m.}$$

Para el espesor de las arcillas y margas

$$h_2 = \frac{600}{2} \sqrt{\frac{4.500 - 2.200}{4.500 + 2.200}} = 176 \text{ m.}$$

Para el correspondiente al paleozoico

$$h_3 = \frac{400}{2} \sqrt{\frac{6.200 - 4.500}{6.200 + 4.500}} = 80 \text{ m.}$$

De donde resulta

Cubierta detrítica ..... 31 m.

Profundidad del paleozoico 31 + 176 = 207 »

íd. del granito ... 207 + 80 = 287 »

En la contralínea siguiente se discutirán estos valores.

*Línea XIII.*—Es contralínea de la anterior, con el mismo origen, y va dirigida hacia el Sur.

Tiene una longitud total de 2.000 metros.

A continuación se copia el acostumbrado cuadro de los valores de las velocidades medias:

$$\begin{array}{l} V_{0-1} = \frac{100}{0,105} = 1.000 \text{ m/s.} \quad V_{0-5} = \frac{500}{0,274} = 1.700 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,154} = 1.300 \text{ »} \quad V_{0-6} = \frac{600}{0,317} = 1.900 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,211} = 1.400 \text{ »} \quad V_{0-7} = \frac{700}{0,343} = 2.000 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,270} = 1.500 \text{ »} \quad V_{0-8} = \frac{800}{0,368} = 2.200 \text{ »} \end{array}$$

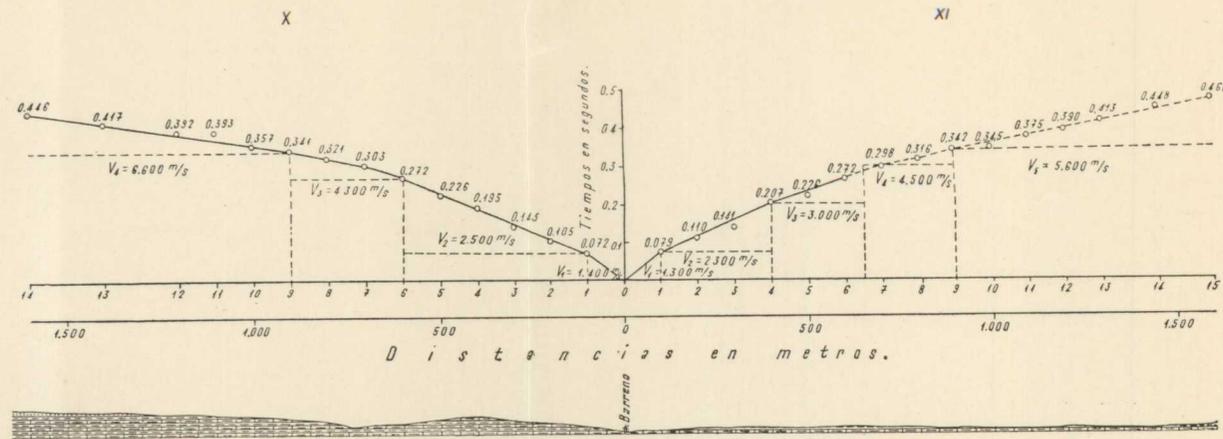


Fig. 18.—Líneas dromocrónicas números X y XI (Bailén)

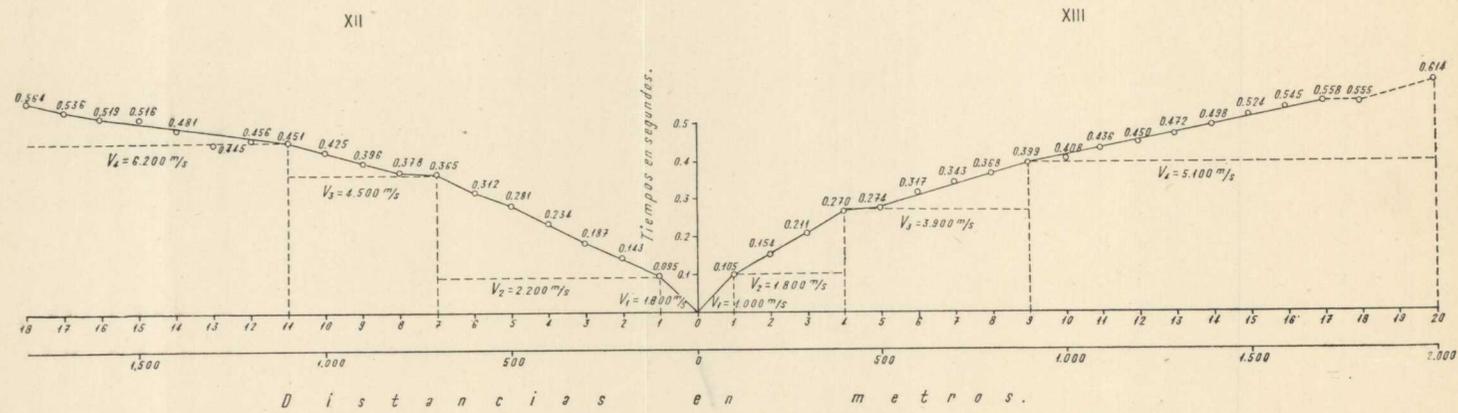


Fig. 19.—Líneas dromocrónicas números XII y XIII (Bailén)

$$\begin{aligned}
 V_{0-9} &= \frac{900}{0,399} = 2.200 \text{ m/s.} & V_{0-15} &= \frac{1.500}{0,524} = 2.900 \text{ m/s.} \\
 V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,408} = 2.400 \text{ »} & V_{0-16} &= \frac{1.600}{0,545} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,436} = 2.700 \text{ »} & V_{0-17} &= \frac{1.700}{0,558} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,450} = 2.700 \text{ »} & V_{0-18} &= \frac{1.800}{0,555} = 3.200 \text{ »} \\
 V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,472} = 2.800 \text{ »} & V_{0-20} &= \frac{2.000}{0,614} = 3.300 \text{ »} \\
 V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,498} = 2.800 \text{ »} & &
 \end{aligned}$$

Clasificados los distintos horizontes en la dromocrónica, según sus alineaciones, se obtienen para ellos los siguientes valores:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,105} = 1.000 \text{ m/s.}$$

para el primer horizonte descompuesto.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,270 - 0,105} = 1.800 \text{ m/s.}$$

para las arcillas.

$$V_3 = V_{4-9} = \frac{900 - 400}{0,396 - 0,270} = 3.900 \text{ m/s.}$$

para el paleozoico.

$$V_4 = V_{9-20} = \frac{2.000 - 900}{0,614 - 0,399} = 5.100 \text{ m/s.}$$

para el granito, cuyas potencias se calculan como sigue:

$$h_1 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{1.800 - 1.000}{1.800 + 1.000}} = 27 \text{ m.}$$

corresponde al horizonte superficial.

$$h_2 = \frac{300}{2} \sqrt{\frac{3.900 - 1.800}{3.900 + 1.800}} = 91 \text{ m.}$$

es el espesor de las arcillas.

$$h_3 = \frac{500}{2} \sqrt{\frac{5.100 - 3.900}{5.100 + 3.900}} = 91 \text{ m.}$$

es la potencia del paleozoico.

Los valores resultantes son, por tanto:

Espesor del recubrimiento.....	27 m.
Profundidad del paleozoico..	27 + 91 = 118 »
id. del granito.....	118 + 91 = 209 »

Comparadas estas dos últimas líneas vemos una importante anomalía: mientras en ésta buzan los contactos hacia el Sur, puesto que las velocidades aparentes aparecen disminuídas, en la línea anterior demuestran permanecer prácticamente horizontales a lo largo de ella. Sin embargo, en esta última, las profundidades resultan mucho menores que en la primera.

En resumen, no vemos más explicación que el barrenado ha coincidido con uno de tantos escalones que existen en el substratum antiguo. En este caso, la parte Sur es la levantada y a partir del barrenado buza en esa misma dirección.

En el lugar del barrenado podíamos dar los valores medios obtenidos, pero esto no tiene ningún rigor científico, puesto que coincide con el escalón o falla.

*Línea XIV.*—El barrenado de esta línea está situado en el camino de La Navarra, a 800 metros al SE. de Bailén, y consta de 17 estaciones. El perfil se extiende en dirección Norte.

Se ha obtenido el siguiente cuadro de valores de las velocidades medias:

$V_{0-1} = \frac{100}{0,084} = 1.300 \text{ m/s.}$	$V_{0-9} = \frac{900}{0,386} = 2.300 \text{ m/s.}$
$V_{0-2} = \frac{200}{0,139} = 1.400 \text{ »}$	$V_{0-10} = \frac{1.000}{0,408} = 2.500 \text{ »}$
$V_{0-3} = \frac{300}{0,172} = 1.700 \text{ »}$	$V_{0-11} = \frac{1.100}{0,424} = 2.600 \text{ »}$
$V_{0-4} = \frac{400}{0,229} = 1.700 \text{ »}$	$V_{0-12} = \frac{1.200}{0,459} = 2.600 \text{ »}$
$V_{0-5} = \frac{500}{0,272} = 1.800 \text{ »}$	$V_{0-13} = \frac{1.300}{0,475} = 2.700 \text{ »}$
$V_{0-6} = \frac{600}{0,326} = 1.800 \text{ »}$	$V_{0-15} = \frac{1.500}{0,505} = 3.000 \text{ »}$
$V_{0-7} = \frac{700}{0,335} = 2.100 \text{ »}$	$V_{0-16} = \frac{1.600}{0,535} = 3.000 \text{ »}$
$V_{0-8} = \frac{800}{0,366} = 2.200 \text{ »}$	$V_{0-17} = \frac{1.700}{0,562} = 3.000 \text{ »}$

En la curva dromocrónica se aprecian las cuatro alineaciones características del subsuelo de esta zona, a saber:

$$V_1 = V_{0-1} = 1.300 \text{ m/s.}$$

que corresponde a la velocidad del primer horizonte de superficie

$$V_2 = V_{1-6} = \frac{600 - 100}{0,326 - 0,084} = 2.100 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de las arcillas y margas.

$$V_3 = V_{6-13} = \frac{1.200 - 600}{0,459 - 0,326} = 4.500 \text{ m/s.}$$

la velocidad del paleozoico.

$$V_4 = V_{12-15} = \frac{1.500 - 1.200}{0,505 - 0,459} = 6.500 \text{ m/s.}$$

la correspondiente al granito.

Después de la estación 15 hay una aparente disminución de velocidad, que es debida a que el contacto del granito buza en ese lugar en el sentido de la extensión de la línea.

El primer tramo superficial se presenta con una potencia de

$$h_1 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{2.100 - 1.200}{2.100 + 1.200}} = 26 \text{ m.}$$

El tramo de arcillas y margas, con un espesor de

$$h_2 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{4.500 - 2.100}{4.500 + 3.100}} = 151 \text{ m.}$$

Las pizarras paleozoicas tienen de potencia

$$h_3 = \frac{600}{2} \sqrt{\frac{6.500 - 4.500}{6.500 + 4.500}} = 128 \text{ m.}$$

Resulta para la profundidad del paleozoico

$$26 + 151 = 177 \text{ m.}$$

y para la profundidad del granito

$$177 + 128 = 305 \text{ m.}$$

Al final de la línea XV daremos las cifras que admitimos como más probables en el barreno común.

*Línea XV.*—Es la contralínea de la XIV, con el mismo barreno; por tanto, va dirigida hacia el Sur. Tiene una longitud de 1.800 metros.

El cuadro de valores de las velocidades medias ha sido el siguiente:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,088} = 1.100 \text{ m/s.} & V_{0-9} = \frac{900}{0,396} = 2.300 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,052} = 1.400 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,410} = 2.400 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,197} = 1.500 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,437} = 2.500 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,236} = 1.700 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,467} = 2.500 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{500}{0,259} = 1.900 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,473} = 2.700 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{600}{0,291} = 2.000 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.500}{0,486} = 3.000 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{700}{0,356} = 2.000 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.800}{0,519} = 3.500 \text{ »} \\ V_{0-8} = \frac{800}{0,378} = 2.100 \text{ »} & \end{array}$$

Después del tramo superficial de velocidad

$$V_1 = V_{0-1} = 1.100 \text{ m/s.}$$

se considera un solo paquete geológico con constante sísmica:

$$V_2 = V_{1-7} = \frac{700 - 100}{0,356 - 0,088} = 2.200 \text{ m/s.}$$

Entre las posiciones 7 y 12 se manifiesta el paleozoico con un valor de

$$V_3 = V_{7-12} = \frac{1.200 - 700}{0,467 - 0,356} = 4.500 \text{ m/s.}$$

Hasta ahora, si comparamos con la línea anterior, los contactos de los diferentes tramos aparecen horizontales. Pero de la misma forma que el granito en aquella aparecía descendente hacia el Norte, en ésta se presenta ascendente hacia el Sur. Es por lo que nos da una velocidad aparente de

$$V_{12-18} = \frac{1.800 - 1.200}{0,519 - 0,467} = 11.500 \text{ m/s.}$$

Las profundidades se calculan como de costumbre.

El espesor de recubrimiento es

$$h_1 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{2.200 - 1.100}{2.200 + 1.100}} = 29 \text{ m.}$$

La potencia de las arcillas

$$h_2 = \frac{600}{2} \sqrt{\frac{4.500 - 2.200}{4.500 + 2.200}} = 176 \text{ m.}$$

La potencia del paleozoico

$$h_3 = \frac{500}{2} \sqrt{\frac{11.500 - 4.500}{11.500 + 4.500}} = 165 \text{ m.}$$

De donde resulta:

Espesor del primer tramo..... 29 m.

Profundidad del paleozoico.. 29 + 176 = 205 »

Id. del granito .... 205 + 165 = 370 »

*Resumen.*—Comparando los valores de esta línea con su contralínea XIV se dan como más probables, en el lugar del barreno, los siguientes resultados:

$$\text{Profundidad del paleozoico} \dots \frac{205 + 177}{2} = 191 \text{ m.}$$

$$\text{Id. del granito} \dots \frac{370 + 305}{2} = 337 \text{ m.}$$

*Línea XVI.*—A continuación damos las velocidades medias del rayo sísmico:

$$V_{0-1} = \frac{50}{0,051} = 1.000 \text{ m/s.} \quad V_{0-9} = \frac{500}{0,209} = 2.400 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{100}{0,078} = 1.300 \text{ »} \quad V_{0-10} = \frac{600}{0,235} = 2.500 \text{ »}$$

$$V_{0-3} = \frac{150}{0,100} = 1.500 \text{ »} \quad V_{0-11} = \frac{700}{0,258} = 2.700 \text{ »}$$

$$V_{0-4} = \frac{200}{0,117} = 1.700 \text{ »} \quad V_{0-12} = \frac{800}{0,283} = 2.800 \text{ »}$$

$$V_{0-5} = \frac{250}{0,136} = 1.800 \text{ »} \quad V_{0-13} = \frac{900}{0,310} = 2.900 \text{ »}$$

$$V_{0-6} = \frac{300}{0,141} = 2.100 \text{ »} \quad V_{0-14} = \frac{1.000}{0,344} = 2.900 \text{ »}$$

$$V_{0-7} = \frac{350}{0,182} = 1.900 \text{ »} \quad V_{0-15} = \frac{1.100}{0,349} = 3.100 \text{ »}$$

$$V_{0-8} = \frac{400}{0,200} = 2.000 \text{ »} \quad V_{0-16} = \frac{1.200}{0,360} = 3.300 \text{ »}$$

La velocidad de los materiales de recubrimiento, siempre más o menos meteorizados, tiene un valor de

$$V_1 = V_{0-1} = 1.000 \text{ m/s.}$$

A partir de la primera estación se empieza a manifestar la constante sísmica característica del Mioceno y del Triás, difícilmente separables por ser muy parecidas. De la estación 1 a la 8 se considera un solo horizonte mioceno-triásico, con velocidad media de

$$V_2 = V_{1-8} = \frac{400 - 50}{0,200 - 0,051} = 2.300 \text{ m/s.}$$

Entre las posiciones 8 y 9 se manifiesta un gran aumento de velocidad aparente, excesivo para tenerlo en cuenta como correspondiente a ninguna clase de rocas, y también un gran aumento en la velocidad media, que pasa de 2.000 a 2.400 m/s.

Todo esto nos indica que el rayo sísmico se transmite por un horizonte geológico más coherente, sin duda de pizarras paleozoicas, que nos dan una constante de:

$$V_3 = V_{8-14} = \frac{1.000 - 400}{0,339 - 0,200} = 4.200 \text{ m/s.}$$

El último valor sísmico obtenido en la línea es de

$$V_4 = V_{14-16} = \frac{200}{0,021} = 4.200 \text{ m/s.}$$

que nos indica que el rayo sísmico ha llegado a la masa granítica del fondo.

Las profundidades se han calculado por las mismas fórmulas de costumbre:

$$h_1 = \frac{50}{2} \sqrt{\frac{2.300 - 1.000}{2.300 + 1.000}} = 16 \text{ m.}$$

es la del recubrimiento o zona meteorizada.

El espesor del segundo tramo nos da:

$$h_2 = \frac{350}{2} \sqrt{\frac{4.200 - 2.300}{4.200 + 2.300}} = 94 \text{ m.}$$

La profundidad del techo del paleozoico resulta ser de

$$16 + 94 = 110 \text{ m.}$$

y su potencia

$$h_3 = \frac{600}{2} \sqrt{\frac{9.500 - 4.200}{9.500 + 4.200}} = 187 \text{ m.}$$

de donde resulta una profundidad para el granito de

$$110 + 187 = 297 \text{ m.}$$

*Línea XVII.*—Las velocidades medias desde el barreno son las siguientes:

$$V_{0-1} = \frac{80}{0,081} = 1.000 \text{ m/s.} \quad V_{0-10} = \frac{630}{0,260} = 2.400 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{130}{0,128} = 1.000 \text{ »} \quad V_{0-11} = \frac{730}{0,290} = 2.500 \text{ »}$$

$$V_{0-3} = \frac{180}{0,118} = 1.500 \text{ »} \quad V_{0-12} = \frac{830}{0,300} = 2.800 \text{ »}$$

$$V_{0-4} = \frac{230}{0,139} = 1.600 \text{ »} \quad V_{0-13} = \frac{930}{0,318} = 2.900 \text{ »}$$

$$V_{0-5} = \frac{280}{0,139} = 2.000 \text{ »} \quad V_{0-14} = \frac{1.030}{0,312} = 3.300 \text{ »}$$

$$V_{0-6} = \frac{330}{0,173} = 1.900 \text{ »} \quad V_{0-15} = \frac{1.130}{0,332} = 3.400 \text{ »}$$

$$V_{0-7} = \frac{380}{0,196} = 1.900 \text{ »} \quad V_{0-16} = \frac{1.230}{0,346} = 3.500 \text{ »}$$

$$V_{0-8} = \frac{430}{0,196} = 2.200 \text{ »} \quad V_{0-17} = \frac{1.330}{0,372} = 3.600 \text{ »}$$

$$V_{0-9} = \frac{530}{0,232} = 2.300 \text{ »} \quad V_{0-18} = \frac{1.330}{0,370} = 3.900 \text{ »}$$

Considera una sola alineación hasta la posición 2, correspondiente a una velocidad de

$$V_1 = V_{0-2} = 1.000 \text{ m/s.}$$

que indica que el barreno está situado sobre una vaguada de terrenos modernos, cuyo espesor se calcula más adelante.

Entre las estaciones 2 y 3 se observa un gran aumento de velocidad media, debido al paso de la onda por el Secundario. La velocidad de este tramo se mide desde la estación 3 a la 7

$$V_2 = V_{3-7} = \frac{380 - 180}{0,194 - 0,116} = 2.500 \text{ m/s.}$$

A partir de la 7 se observa otro cambio, que se interpreta como la llegada del rayo sísmico al paleozoico. La velocidad aparente del nuevo horizonte es de

$$V_3 = V_{7-11} = \frac{730 - 380}{0,287 - 0,194} = 3.700 \text{ m/s.}$$

Después de la posición 11 se observa un nuevo cambio de constante del terreno

$$V_4 = V_{11-16} = \frac{1.430 - 730}{0,370 - 0,287} = 8.700 \text{ m/s.}$$

Lo que indica que la primera onda sísmica que se recibe ha atravesado el granito.

Calculemos los espesores de los diferentes tramos:

$$h_1 = \frac{130}{2} \sqrt{\frac{2.500 - 1.000}{2.500 + 1.000}} = 42 \text{ m.}$$

para el Aluvial o Diluvial;

$$h_2 = \frac{250}{2} \sqrt{\frac{3.700 - 2.500}{2.700 - 2.500}} = 55 \text{ m.}$$

Por consiguiente la profundidad del paleozoico en esta línea es de  $42 + 55 = 97 \text{ m.}$

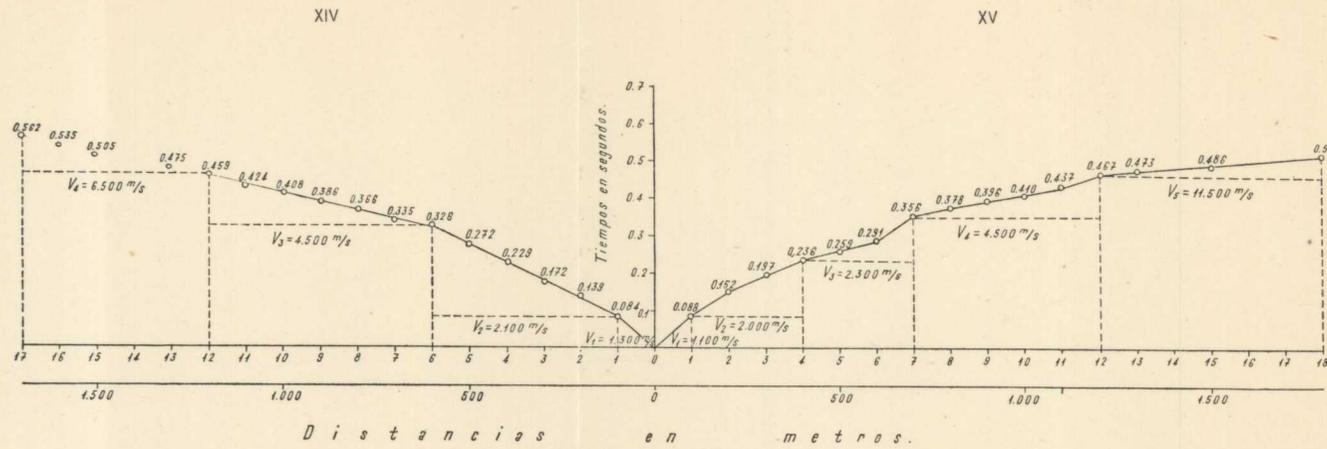


Fig. 20.—Líneas dromocrónicas números XIV y XV (Bailén)

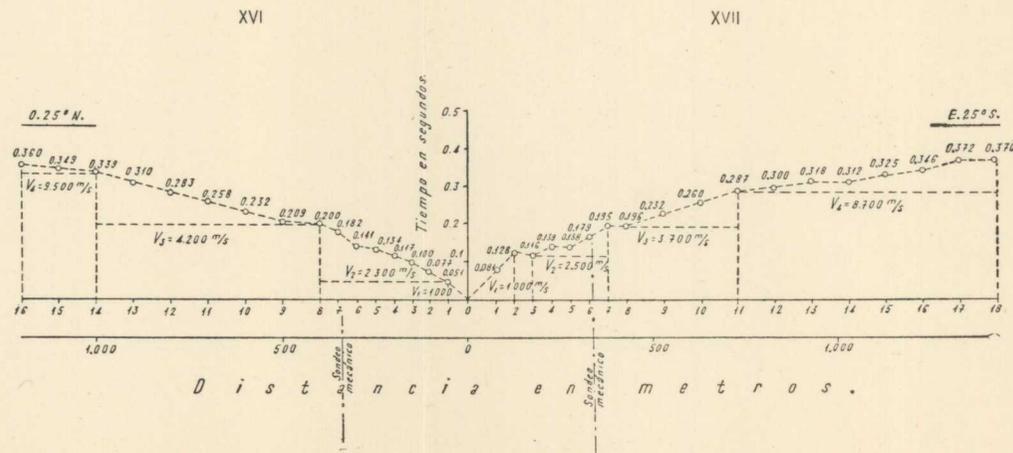


Fig. 21.—Líneas dromocrónicas números XVI y XVII (Bailén, El Correo)

El espesor del paleozoico resulta

$$h_3 = \frac{350}{2} \sqrt{\frac{8.700 - 3.700}{8.700 + 3.700}} = 99 \text{ m.}$$

de donde la profundidad del granito es  $97 + 99 = 196 \text{ m.}$

*Línea XVIII.*—Reproducimos el cuadro de las velocidades medias desde el barreno:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{50}{0,043} = 1.200 \text{ m/s.} & V_{0-9} = \frac{500}{0,236} = 2.100 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{100}{0,067} = 1.500 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{600}{0,257} = 2.300 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{150}{0,097} = 1.300 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{700}{0,275} = 2.500 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{200}{0,107} = 1.900 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{800}{0,300} = 2.600 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{250}{0,131} = 1.900 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{900}{0,309} = 2.900 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{300}{0,142} = 2.100 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.000}{0,351} = 2.800 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{350}{0,174} = 2.000 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.100}{0,368} = 3.000 \text{ »} \\ V_{0-8} = \frac{400}{0,196} = 2.000 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{1.200}{0,388} = 3.100 \text{ »} \end{array}$$

La primera velocidad corresponde a un valor de

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{50}{0,043} = 1.200 \text{ m/s.}$$

La segunda alineación da una constante

$$V_2 = V_{1-8} = \frac{400 - 50}{0,196 - 0,043} = 2.300 \text{ m/s.}$$

Entre la 8 y la 9 se encuentra el cambio de horizonte, que se manifiesta a partir de la 9, con valor de

$$V_8 = V_{9-14} = \frac{1.000 - 500}{0,351 - 0,236} = 4.300 \text{ m/s.}$$

velocidad correspondiente al primario.

La constante sísmica del granito no se puede medir hasta después de la estación 14.

$$V_4 = V_{14-16} = \frac{1.200 - 1.000}{0,388 - 0,351} = 5.400 \text{ m/s.}$$

Los espesores de los paquetes geológicos resultan:

$$h_1 = \frac{50}{2} \sqrt{\frac{2.300 - 1.200}{2.300 + 1.200}} = 14 \text{ m.}$$

para el Diluvial,

$$h_2 = \frac{400}{2} \sqrt{\frac{4.600 - 2.300}{4.600 - 2.300}} = 115 \text{ m.}$$

para las arcillas duras.

El techo del paleozoico se encuentra a  $14 + 115 = 129 \text{ m.}$  de profundidad.

El espesor de este último resulta próximamente de  $550 \times 0,30 = 165 \text{ metros.}$

De donde se obtiene una profundidad para el granito de

$$129 + 165 = 294 \text{ m.}$$

*Línea XIX.*—Las velocidades medias al barreno son las siguientes:

$$V_{0-1} = \frac{50}{0,069} = 1.000 \text{ m/s.} \quad V_{0-3} = \frac{150}{0,132} = 1.100 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{100}{0,086} = 1.100 \text{ »} \quad V_{0-4} = \frac{200}{0,144} = 1.400 \text{ »}$$

$$V_{0-5} = \frac{250}{0,143} = 1.700 \text{ m/s.} \quad V_{0-11} = \frac{700}{0,285} = 2.400 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-6} = \frac{300}{0,169} = 1.800 \text{ »} \quad V_{0-12} = \frac{800}{0,314} = 2.400 \text{ »}$$

$$V_{0-7} = \frac{350}{0,182} = 1.900 \text{ »} \quad V_{0-13} = \frac{900}{0,326} = 2.500 \text{ »}$$

$$V_{0-8} = \frac{400}{0,213} = 1.900 \text{ »} \quad V_{0-14} = \frac{1.000}{0,358} = 2.800 \text{ »}$$

$$V_{0-9} = \frac{500}{0,229} = 2.200 \text{ m/s.} \quad V_{0-15} = \frac{1.100}{0,388} = 2.800 \text{ »}$$

$$V_{0-10} = \frac{600}{0,260} = 2.300 \text{ »}$$

Igualmente que en la línea XVIII, se atraviesa primero un horizonte, bastante potente, de poca velocidad

$$V_1 = V_{0-3} = \frac{150}{0,132} = 1.100 \text{ m/s.}$$

La constante sísmica del segundo tramo, de arcillas, se ha tomado entre las posiciones 4 y 8

$$V_2 = V_{4-8} = \frac{400 - 200}{0,213 - 0,144} = 2.800 \text{ m/s.}$$

El terreno primario se manifiesta después de la posición 8, con una velocidad de

$$V_3 = V_{8-15} = \frac{1.100 - 400}{0,388 - 0,213} = 4.000 \text{ m/s.}$$

Las potencias obtenidas para estos horizontes son:

$$h_1 = \frac{150}{2} \sqrt{\frac{2.500 - 1.200}{2.500 + 1.200}} = 46 \text{ m.}$$

para el Diluvial o Aluvial.

$$h_2 = \frac{250}{2} \sqrt{\frac{4.000 - 2.500}{4.000 + 2.500}} = 60 \text{ m.}$$

para los horizontes arcillosos.

La profundidad del paleozoico en la línea XIX es, por lo tanto,

$$46 + 60 = 106 \text{ m.}$$

y su potencia, al no haber llegado el rayo sísmico al granito, por lo menos hasta el final de la línea, resulta de más de  $700 \times 0,30 = 210$  metros.

Por consiguiente, la profundidad del granito es superior a

$$106 + 210 = 316 \text{ m.}$$

La profundidad del granito no se puede dar sino con cierta reserva, pues de los resultados tan diferentes de las líneas se deduce que su superficie de contacto es muy irregular, pero para tener una idea de ella hallaremos como antes la media entre los valores obtenidos. Teniendo en cuenta que uno de los datos es un valor mínimo, el resultado lo será igualmente:

$$\frac{297 + 196 + 294 + 316}{4} = 276 \text{ m.}$$

*Línea XX.*—El barreno de la línea XX se ha situado cerca de la carretera de Linares a Vadollano, a unos 500 metros al NE. de la cortijada de Castro. Tiene una longitud de 1.200 metros, y la línea se extiende en el sentido SO.

Como de costumbre se han hallado las velocidades medias:

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= \frac{100}{0,061} = 1.640 \text{ m/s.} & V_{0-7} &= \frac{700}{0,212} = 3.300 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} &= \frac{200}{0,103} = 1.940 \text{ »} & V_{0-8} &= \frac{800}{0,216} = 3.700 \text{ »} \\ V_{0-3} &= \frac{300}{0,170} = 1.760 \text{ »} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,232} = 3.880 \text{ »} \\ V_{0-4} &= \frac{400}{0,152} = 2.660 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,246} = 4.060 \text{ »} \\ V_{0-5} &= \frac{500}{0,193} = 2.600 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,298} = 3.690 \text{ »} \\ V_{0-6} &= \frac{600}{0,212} = 2.830 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,318} = 3.780 \text{ »} \end{aligned}$$

De la observación de la línea se deduce que el primer horizonte atravesado es de arcillas, margas y areniscas, probablemente triásicas, con una constante sísmica,

$$V_1 = 1.800 \text{ m/s.}$$

Esta velocidad es aparente y aparece disminuía por buzarse las capas en el sentido del avance de los receptores.

Entre la 3 y la 4 se observa un gran aumento de la velocidad media, que nos indica claramente la llegada del rayo sísmico al granito. Tomamos como constante suya la obtenida entre los puntos 3 y 12.

$$V_2 = \frac{1.200 - 300}{0,318 - 0,170} = 6.100 \text{ m/s.}$$

Las ondulaciones de la curva, después de alcanzar la roca hipogénica, son debidas a las irregularidades de la superficie de contacto de esta formación con la suprayacente.

Para la profundidad del granito se obtiene

$$h = \frac{300}{2} \sqrt{\frac{6.100 - 1.800}{6.100 + 1.800}} = 111 \text{ m.}$$

Hay que tener en cuenta que esta cifra, en este caso, no es más que aproximada y por defecto, ya que el contacto es inclinado, como se demuestra por la línea XXII.

*Línea XXI.*—El origen de esta línea está a 1.000 metros al SO. del barreno anterior y coincide con la posición 10 de la línea XX; se la realiza en sentido contrario, por lo tanto NE.

Las velocidades medias obtenidas son las siguientes:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,047} = 2.130 \text{ m/s.} & V_{0-7} = \frac{700}{0,218} = 3.210 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,077} = 2.600 \text{ »} & V_{0-8} = \frac{800}{0,221} = 3.610 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,105} = 2.860 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{900}{0,250} = 2.960 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,148} = 2.700 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,262} = 3.820 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{500}{0,178} = 2.810 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,275} = 4.000 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{600}{0,168} = 3.550 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,298} = 4.000 \text{ »} \end{array}$$

En la curva dromocrónica se observa, primero, un horizonte uniforme hasta la posición 5. Entre la 5 y la 6 hay un gran aumento de velocidad, que se manifiesta por un incremento de 700 m/s. en el valor de la velocidad media y en la curva por un salto, no explicable más que por haber alcanzado el rayo sísmico un terreno mucho más compacto.

Medidos los dos únicos horizontes geológicos apreciables, obtenemos:

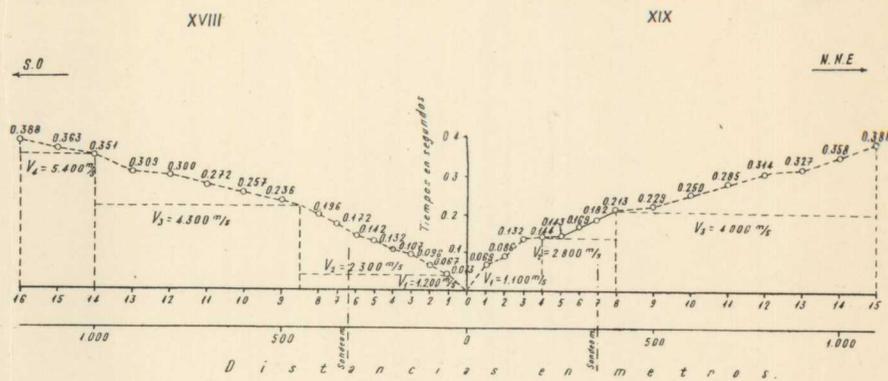


Fig. 22.— Línea dromocrónica n.º XVIII y XIX (Bailén, El Correo)

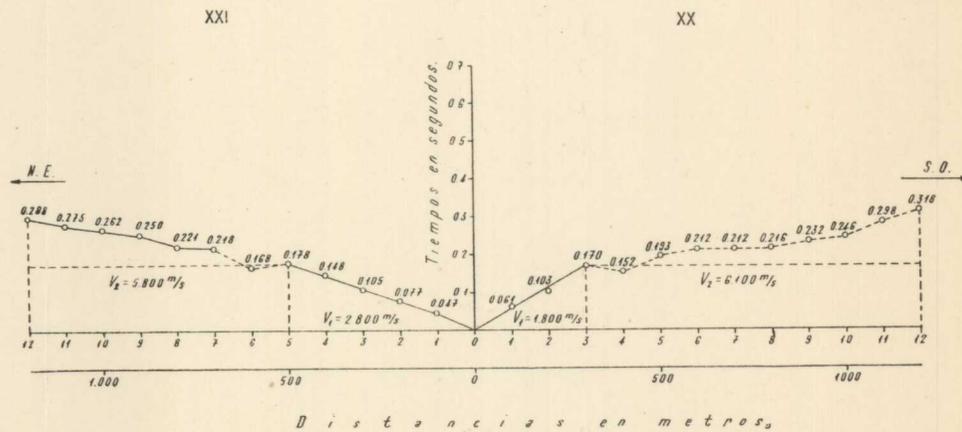


Fig. 23.— Línea dromocrónica n.º XX y XXI (Vadollano)

$$V_1 = V_{0-5} = 2.800 \text{ m/s.}$$

correspondiente a las margas, arcillas y areniscas triásicas. Valor aparente, aumentado por buzarse las capas en sentido contrario al desarrollo de la línea.

El segundo horizonte encontrado es el granito, con una constante sísmica de:

$$V_2 = V_{5-12} = \frac{1.200 - 500}{0,298 - 0,178} = 5.800 \text{ m/s.}$$

Calculada la profundidad correspondiente a esta roca hipogénica:

$$h = \frac{500}{2} \sqrt{\frac{5.800 - 2.800}{5.800 + 2.800}} = 148 \text{ m.}$$

Dada la situación de los orígenes de las líneas XX y XXI, en un punto situado entre los dos barrenos, la profundidad del granito es, próximamente, de

$$\frac{111 + 148}{2} = 130 \text{ m.}$$

*Línea XXII.*—Con el fin de conocer si continuaba la pendiente del granito en el sentido descendente al alejarnos de su afloramiento hacia el SE., se situó la línea XXII de forma que el barreno quedaba a 500 metros de la cortijada de Castro, en la citada dirección. La línea se realizó perpendicularmente a las anteriores y en sentido NO.

Copiamos el cuadro de los valores de las velocidades medias:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,068} = 1.500 \text{ m/s.} \quad V_{0-2} = \frac{200}{0,108} = 1.800 \text{ m/s.}$$

$$\begin{aligned}
 V_{0-3} &= \frac{300}{0,151} = 2.000 \text{ m/s.} & V_{0-7} &= \frac{700}{0,280} = 2.500 \text{ m/s.} \\
 V_{0-4} &= \frac{400}{0,201} = 2.000 \text{ »} & V_{0-8} &= \frac{800}{0,285} = 2.800 \text{ »} \\
 V_{0-5} &= \frac{500}{0,232} = 2.200 \text{ »} & V_{0-9} &= \frac{1.000}{0,300} = 3.300 \text{ »} \\
 V_{0-6} &= \frac{600}{0,253} = 2.400 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.100}{0,320} = 3.400 \text{ »}
 \end{aligned}$$

De la observación de la curva dromocrónica se deduce lo siguiente:

Después de atravesar el rayo sísmico una zona superficial descompuesta, de velocidad

$$V_1 = V_{0-1} = 1.500 \text{ m/s.}$$

entre las posiciones 1 y 5, el gráfico suministra un nuevo parámetro:

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,201 - 0,068} = 2.300 \text{ m/s.}$$

debida a las margas y arcillas triásicas.

Entre las estaciones 5 y 7 se manifiesta un paquete geológico de constante sísmica

$$V_3 = V_{5-7} = \frac{700 - 500}{0,280 - 0,232} = 4.200 \text{ m/s.}$$

que corresponde al paleozoico.

Después de la estación 7, se observa una alineación en el gráfico que representa una constante sísmica de

$$V_4 = V_{7-10} = \frac{1.100 - 700}{0,320 - 0,280} = 10.000 \text{ m/s.}$$

que indica el granito, con un aumento considerable sobre

la cifra real, por las razones conocidas de ascender la superficie del contacto en el sentido de la línea.

La profundidad del paleozoico se hallará calculándola como recubierto por un solo horizonte de velocidad igual a

$$\begin{aligned}
 V_{0-4} &= \frac{400}{0,201} = 2.000 \text{ m/s.} \\
 h_1 &= \frac{450}{2} \sqrt{\frac{4.200 - 2.000}{4.200 + 2.000}} = 135 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

La potencia de éste será:

$$h_2 = 250 \times 0,30 = 75 \text{ m.}$$

Luego la profundidad del granito

$$h_3 = 135 + 75 = 210 \text{ m.}$$

*Línea XXIII.*—El origen de esta línea está situado a 300 metros al Este de la carretera de Bailén a Jaén, cerca del hito kilométrico 297,5. Se dirige hacia el Oeste.

A continuación damos el cuadro de valores de las velocidades medias:

$$\begin{aligned}
 V_{0-1} &= \frac{100}{0,101} = 1.000 \text{ m/s.} & V_{0-7} &= \frac{700}{0,304} = 2.300 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} &= \frac{200}{0,146} = 1.400 \text{ »} & V_{0-8} &= \frac{800}{0,319} = 2.500 \text{ »} \\
 V_{0-3} &= \frac{300}{0,187} = 1.600 \text{ »} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,325} = 2.800 \text{ »} \\
 V_{0-4} &= \frac{400}{0,233} = 1.700 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,352} = 2.800 \text{ »} \\
 V_{0-5} &= \frac{500}{0,256} = 2.000 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,377} = 2.900 \text{ »} \\
 V_{0-6} &= \frac{600}{0,264} = 2.300 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,410} = 2.900 \text{ »}
 \end{aligned}$$

$$V_{0-13} = \frac{1.300}{0,475} = 2.700 \text{ m/s.} \quad V_{0-15} = \frac{1.500}{0,506} = 3.000 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-14} = \frac{1.400}{0,496} = 2.800 \quad \gg \quad V_{0-16} = \frac{1.600}{0,532} = 3.000 \quad \gg$$

En la dromocrónica de este perfil se distinguen los parámetros que se citan a continuación:

$$V_1 = V_{0-1} = 1.000 \text{ m/s.}$$

que corresponde a las capas superficiales.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,233 - 0,101} = 2.300 \text{ m/s.}$$

a las arcillas y areniscas del Triás.

$$V_3 = V_{4-12} = \frac{1.200 - 400}{0,410 - 0,233} = 4.500 \text{ m/s.}$$

al paleozoico.

Entre las posiciones 12 y 13 se produce una disminución de velocidad, debida, quizás, a un contacto de terrenos más descompuestos, y luego se mide un nuevo parámetro.

$$V_4 = V_{13-16} = \frac{1.600 - 1.300}{0,532 - 0,475} = 5.300 \text{ m/s.}$$

que representa a la formación hipogénica.

Las potencias de los tramos se han calculado de la siguiente manera:

$$h_1 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{2.300 - 1.000}{2.300 + 1.000}} = 31 \text{ m.}$$

para la cubierta detrítica.

$$h_2 = \frac{300}{2} \sqrt{\frac{4.500 - 2.300}{4.500 + 2.300}} = 86 \text{ m.}$$

para el espesor de las arcillas.

El espesor del paleozoico se halla multiplicando su abscisa por el coeficiente aceptado

$$h_3 = 900 \times 0,30 = 270 \text{ m.}$$

En resumen, se dan como más aproximados los siguientes resultados:

Capas superficiales descompuestas . . . .	31 m.
Pofundidad del paleozoico . . . .	31 + 86 = 117 »
Id. del granito . . . .	117 + 270 = 387 »

*Línea XXIV.*—Es la contralínea de la anterior, por lo tanto tiene origen común y dirección contraria.

Observemos el cuadro acostumbrado de velocidades medias:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,104} = 960 \text{ m/s.} \quad V_{0-7} = \frac{700}{0,326} = 2.140 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{200}{0,143} = 1.400 \quad \gg \quad V_{0-8} = \frac{800}{0,343} = 2.320 \quad \gg$$

$$V_{0-3} = \frac{300}{0,192} = 1.560 \quad \gg \quad V_{0-9} = \frac{900}{0,350} = 2.570 \quad \gg$$

$$V_{0-4} = \frac{400}{0,231} = 1.730 \quad \gg \quad V_{0-11} = \frac{1.100}{0,410} = 2.680 \quad \gg$$

$$V_{0-5} = \frac{500}{0,263} = 1.900 \quad \gg \quad V_{0-12} = \frac{1.200}{0,410} = 2.930 \quad \gg$$

$$V_{0-6} = \frac{600}{0,287} = 2.100 \quad \gg$$

En la correspondiente dromocrónica se diferencian los parámetros siguientes:

$$V_1 = V_{0-1} = 1.000$$

que indica la cubierta detrítica.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,231 - 0,104} = 2.400 \text{ m/s.}$$

representa a las arcillas y areniscas.

$$V_3 = V_{5-11} = \frac{1.100 - 500}{0,410 - 0,263} = 4.100 \text{ m/s.}$$

al paleozoico.

$$V_4 = V_{11-15} = \frac{1.500 - 1.100}{0,465 - 0,410} = 7.300 \text{ m/s.}$$

al granito.

Las potencias obtenidas para estos horizontes han sido:

$$h_1 = \frac{100}{2} \left[ \sqrt{\frac{2.400 - 1.000}{2.400 + 1.000}} \right] = 32 \text{ m.}$$

para las capas superficiales.

$$h_2 = \frac{350}{2} \left[ \sqrt{\frac{3.600 - 2.400}{3.600 + 2.400}} \right] = 79 \text{ m.}$$

para las arcillas; y

$$h_2 = 650 \times 0,30 = 195 \text{ m.}$$

para el paleozoico.

Los resultados se pueden resumir como sigue:

Espesor del recubrimiento..... 32 m.  
 Profundidad del paleozoico 32 + 79 = 111 »  
 Id. del granito ... 111 + 195 = 306 »

Siendo común el barreno de las líneas XXIII y XXIV se

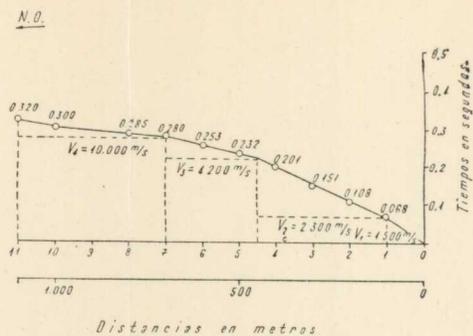


Fig. 24.—Línea dromocrónica n.º XXII (Vadollano)

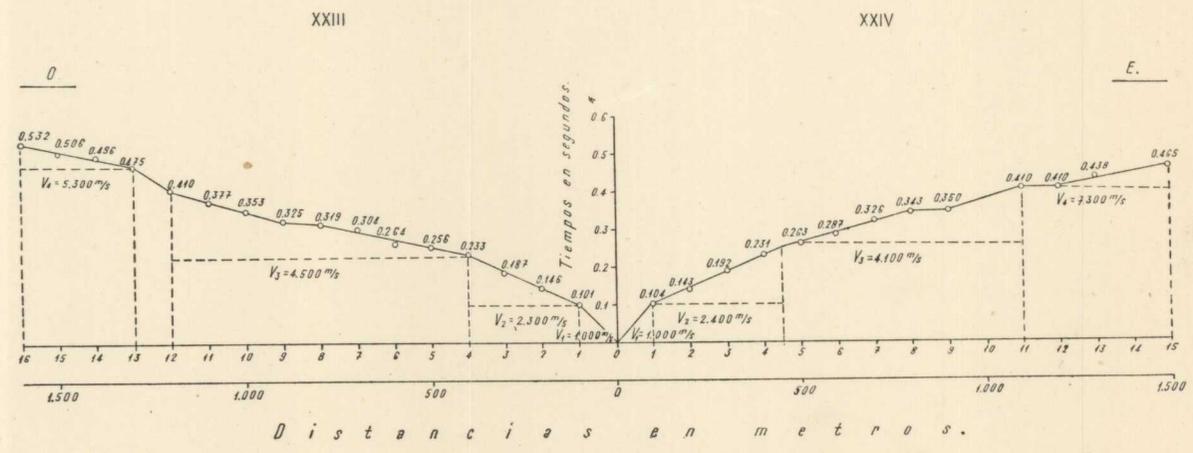


Fig. 25.—Líneas dromocrónicas números XXIII y XXIV (Bailén)

aceptan como más aproximadas, en este punto, las profundidades medias de las obtenidas en aquéllas:

$$\text{Capas superficiales descompuestas} \dots \frac{31 + 32}{2} = 32 \text{ m.}$$

$$\text{Profundidad del paleozoico} \dots \dots \dots \frac{111 + 117}{2} = 114 \text{ m.}$$

$$\text{Profundidad del granito} \dots \dots \dots \frac{306 + 387}{2} = 346 \text{ m.}$$

*Línea XXV.*—A unos 400 metros de distancia hacia el Oeste de la carretera de Jaén, partiendo del km. 298,5, se ha situado el barreno de las líneas XXV y XXVI.

Tienen las dos dirección E.-O., pero se extienden en sentido contrario, la primera hacia el Oeste y hacia el Este la segunda.

Los valores de las velocidades medias se reúnen en el siguiente cuadro:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,088} = 1.200 \text{ m/s.} & V_{0-9} = \frac{900}{0,389} = 2.300 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,160} = 1.200 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,419} = 2.400 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,195} = 1.500 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,449} = 2.400 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,256} = 1.600 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,485} = 2.500 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{500}{0,284} = 1.800 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.600}{0,497} = 2.300 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{600}{0,325} = 1.800 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,529} = 2.700 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{700}{0,356} = 2.000 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.500}{0,546} = 2.800 \text{ »} \\ V_{0-8} = \frac{800}{0,371} = 2.200 \text{ »} & \end{array}$$

Sobre la línea dromocrónica se aprecian los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = 1.200 \text{ m/s.}$$

que representa la velocidad de la superficie descompuesta.

$$V_2 = V_{2-6} = \frac{600 - 200}{0,325 - 0,160} = 2.400 \text{ m/s.}$$

corresponde a las arcillas, areniscas y margas, tanto miocenas como triásicas.

$$V_3 = V_{7-15} = \frac{1.500 - 700}{0,546 - 0,356} = 4.400 \text{ m/s.}$$

representa la constante sísmica del paleozoico.

En toda la línea no hay manifestación alguna de haberse llegado al fondo granítico.

La profundidad del paleozoico se ha calculado descomponiendo en dos horizontes los tramos superpuestos

$$h_1 = \frac{170}{2} \sqrt{\frac{2.400 - 1.200}{2.400 + 1.200}} = 49 \text{ m.}$$

es el espesor del horizonte superficial.

$$h_2 = \frac{490}{2} \sqrt{\frac{5.500 - 2.400}{5.500 + 2.400}} = 154 \text{ m.}$$

es la potencia de las margas, areniscas y arcillas.

Por consiguiente, se obtienen los siguientes resultados:

Espesor del horizonte superficial . . . . . 49 m.

Profundidad del paleozoico  $49 + 154 = 203$  »

*Línea XXVI.*—Esta línea parte del mismo origen que

la XXIII, pero los receptores se extienden en sentido contrario, o sea hacia el Este.

Damos la acostumbrada tabla de velocidades medias:

$V_{0-1} = \frac{100}{0,102} = 1.000 \text{ m/s.}$	$V_{0-8} = \frac{800}{0,362} = 2.200 \text{ m/s.}$
$V_{0-2} = \frac{200}{0,143} = 1.400 \text{ »}$	$V_{0-9} = \frac{900}{0,368} = 2.400 \text{ »}$
$V_{0-3} = \frac{300}{0,200} = 1.500 \text{ »}$	$V_{0-10} = \frac{1.000}{0,452} = 2.200 \text{ »}$
$V_{0-4} = \frac{400}{0,246} = 1.600 \text{ »}$	$V_{0-11} = \frac{1.100}{0,443} = 2.500 \text{ »}$
$V_{0-5} = \frac{500}{0,292} = 1.700 \text{ »}$	$V_{0-12} = \frac{1.200}{0,476} = 2.500 \text{ »}$
$V_{0-6} = \frac{600}{0,324} = 1.800 \text{ »}$	$V_{0-13} = \frac{1.300}{0,496} = 2.600 \text{ »}$
$V_{0-7} = \frac{700}{0,348} = 2.000 \text{ »}$	$V_{0-14} = \frac{1.400}{0,497} = 2.900 \text{ »}$

En la curva dromocrónica correspondiente aparecen los mismos horizontes que en la anterior, con las siguientes constantes sísmicas:

Recubrimiento

$$V_1 = V_{0-1} = 1.000 \text{ m/s.}$$

Arcillas, areniscas y margas

$$V_2 = V_{1-5} = \frac{500 - 100}{0,292 - 0,102} = 2.100 \text{ m/s.}$$

Pizarras paleozoicas

$$V_3 = V_{6-13} = \frac{1.300 - 600}{0,496 - 0,324} = 4.400 \text{ m/s.}$$



Granito

$$V_4 = V_{13-14} = \frac{1.400 - 1.300}{0,497 - 0,496} = 10.000 \text{ m/s.}$$

Las profundidades obtenidas han sido:

$$h_1 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{2.100 - 1.000}{2.100 + 1.000}} = 31 \text{ m.}$$

para el recubrimiento descompuesto.

$$h_2 = \frac{450}{2} \sqrt{\frac{4.400 - 2.100}{4.400 + 2.100}} = 135 \text{ m.}$$

para las margas y arcillas.

Tomando el punto 13 como codo de la curva correspondiente al contacto del granito y 0,30 como constante de profundización más probable, el espesor del paleozoico resulta

$$h_3 = 750 \times 0,30 = 225 \text{ m.}$$

Por consiguiente, los resultados obtenidos para esta línea son los siguientes:

Recubrimiento superficial .....	31 m.
Profundidad del paleozoico...	31 + 135 = 166 »
Id. del granito....	166 + 225 = 391 »

Al admitir como valores más probables las medias de los encontrados en las líneas XXV y XXVI, se obtienen las cifras siguientes:

$$\text{Recubrimiento .....$$

$$\frac{31 + 49}{2} = 40 \text{ m.}$$

$$\text{Profundidad del paleozoico...}$$

$$\frac{166 + 203}{2} = 184 \text{ m.}$$

Profundidad del granito superior a 391 m.

*Línea XXVII.*—Partiendo del kilómetro 300 de la carretera de Bailén a Jaén y a 400 metros de distancia al Este, se ha situado el barreno de la línea XXVII.

Tiene 1.900 metros de longitud y 19 estaciones. Un viento muy fuerte fué causa de que resultase dudosa la lectura de los sismogramas números 11, 16, 17 y 18; pero, afortunadamente, no han sido necesarios para la interpretación de la curva.

A continuación se escribe el cuadro de velocidades medias:

$V_{0-1} = \frac{100}{0,072} = 1.400 \text{ m/s.}$	$V_{0-9} = \frac{900}{0,401} = 2.200 \text{ m/s.}$
$V_{0-2} = \frac{200}{0,133} = 1.500 \text{ »}$	$V_{0-10} = \frac{1.000}{0,440} = 2.300 \text{ »}$
$V_{0-3} = \frac{300}{0,183} = 1.600 \text{ »}$	$V_{0-11} = \frac{1.100}{0,429} = 2.600 \text{ »}$
$V_{0-4} = \frac{400}{0,236} = 1.700 \text{ »}$	$V_{0-12} = \frac{1.200}{0,487} = 2.400 \text{ »}$
$V_{0-5} = \frac{500}{0,270} = 1.800 \text{ »}$	$V_{0-13} = \frac{1.300}{0,502} = 2.600 \text{ »}$
$V_{0-6} = \frac{600}{0,316} = 1.900 \text{ »}$	$V_{0-14} = \frac{1.400}{0,313} = 2.700 \text{ »}$
$V_{0-7} = \frac{700}{0,343} = 2.000 \text{ »}$	$V_{0-15} = \frac{1.500}{0,548} = 2.700 \text{ »}$
$V_{0-8} = \frac{800}{0,339} = 2.000 \text{ »}$	$V_{0-19} = \frac{1.900}{0,610} = 3.100 \text{ »}$

Observando las diferentes alineaciones sobre la dromocrónica correspondiente, se deducen los siguientes horizontes:

El primero de

$$V_1 = V_{0-1} = 1.400 \text{ m/s.}$$

corresponde a la zona superficial descompuesta.

El segundo de

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,236 - 0,072} = 1.800 \text{ m/s.}$$

a las arcillas y margas miocenas.

El tercero de

$$V_3 = V_{4-8} = \frac{800 - 400}{0,399 - 0,236} = 2.400 \text{ m/s.}$$

a arcillas duras y areniscas (probablemente triásicas).

El cuarto de

$$V_4 = V_{8-15} = \frac{1.500 - 800}{0,548 - 0,399} = 4.700 \text{ m/s.}$$

a las pizarras paleozoicas; y

El quinto de

$$V_5 = V_{15-19} = \frac{1.900 - 1.500}{0,610 - 0,548} = 6.400 \text{ m/s.}$$

al granito.

Para el cálculo de profundidades se considera al paleozoico como recubierto por dos horizontes; uno de 1.700 metros segundo, correspondientes a arcillas y margas delezables, y otro, de 2.400 m/s., debido a las arcillas compactas triásicas.

El espesor de estos dos paquetes geológicos resulta:

$$h_1 = \frac{400}{2} \sqrt{\frac{2.400 - 1.700}{2.400 + 1.700}} = 85 \text{ m.}$$

$$h_2 = \frac{400}{2} \sqrt{\frac{4.700 - 2.400}{4.700 + 2.400}} = 112 \text{ m.}$$

Luego la profundidad del paleozoico es de

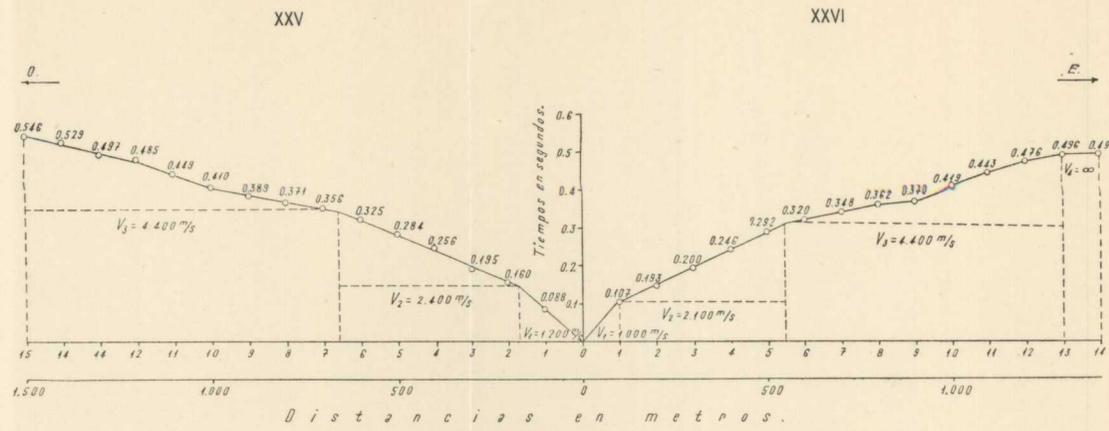


Fig. 26.—Líneas dromocrónicas números XXV y XXVI (Bailén)

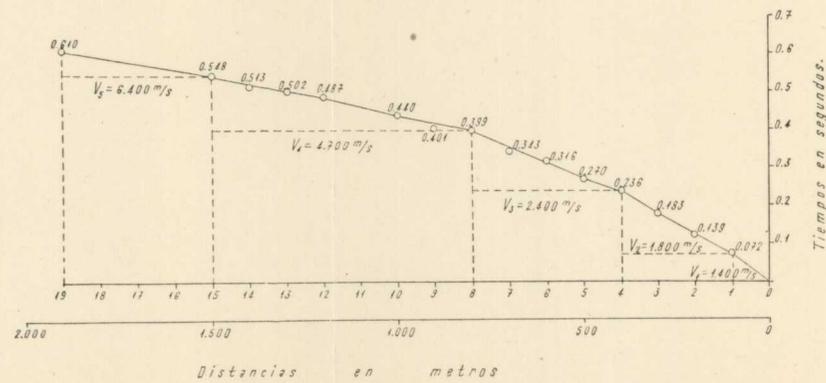


Fig. 27.—Línea dromocrónica n.º XXVII (Bailén)

$$85 + 112 = 197 \text{ m.}$$

El espesor de éste resulta:

$$h_3 = \frac{700}{2} \sqrt{\frac{6.400 - 4.700}{6.400 + 4.700}} = 139 \text{ m.}$$

En resumen, se dan como más probables los siguientes valores:

- Profundidad del Trías..... 85 m.
- íd. del paleozoico .. 85 + 112 = 197 »
- íd. del granito..... 197 + 139 = 336 »

*Línea XXVIII.*—El origen de la línea XXVIII se ha situado 300 metros al NO. del mojón kilométrico núm. 301 y se extiende hacia levante. Su longitud es de 2.000 metros y consta de 20 estaciones.

Ha dado origen al siguiente cuadro de velocidades medias, desde el barreno:

$V_{0-1} = \frac{100}{0,086} = 1.100 \text{ m/s.}$	$V_{0-8} = \frac{800}{0,428} = 1.800 \text{ m/s.}$
$V_{0-2} = \frac{200}{0,148} = 1.300 \text{ »}$	$V_{0-9} = \frac{900}{0,450} = 2.000 \text{ »}$
$V_{0-3} = \frac{300}{0,192} = 1.500 \text{ »}$	$V_{0-10} = \frac{1.000}{0,476} = 2.100 \text{ »}$
$V_{0-4} = \frac{400}{0,294} = 1.600 \text{ »}$	$V_{0-11} = \frac{1.100}{0,489} = 2.200 \text{ »}$
$V_{0-5} = \frac{500}{0,304} = 1.600 \text{ »}$	$V_{0-12} = \frac{1.200}{0,518} = 2.300 \text{ »}$
$V_{0-6} = \frac{600}{0,344} = 1.700 \text{ »}$	$V_{0-13} = \frac{1.300}{0,524} = 2.500 \text{ »}$
$V_{0-7} = \frac{700}{0,376} = 1.800 \text{ »}$	$V_{0-14} = \frac{1.400}{0,537} = 2.600 \text{ »}$

$$V_{0-15} = \frac{1.500}{0,555} = 2.700 \text{ m/s.} \quad V_{0-18} = \frac{1.800}{0,600} = 3.000 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-16} = \frac{1.600}{0,574} = 2.800 \text{ »} \quad V_{0-19} = \frac{1.900}{0,618} = 3.000 \text{ »}$$

$$V_{0-17} = \frac{1.700}{0,585} = 2.900 \text{ »} \quad V_{0-20} = \frac{2.000}{0,649} = 3.100 \text{ »}$$

Sobre la dromocrónica se manifiestan los mismos horizontes geológicos que anteriormente, con constantes sísmicas de

$$V_1 = V_{0-1} = 1.200 \text{ m/s.}$$

para el recubrimiento detrítico.

$$V_2 = V_{1-5} = \frac{500 - 100}{0,304 - 0,086} = 1.800 \text{ m/s.}$$

para el terciario arcilloso.

$$V_3 = V_{5-8} = \frac{800 - 500}{0,428 - 0,304} = 2.400 \text{ m/s.}$$

para las arcillas y areniscas compactas.

$$V_4 = V_{9-12} = \frac{1.200 - 800}{0,518 - 0,428} = 4.500 \text{ m/s.}$$

para el paleozoico.

$$V_5 = V_{12-20} = \frac{2.000 - 1.200}{0,649 - 0,518} = 6.100 \text{ m/s.}$$

para el granito.

En el cálculo de profundidades se tienen en cuenta dos horizontes sobre las pizarras antiguas, uno de 1.600 m/s. hasta la posición 5 y otro de 2.400 de arcillas duras.

$$h_1 = \frac{500}{2} \sqrt{\frac{2.400 - 1.600}{2.400 + 1.600}} = 108 \text{ m.}$$

es la profundidad de las arcillas compactas.

$$h_2 = \frac{300}{2} \sqrt{\frac{4.500 - 2.400}{4.500 + 2.400}} = 83 \text{ m.}$$

es el espesor de estas arcillas.

$$h_3 = \frac{400}{2} \sqrt{\frac{6.100 - 4.500}{6.100 + 4.500}} = 78 \text{ m.}$$

es la potencia del paleozoico.

De donde se deduce la siguiente lista de profundidades:

Profundidad del Trías ..... 108 m.  
 » del paleozoico 108 + 83 = 191 »  
 » del granito ... 191 + 78 = 269 »

*Línea XXIX.*—El barreno de esta línea se ha situado a 300 metros al Este del mojón kilométrico 292,200 de la carretera general de Andalucía.

Consta de 16 posiciones, repartidas en una longitud de 1.600 metros y se desarrolla en el sentido Oeste.

La lista de valores de las velocidades medias es la siguiente:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,091} = 1.100 \text{ m/s.} \quad V_{0-5} = \frac{500}{0,303} = 1.600 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{200}{0,138} = 1.400 \text{ »} \quad V_{0-6} = \frac{600}{0,317} = 1.900 \text{ »}$$

$$V_{0-3} = \frac{300}{0,165} = 1.800 \text{ »} \quad V_{0-7} = \frac{700}{0,355} = 2.000 \text{ »}$$

$$V_{0-4} = \frac{400}{0,262} = 1.500 \text{ »} \quad V_{0-8} = \frac{800}{0,410} = 1.900 \text{ »}$$

$$V_{0-9} = \frac{900}{0,422} = 2.100 \text{ m/s.} \quad V_{0-13} = \frac{1.300}{0,498} = 2.600 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-10} = \frac{1.000}{0,429} = 2.300 \text{ »} \quad V_{0-14} = \frac{1.400}{0,510} = 2.700 \text{ »}$$

$$V_{0-11} = \frac{1.100}{0,461} = 2.400 \text{ »} \quad V_{0-15} = \frac{1.500}{0,518} = 2.900 \text{ »}$$

$$V_{0-12} = \frac{1.200}{0,495} = 2.400 \text{ »} \quad V_{0-16} = \frac{1.600}{0,533} = 3.000 \text{ »}$$

En la curva dromocrónica correspondiente se observan cinco cambios de horizonte, cuyas constantes sísmicas resultan ser:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,091} = 1.100 \text{ m/s.}$$

para la cubierta moderna.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,262 - 0,091} = 1.700 \text{ m/s.}$$

para las margas arcillosas terciarias.

$$V_3 = V_{4-8} = \frac{800 - 400}{0,410 - 0,262} = 2.700 \text{ m/s.}$$

para las arcillas duras y areniscas secundarias.

$$V_4 = V_{8-16} = \frac{1.600 - 800}{0,533 - 0,410} = 6.500 \text{ m/s.}$$

para el granito.

Se observa también, al igual que en la línea XXX, que el paleozoico no se manifiesta, sin duda, por estar denudado.

Han resultado los siguientes espesores:

$$h_1 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{1.700 - 1.100}{1.700 + 1.100}} = 24 \text{ m.}$$

para la cubierta detrítica.

$$h_2 = \frac{400 - 100}{2} \sqrt{\frac{2.700 - 1.700}{2.700 + 1.700}} = 69 \text{ m.}$$

para las margas arcillosas terciarias.

$$h_3 = \frac{800 - 400}{2} \sqrt{\frac{6.000 - 2.700}{6.000 + 2.700}} = 124 \text{ m.}$$

para las arcillas duras y areniscas.

En resumen, se han obtenido los siguientes resultados:

Espesor de la cubierta moderna.....	24 m.
Profundidad del Trías.....	24 + 69 = 93 »
» del granito ....	93 + 124 = 217 »

*Línea XXX.*—Es la contralínea de la anterior y se extiende hasta 1.600 metros hacia el Este.

Las velocidades medias han sido:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,068} = 1.100 \text{ m/s.} \quad V_{0-7} = \frac{700}{0,340} = 2.000 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{200}{0,152} = 1.300 \text{ »} \quad V_{0-8} = \frac{800}{0,376} = 2.100 \text{ »}$$

$$V_{0-3} = \frac{300}{0,201} = 1.400 \text{ »} \quad V_{0-9} = \frac{900}{0,395} = 2.300 \text{ »}$$

$$V_{0-4} = \frac{400}{0,232} = 1.700 \text{ »} \quad V_{0-10} = \frac{1.000}{0,405} = 2.400 \text{ »}$$

$$V_{0-5} = \frac{500}{0,282} = 1.800 \text{ »} \quad V_{0-11} = \frac{1.100}{0,419} = 2.600 \text{ »}$$

$$V_{0-6} = \frac{600}{0,304} = 2.000 \text{ »} \quad V_{0-12} = \frac{1.200}{0,435} = 2.700 \text{ »}$$

$$V_{0-13} = \frac{1.300}{0,453} = 2.800 \text{ m/s.} \quad V_{0-15} = \frac{1.500}{0,484} = 3.100 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-14} = \frac{1.400}{0,463} = 3.000 \quad \gg \quad V_{0-16} = \frac{1.600}{0,519} = 3.100 \quad \gg$$

Se manifiestan los mismos tramos indicados anteriormente, con constantes equivalentes:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,086} = 1.000 \text{ m/s.}$$

corresponde a las capas superficiales.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,201 - 0,086} = 1.700 \text{ m/s.}$$

es la velocidad sísmica de las margas terciarias.

$$V_3 = V_{3-8} = \frac{800 - 300}{0,376 - 0,201} = 2.800 \text{ m/s.}$$

es la constante de las arcillas duras.

$$V_4 = V_{8-15} = \frac{1.500 - 800}{0,484 - 0,376} = 6.500 \text{ m/s.}$$

es la que corresponde al granito.

Como de costumbre se calculan los espesores de estos paquetes:

$$h_1 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{1.700 - 1.100}{1.700 + 1.100}} = 23 \text{ m.}$$

es el valor que resulta para la cubierta detrítica.

$$h_2 = \frac{300 - 100}{2} \sqrt{\frac{2.800 - 1.700}{2.800 + 1.700}} = 48 \text{ m.}$$

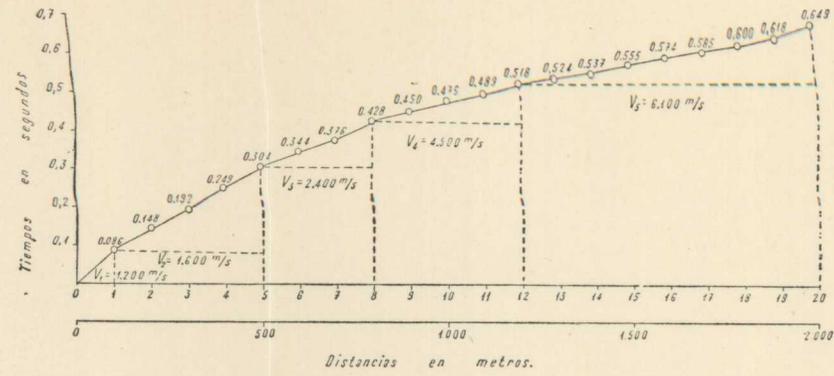


Fig. 28. - Línea dromocrónica n.º XXVIII (Bailén)



XXIX

XXX

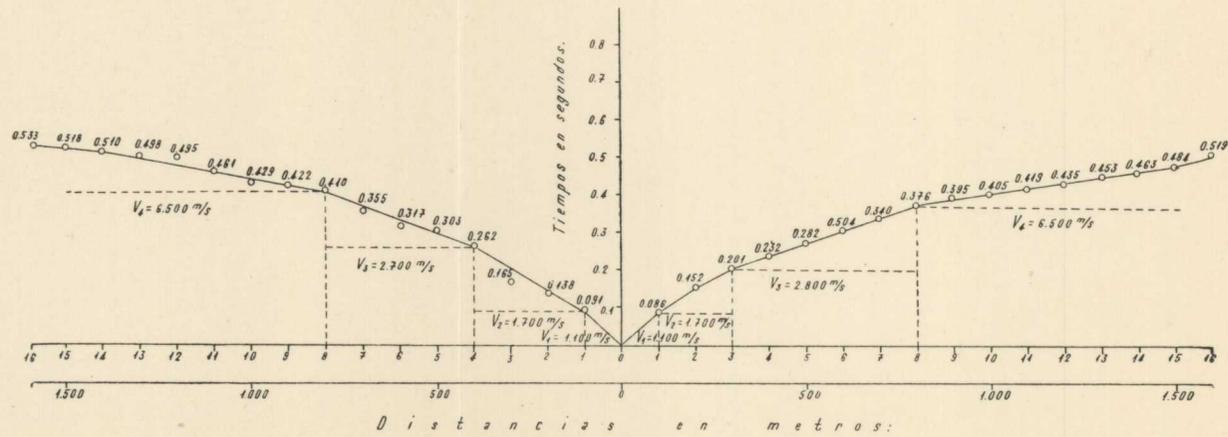


Fig. 29. - Líneas dromocrónicas números XXIX y XXX (al N. de Bailén)

la correspondiente a las margas.

$$h_3 = \frac{800 - 300}{2} \sqrt{\frac{6.500 - 2.800}{6.500 + 2.800}} = 158 \text{ m.}$$

es el espesor de las arcillas duras y areniscas.

Por lo tanto se han obtenido en esta línea:

Espesor de la cubierta detrítica..... 23 m.  
 Profundidad del Trías..... 23 + 48 = 71 »  
 » del granito .... 71 + 158 = 229 »

Resumiendo las dos líneas anteriores se llega a los siguientes resultados medios en el barreno común:

$$\text{Espesor cubierta ..... } \frac{23 + 24}{2} = 82 \text{ m.}$$

$$\text{Profundidad del Trías..... } \frac{71 + 93}{2} = 82 \text{ m.}$$

$$\text{Profundidad del granito .... } \frac{229 + 217}{2} = 223 \text{ m.}$$

## INVESTIGACION SISMICA EN LA ZONA DE LINARES

---

### SEGUNDA PARTE

**§ 28. Prólogo.**—En la primera parte de este Capítulo hemos tratado de la investigación sísmica realizada en el distrito minero de Linares, con sismógrafos independientes de registro óptico-fotográfico, construídos por la casa Askania, de dos componentes. Al mismo tiempo se indicó la continuación de estas investigaciones con receptores del tipo cuarzo-piezométrico y de registro central galvanométrico, construídos en Göttingen por el doctor Ambronn, que describiremos en las páginas siguientes.

Sobre la zona que abarca esta ampliación del estudio, nos limitaremos a decir que está comprendida dentro de la investigada anteriormente, habiéndose situado las nuevas líneas sísmicas en tres sectores:

Linares-Estación de Baeza; Linares-Bailén y Linares-Vadollano.

A la reseña geológica antes expuesta, únicamente añadiremos lo siguiente, por ser de especial interés para la mayor claridad en la distribución de estas nuevas líneas:

Desde la salida de Linares hacia levante, por la carretera de la estación de Baeza, se puede observar que el

suelo está formado por las margas y arcillas características del Mioceno de la región, sin interrupción alguna, no obstante los 140 metros de desnivel que existen entre Linares y la citada estación.

Al seguir un poco más hacia abajo, hasta el río Guadalimar, vemos que sus márgenes están constituidas por arcillas y margas rojizas, de aspecto Terciario antiguo. Por consiguiente, mientras al nivel de Linares el granito está recubierto solamente por una delgada capa de las areniscas duras de la base del Triás, en las márgenes del río, situadas 140 metros más bajas, aun no empiezan a manifestarse las capas superiores del keuper, quedando, pues, como nueva incógnita, el espesor del Terciario antiguo, si es tal, y del Triás. El hundimiento geológico de esta zona, es, por tanto, un hecho, y queda por conocer su magnitud, que es uno de los problemas que vamos a intentar resolver con los nuevos perfiles.

Se trata de conocer la continuación del macizo antiguo paleozoico y granítico al Este y Sur de Linares y al Oeste del río Guadiel. La posibilidad de encontrar esos terrenos a profundidades asequibles a los trabajos mineros, abriría un nuevo campo de investigaciones cuyo alcance no es posible apreciar todavía.

Con estas miras se ha ampliado el trabajo con 26 nuevas líneas sísmicas, distribuidas según se indica en el plano adjunto, y denominadas según las letras del alfabeto para distinguirlas de las anteriores.

Se han dibujado de una manera distinta a la de costumbre por razones fáciles de explicar. En este método, a causa de la dificultad que representa el manejo de los cables de los receptores y la sencillez para trasladar el equipo de los barrenos, se dejan fijos los primeros y se extiende la línea avanzando el emplazamiento de las explosiones.

Esto significa, que si los horizontes atravesados por el rayo sísmico no son horizontales, no se pueden relacionar los sismogramas para formar con ellos una sola línea dromocrónica, pues para cada nueva posición del barreno el recorrido del rayo sísmico, en igual distancia epicentral, puede ser completamente diferente. Sin embargo, entre las muchas representaciones gráficas posibles, hemos preferido seguir la norma de costumbre. Con ello se tiene la ventaja de la mayor sencillez, aunque hay que tener en cuenta que las constantes sísmicas de los paquetes atravesados no serán medibles más que en cada agrupación de puntos correspondientes a un mismo sismograma.

Además, los escalones ascendentes o descendentes que se aprecian entre los grupos de puntos correspondientes de un mismo sismograma representan un aumento o disminución de la profundidad de las capas en el barreno correspondiente y, por lo tanto, indican el buzamiento de aquéllas.

Si tenemos en cuenta, además, los valores obtenidos en las contralíneas, los resultados obtenidos con estos aparatos son de mucha garantía.

### § 29. La investigación sísmica.

*Línea MM.*—Con el fin de determinar la constante sísmica del granito de la región por este nuevo sistema y tener las máximas garantías en la interpretación de los resultados, se realizó esta línea, situada en la dirección E.-O., en el lugar denominado Acebuchares, próximo al cortijo de Trojón.

El suelo está recubierto de areniscas triásicas, pero los pocillos de las minas de la zona muestran el granito a los 5 ó 10 metros de profundidad.

Los receptores se han situado a 50 metros de distancia

entre sí, avanzando los barrenos de 200 en 200 metros hacia el Este.

El gráfico indica que el espesor del Trías descompuesto sobre el granito es algo mayor en el segundo barreno que en el primero, lo que produce un pequeño retraso general en el segundo sismograma.

En el tercer barreno este espesor vuelve a ser menor que en el anterior y precisamente igual que en el primero, como lo demuestra el que los valores de los sismogramas 1 y 3 sobre la dromocrónica se presentan, prácticamente, en la misma alineación.

Se ha medido la velocidad de transmisión del rayo sísmico en el granito hasta la distancia epicentral de 700 metros que corresponde, próximamente, a  $700 \times 0,30 = 210$  metros de profundidad.

En el primer sismograma, entre las posiciones de 200 y 300 resulta:

$$V_1 = \frac{300 - 200}{0,090 - 0,069} = 4.800 \text{ m/s.}$$

En el segundo sismograma

$$V_2 = \frac{500 - 250}{0,133 - 0,089} = 5.700 \text{ m/s.}$$

En el tercero

$$V_3 = \frac{700 - 450}{0,174 - 0,118} = 4.500 \text{ m/s.}$$

Este último valor nos indica que el rayo sísmico atravesó el contacto del granito con la cubierta triásica en sentido descendente.

Tomaremos como valor más probable la media aritmética entre ellos

$$\frac{4.500 + 4.800 + 5.700}{3} = 5.000 \text{ m/s.}$$

En resumen, se considera como valor más probable para la constante sísmica del granito de esa zona entre los 60 y 210 metros de profundidad, el valor de 5.000 m/s. A mayores profundidades aumenta ésta, como se ha visto ya en las líneas anteriores, en que aparecen corrientemente con una constante sísmica de 6.000 m/s.

*Línea A.*—Los receptores empleados en esta línea se han situado, como en casi todas las de este trabajo, de 50 en 50 metros de distancia, formando una línea recta, perpendicular a la carretera de Linares a Baeza. El primero de ellos se ha situado al lado del kilómetro 15 de dicha carretera.

Las explosiones se han trasladado cada vez 200 metros, en sentido SO.

Los paquetes estratigráficos atravesados suministran velocidades parciales de:

$$V_1 = \frac{100}{0,064} = 1.560 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{300 - 100}{0,157 - 0,064} = 2.150 \text{ m/s.}$$

$$V_3 = \frac{500 - 300}{0,241 - 0,149} = 2.150 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{700 - 500}{0,328 - 0,240} = 2.270 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{900 - 700}{0,417 - 0,348} = 2.900 \text{ »}$$

$$V_6 = \frac{1.000 - 900}{0,435 - 0,405} = 3.300 \text{ »}$$

$$V_7 = \frac{1.100 - 1.000}{0,451 - 0,435} = 6.250 \text{ »}$$

El primero de estos horizontes corresponde a la cubierta detrítica.

Los  $V_2$ ,  $V_3$  y  $V_4$  a las margas arcillosas y arcillas.

$V_5$  y  $V_6$  dan las constantes de las areniscas triásicas.

Por último,  $V_7 = 6.250$  corresponde, sin duda, al granito.

El codo de la dromocrónica se encuentra en el punto correspondiente a la distancia epicentral de 1.000 metros.

La profundidad correspondiente calculada por la velocidad sísmica media, tomada desde el origen, resulta:

$$P = \frac{1.000}{2} \sqrt{\frac{6.250 - V}{6.250 + V}} = 430 \text{ m.}$$

Esta profundidad se refiere, teóricamente, al lugar de la explosión  $V$ , situada a 1.100 metros de distancia del receptor más lejano.

*Línea B.*—La instalación eléctrica central de los aparatos de registro y los receptores se han situado junto al kilómetro 16 de la carretera de Linares a Baeza. Las explosiones se han movido de 200 en 200 metros, en dirección NE.

Los grupos de sismogramas de cada registro, han proporcionado las siguientes constantes sísmicas:

$$V_1 = \frac{30}{0,023} = 1.330 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{130 - 30}{0,083 - 0,023} = 1.670 \text{ m/s.}$$

$$V_3 = \frac{300 - 100}{0,157 - 0,068} = 2.250 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{400 - 200}{0,168 - 0,108} = 3.330 \text{ »}$$

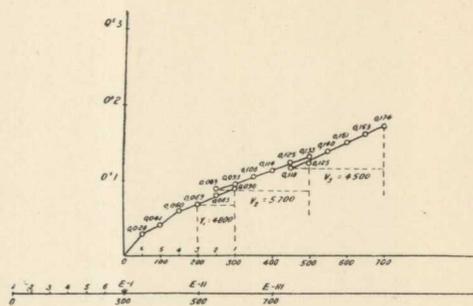


Fig. 30.—Línea dromocrónica *MM*

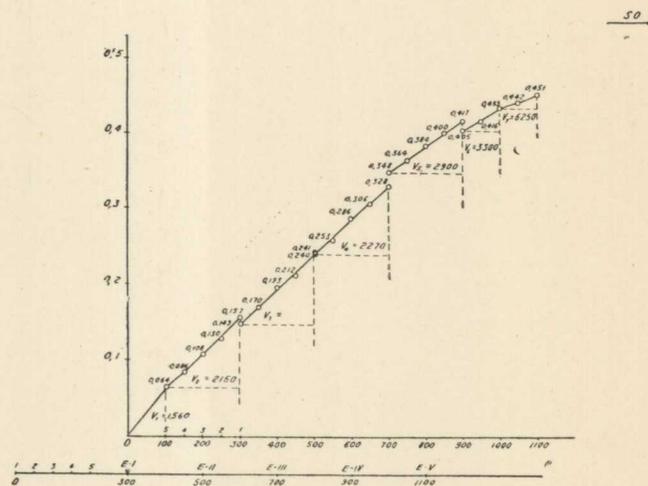


Fig. 31.—Línea dromocrónica *A*

$$V_5 = \frac{600 - 400}{0,280 - 0,195} = 2.350 \text{ m/s.}$$

$$V_6 = \frac{800 - 638}{0,337 - 0,276} = 2.660 \text{ »}$$

$$V_7 = \frac{1.000 - 800}{0,377 - 0,303} = 2.700 \text{ »}$$

$$V_8 = \frac{1.200 - 1.000}{0,473 - 0,394} = 2.530 \text{ »}$$

$$V_9 = \frac{1.400 - 1.200}{0,553 - 0,473} = 2.500 \text{ »}$$

$$V_{10} = \frac{1.600 - 1.400}{0,606 - 0,521} = 2.360 \text{ »}$$

$$V_{11} = \frac{1.800 - 1.600}{0,685 - 0,598} = 2.300 \text{ »}$$

$$V_{12} = \frac{2.000 - 1.800}{0,791 - 0,681} = 2.220 \text{ »}$$

Todas las constantes sísmicas obtenidas son las que corresponden a las margas arcillosas y arcillas.

Por lo tanto, se puede decir que, hasta una profundidad de unos 650 metros, no se llega a los terrenos antiguos. Sin embargo, por haberse observado esta línea en condiciones atmosféricas muy desfavorables, no es prudente garantizar sus resultados.

*Línea C.*—El origen de esta línea se ha emplazado en un lugar próximo al kilómetro 15,200 de la carretera. Los barrenos avanzan hacia el NE., de 300 en 300 metros de distancia.

Las velocidades parciales suministradas por los sismogramas han sido:

$$\left. \begin{aligned}
 V_1 &= \frac{50}{0,051} = 1.000 \text{ m/s.} \\
 V_2 &= \frac{150 - 50}{0,077 - 0,051} = 3.850 \text{ m/s.} \\
 V_3 &= \frac{250 - 150}{0,129 - 0,077} = 2.000 \text{ »} \\
 V_4 &= \frac{550 - 350}{0,253 - 0,179} = 2.730 \text{ »} \\
 V_5 &= \frac{850 - 650}{0,364 - 0,294} = 2.850 \text{ »} \\
 V_6 &= \frac{1.150 - 950}{0,473 - 0,382} = 2.200 \text{ »} \\
 V_7 &= \frac{1.450 - 1.250}{0,544 - 0,483} = 3.270 \text{ »} \\
 V_8 &= \frac{1.750 - 1.550}{0,647 - 0,595} = 3.850 \text{ »}
 \end{aligned} \right\} V_m = 2.570 \text{ m/s.}$$

De la observación de estas constantes sísmicas se deduce lo siguiente:

Después de la cubierta detrítica de pocos metros de espesor (50 m. de distancia epicentral) hay un horizonte de unos 25 ó 30 metros de margas duras o muy calizas, que se manifiesta con velocidad aparente  $V_2 = 3.850$  m/s.

El tramo que le sigue de  $V_3 = 2.000$  m/s. es de margas más arcillosas o de arcillas.

El paquete, en conjunto, nos suministra una constante sísmica de

$$V_m = \frac{250 - 50}{0,129 - 0,051} = 2.570 \text{ m/s.}$$

igual al que se manifiesta en toda la zona.

Los valores siguientes, hasta el  $V_7$ , inclusive, corresponden al mismo horizonte, quizá este último puede repre-

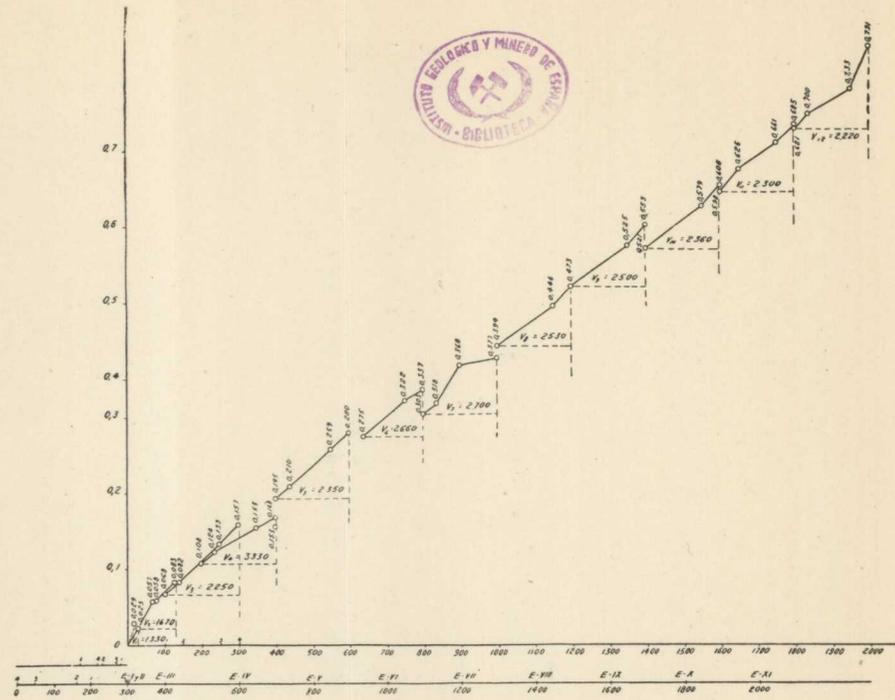


Fig. 32.—Línea dromocrónica B

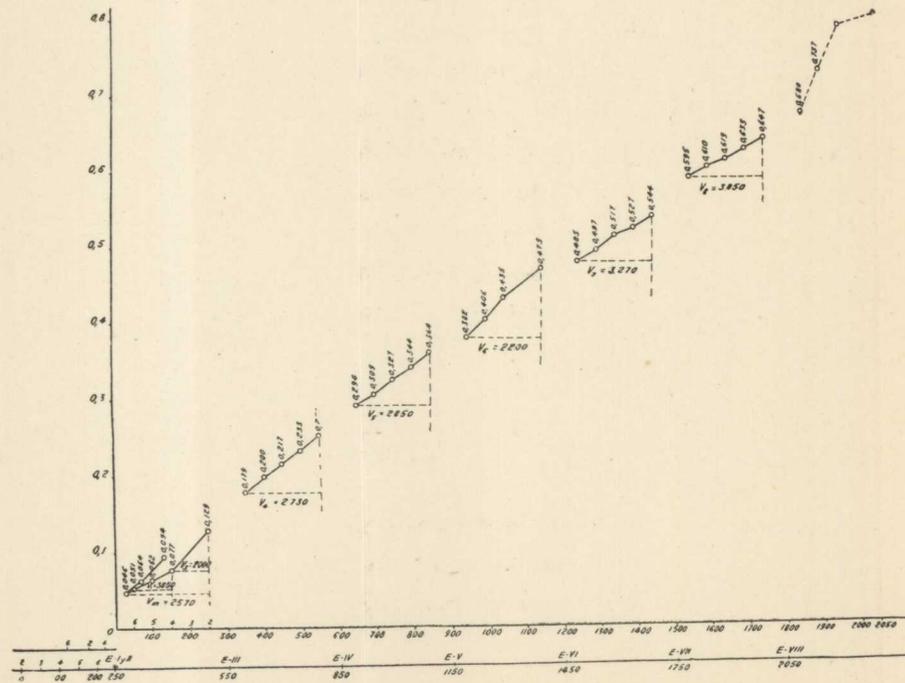


Fig. 33.—Línea dromocrónica C

sentar margas del Terciario antiguo, cuya existencia no conocemos aún geológicamente, o areniscas triásicas.

El último,  $V_8 = 3.850$  m/s., puede pertenecer ya al paleozoico tomado en sentido descendente, pero no es posible asegurarlo por no ser suficiente la longitud de la línea.

Si aceptamos como punto de cambio el de abscisa 1.550 metros, el nuevo horizonte estará a una profundidad aproximada de

$$0,30 \times 1.550 = 465 \text{ m.}$$

Por lo tanto damos esta cifra como profundidad mínima para el paleozoico en este lugar.

*Línea D.*—Junto al mojón kilométrico 15,7 de la carretera de Linares a Baeza, se han emplazado los receptores de esta línea, que se extiende en el sentido SO., trasladando el emplazamiento de las explosiones de 300 en 300 metros.

Las velocidades parciales correspondientes a cada registro, han resultado de

$$V_1 = \frac{250 - 100}{0,131 - 0,062} = 2.170 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{550 - 350}{0,246 - 0,189} = 3.500 \text{ »}$$

$$V_3 = \frac{850 - 650}{0,362 - 0,293} = 2.900 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{1.000 - 950}{0,398 - 0,383} = 3.330 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{1.150 - 1.000}{0,422 - 0,398} = 6.250 \text{ »}$$

$$V_6 = \frac{1.450 - 1.250}{0,516 - 0,473} = 4.650 \text{ »}$$

De su observación se deduce, que se atraviesan margas y arcillas hasta el grupo  $V_4 = 3.330$  m/s. A partir de la posición cuyas coordenadas son 1.000 metros y 0,398 segundos, se manifiesta una velocidad sísmica que pudiéramos atribuir al granito,  $V_5 = 6.250$  m/s.; pero el valor siguiente  $V_6 = 4.650$  m/s., unido a los resultados de las otras líneas, nos deciden a interpretar estos resultados como indicadores de un paquete de capas o de pizarras antiguas.

Refiriéndonos al mencionado cambio, se obtiene para el primario la siguiente profundidad:

$$h = \frac{1.000}{2} \sqrt{\frac{6.250 - V}{6.250 + V}} = 382 \text{ m.}$$

*Línea E.*—Los receptores están situados a los dos lados de la carretera de Linares a Baeza, antes de llegar a la estación, en el cruce con el camino Grande.

El sentido de extensión de las explosiones es el SO.

Los sismogramas de un mismo registro fotográfico suministran los siguientes valores sísmicos:

$$V_1 = \frac{150 - 100}{0,076 - 0,054} = 2.270 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{450 - 250}{0,207 - 0,123} = 2.380 \text{ »}$$

$$V_3 = \frac{750 - 550}{0,244 - 0,328} = 2.380 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{1.050 - 850}{0,449 - 0,378} = 2.820 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{1.350 - 1.150}{0,573 - 0,485} = 2.270 \text{ »}$$

Estos paquetes, por su pequeña velocidad, corresponden, todos, a margas y arcillas; por lo tanto, no se ha

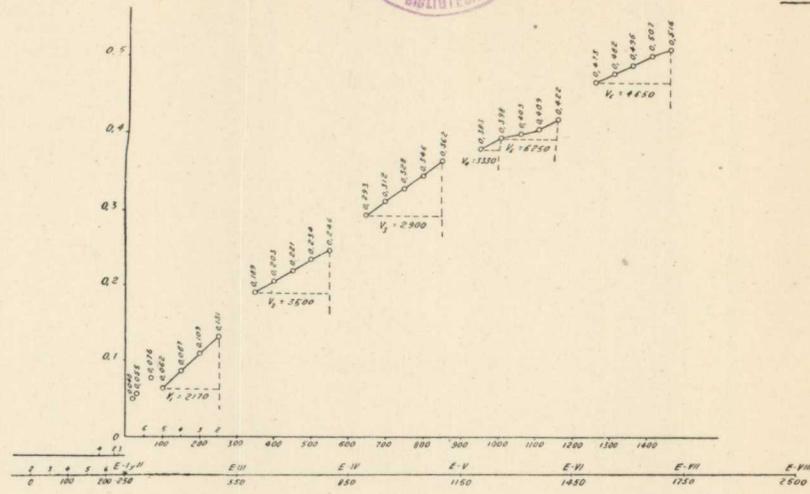


Fig. 34.—Línea dromocrónica D

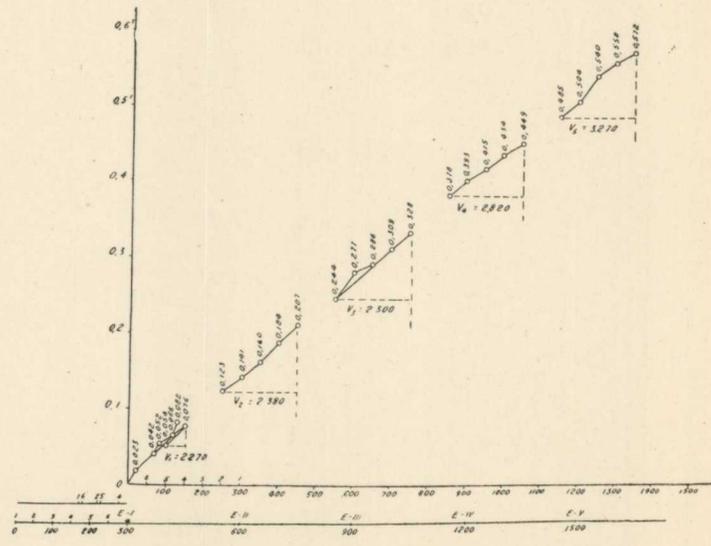


Fig. 35.—Línea dromocrónica E

llegado a cortar el paleozoico ni el granito hasta la profundidad aproximada de  $1.350 \times 0,30 = 405$  metros.

*Línea F.*—Es la contralínea de la anterior y se desarrolla en el sentido NE.

Los valores de las velocidades parciales de los diferentes paquetes estratigráficos resultan:

$$V_1 = \frac{100 - 50}{0,069 - 0,044} = 2.000 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{550 - 350}{0,250 - 0,177} = 2.740 \text{ »}$$

$$V_3 = \frac{850 - 650}{0,378 - 0,295} = 2.410 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{1.150 - 950}{0,459 - 0,388} = 2.820 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{1.450 - 1.250}{0,545 - 0,479} = 3.000 \text{ »}$$

No se ve, realmente, diferencia alguna con la línea anterior y todas las constantes corresponden a margas más o menos duras y arcillas. Por consiguiente, tampoco en esta línea se ha llegado a los terrenos primarios.

Por la longitud de la línea se calcula que se ha investigado hasta una profundidad de

$$1.450 \times 0,30 = 435 \text{ m.}$$

*Línea G.*—Está situada sobre la prolongación de la línea A.

Los receptores se encuentran a 1.500 metros del origen anterior, en el camino de Blascope y alineados en sentido contrario, esto es, hacia el NE. Por lo tanto, es la contralínea de aquélla.

Las velocidades parciales de los paquetes geológicos atravesados han sido:

$$V_1 = \frac{100 - 50}{0,066 - 0,037} = 1.730 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{600 - 350}{0,279 - 0,165} = 2.200 \text{ »}$$

$$V_3 = \frac{900 - 650}{0,390 - 0,303} = 2.870 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{1.050 - 950}{0,438 - 0,392} = 2.170 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{1.200 - 1.050}{0,468 - 0,438} = 5.000 \text{ »}$$

$$V_6 = \frac{1.500 - 1.250}{0,546 - 0,488} = 4.320 \text{ »}$$

Hasta el valor  $V_4 = 2.170 \text{ m/s.}$ , inclusive, corresponden todas las constantes a las margas arcillosas y arcillas más o menos descompuestas en la superficie.

A partir del punto cuyas coordenadas son 0,438 segundos y 1.050 metros, se manifiesta una velocidad de 5.000 metros segundos que, en el siguiente lado de la dromocrónica pasa a 4.320 m/s., indicándonos la llegada del rayo sísmico al paleozoico o al granito.

Refiriendo el cambio de horizonte al citado punto se obtiene una profundidad para esta formación geológica

$$h = \frac{1.050}{2} \sqrt{\frac{5.000 - V}{5.000 + V}} = 312 \text{ m.}$$

siendo

$$V = \frac{1.050}{0,438} = 2.400 \text{ m/s.}$$

Hemos dicho, *a priori*, que se trata del paleozoico o del granito, sin poder resolver la ambigüedad. Sin embargo, la comparación con el valor encontrado en la contralínea rea-

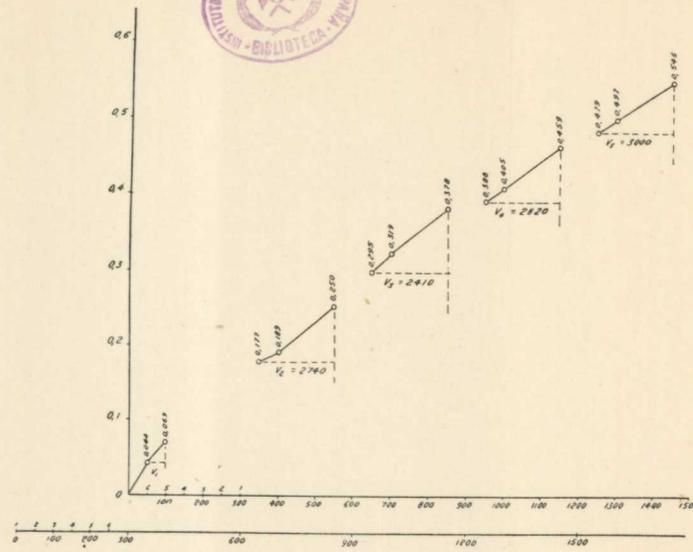


Fig. 36.—Línea dromocrónica F

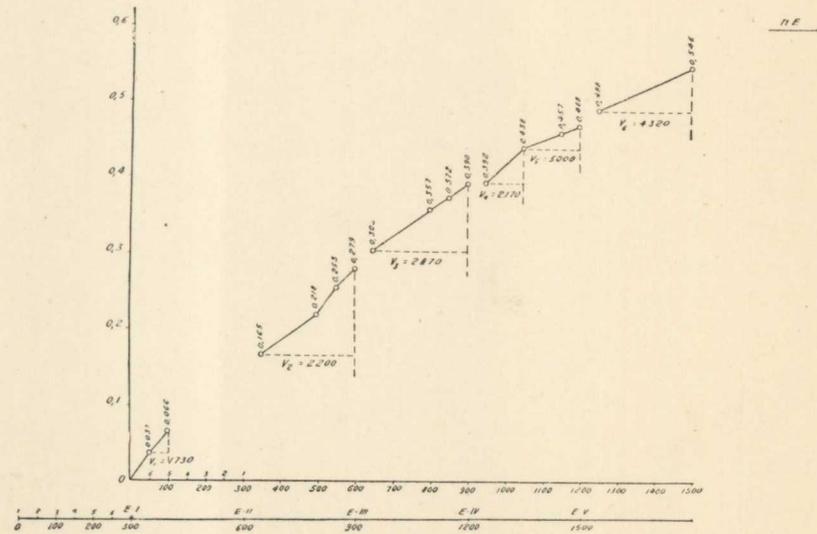


Fig. 37.—Línea dromocrónica G

lizada, unida al estudio geológico del terreno, nos inclina a atribuir aquella constante al granito.

*Línea H.*—La línea *H* se ha situado sobre la línea *D*, pero extendida en sentido NE., contrario al de aquella.

Los receptores están junto al camino de Blascondro.

$$V_1 = \frac{130 - 80}{0,102 - 0,061} = 1.220 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{600 - 350}{0,301 - 0,199} = 2.450 \text{ »}$$

$$V_3 = \frac{900 - 650}{0,397 - 0,308} = 2.810 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{1.050 - 1.000}{0,453 - 0,433} = 2.500 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{1.200 - 0,453}{0,487 - 0,453} = 4.400 \text{ »}$$

$$V_6 = \frac{1.350 - 1.200}{0,558 - 0,534} = 4.250 \text{ »}$$

$$V_7 = \frac{1.750 - 1.550}{0,696 - 0,635} = 3.280 \text{ »}$$

Estos valores indican que hasta la posición de coordenadas 0,453 segundos y 1.050 metros el rayo sísmico atraviesa únicamente margas arcillosas y arcillas.

A partir de este punto se manifiesta un aumento del valor de las constantes sísmicas hasta 4.400 y 4.250 metros segundos, que se debe interpretar como perteneciente a las pizarras antiguas. El próximo resultado parcial  $V_7$  es algo pequeño, y se explica como anomalía local.

La profundidad que resulta para el paleozoico en el mencionado punto de cambio es

$$h = \frac{1.050}{2} \sqrt{\frac{4.400 - V}{4.400 + V}} = 292 \text{ m.}$$

siendo

$$V = \frac{1.050}{0,453} = 2.320 \text{ m/s.}$$

*Línea I.*—El origen de la línea *I* se ha emplazado a continuación de la línea *H* pero extendida en sentido contrario.

Su dirección de avance es la del SO., haciéndose las explosiones cada 300 metros.

Las velocidades representadas por los sismogramas de cada registro han resultado:

$$V_1 = \frac{300 - 50}{0,181 - 0,057} = 2.020 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{600 - 350}{0,247 - 0,179} = 3.680 \text{ »}$$

$$V_3 = \frac{900 - 650}{0,366 - 0,278} = 2.840 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{1.200 - 950}{0,444 - 0,366} = 2.980 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{1.400 - 1.250}{0,533 - 0,507} = 5.770 \text{ »}$$

$$V_6 = \frac{1.800 - 1.550}{0,655 - 0,606} = 5.100 \text{ »}$$

Por estos valores se comprueba que hasta el de  $V_4$  inclusive no aparecen más que los horizontes de margas arcillosas y arcillas. En el fondo, quizás, alguna capa de areniscas.

Las constantes  $V_5 = 5.770$  y  $V_6 = 5.100$  m/s. deben atribuirse al paleozoico, ya que cerca de esta línea se manifiestan sus pizarras con bastante claridad.

Tomando como punto de cambio de horizonte el de coordenadas 1.250 metros y 0,507 segundos resulta una profundidad de:

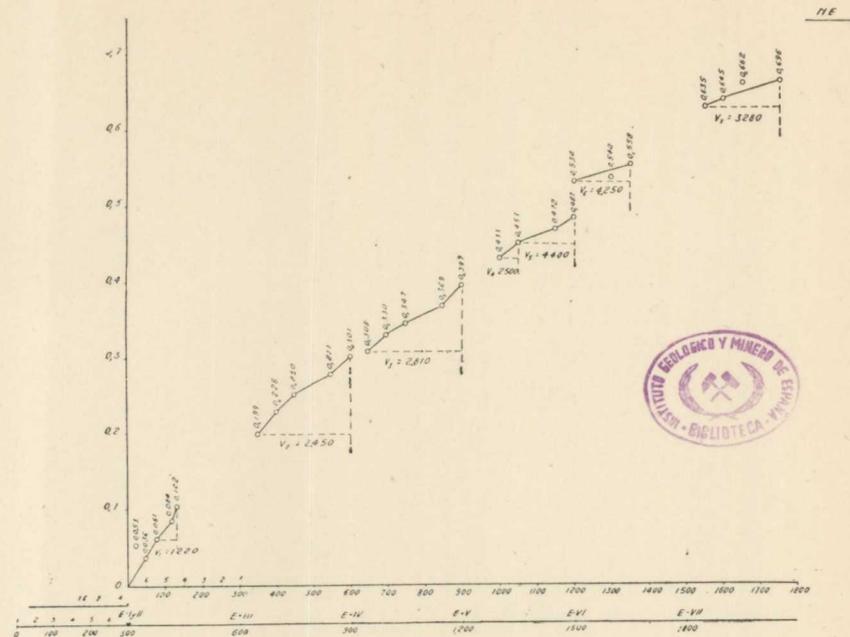


Fig. 38. - Línea dromocrónica H

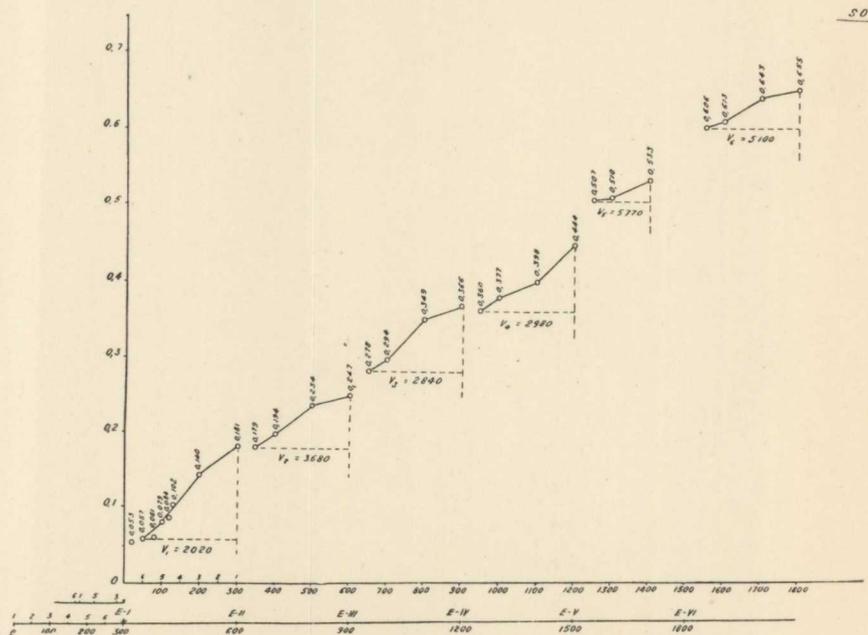


Fig. 39. - Línea dromocrónica I

$$h = \frac{1.250}{2} \sqrt{\frac{5.770 - V}{5.770 + V}} = 395 \text{ m.}$$

siendo

$$V = \frac{1.250}{0,507} = 2.470 \text{ m/s.}$$

Luego se obtiene el valor de 395 metros para la profundidad del paleozoico, teóricamente referida al barreno situado a 1.500 metros del origen.

*Línea J.*—Está situada cerca del río Guadalimar. Los receptores se colocaron a 500 metros de distancia al Este del kilómetro 17 de la carretera de Baeza, en la dirección NE.-SO.

El sentido de avance de las explosiones ha sido el SO.

Los diferentes sismogramas, correspondientes a cada explosión, nos han suministrado los valores siguientes:

$$V_1 = \frac{300 - 50}{0,141 - 0,036} = 2.380 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{600 - 350}{0,241 - 0,152} = 2.800 \text{ »}$$

$$V_3 = \frac{850 - 650}{0,332 - 0,261} = 3.800 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{900 - 850}{0,335 - 0,332} = 17.000 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{1.200 - 950}{0,370 - 0,320} = 5.000 \text{ »}$$

$$V_6 = \frac{1.500 - 1.250}{0,476 - 0,425} = 5.000 \text{ »}$$

$$V_7 = \frac{1.800 - 1.550}{0,569 - 0,508} = 4.150 \text{ »}$$

$$V_8 = \frac{2.100 - 1.850}{0,628 - 0,574} = 4.650 \text{ »}$$

Los valores  $V_1$ ,  $V_2$  y  $V_3$  se deben atribuir, sin duda alguna, a las margas y arcillas, quizás también a alguna arenisca triásica.

En el punto cuyas coordenadas son 850 metros y 0,332 segundos, se manifiesta una gran velocidad aparente,

$$V_4 = 17.000 \text{ m/s.}$$

Los paquetes de capas subyacentes tienen constantes sísmicas del tipo de las correspondientes a las pizarras paleozoicas, aunque también pudieran ser las del granito, atravesado en el sentido descendente del rayo sísmico.

Sin embargo, del gráfico se deduce que las explosiones representadas por los grupos de sismogramas  $V_5$ ,  $V_6$  y  $V_7$ , corresponden a lugares donde el contacto con aquellas formaciones es cada vez más profundo, lo que significa que para cada uno de ellos la dirección del rayo sísmico es ascendente con relación a aquél. En ese caso las velocidades aparentes están aumentadas con relación a su valor real, por lo tanto, las que hemos obtenido deben corresponder al paleozoico y no al granito.

Las profundidades han sido calculadas considerando como un solo horizonte geológico el grupo de capas situadas encima de la superficie paleozoica.

$$h = \frac{750}{2} \left[ \frac{5.000 - V}{5.000 + V} \right] = 242 \text{ m.}$$

siendo

$$V = \frac{850}{0,332} = 2.560 \text{ m/s.}$$

El valor hallado es la profundidad del paleozoico.

Esta formación continúa aún a los 375 metros de pro-

fundidad correspondientes a la distancia epicentral máxima de la línea que ha sido de 1.250 metros.

$$1.250 \times 0,3 = 375 \text{ m/s.}$$

*Línea K.*—Los receptores de esta línea se han situado a unos 200 metros al Norte del kilómetro 3,5 de la carretera de Linares a Bailén.

La distancia entre ellos ha sido de 50 metros, quedando el más cercano a esa misma distancia del sondeo que ejecuta la Sociedad Adaro. La dirección de la línea es la E.-O., y el avance de las explosiones se ha hecho hacia el Oeste.

Del aumento del tiempo recorrido de la primera onda, para una misma distancia horizontal, se deduce que la profundidad del paleozoico en los barrenos aumenta a medida que se alejan hacia el Oeste.

Las velocidades características de los distintos horizontes geológicos que se aprecian en la línea dromocrónica, han sido:

$$V_1 = \frac{50}{0,048} = 1.040 \text{ m/s.}$$

para la cubierta detrítica.

$$V_2 = \frac{450 - 50}{0,208 - 0,048} = 2.500 \text{ m/s.}$$

para las margas, arcillas y areniscas.

$$V_3 = \frac{700 - 450}{0,261 - 0,206} = 4.550 \text{ m/s.}$$

para las pizarras paleozoicas.

Los valores

$$V_4 = \frac{900 - 650}{0,300 - 0,260} = \frac{250}{0,040} = 6.200 \text{ m/s.}$$

$$V_5 = \frac{1.100 - 850}{0,360 - 0,300} = \frac{250}{0,060} = 4.500 \text{ m/s.}$$

aparecen aumentados con relación al verdadero, porque el rayo sísmico recorre la superficie de contacto con la formación antigua en el sentido ascendente; la comprobación de este hecho se tiene en la contralínea porque en ella aparecen disminuídas estas velocidades.

Con estos datos se deducen las siguientes potencias de los distintos tramos:

$$h_1 = \frac{50}{2} \sqrt{\frac{2.500 - 1.040}{2.500 + 1.040}} = 16 \text{ m.}$$

para la cubierta moderna.

$$h_2 = \frac{450 - 50}{2} \sqrt{\frac{5.100 - 2.500}{5.100 + 2.500}} = 117 \text{ m.}$$

para las arcillas.

Por consiguiente, la profundidad del paleozoico referida al tercer barreno de 700 metros de distancia epicentral, resulta:

$$h'_3 = 16 + 117 = 133 \text{ m.}$$

Calculando la profundidad de este mismo tramo directamente con relación al codo de la curva, cuyas coordenadas son 0,208 segundos y 450 metros, resulta:

$$h''_3 = \frac{450}{2} \sqrt{\frac{5.100 - V}{5.100 + V}} = 143 \text{ m.}$$

Tomamos como más aproximada para la profundidad del Primario la media entre los dos valores obtenidos:

$$h_3 = \frac{133 - 143}{2} = 138 \text{ m.}$$

en un punto situado cerca del sondeo, al Oeste.

*Línea L.*—En la misma dirección de la línea *K* y cerca del mencionado sondeo se han colocado los receptores de esta nueva línea. La distancia relativa entre ellos es de 50 metros, y quedan a ambos lados de la caseta de la perforación.

La extensión del perfil se ha efectuado en sentido contrario al de la anterior, o sea hacia el Este.

Sobre el mismo sistema de ejes coordenados, pero en dirección opuesta de abscisas, se ha dibujado el gráfico de tiempos y distancias; en él se advierte, como era de preveer, que el escalonamiento de los lados se verifica en sentido contrario al anterior, disminuyendo el tiempo para igual distancia, lo que demuestra que la profundidad en los barrenos disminuye hacia el Este. Este hecho se comprueba igualmente por el valor obtenido para la velocidad del paleozoico, antes del orden de 5.000 m/s., y ahora de 4.200 m/s., por término medio, como se explica a continuación:

Las constantes de los distintos horizontes han sido

$$V_1 = \frac{50}{0,036} = 1.400 \text{ m/s.}$$

para la cubierta detrítica.

$$V_2 = \frac{300 - 50}{0,139 - 0,036} = 2.400 \text{ m/s.}$$

$$V_3 = \frac{500 - 300}{0,197 - 0,139} = 3.460 \text{ »}$$

para las arcillas compactas y areniscas.

$$V_4 = \frac{700 - 450}{0,218 - 0,162} = 4.450 \text{ m/s.}$$

$$V_5 = \frac{900 - 750}{0,264 - 0,228} = 4.170 \text{ »}$$

Los dos últimos corresponden a las pizarras antiguas, con una constante de 4.200 m/s., como valor medio.

De la línea dromocrónica y de los mencionados valores se deduce que el codo correspondiente al paleozoico está en la posición cuyas coordenadas son 500 metros y 0,197 segundos de tiempo.

Los espesores resultantes han sido:

$$h_1 = \frac{50}{2} \sqrt{\frac{2.400 - 1.400}{2.400 + 1.400}} = 13 \text{ m.}$$

para la cubierta detrítica.

$$h_2 = \frac{500 - 50}{2} \sqrt{\frac{4.450 - 2.800}{4.450 + 2.800}} = 108 \text{ m.}$$

para las arcillas y areniscas, de donde resulta que el paleozoico está a una profundidad de  $13 + 108 = 121$  metros en el barreno número 2, que queda a unos 300 metros de distancia al sondeo, hacia levante.

Por la importancia de estas dos líneas se ha calculado también la profundidad por el método directo:

$$h'_3 = \frac{500}{2} \sqrt{\frac{4.450 - V}{4.450 + V}} = 131 \text{ m.}$$

siendo

$$V = \frac{500}{0,197} = 2.540 \text{ m/s.}$$

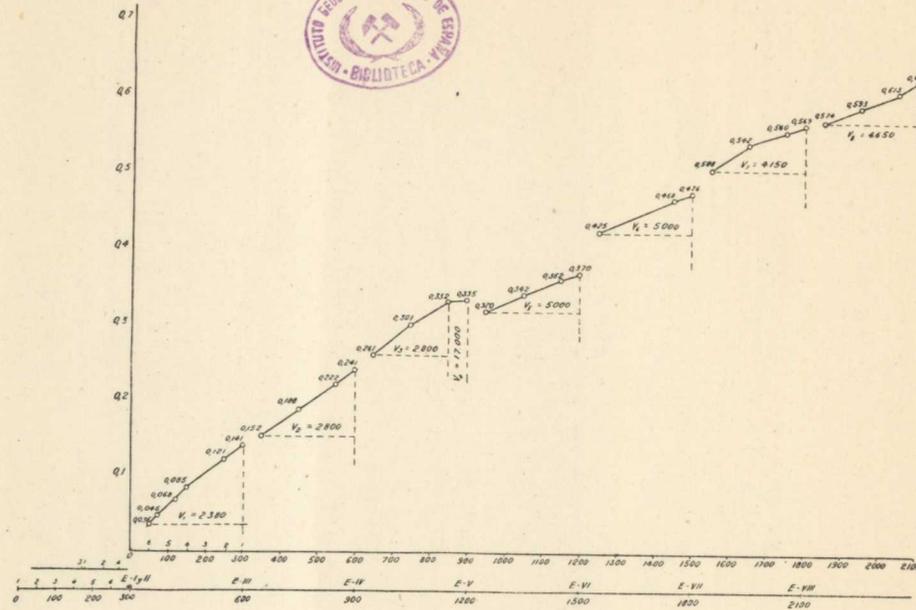


Fig. 40.—Línea dromocrónica J

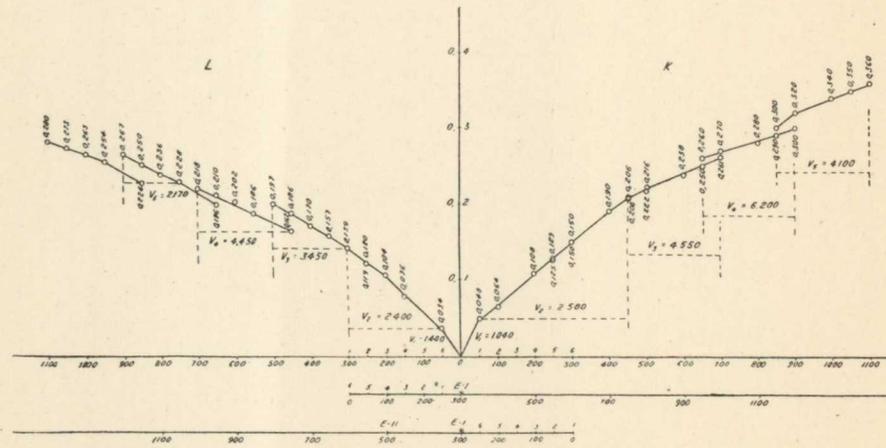


Fig. 41.—Líneas dromocrónicas L-K

Como profundidad en esta línea se admite la media entre los valores obtenidos.

$$h_3 = \frac{121 + 131}{2} = 126 \text{ m.}$$

en un punto situado al Este del sondeo.

*Resumen.*—Aunque la superficie de contacto de los terrenos suprayacentes con las pizarras es bastante irregular, se toma como valor más aproximado para su profundidad en el mencionado sondeo la media entre los obtenidos en las líneas *K* y *L*.

Por lo tanto

$$H = \frac{138 - 126}{2} = 132 \text{ m.}$$

*Línea O.*—Parte de un lugar situado a dos kilómetros de Linares por la carretera de Vadollano. La dirección es la NE.-SO. y el sentido de avance de las explosiones el del SO.

De los resultados de los sismogramas se deducen las siguientes constantes sísmicas:

$$V_1 = \frac{100}{0,049} = 2.040 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{250 - 100}{0,100 - 0,049} = 2.950 \text{ m/s.}$$

$$V_3 = \frac{300 - 250}{0,109 - 0,100} = 5.550 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{500 - 250}{0,145 - 0,095} = 5.000 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{700 - 450}{0,170 - 0,122} = 5.200 \text{ »}$$

$$V_6 = \frac{900 - 650}{0,214 - 0,166} = 5.200 \text{ m/s.}$$

$$V_7 = \frac{1.100 - 850}{0,231 - 0,182} = 5.100 \text{ »}$$

De donde se concluye que existen tres horizontes; el superficial de arcillas triásicas, con una constante de 2.040 m/s.; otro de 2.950 m/s. de velocidad, que corresponde a las areniscas, y el de 5.200 m/s. debido al granito.

El suave escalonamiento de los tiempos nos indica que disminuye la profundidad del granito a medida que se aleja de los receptores.

Se toma como codo principal de la curva el punto correspondiente a la ordenada 0,100 segundos.

El espesor de las capas superficiales es de:

$$h_1 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{2.950 - 2.040}{2.950 + 2.040}} = 21 \text{ m.}$$

El de las areniscas triásicas

$$h_2 = \frac{250 - 100}{2} \sqrt{\frac{5.200 - 2.950}{5.200 + 2.950}} = 40 \text{ m.}$$

De donde la profundidad del granito, teóricamente, en el barreno situado a 300 metros del primer sismógrafo es

$$h_3 = 21 + 40 = 61 \text{ m.}$$

*Línea P.*—Es la contralínea de la *O*. Por lo tanto, quedan los receptores fijos en su posición anterior y se mueven los barrenos en la dirección NE.

Se observa que, al contrario de lo que sucede en la anterior, la profundidad aumenta con la distancia epicentral de los sismógrafos; sobre todo, al pasar ésta de los

700 a 900 metros, en que se produce un importante escalón descendente en el granito.

Se aprecian los mismos horizontes que anteriormente:

$$V_1 = \frac{100}{0,050} = 2.000 \text{ m/s.}$$

valor correspondiente a las arcillas superficiales.

$$V_2 = \frac{250 - 100}{0,098 - 0,050} = 3.130 \text{ m/s.}$$

a las areniscas.

$$V_3 = \frac{300 - 250}{0,108 - 0,098} = 5.000 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{450 - 300}{0,141 - 0,115} = 5.770 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{700 - 450}{0,197 - 0,154} = 5.820 \text{ »}$$

$$V_{6-7} = \frac{1.050 - 750}{0,297 - 0,242} = 5.450 \text{ »}$$

Los cuatro últimos corresponden al granito.

Los codos indicadores de los cambios de horizonte se manifiestan en los mismos puntos que en la contralínea, resultando los siguientes espesores:

$$h_1 = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{3.130 - 2.000}{3.130 + 2.000}} = 23 \text{ m.}$$

para la cubierta descompuesta.

$$h_2 = \frac{250 - 100}{2} \sqrt{\frac{5.770 - 3.130}{5.770 + 3.130}} = 41 \text{ m.}$$

para las areniscas triásicas. De donde se deduce que la profundidad del granito en el barreno de 300 metros de distancia epicentral es de

$$h_3 = 23 + 41 = 64 \text{ m.}$$

*Línea Q.*—A dos kilómetros de Linares, por la carretera de Vadollano se han situado los receptores de la línea *Q*, perpendicularmente a las *O* y *P* y, por tanto, en la dirección SE.

La marcha escalonada hacia arriba de los grupos de valores sísmicos, indica que el rayo atraviesa formaciones geológicas cada vez más profundas, a medida que los barrenos avanzan hacia el SE.

Los horizontes atravesados han proporcionado las siguientes constantes:

$$V_1 = \frac{50}{0,04} = 1.250 \text{ m/s.}$$

es la correspondiente a la cubierta moderna.

$$V_2 = \frac{250 - 50}{0,119 - 0,04} = 1.750 \text{ m/s.}$$

la de las arcillas.

$$V_3 = \frac{400 - 250}{0,173 - 0,129} = 3.400 \text{ m/s.}$$

la de las areniscas.

$$V_4 = \frac{650 - 450}{0,257 - 0,220} = 5.400 \text{ m/s.}$$

$$V_5 = \frac{850 - 650}{0,292 - 0,264} = 7.150 \text{ »}$$

$$V_6 = \frac{1.050 - 850}{0,323 - 0,295} = 7.400 \text{ »}$$

Los tres últimos son los valores que resultan para el granito.

Trasladando estos parámetros paralelamente, asimismo, en forma de que se corrija el retraso correspondiente a cada uno, y, por tanto, formen una línea no interrumpida, se aprecian mejor los cambios de horizonte.

A los 420 metros de distancia epicentral se encuentra el cambio correspondiente al granito.

Calculando la profundidad correspondiente a este codo, cuya ordenada es de 0,165 segundos, en la línea no interrumpida, las profundidades obtenidas están referidas al origen de la línea, puesto que la corrección efectuada equivale a considerar las capas en posición horizontal.

El resultado ha sido:

$$h_1 = \frac{50}{2} \sqrt{\frac{1.750 - 1.250}{1.750 + 1.250}} = 10 \text{ m.}$$

para la cubierta moderna.

Como de costumbre, consideramos un solo horizonte de margas, arcillas y areniscas hasta el granito, con velocidad de

$$\frac{420 - 50}{0,165 - 0,040} = 3.000 \text{ m/s.}$$

El espesor de éste resulta:

$$h_2 = \frac{420 - 50}{2} \sqrt{\frac{5.400 - 3.000}{5.400 + 3.000}} = 99 \text{ m.}$$

De donde la profundidad del granito es de

$$h_3 = 10 + 99 = 109 \text{ m.}$$

en el barreno número 1.

La profundidad en el barreno de 700 metros de distancia epicentral (hacia el SE.) es, con gran aproximación, calculada directamente desde el origen.

$$P = \frac{420}{2} \sqrt{\frac{5.400 - V}{5.400 + V}} = 144 \text{ m.}$$

siendo

$$V = \frac{420}{0,215} = 1.950 \text{ m/s.}$$

En resumen, se han obtenido los siguientes resultados:

Profundidad del granito en el primer  
barreno..... 109 m.  
Profundidad en el barreno de 700 me-  
tros de distancia epicentral ..... 144 »

Damos como profundidad más aproximada en la cruz de las tres líneas *O*, *P* y *Q* el siguiente valor:

$$H = \frac{\frac{1}{2}(61 + 64) + 109}{2} = 86 \text{ m.}$$

*Línea R.*—A 1.500 metros al NE. de Tobaruela, en el borde de un camino, se han montado los sismógrafos y la instalación eléctrica registradora de esta línea. Tiene una longitud de 1.100 metros y el avance de las explosiones, de 200 en 200 metros, se han efectuado en el sentido SO.

Las velocidades parciales, deducidas de cada grupo de sismogramas, han resultado:

$$V_1 = \frac{50}{0,036} = 1.390 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{300 - 50}{0,144 - 0,036} = 2.320 \text{ m/s.}$$

$$V_3 = \frac{400 - 250}{0,179 - 0,114} = 2.320 \text{ »}$$

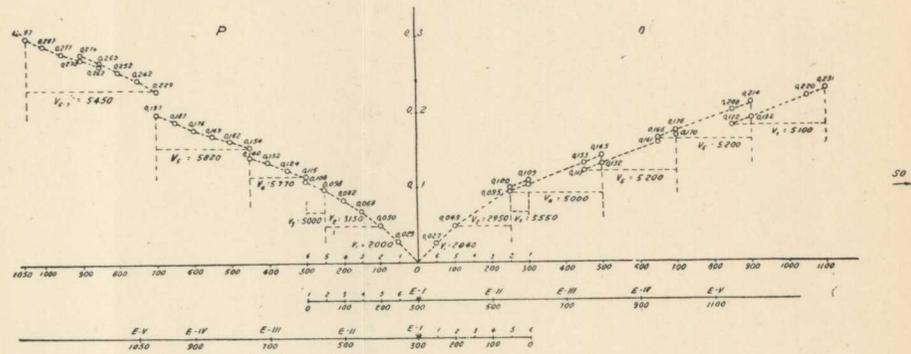


Fig. 42.—Líneas dromocrónicas O-P

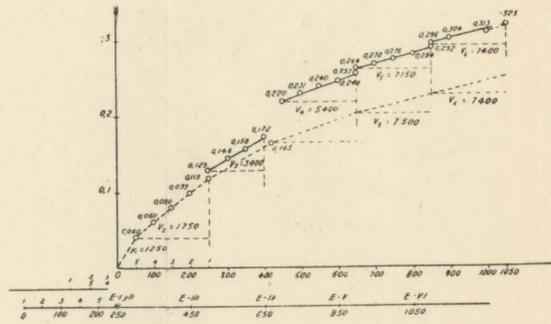


Fig. 43.—Línea dromocrónica Q

$$V_4 = \frac{500 - 400}{0,203 - 0,179} = 4.170 \text{ m/s.}$$

$$V_5 = \frac{700 - 450}{0,240 - 0,190} = 5.000 \text{ »}$$

$$V_6 = \frac{900 - 650}{0,270 - 0,216} = 4.650 \text{ »}$$

$$V_7 = \frac{1.100 - 850}{0,292 - 0,246} = 5.450 \text{ »}$$

La  $V_1$  corresponde a la cubierta detrítica.

Las  $V_2$  y  $V_3$  a las margas y arcillas.

La  $V_4$  puede corresponder al granito, quizás caolinizado, en el contacto con las margas o a un grupo de areniscas, pues no es probable la existencia del paleozoico en este lugar.

Las  $V_5$ ,  $V_6$  y  $V_7$ , son las velocidades que se deben atribuir al granito, sobre todo si se tiene en cuenta que el rayo sísmico lo atraviesa en el sentido descendente de la superficie de contacto.

De la observación del gráfico, se deduce que el punto principal de cambio es el de coordenada 400 metros y 0,179 segundos y representa el paso de las arcillas duras y probablemente alguna capa de arenisca, al granito.

La profundidad de este último se calcula tomando directamente la velocidad media correspondiente al codo de la línea dromocrónica.

$$V = \frac{400}{0,179} = 2.230 \text{ m/s.}$$

Entonces su profundidad resulta:

$$h' = \frac{400}{2} \sqrt{\frac{5.000 - 2.230}{5.000 + 2.230}} = 124 \text{ m.}$$

*Línea S.*—Es la contralínea de la *R*, por lo tanto los receptores están situados en la misma línea anterior y las explosiones se mueven en el sentido NE., contrario al de antes.

Las velocidades que suministran los correspondientes sismogramas a una sola explosión, han sido:

$$V_1 = \frac{100}{0,041} = 2.440 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{300 - 100}{0,116 - 0,041} = 2.670 \text{ m/s.}$$

$$V_3 = \frac{500 - 300}{0,171 - 0,146} = 8.000 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{700 - 450}{0,205 - 0,172} = 7.600 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{900 - 650}{0,258 - 0,219} = 6.400 \text{ »}$$

$$V_6 = \frac{1.050 - 900}{0,297 - 0,278} = 7.900 \text{ »}$$

La primera y la segunda indican la existencia del mismo paquete geológico arcilloso hasta la distancia epicentral de 300 metros, donde se manifiesta un cambio a la de 8.000 m/s., que al igual de la línea anterior se debe atribuir al paso de la onda sísmica por el granito.

La profundidad en esta línea está dada por la fórmula:

$$h' = \frac{300}{2} \sqrt{\frac{8.000 - V}{8.000 + V}} = 115 \text{ m.}$$

tomando como punto de cambio el de coordenadas 0,146 segundos y 300 metros.

Siendo

$$V = \frac{300}{0,146} = 2.050 \text{ m/s.}$$

Hay que hacer la observación de que las velocidades del granito aparecen aumentadas con relación a su valor real, puesto que varían entre 6.400 y 8.000 m/s.

Esto se debe a que a partir de los barrenos y hacia los receptores se atraviesan las capas en el sentido ascendente, al contrario de lo que sucede en la línea *R*.

*Resumen.*—Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las dos líneas, la verdadera profundidad en los receptores será la media de los valores obtenidos en cada una.

Por lo tanto, se admite como profundidad del granito:

$$h = \frac{115 + 124}{2} = 120 \text{ m.}$$

*Línea U.*—En un lugar próximo a la carretera de Linares a Jabalquinto, unos 100 metros antes de llegar al kilómetro 8, se han situado los sismógrafos de esta línea, en la forma acostumbrada. El sentido de extensión de la línea ha sido el O.-SO.

Se distinguen los siguientes paquetes geológicos, representados por los parámetros que se citan a continuación:

$$V_1 = \frac{50}{0,051} = 1.000 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{200 - 100}{0,097 - 0,065} = 3.100 \text{ m/s.}$$

$$V_3 = \frac{450 - 250}{0,203 - 0,113} = 2.220 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{650 - 450}{0,231 - 0,197} = 5.900 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{750 - 650}{0,256 - 0,238} = 5.550 \text{ »}$$

$$V_6 = \frac{1.050 - 750}{0,296 - 0,256} = 7.500 \text{ »}$$

$$V_7 = \frac{1.200 - 1.050}{0,315 - 0,296} = 7.900 \text{ m/s.}$$

$$V_8 = \frac{1.400 - 1.250}{0,358 - 0,341} = 14.600 \text{ »}$$

El primer valor indica la cubierta detrítica. Los  $V_2$  y  $V_3$  los horizontes arcillosos. Los  $V_4 = 5.900$  m/s. y  $V_5 = 5.550$  m/s. son excesivamente grandes, en principio, para ser debidos al paleozoico, pero por su comparación con el tramo equivalente de su contralínea, que resulta ser 4.200 m/s., se deduce representan las pizarras antiguas.

El cambio de terrenos se admite en el punto de coordenadas 450 metros y 0,197 segundos.

Y el del contacto del paleozoico y del granito, en el punto correspondiente a las de 750 metros y 0,256 segundos.

La profundidad del paleozoico resulta:

$$h = \frac{450}{2} \sqrt{\frac{5.900 - V}{5.900 + V}} = 150 \text{ m.}$$

siendo

$$V = \frac{450}{0,197} = 2.280 \text{ m/s.}$$

Para calcular el espesor de este último tramo se ha tomado el coeficiente.

$$K = 0,30 \text{ y resulta } 300 \times 0,30 = 90 \text{ m.}$$

Por consiguiente, se pueden dar los siguientes resultados:

$$\begin{array}{l} \text{Profundidad del paleozoico} \dots\dots\dots 150 \text{ m.} \\ \text{» del granito } 150 + 90 = 240 \text{ »} \end{array}$$

*Línea T.*—Es la contralínea de la *U* y los receptores han permanecido en los mismos lugares. Los barrenos se extienden en el sentido E.-NE.

Los diferentes sismogramas han suministrado las velocidades dadas a continuación:

$$V_1 = \frac{500 - 250}{0,224 - 0,125} = 2.520 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{700 - 450}{0,261 - 0,202} = 4.200 \text{ »}$$

$$V_3 = \frac{900 - 650}{0,281 - 0,236} = 5.500 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{1.100 - 850}{0,314 - 0,268} = 5.440 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{1.300 - 1.050}{0,343 - 0,302} = 6.100 \text{ »}$$

De la observación de esa lista se deduce que  $V_1$  es la constante de las conocidas arcillas;  $V_2$  la del paleozoico y  $V_3$  y  $V_4$ , etc., las correspondientes al granito.

Como punto de cambio a las pizarras se toma el punto cuyas coordenadas son 0,202 segundos y 450 metros y para el contacto del granito el de 0,261 segundos y 700 metros.

Con relación a estos puntos, la profundidad del Primario es

$$h_1 = \frac{450}{2} \sqrt{\frac{4.200 - V}{4.200 + V}} = 125 \text{ m.}$$

siendo

$$V = \frac{450}{0,202} = 2.230 \text{ m/s.}$$

Para la potencia de este mismo tramo se acepta el coeficiente

$$K = 0,30$$

$$h_2 = 250 \times 0,30 = 75 \text{ m.}$$

De donde se concluyen las siguientes cifras:

Profundidad del paleozoico . . . . . 125 m.

íd. del granito  $75 + 125 = 200$  »

*Resumen.*—De las dos líneas anteriores, en las cuales las profundidades obtenidas se refieren a puntos situados a un lado y a otro de los receptores, se calcula su verdadero valor en el lugar de los mismos, por la media entre los obtenidos:

Entonces tenemos:

$$\text{Profundidad del paleozoico.. } \frac{150 + 125}{2} = 137 \text{ m.}$$

$$\text{Profundidad del granito . . . . . } \frac{237 + 200}{2} = 218 \text{ m.}$$

*Línea V.*—Los receptores se han colocado a distancia de 50 en 50 metros y en la dirección que casi coincide con la E.-O. El primero de ellos está situado en el cruce del camino antiguo de Jabalquinto a Linares con el de Tobaruela al Molino.

El desarrollo del perfil se ha efectuado hacia el Oeste.

A primera vista no se observan cambios de importancia en la línea dromocrónica; véanse las velocidades que suministran los distintos grupos de sismogramas:

$$V_1 = \frac{50}{0,062} = 810 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{300 - 50}{0,172 - 0,062} = 2.280 \text{ m/s.}$$

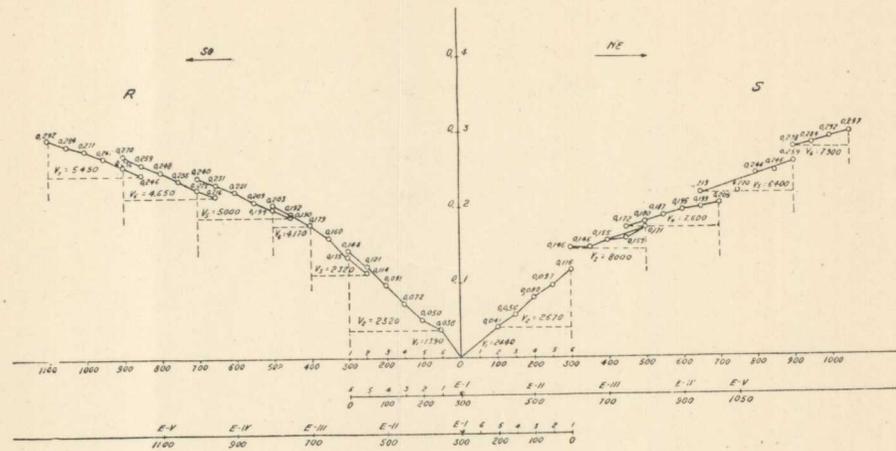


Fig. 44. - Líneas dromocrónicas R-S

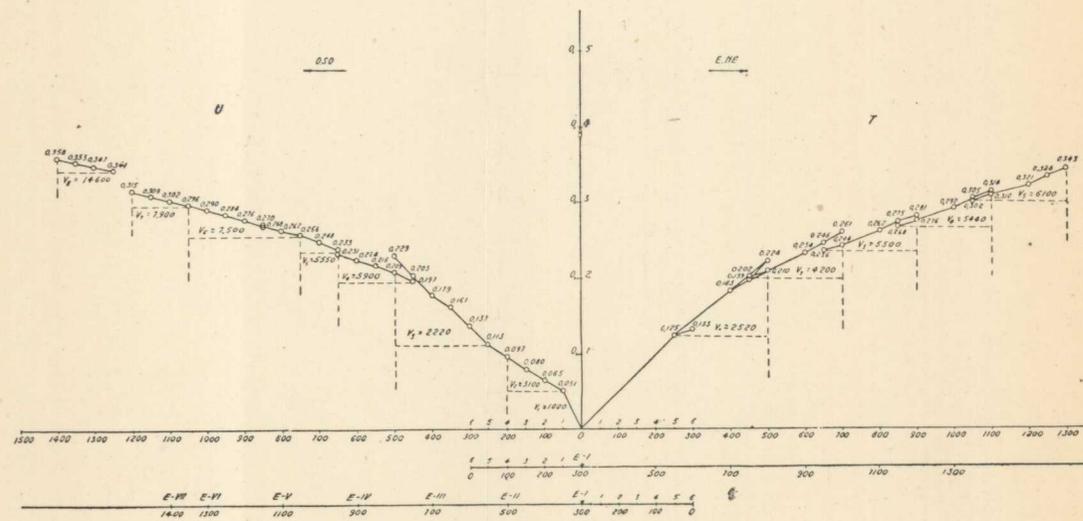


Fig. 45. - Líneas dromocrónicas U-T

$$V_3 = \frac{500 - 250}{0,241 - 0,146} = 2.600 \text{ m/s.}$$

$$V_4 = \frac{700 - 450}{0,317 - 0,230} = 2.870 \text{ »}$$

$$V_{6-7} = \frac{1.300 - 850}{0,540 - 0,376} = 2.750 \text{ »}$$

$$V_8 = \frac{1.500 - 1.250}{0,605 - 0,522} = 3.000 \text{ »}$$

Fuera de la zona detrítica, que da una constante baja  $V_1 = 810 \text{ m/s.}$ , los demás paquetes de 2.280 a 3.000 m/s. de velocidad, corresponden a margas, arcillas duras y areniscas; luego no se ha llegado al paleozoico en los 1.500 metros de longitud de línea, que corresponden, próximamente, a  $1.500 \times 0,30 = 450$  metros de profundidad.

*Línea X.*—Esta línea es la contralínea de la  $V$ , por lo tanto va dirigida en el sentido Este.

Las constantes sísmicas de las diferentes alineaciones de la dromocrónica han resultado:

$$V_1 = \frac{100}{0,075} = 1.330 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = \frac{300 - 100}{0,172 - 0,075} = 2.070 \text{ m/s.}$$

$$V_3 = \frac{500 - 250}{0,253 - 0,147} = 2.360 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{700 - 450}{0,330 - 0,228} = 2.450 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{850 - 650}{0,380 - 0,307} = 2.740 \text{ »}$$

$$V_6 = \frac{1.000 - 850}{0,409 - 0,367} = 3.570 \text{ »}$$

$$V_7 = \frac{1.100 - 1.000}{0,431 - 0,409} = 4.550 \text{ »}$$

$$V_8 = \frac{1.300 - 1.050}{0,474 - 0,431} = 5.800 \text{ m/s.}$$

Hasta la distancia epicentral de 1.000 metros no se manifiesta cambio alguno que pueda indicar el granito o el paleozoico. Después de aquélla se aprecian los horizontes de 4.550 m/s. en pocos metros y el de 5.800 m/s. en 250 metros de longitud. El tramo anterior, cuya constante es de 3.570 m/s., se debe, probablemente, a un paquete de areniscas.

La profundidad en el barreno número 5, correspondiente al codo de la dromocrónica indicador del cambio al granito, se ha calculado directamente por su velocidad media

$$V = \frac{1.000}{0,409} = 2.450 \text{ m/s.}$$

Resulta la profundidad del granito

$$h = \frac{1.000}{2} \sqrt{\frac{5.800 - 2.450}{5.800 + 2.450}} = 318 \text{ m.}$$

*Línea Y.* —Cerca del kilómetro 7,100 de la carretera de Jabalquinto a Linares y en la dirección aproximada E.-O. se han situado los seis receptores de la línea Y. La distancia relativa entre ellos ha sido, como de costumbre, de 50 metros y las explosiones se han hecho de 200 en 200 metros, avanzando hacia levante.

Sobre la correspondiente línea dromocrónica se han podido distinguir los siguientes parámetros:

$$V_1 = \frac{50}{0,050} = 1.000 \text{ m/s.}$$

es el correspondiente a la cubierta detrítica.

$$V_2 = \frac{300 - 50}{0,158 - 0,50} = 2.300 \text{ m/s.}$$

el debido al paquete arcilloso.

$$V_3 = \frac{700 - 550}{0,285 - 0,249} = 4.200 \text{ m/s.}$$

$$V_4 = \frac{900 - 750}{0,326 - 0,293} = 4.550 \text{ »}$$

$$V_5 = \frac{1.100 - 950}{0,366 - 0,326} = 3.750 \text{ »}$$

$$V_6 = \frac{1.300 - 1.150}{0,398 - 0,342} = 2.700 \text{ »}$$

$$V_7 = \frac{1.500 - 1.350}{0,425 - 0,394} = 4.850 \text{ »}$$

Todos estos valores, a partir del  $V_3$ , corresponden al paleozoico. El parámetro  $V_6$ , excesivamente pequeño, se debe a un accidente local o falla.

Los espesores de estos horizontes han resultado:

$$h_1 = \frac{50}{2} \sqrt{\frac{2.300 - 1.000}{2.300 + 1.000}} = 16 \text{ m.}$$

para la cubierta detrítica.

$$h_2 = \frac{400}{2} \sqrt{\frac{4.600 - 2.300}{4.600 + 2.300}} = 115 \text{ m.}$$

para el tramo arcilloso, tomando como punto de cambio el de 450 metros de distancia horizontal.

Por lo tanto, la profundidad del paleozoico resulta

$$h_3 = 16 + 115 = 131 \text{ m.}$$

Esta profundidad se refiere teóricamente al barreno

número 2, que está situado a 500 metros al Este del receptor más lejano.

Del resultado del perfil se deduce que no se llegará al granito antes de  $1.500 \times 0,30 = 450$  metros, próximamente.

En resumen, se dan como más probables las siguientes cifras:

Espesor de la cubierta detrítica . . . . . 16 m.

Profundidad del paleozoico  $16 + 115 = 131$  »

*Línea Z.*—Los receptores se han instalado a ambos lados de la carretera de Jabalquinto, cerca del mojón kilométrico 6,500.

La distancia entre ellos es la misma que de costumbre.

La línea dromocrónica se ha dibujado en sentido contrario al de la línea *Y*, por haberse realizado de esa forma en el campo, aunque hay que hacer la advertencia de que por dificultades materiales del terreno no constituye, precisamente, la contralínea de aquélla.

De la observación del gráfico se deduce:

Que se distinguen los mismos horizontes geológicos que en la línea anterior, diferenciables por los siguientes parámetros:

$$V_1 = \frac{50}{0,050} = 1.000 \text{ m/s.}$$

para la cubierta detrítica.

$$V_2 = \frac{300 - 50}{0,149 - 0,050} = 2.550 \text{ m/s.}$$

$$V_3 = \frac{500 - 250}{0,272 - 0,162} = 2.300 \text{ »}$$

$$V_4 = \frac{700 - 450}{0,344 - 0,245} = 2.550 \text{ »}$$

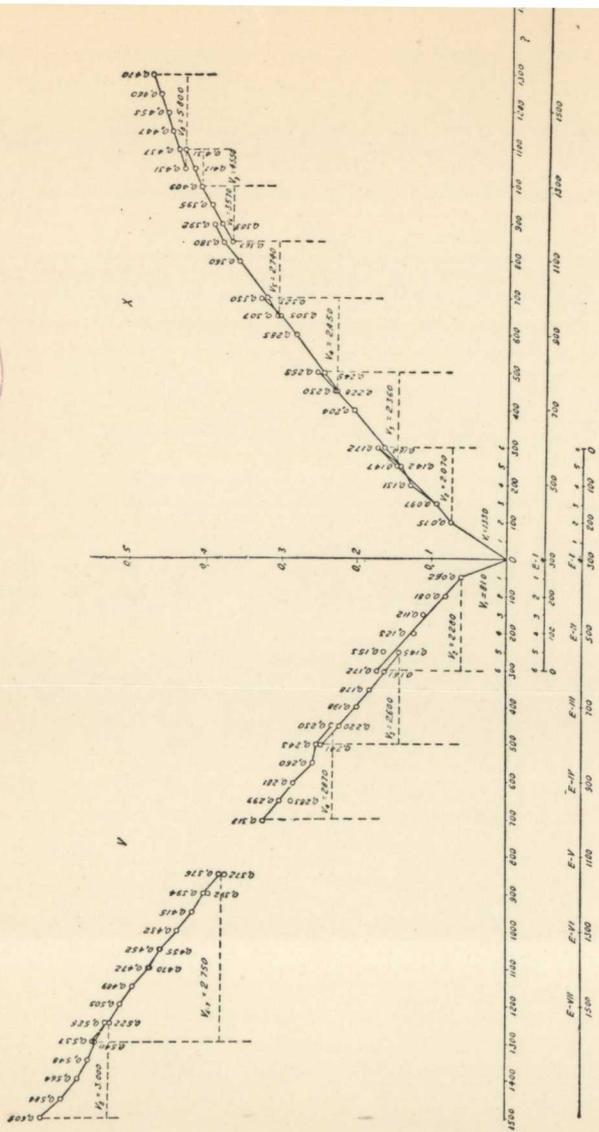


Fig. 46. - Líneas dromocrónicas V-X

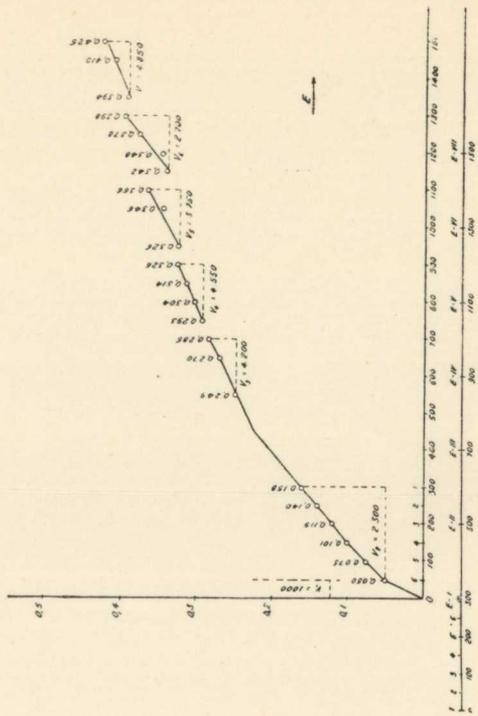


Fig. 47. - Línea dromocrónica Y

$$V_5 = \frac{750 - 650}{0,354 - 0,315} = 2.550 \text{ m/s.}$$

para el paquete arcilloso.

$$V_6 = \frac{900 - 750}{0,388 - 0,354} = 4.400 \text{ m/s.}$$

$$V_7 = \frac{1.100 - 850}{0,425 - 0,368} = 4.400 \text{ »}$$

$$V_8 = \frac{1.300 - 1.050}{0,470 - 0,410} = 4.200 \text{ »}$$

$$V_9 = \frac{1.500 - 1.250}{0,502 - 0,445} = 4.400 \text{ »}$$

para el paleozoico.

Los espesores de estos horizontes geológicos se calculan a continuación:

$$h_1 = \frac{50}{2} \sqrt{\frac{2.450 - 1.000}{2.450 + 1.000}} = 16 \text{ m.}$$

es el de la cubierta moderna.

$$h_2 = \frac{750 - 50}{2} \sqrt{\frac{4.400 - 2.450}{4.400 + 2.450}} = 186 \text{ m.}$$

el del tramo arcilloso.

De donde resulta, para la profundidad del paleozoico

$$h_3 = 16 + 186 = 202 \text{ m.}$$

De la observación del gráfico se desprende también que no se alcanzará el granito, sino a una profundidad superior a los

$$1.450 \times 0,30 = 435 \text{ m.}$$

Resumiendo lo anterior, damos como más aproximadas las siguientes cifras:

Espesor de la cubierta detrítica..... 16 m.

Profundidad del paleozoico..... 202 »

Id. del granito superior..... 435 »

CONCLUSIONES.—Con las 56 líneas sísmicas realizadas en este trabajo, que representan 77 kilómetros de perfiles y 1.145 estaciones, de las que sólo reproducimos las más importantes, se ha determinado la profundidad a que se encuentra la superficie de contacto del Triás con los terrenos más antiguos, paleozoico o granito, que era el problema propuesto.

Esto significa el conocimiento de la profundidad a que se encuentra la formación que contiene los filones, puesto que éstos atraviesan a ambos, sin solución de continuidad.

En el cuadro adjunto se reúnen estos valores, expresados en metros de profundidad:

LINEAS	PALEO-ZOICO	GRANITO	LINEAS	PALEO-ZOICO	GRANITO
I		126	XXVII	197	336
II	270		XXVIII	191	269
III	220		XXIX y XXX		223
IV	161		A		340
V		200	C	465	
VI	92	200	D	382	
VII	172	302	G		312
VIII y IX	161	270	H	292	
X y XI	207	217	I	395	
XII	118	237	J	242	
XIII	184	209	K	138	
XIV y XV	110	321	L	132	
XVI	97	297	O		61
XVII	165	196	P		64
XVIII	110	294	Q		86
XIX		276	R y S		120
XX		111	T y U	137	218
XXI		130	V y X		318
XXII	135	210	Y	131	450
XXIII y XIV	114	346	Z	202	435
XXV y XXVI	184	391			

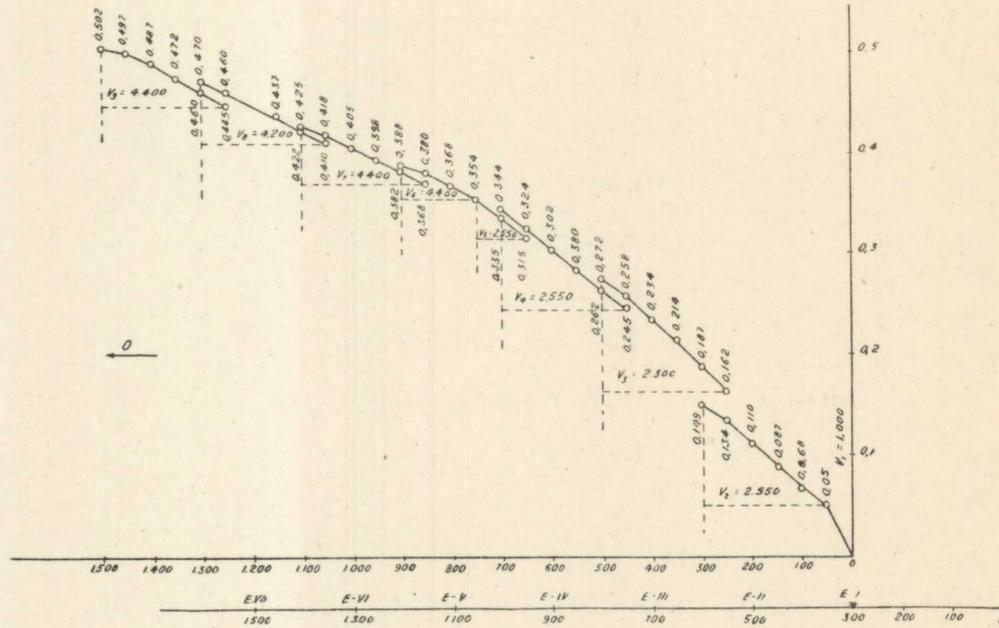


Fig. 48.—Línea dromocrónica Z

Las líneas donde no aparece más valor que el del granito, indican que la erosión producida en otras edades geológicas han desmantelado el Primario; donde no aparece más que este último, significa que a la profundidad que investiga la línea correspondiente no se ha llegado al fondo del paleozoico.

Resumidos estos valores en los perfiles geológicos efectuados, se deduce lo siguiente:

1.º La formación antigua se encuentra, en general, mucho menos profunda de lo que se podría sospechar por los conocimientos geológicos que se tenían hasta la fecha.

2.º Los sondeos mecánicos efectuados con posterioridad han demostrado, en diferentes puntos, la realidad de los resultados sísmicos con las siguientes diferencias:

*Sondeo número 1 de Bailén:*

Profundidad obtenida con los sismógrafos de registro fotográfico directo	
Askania .....	135 m.
Profundidad obtenida con los receptores de cuarzo piezométrico Ambronn	132 »
Profundidad del sondeo mecánico ....	134,20 »

*Sondeo número 1 de Vadollano:*

Profundidad dada según el trabajo sísmico .....	86 »
Profundidad del sondeo .....	74,75 »

3.º Estas profundidades, por ser muy asequibles en una extensa zona, descubren nuevos y posibles campos mineros de explotación.

4.º Al encontrarse algunas de estas zonas en la prolongación teórica de filones reconocidos en gran longitud, aumenta considerablemente el interés del descubri-

miento, siendo recomendables las labores de reconocimiento minero.

Por último, que el conjunto de la prospección pone de manifiesto la conveniencia de completar la investigación en el sector de Jabalquinto y Bailén y de continuarla por nuevas zonas hacia La Carolina.

## CAPITULO VII

### INVESTIGACION SISMICA EN LA CAMOCHA (GIJON)

#### § 30. Prólogo.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS.—La competencia, laboriosidad y entusiasmo por la minería de los hermanos Felgueroso, les hizo pensar, al comienzo del siglo actual, en la conveniencia de iniciar los trabajos de reconocimiento de la posible cuenca carbonífera existente debajo de los depósitos triásicos del Sur de Gijón, pertenecientes al tramo superior del sistema, constituido por las margas irisadas o keuper. Era posible que debajo de esta formación litoral estuviese la marina del muschelkalk y aun la inferior, también litoral, de la arenisca abigarrada y que, por consiguiente, la formación hullera estuviese a una profundidad excesiva, desde el punto de vista de su explotación industrial. El lugar del emplazamiento de los sondeos de reconocimiento había que elegirlo de tal modo que en él los estratos triásicos tuviesen un espesor mínimo. En la zona de la parroquia de San Martín de Huerces, la erosión producida por los agentes meteóricos ha sido muy intensa, como lo prueba la existencia de las margas irisadas a un nivel mucho más alto, en la falda meridional del cerro Pico del Sol, recubiertas por las capas liásicas que allí se

encuentran en posición horizontal, y por ello, aquella zona estaba muy indicada para practicar un sondeo, cuyo emplazamiento fijó el eminente geólogo D. Lucas Mallada, en el lugar denominado La Camocha.

*Sondeo número 1.*—El sondeo de La Camocha (\*) efectuado el año 1901, tuvo un éxito completo. A los 160 metros cortó el terreno hullero, cuyos estratos tienen una inclinación de más de 65° y están dirigidos del SO. al NE., según se ha comprobado posteriormente. En él se encontraron tres capas de carbón, una de ellas de más de un metro de potencia y de buena calidad. Se terminó a los 287 metros.

El año 1902 se empezó la perforación de un pozo maestro de 3,10 metros de diámetro útil. Son muy conocidas las grandes dificultades que hubo que vencer para desaguar un volumen superior a 200 metros cúbicos por hora, que determinaron hasta el abandono de la obra y el comienzo de un segundo pozo, situado a 1.000 metros de distancia del primero, que también fué abandonado por la misma razón.

Al fin, por un acierto general de D. Secundino Felgueroso, se vencieron todas aquellas dificultades y se pudo pasar la zona acuífera, por el procedimiento de cementación, en el pozo primeramente comenzado, que en el día de hoy tiene una profundidad de 220 metros y se utiliza para una extracción de unas 300 toneladas diarias de carbón.

*Sondeo número 2.*—El año 1914, el Instituto Geológico, en colaboración con la Sociedad Felgueroso Hermanos, empezó el sondeo número 2, situado cerca de Caldones. Cortó 330 metros de la formación triásica, y a continuación

(\*) Luis Felgueroso. Primer Congreso de la Asociación de Ingenieros de Minas del Noroeste de España. — 1931.

234 metros de pizarras y calizas, con la dirección NE.-SO., ángulo de inclinación muy pequeño y buzamiento NO.

A los 563 metros se produjo un desprendimiento súbito de gases combustibles que inutilizó el material del sondeo por un violento incendio.

Este sondeo y los números 3 y 4, que se practicaron en sus inmediaciones, demostraron, por la existencia de la caliza carbonífera, que en Caldones estaba próximo el límite oriental del tramo hullero descubierto en La Camocha.

Esta fué la interpretación que, entonces, se dió a los resultados obtenidos en el sondeo de Caldones. La investigación geofísica, según se explicará después, demuestra que la formación carbonífera no termina allí. En aquella región se encuentra el eje del pliegue anticlinal, situado al Este del sinclinal de La Camocha, y como la erosión del período Carbonífero ha suprimido toda la parte superior del pliegue, sólo han quedado los estratos estériles del Carbonífero inferior que tienen intercalaciones calizas, cortados en el sondeo. Así se explica también la pequeña inclinación de los estratos y la acumulación de los gases que causaron el incendio de la maquinaria del sondeo.

*Sondeo número 5.*—Se perforó este sondeo en el lugar de Aroles, de la parroquia de Vega, el año 1929. Está situado en la línea recta que une los de Caldones y el de Huerces. Cortó 145 metros del Triás y 285 del Carbonífero, constituido por una pizarra fuerte, en su mayor parte, un conglomerado rojizo y una caliza con fósiles abundantes. A veces aparecían delgados lechos de carbón.

Con este sondeo se comprobó que el tramo hullero productivo debía estar situado hacia el NO. y, en consecuencia, se emboquilló inmediatamente de terminarle, otro en Leorio.

*Sondeo número 6.*—El sondeo de Leorio está situado al NO. del número 1. En él sólo se cortaron 126 metros de la formación triásica, en la que no existía el conglomerado característico que le sirve de base, y 277 del Carbonífero, con tres capas de carbón de 0,30, 0,40 y 3,00 metros de espesor respectivamente y con una inclinación de  $50^{\circ}$ .

*Sondeo número 7.*—En vista del éxito obtenido en Leorio, se trasladó la sonda más al NO., hasta las inmediaciones del pueblo de Pinzales, donde hasta los 425 metros de profundidad sólo se habían atravesado terrenos estériles.

*Pozo maestro.*—Estudiados detenidamente los resultados obtenidos en los distintos sondeos, se llegó a la conclusión de que el mejor lugar para la perforación del pozo maestro era el del sondeo de La Camocha.

Conocidas las dificultades que había que vencer para pasar la zona acuífera en el primer trabajo realizado el año 1902, se dió comienzo a los nuevos el 1 de julio de 1930, utilizando, con éxito completo, el procedimiento de cementación, no sin vencer, también, grandes obstáculos; llegando a terminar el pozo número 1 que, en el día de hoy, tiene la profundidad de 220 metros. El pozo número 2, de 370 metros, que se emplea para la extracción de unas 300 toneladas diarias de hulla. Actualmente se procede a la construcción de otro pozo que ha de alcanzar la profundidad de 420 metros, para extraer por él medio millón de toneladas al año.

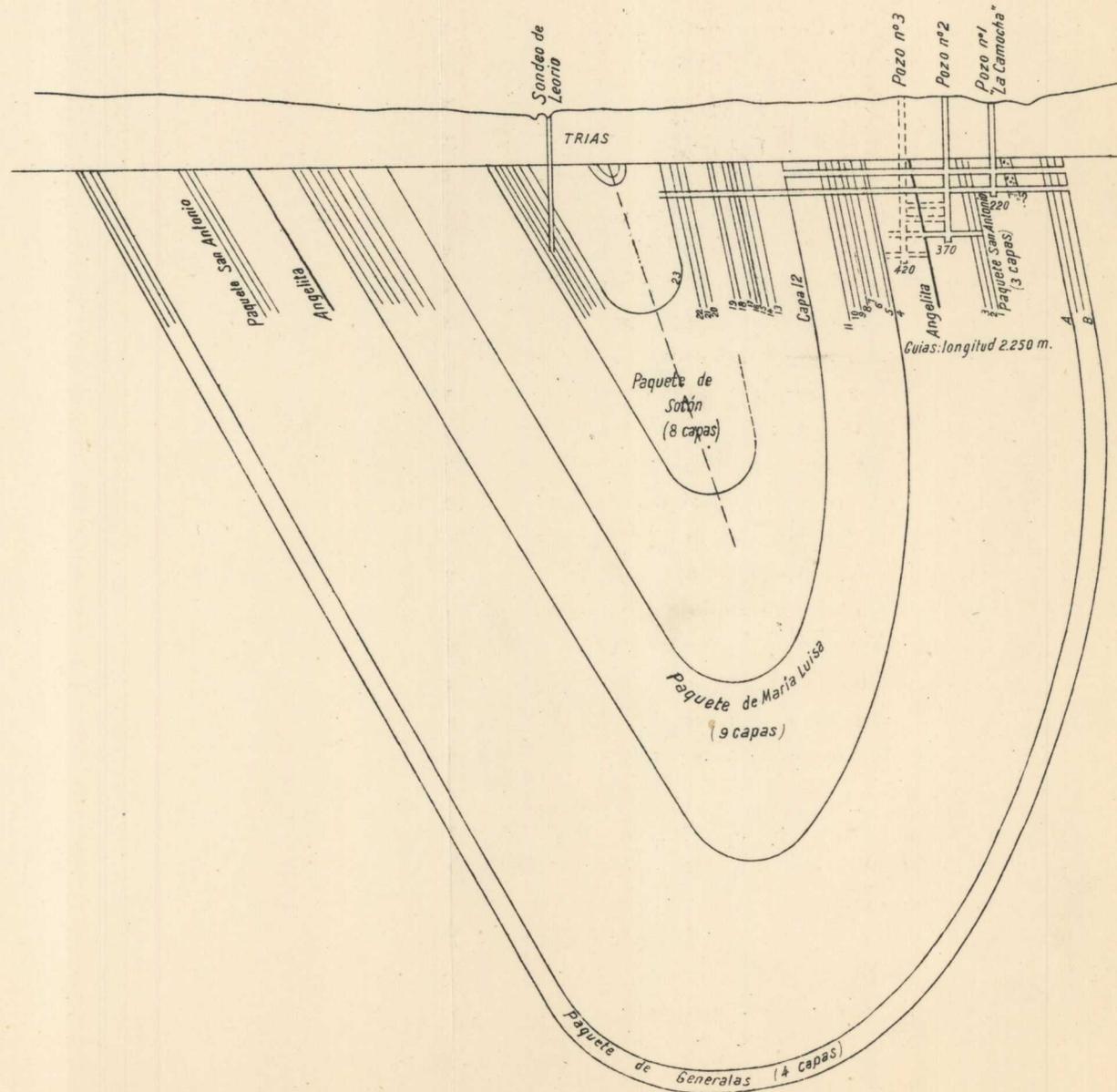
Según se indica en el esquema representado en la lámina XXVII, se han cortado 28 capas de carbón, con potencias superiores a 0,85 metros cada una de ellas. Es la formación que presenta mayor densidad de carbón de todas las conocidas en España.

Al conocer los valores del ángulo de dirección de las

### CORTE HIPOTETICO DE LA CUENCA CARBONIFERA DE LA CAMOCHA

Efectuado por D. Secundino Felgueroso

Escala: 1 : 20.000



capas, del de inclinación y el sentido del buzamiento en el pozo de La Camocha y compararlos con los obtenidos en el sondeo de Leorio, se ha podido sentar la hipótesis de la existencia de una estructura sinclinal asimétrica, cuyas ramas se unen a gran profundidad.

La galería transversal que se está practicando no tardará mucho en cortar la rama NO. de ese sinclinal y, en ese caso, debe cortar también las 28 capas de carbón encontradas en la rama SE., duplicando el ya extenso campo de explotación.

ORIGEN DE LA CUENCA.—La cuestión del origen de la cuenca carbonífera de La Camocha ha sido muy debatida. Adaro opinaba que es de origen simultáneo y común con la de Langreo, lo cual no quiere decir que sea la prolongación de la misma, aunque reconoce que pueden presentarse hiladas del hullero superior.

Mallada, que sólo encontró un fósil clasificable en el sondeo número 1, creyó, por el contrario, que pertenecía al hullero superior.

Patac opina que es una cuenca estefaniense, completamente separada de la central.

Otros notables geólogos han emitido las más diversas opiniones, sin que, hasta ahora, les haya sido posible llegar a un acuerdo.

Una opinión muy digna de tenerse en cuenta es la de D. Secundino Felgueroso, quien afirma, con arreglo a los datos obtenidos en la galería transversal practicada en el pozo de La Camocha, que allí se han cortado, primeramente, el grupo de capas llamado Las Generales, que como se sabe, están situadas en la parte alta del Carbonífero inferior o pobre; después se cortaron las de San Antonio, Angelita, grupo de María Luisa, Sotón, etc., que cons-

tituyen el tramo inframedio o rico, llegando así al eje del pliegue sinclinal, a partir del cual se espera volver a encontrar todas las capas mencionadas.

Con arreglo a estos datos, a los resultados de los sondeos y al estudio general de la cuenca el Carbonífero de La Camocha, creemos nosotros que contiene: el inframedio, el inferior y la caliza de montaña. Faltan completamente el supramedio y el superior.

Durán y Fernández (\*), publican el año 1914, un corte estratigráfico detallado del sistema Carbonífero de Asturias, en su cuenca central, hecho por Adaro, que coincide con los resultados presentados por Felgueroso.

El Instituto Geológico y Minero de España se ocupa ahora de esta importante cuestión, con el deseo de encontrar un abundante material de la flora fósil clasificable que le permita opinar de una manera definitiva.

PLAN GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN.—Los antecedentes expuestos, resumen todo lo que se conoce respecto a la cuenca carbonífera de La Camocha. Por la gran importancia que para la economía nacional tiene la existencia de una cuenca carbonífera en las inmediaciones del puerto del Musel, es preciso estudiarla y reconocerla con la mayor rapidez posible y para ello está muy indicado ejecutar una investigación geofísica, por el método sísmico de prospección, que nos dé a conocer la profundidad de la formación carbonífera, considerada en conjunto, debajo de las más modernas que la ocultan, como objetivo más inmediato y después, si es posible, suministre indicaciones que permitan reconstituir su tectónica y, como consecuencia, la con-

(\*) Atlas geológico y topográfico de la provincia de Oviedo, por M. Durán y J. Fernández. Lámina X (1914). (Con los estudios de Schultz, Barrois y Adaro).

tinuación del sinclinal conocido y la posibilidad de existencia de nuevos senos hulleros productivos.

Una vez terminado este estudio previo, bastará un pequeño número de sondeos, cuyo presupuesto podrá ser calculado de antemano por conocer la profundidad que tienen que alcanzar, para comprobar los resultados obtenidos en aquél, o en su caso, servir de base para modificar alguna de las interpretaciones efectuadas y llegar a un conocimiento seguro y completo del problema planteado.

El método sísmico de prospección está muy indicado para la resolución del problema propuesto. Los sedimentos triásicos están en posición horizontal y en su base existe una capa de pudingas que se caracterizará, por su constante de velocidad sísmica, con toda claridad y que podremos considerar como un horizonte guía u *horizonte maestro*.

La formación carbonífera está plegada en la dirección SO.-NE. Si se efectúan los perfiles sísmicos en esa dirección, obtendremos, unas veces, la constante sísmica correspondiente al tramo productivo; otras, la del inferior o pobre, y también se encontrará la de la caliza carbonífera.

Se podrá emitir opinión, por consiguiente, sobre la constitución tectónica de aquélla y delimitar los pliegues sinclinales en que se encuentran los tramos productivos que buscamos.

### § 31. Reseña geográfica y geológica.

RESEÑA GEOGRÁFICA.—La zona de la investigación está comprendida dentro de los límites del término municipal de Gijón y circunscrita por el contorno que determinan: al Norte, el mar Cantábrico; al Sur, el río de Noreña y los altos de La Collada, donde se encuentran situadas las cimas denominadas Pico Fario, El Monte y Peña Careses; al

Este, los de Baldornón, el monte de la Olla y San Juan de Somió, y, al Oeste, la ría de Aboño, en las inmediaciones de Veriña, y su prolongación por Sotiello hasta Salcedo y Peñaferruz. Su extensión superficial es de unos 120 kilómetros cuadrados.

Dentro de su perímetro se hallan las parroquias de San Juan de Tremañes, Rocés, Porceyo, Huerces, Santa Eulalia de Cabueñes y Baldornón, y, en su parte central, la parroquia de Vega, donde se encuentran los pozos maestros y el núcleo principal de los trabajos e instalaciones de la mina «La Camocha», de la empresa Felgueroso, punto inicial del trabajo que nos ocupa.

Topográficamente considerada, es de las zonas de más escaso relieve, dentro de lo accidentado de la región asturiana, a excepción de los aludidos altos de La Collada y los del límite Sur, que alcanzan y exceden de 500 metros de altitud (Peña Careses tiene 520 metros y Pico Fario 733) en contraste con los barrancos de sus cercanías, que descienden rápidamente hasta los 100 metros y aun menos; puede decirse que el conjunto entra de lleno en la categoría de terreno suavemente ondulado.

Entre las dos causas fundamentales que intervienen en la configuración del suelo, los fenómenos tectónicos y los de erosión, estos últimos han sido los más importantes, sobre todo en la región central de la zona donde se ha verificado el estudio. Las altitudes extremas en ella, se hallan comprendidas entre 10 y 100 metros, en términos generales.

Desde el punto de vista hidrográfico, comprende las cuencas de los ríos Aboño y Piles. Ambos corren de Sur a Norte; el primero desde Villabona, por Serín y Fresno, desemboca, por la angostura de Veriña, en la ría de Aboño; el segundo toma ese nombre después de reunirse en

un solo cauce, en la parroquia de Granda, las aguas de las de Llantonés, Caldonés y Lavandera. El afluente más importante del Aboño es el río de Pinzales.

Todos son de régimen torrencial, cauce estrecho y fuerte pendiente; únicamente en su último tercio pierden ambos desnivel, y sus aguas discurren divagantes, formando múltiples meandros, influídos por las mareas.

Las comunicaciones son buenas y abundantes. Cruzan la zona varias carreteras, y entre ellas, las más importantes son: las de La Guía y Somió, que se unen en el alto del Infanzón, para constituir la general de Villaviciosa y Santander; la de Pola de Siero, que atraviesa toda la zona y se extiende por el valle de Caldonés, remontándolo por su ladera izquierda, hasta coronarlo en La Collada; la de Sama de Langreo, conocida con el sobrenombre de Carretera Carbonera, y la general de Adanero o carretera de Oviedo, que pasa por Pinzales y corona en los altos de Trubia, desde donde desciende hacia la capital.

Otros muchos caminos vecinales, de dirección transversal, ponen en comunicación entre sí a dichas carreteras y la mayoría de las parroquias del concejo, con lo que se completa una tupida red de comunicaciones que facilitan el acceso a cualquiera de los puntos de la zona.

Completan el cuadro de vías de comunicación los ferrocarriles del Norte y Sama de Langreo; el ramal, en construcción, desde La Camocha al puerto de Musel y su enlace con el del Norte en la estación de Veriña, a más del de Lieres al mencionado puerto de embarque, cuya explanación se halla casi terminada. Su trazado se ciñe por completo a la zona estudiada.

Región industrial, de clima benigno, suelo fértil y agua abundante, se halla totalmente aprovechada; una gran parte está dedicada al cultivo de la manzana y pradería;

otra, menos importante, a cereales, maíz y productos de huerta. Toda ella está densamente poblada.

**RESEÑA GEOLÓGICA.**—Las formaciones geológicas que existen en la zona de estudio, enumeradas de menor a mayor edad, son las siguientes:

**Cuaternario o terreno moderno.**—Está limitado a los valles por donde discurren los ríos Aboño y Piles, y lo circunscribimos exclusivamente a las zonas de los mismos próximas a su desembocadura en el mar.

En realidad, es de difícil delimitación, por encontrarse, en su casi totalidad, cubierto de pradería y, además, porque las fuertes y repetidas lluvias invernales producen torrenceras que mezclan los detritus del terreno de las laderas con los del fondo, de tal manera que no es posible definir el término de unas y el comienzo del otro. Y como no consideramos procedente clasificar como cuaternarias a las laderas, limitamos, como hemos dicho, la formación a las zonas en que, por estar influenciadas por las mareas, se remansa el agua y constituyen los verdaderos depósitos de terreno moderno. Por excepción, señalamos una faja sobre el Aboño, que discurre por un valle más abierto.

De apariencia también cuaternaria se observan otras zonas en las partes altas, donde hay distribuidas algunas explotaciones pequeñas o canteras de «guijo». Todas corresponden al horizonte jurásico superior y son simples corrimientos o más bien remociones de las areniscas gruesas y conglomerados finos, que abundan en la formación dada.

Los materiales de que está constituido este horizonte, difícil de observar, repétimos, son generalmente cantos rodados de tamaño fino, arenas y tierra íntimamente mezclados, y recubierto el conjunto por una capa de mantillo.

Aparece pantanoso en Veriña, y según indicaciones que no hemos podido comprobar, se aprecian, en algunos lugares, manifestaciones de la existencia de turba.

La superficie aproximada que le corresponde es de unos ocho kilómetros cuadrados para cada una de las dos zonas, o sean 16 en total.

**Secundario.**—En el orden descendente de las formaciones geológicas aparece, como horizonte más elevado, un potente banco de conglomerados con intercalaciones de arenisca parda, rojiza o gris, transformadas en determinados lugares en zonas de guijo o guijeras, de las que ya hemos hablado. Encima y debajo de dicho horizonte suelen presentarse otros de colores rojizo, ocráceo, abigarrado y negruzco, de carácter arcilloso y estructura frecuentemente pizarreña.

Se superpone directamente a las calizas tableadas y negruzcas del Jurásico inferior o Liásico. Está clasificado como Jurásico superior o kimeridgense.

Cubre una extensión en forma de arco, desde el paraje de Los Bayos o Carbaino y Aguda, pasando por Ruedes y El Monte. Se interrumpe por la denudación del valle de Caldones a la altura de Fano, Baldornón y La Collada, y prosigue, en el extremo oriental, constituyendo los cabezos de Pico Fario, La Cima y Peña de los Cuatro Jueces (vértice común de los cuatro concejos: Gijón, Villaviciosa, Noreña y Pola de Siero) y sigue hacia Somió por Rioseco y monte de la Olla, hasta el mismo borde del mar, en La Providencia.

Interpuesto entre sus tongadas y, sobre todo, en las inmediaciones de las calizas que le sirven de asiento, se presentan algunos lechos carbonosos de lignito, que en algunas ocasiones fueron causa de reconocimientos mineros, sin resultado económico, hasta la fecha, por su escasa importancia.

Inmediatamente debajo de este potente horizonte de conglomerados y rocas, que en algunos sitios alcanzan hasta 200 metros de espesor, descansan las calizas en disposición concordante.

Sus capas presentan espesores pequeños y se encuentran en disposición frecuentemente tableada; tienen una marcha general ondulada y sus direcciones, buzamientos e inclinaciones, varían en relación con aquélla. Muy rara vez las inclinaciones alcanzan un elevado valor; por lo general no suelen exceder de 20° con el horizonte, salvo casos excepcionales.

En toda la formación se observa una tendencia a la caída hacia el mar y hacia levante. Es decir, ésta se apoya por el Sur, poniente y Norte en el Trías, que le sirve de asiento, cuyas capas están levantadas hacia esos mismos rumbos. Después, queda casi horizontal o ligeramente alabeada en la zona de Gijón, donde se alza la ciudad, y desde ella se inicia su caída franca hacia el Piles y Somió.

Entre el tramo calizo y el inmediato superior de conglomerados y areniscas aparece, a veces, un horizonte de estructura arcillosa, aprovechado en algunos tejares, y una especie de flysch de potencia variable, generalmente pequeña, pero a veces superior a 10 metros, como ocurre en las inmediaciones de Pinzales y en la orilla del mar, en La Providencia.

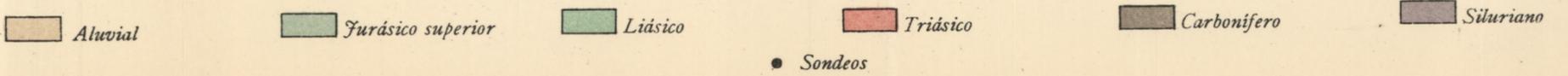
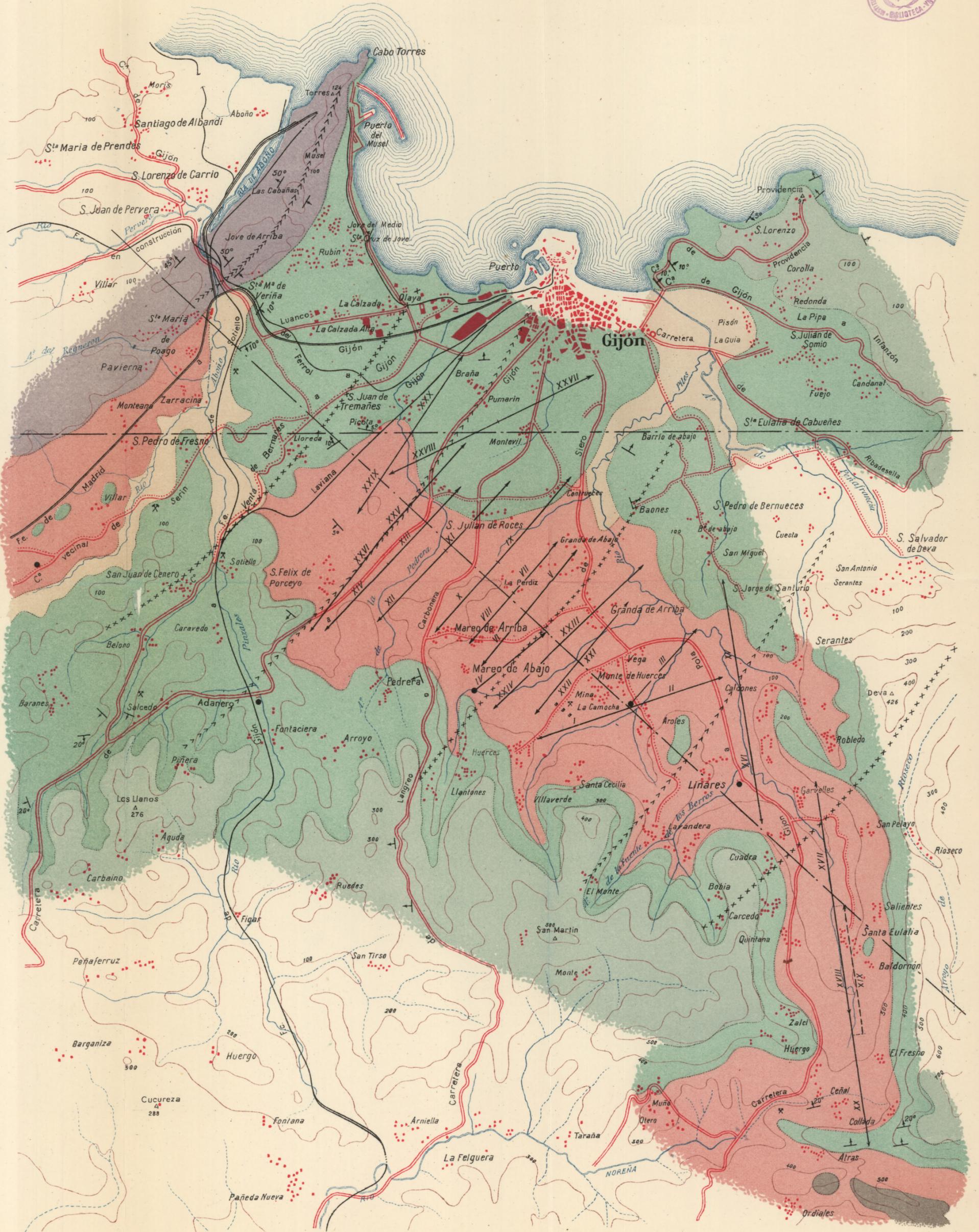
La base del tramo de calizas liásicas se caracteriza también por la existencia frecuente de un horizonte yesoso, sobre el que se hallan montadas varias explotaciones subterráneas en Veriña, Somonte, Montecillo de Trubia, Sotiello y otros lugares.

Y como base de toda la formación secundaria, se hallan las tongadas triásicas, representadas por areniscas rojas, margas irisadas, un horizonte intercalado de caliza dolomí-

# INVESTIGACION SISMICA EN LA CAMOCHA (GIJON)

PLANO HORIZONTAL

Escala 1 : 50.000



tica y los conglomerados de base, que se apoyan al Sur sobre la Peña Careses, o caliza de montaña; al NO., sobre las cuarcitas silurianas de monte Areo y la sierra de Aboño, y, en la parte occidental y central, sobre el Carbonífero.

Asoma, superficialmente, en tres manchas aisladas, pero indudablemente unidas entre sí: una, que desde Peña Careses y La Collada se dirige al Norte, según la dirección del valle de Baldornón hasta Caldones; dobla al NO., por las parroquias de Vega, Huerces, Granda, San Juan Rocés y Tremañes, y después de ocultarse en las inmediaciones del ferrocarril de Langreo, bajo los mantos liásicos, reaparece en las cercanías de Veriña, extendiéndose, según el trazado del ferrocarril del Norte, por San Andrés de Tacónes y San Miguel de Serín.

La tercer mancha, de pequeña extensión, que completa la superficie visible de dicho terreno en esta zona de estudio, corresponde a Villabona.

*Carbonífero.* —La existencia de esta formación, debajo de los mantos triásicos, no tiene manifestación superficial alguna en la zona de estudio. Era presumible su existencia, sin embargo, después de los interesantes trabajos debidos a los eminentes geólogos Schultz, Barrois, Malla-da, Adaro y otros, que, en tiempos pasados, dedicaron sus actividades al estudio de la región asturiana, principal provincia española productora de carbón. Y ha sido en definitiva la tenacidad, el temple minero y la sagaz intervención de los hermanos Felgueroso, secundados por el Instituto Geológico, en repetidas ocasiones, los que han puesto al descubierto aquellas acertadas concepciones de tan insignes maestros.

Los resultados obtenidos hasta el día en las investigaciones efectuadas, han puesto de manifiesto, por el número de capas de carbón cortadas, su calidad y potencia, que

existe en Asturias una nueva cuenca carbonífera a la vista del puerto del Musel, de un positivo valor industrial y de extraordinario interés para la economía nacional.

Para su estudio hemos partido de los antecedentes obtenidos con los sondeos mecánicos realizados hasta el día, de los proporcionados por las labores mineras abiertas en la zona de La Camocha, de la propia observación y de los resultados obtenidos con el trabajo sísmico efectuado.

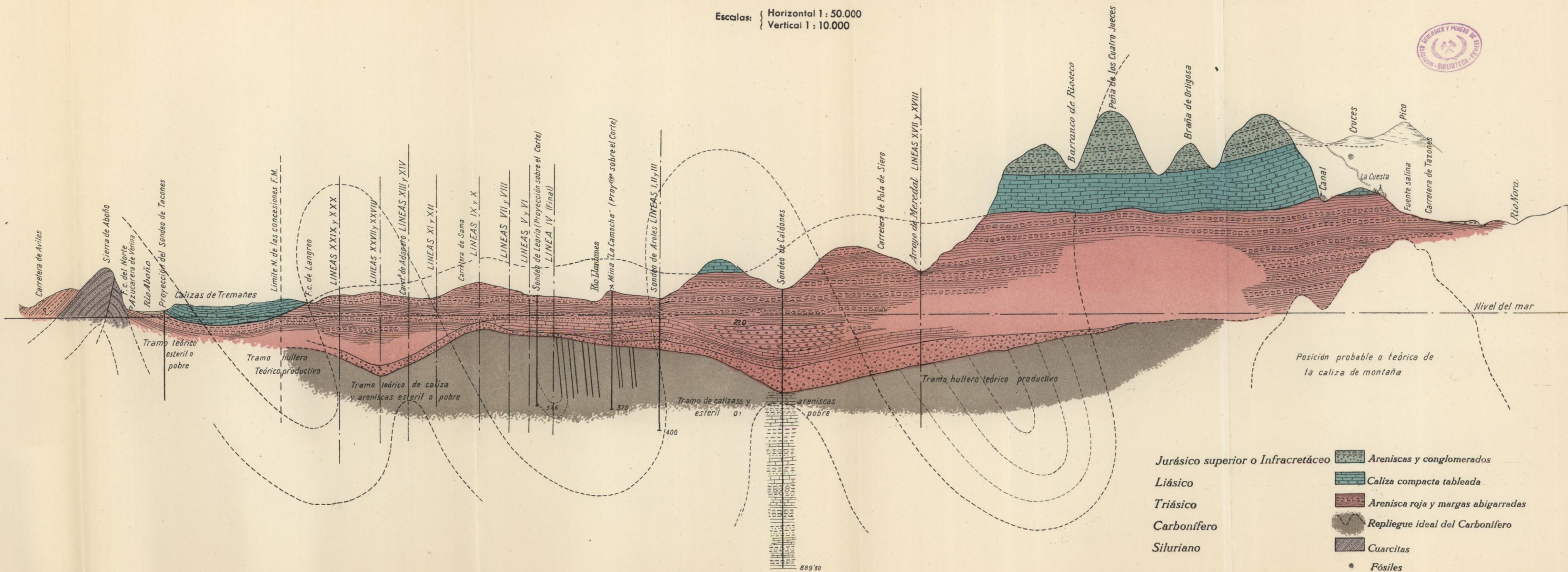
Según los primeros, resulta que en el sondeo o sondeos de Caldones, cuya profundidad se acercó a 900 metros, se cortaron, después de atravesar el horizonte Triásico, con una potencia algo superior a 300 metros, los estratos carboníferos, consistentes, exclusivamente, en calizas y pizarras alternantes y en disposición casi horizontal; el de Pinzales, cuya profundidad superó, asimismo, los 500 metros, no ha salido del horizonte Triásico con una disposición estratigráfica parecida; el de San Andrés de Tacones, según antecedentes no confirmados, pero muy dignos de crédito, después de atravesar el Trías perforó el tramo improductivo del Carbonífero, cortando en su fondo la caliza de montaña, base de la formación. En cambio en el de Aroles, relativamente cercano a Caldones, o al menos el más cercano, después de atravesar el Trías con mucho menos potencia (145 metros) cortó los estratos carboníferos con inclinaciones que oscilaron entre 64 y 75° con el horizonte y algunos lechos o manifestaciones carbonosas intercaladas, y, por último, los de Vega y Leorio, que fueron los primeros de la investigación, entraron en el hullero productivo, cortando el primero las capas con 85° de inclinación y el segundo con 45°.

Posteriormente, las labores mineras de La Camocha han confirmado la buena calidad del carbón, han fijado el número de las capas existentes en un solo flanco del sin-

### INVESTIGACION SISMICA EN LA CAMOCHA (GIJON)

CORTE GEOLOGICO SEGUN UN PLANO VERTICAL NO.-SE. DESDE LA SIERRA DE ABOÑO (VERIÑA) AL RIO NORA (POLA DE SIERO), CON EL REPLIEGUE IDEAL DEL CARBONIFERO EN DICHA ZONA

Escalas: { Horizontal 1 : 50.000  
          { Vertical 1 : 10.000



clinal que, según ya hemos dicho, son hasta el momento 28, y nos han hecho conocer la orientación de las mismas y su buzamiento SE.

El sondeo de Leorio atravesó también algunas capas de carbón y las del terreno donde encajan, con  $45^{\circ}$  de inclinación, y aunque este hecho, por sí sólo, no es bastante para fijar su buzamiento, por la semejanza del terreno atravesado con el de Vega y el de las labores referidas, es lógico suponer y nosotros así lo admitimos, que ha cortado la rama opuesta del sinclinal a la situada en este sondeo.

Con esta premisa, los antecedentes de los demás sondeos enumerados y los resultados del estudio geofísico se ha efectuado una síntesis de la estructura interna de la zona estudiada que se representa en la lámina XXIX, con arreglo a los cortes geológicos dados según las direcciones NO.-SE. y E.-O. en el plano general, dibujado en la lámina XXVIII. En ellos se indica, por medio de líneas sinuosas de trazos, la marcha ideal del posible repliegue Carbonífero, cuya concepción explica, a nuestro juicio, no sólo la probable disposición de la cuenca, sino la justificación de los resultados de los sondeos enumerados.

En efecto, según la marcha ideal de las capas indicadas en el corte número 1, el sondeo de Caldones debe haber coincidido con las cercanías de la cresta de un anticlinal de la formación carbonífera, denudado en su época, y relleno posteriormente con los materiales triásicos, lo que justifica el espesor de los atravesados con dicho sondeo. Esta situación del sondeo está de acuerdo con el hecho de haber sido cortados los estratos en posición casi horizontal, con la circunstancia desafortunada de corresponder al tramo estéril o inferior de la cuenca, y, por último, con la existencia de los gases encontrados en la perforación, acumulados siempre en estructuras de ese género.

Observando el plano horizontal, lámina XXVIII, se puede ver que el sondeo de Pinzales ha debido coincidir con una estructura parecida en otro pliegue anticlinal vecino, situado al NO. del anterior, denudado en forma análoga y justificando así el potente relleno mesozoico, del cual no se ha salido a pesar de haber superado los 500 metros de profundidad, arrancando desde un valle.

El sondeo de San Andrés de Tacones (véase su proyección en la lámina XXIX) coincide con la situación teórica del tramo inferior, en las inmediaciones del borde de la cuenca, y de ahí que sólo haya cortado las calizas y pizarras del mismo, sin atestiguar el menor vestigio carbonoso.

*Siluriano.*—Constituyendo el límite NO. de las formaciones geológicas antedichas, se alza el macizo representado por la sierra de Aboño y el monte Areo. Arranca en el cabo Torres y sigue como resguardo occidental del puerto de Musel, hacia Corvera de Asturias.

Se halla interrumpido en las inmediaciones de Veriña, dando paso al río Aboño, por una cortadura casi vertical.

Está constituido el Siluriano por potentes bancos de cuarcita de colores claros, algo ferruginosos a veces, en disposición de pliegue anticlinal roto por la interposición de un liso, falla sobre la cual resbaló la rama meridional del mismo, hundiéndose.

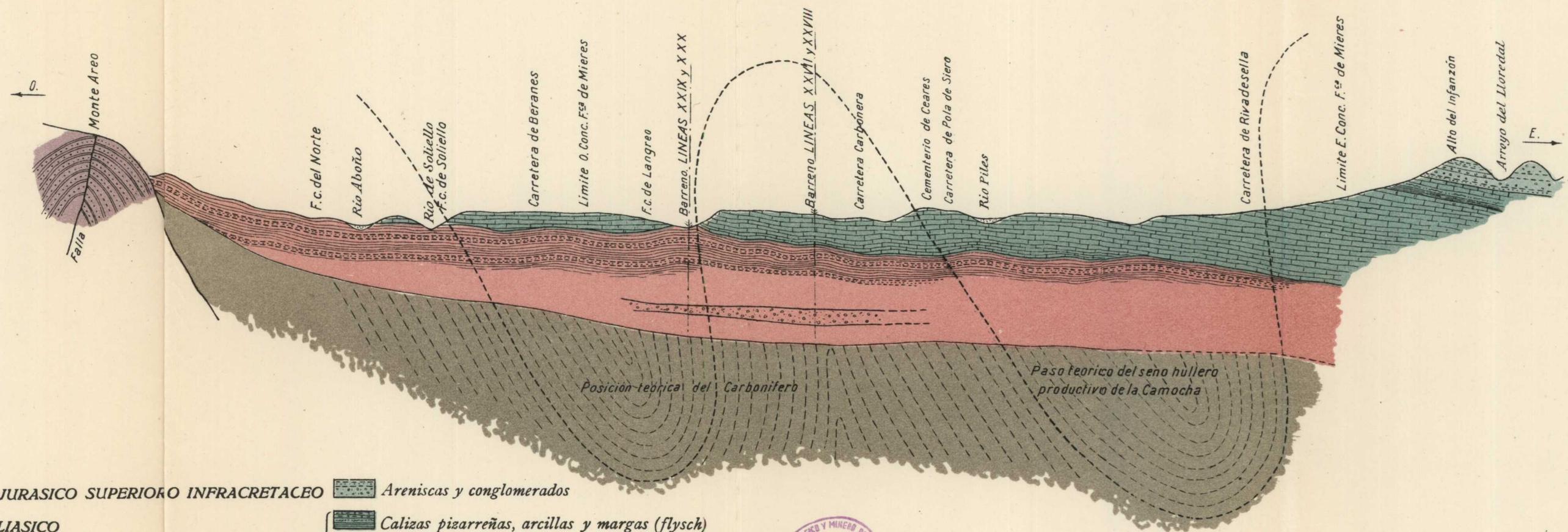
**TECTÓNICA.**—Considerada en conjunto, la zona de estudio revela la acción de un esfuerzo tangencial de orientación normal a la dirección NE. de los pliegues carboníferos, acaecido con anterioridad a los depósitos mesozoicos, es decir, del tipo de los llamados movimientos hercinianos póstumos.

Los fenómenos de erosión desmocharon los anticlinales, con cuyos materiales se rellenaron los valles, coincidentes

## INVESTIGACION SISMICA EN LA CAMOCHA (GIJON)

CORTE GEOLOGICO E.-O. DESDE MONTE AREO AL ALTO DEL INFANZON

Escalas: { Horizontales: 1 : 50.000  
Verticales 1 : 10.000



- JURASICO SUPERIORO INFRACRETACEO Areniscas y conglomerados
- LIASICO Calizas pizarreñas, arcillas y margas (flysch)
- TRIASICO Caliza compacta tableada
- CARBONIFERO Arenisca roja y margas abigarradas
- SILURIANO Repliegue ideal del Carbonifero
- Cuarcitas



con los ejes de los sinclinales de los mencionados pliegues carboníferos, primero con las tongadas del Trías y después por las calizas y conglomerados jurásicos. El conjunto ha experimentado movimientos posteriores, seguidos de su nueva erosión que persiste en la actualidad, y que han suprimido la configuración superficial con que aparece a nuestra observación.

**§ 32. La investigación sísmica.**—El trabajo sísmico realizado comprende 16 perfiles, compuesto, cada uno de ellos, de su línea y contralínea, a excepción del segundo y tercero, en que no ha sido posible efectuar la segunda por estar en la zona de las instalaciones mineras de La Camocha, cuya maquinaria impide que los sismógrafos alcancen el estado de reposo indispensable para su funcionamiento. El número total de líneas sísmicas observadas es, por lo tanto, de 30, con una longitud de más de 40 kilómetros, en los que se han observado 450 estaciones.

En el siguiente cuadro se reproducen las longitudes y número de estaciones correspondientes a cada línea.

Líneas sísmicas	Número de estaciones	Longitud en kms.	Líneas sísmicas	Número de estaciones	Longitud en kms.
I	14	1,4	XVII	17	1,7
II	15	1,5	XVIII	19	1,9
III	15	1,4	XIX	20	2,1
IV	14	1,2	XX	18	1,8
V	12	1,0	XXI	12	1,2
VI	10	1,0	XXII	13	1,3
VII	10	1,0	XXIII	14	1,4
VIII	10	1,0	XXIV	17	1,7
IX	17	1,7	XXV	18	1,8
X	15	1,5	XXVI	17	1,7
XI	14	1,4	XXVII	16	1,6
XII	15	1,5	XXVIII	18	1,8
XIII	15	1,5	XXIX	15	1,5
XIV	14	1,4	XXX	13	1,3
XV	18	1,8			
XVI	20	2,0	Total: 30	455	45,7

Todas las líneas, excepto algunas en que no ha sido posible por impedirlo los accidentes topográficos, están dirigidas del SO. al NE. o en sentido contrario, para coincidir así con la dirección media del plegamiento de la formación carbonífera subyacente, oculta por la triásica y además, en algunos lugares, por la liásica, cuyos estratos están en situación horizontal.

Las estaciones se han situado de 100 en 100 metros unas de otras, a partir del origen o lugar de las explosiones, instalándose simultáneamente cinco de aquéllas para aumentar el rendimiento del trabajo y disminuir, en lo posible, el gasto de explosivos.

Se han medido las diferencias de nivel existentes entre el origen de cada línea y los distintos sismógrafos, para introducir en los cálculos la corrección del tiempo debida a esas diferencias.

Una particularidad digna de mención, que se presenta en casi todas las líneas, es el valor aparente de la velocidad sísmica correspondiente al horizonte maestro, constituido por la pudinga cuarzosa, situada cerca de la base de la formación triásica, que se hace igual a infinito. Este fenómeno se presenta siempre que el rayo sísmico sale de un horizonte stratigráfico de pequeña velocidad, para entrar en otro al que corresponde un valor mucho mayor para el mencionado parámetro. El rayo sísmico tarda un cierto número de milésimas de segundo en llegar a una estación, y a la siguiente, no obstante su mayor distancia epicentral, llega en el mismo o aun en un número menor de aquéllas. Así resulta un tiempo nulo para el recorrido entre las dos estaciones o sea una velocidad aparente igual a infinito. Si el horizonte de la pudinga tuviese suficiente potencia, las estaciones sucesivas a la que ha dado el valor infinito para la velocidad de propagación del rayo sísmico,

determinarían el valor real de aquel parámetro. En este caso no sucede así, y por ello la caracterización del mencionado horizonte maestro ha sido verdaderamente notable.

Todos los perfiles sísmicos estudiados, a excepción de los números XXVII y XXVIII, tienen su origen en la zona del afloramiento Triásico, situada al Sur de Gijón y, por lo tanto, no consideran la formación liásica allí desaparecida a causa de la erosión producida por los agentes meteóricos.

Las líneas XXVII y XXVIII, por el contrario, están situadas sobre dicha formación, cuyo espesor habrá que aumentar al de la triásica, para calcular la de la superficie de la carbonífera, que nos interesa.

**§ 33. La interpretación geológica de las mediciones sísmicas.**—La interpretación geológica de las mediciones sísmicas se ha efectuado por medio de la construcción de las líneas dromocrónicas correspondientes a cada uno de los perfiles estudiados.

En todos los sismogramas, se ha calculado el tiempo de recorrido del rayo sísmico en milésimas de segundo, por el procedimiento explicado en las obras que hemos publicado anteriormente. Se ha considerado, también, la corrección por las diferencias de nivel existentes entre los lugares donde se han practicado los barrenos y los de las distintas estaciones.

A continuación se expone la interpretación geológica de cada una de las líneas sísmicas, por el orden cronológico en que han sido efectuadas:

*Línea I.*—El barreno de la línea I se ha situado a 100 metros al Sur del sondeo denominado Aroles y a un kilómetro, próximamente, al Este del pozo número 1 de La Camocha. Las estaciones avanzan de 100 en 100 metros,

en el sentido O. 10° S., hasta una longitud de 1.400 metros. Hubo que prescindir, sin embargo, de las cinco últimas posiciones, por ser imposible observarlas a causa de la trepidación de las instalaciones mecánicas de la mina.

Los resultados obtenidos del cálculo de los sismogramas se han traducido en la línea dromocrónica número 1. Las velocidades medias, desde el barreno, a cada una de las estaciones, han sido las siguientes:

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= \frac{100}{0,065} = 1.500 \text{ m/s.} & V_{0-6} &= \frac{600}{0,183} = 3.300 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} &= \frac{200}{0,089} = 2.300 \text{ »} & V_{0-7} &= \frac{700}{0,181} = 3.900 \text{ »} \\ V_{0-3} &= \frac{300}{0,108} = 2.800 \text{ »} & V_{0-8} &= \frac{800}{0,219} = 3.700 \text{ »} \\ V_{0-4} &= \frac{400}{0,127} = 3.200 \text{ »} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,227} = 4.000 \text{ »} \\ V_{0-5} &= \frac{500}{0,153} = 3.300 \text{ »} & & \end{aligned}$$

Apreciar por separado horizontes estratigráficos de tan pequeña potencia como los que cortaron con el sondeo mecánico es, realmente, un problema que se sale de los límites de aplicación del método. Sin embargo, por las condiciones topográficas, favorables del terreno, en esta línea se llegan a distinguir los siguientes grupos de capas:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,060} = 1.500 \text{ m/s.}$$

que corresponden a las arcillas y margas del keuper, descompuestas en la superficie.

$$V_2 = V_{1-2} = \frac{200 - 100}{0,089 - 0,065} = 4.100 \text{ m/s.}$$

representa la constante sísmica de las primeras areniscas.

$$V_3 = V_{2-4} = \frac{400 - 200}{0,127 - 0,089} = 5.300 \text{ m/s.}$$

la del tramo de calizas.

$$V_4 = V_{4-6} = \frac{600 - 400}{0,183 - 0,127} = 3.600 \text{ m/s.}$$

la del segundo horizonte de areniscas.

$$V_5 = V_{6-7} = \infty$$

la de la capa de pudinga situada en la base del Trías que, por ser cuarzosa y muy compacta, se manifiesta con una gran velocidad, aparentemente igual a infinito.

En la estación 8 aparece una gran disminución de la constante sísmica, que resulta:

$$V_6 = V_{7-8} = \frac{700 - 600}{0,219 - 0,181} = 2.600 \text{ m/s.}$$

El valor pequeño encontrado está producido por el mismo efecto que acabamos de explicar para el horizonte de la pudinga, pero en sentido contrario.

La siguiente alineación indica, por su alto valor, que el rayo sísmico recorre los estratos carboníferos.

$$V_7 = V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,227 - 0,219} = 12.500 \text{ m/s.}$$

La velocidad sísmica, aparente, igual a infinito, encontrada para la pudinga, situada cerca de la base del Trías, es tan característica que esa formación constituye el *horizonte maestro*, que nos ha de servir de guía, en lo sucesivo, para orientarnos sobre la profundidad a que se encuentra

la formación carbonífera en cada lugar, añadiendo a la potencia de aquélla la de las margas subyacentes, que también se encuentran constantemente en toda la zona y constituyen el horizonte geológico de contacto entre la formación triásica y la carbonífera.

La constante  $K$  (\*) para el cálculo de profundidades no es la misma cuando el rayo sísmico pasa de las arcillas superficiales a las areniscas duras o a las calizas que a partir de éstas, por ser más pequeñas las diferencias de velocidad existentes. Por consiguiente, aplicaremos para el primer horizonte el valor:

$$K = 1,2 \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}} = 1/2 \sqrt{\frac{4.100 - 1.500}{4.100 + 1.500}} = 0,34$$

Así resultan las areniscas a una profundidad teórica de

$$100 \times 0,34 = 34 \text{ m.}$$

En el sondeo mecánico aparecen a 37 metros, con tres metros de diferencia.

A partir de este punto tomaremos para el valor de  $K$  el que resulta de comparar la profundidad real obtenida en el sondeo con las distancias epicentrales en la línea I y en su contralínea, la II. Para el horizonte maestro, constituido por la pudinga, que se caracteriza por la constante sísmica aparente, igual a infinito, la distancia epicentral es en la línea I de 600 metros y en la II de 500 metros, luego la media es de 550 metros.

Como el valor obtenido en el sondeo para la profundidad de la pudinga es de 127,33 metros, la constante de profundización será

(\*) La interpretación geológica de las mediciones geofísicas. Tomo 1.º, José G. Siñeriz.

$$K = \frac{127,33}{550} = 0,23$$

valor que aplicaremos en adelante para todos los horizontes, a excepción del primero.

Así resulta, para la profundidad de la capa caliza

$$200 \times 0,23 = 46 \text{ m.}$$

En el sondeo mecánico aparece a los 59,38 metros, luego hay una diferencia de 13,78 metros.

Las areniscas se manifiestan a  $400 \times 0,23 = 92$  metros, contra 86,32 metros en el sondeo; por lo tanto con un error de 5,68 metros y la pudinga, aplicando esta constante media obtenida, a  $600 \times 0,23 = 138$  metros, contra 127,33 metros en el sondeo, con un error de 10,66 metros.

Su muro resulta a  $700 \times 0,23 = 151$  metros, con una diferencia de cinco metros con relación a aquél.

La superficie de la formación carbonífera ha resultado a  $800 \times 0,23 = 184$  metros, con un error de 14 metros.

Teniendo en cuenta que los receptores se colocan de 100 en 100, el límite de apreciación del método es, próximamente, de unos 23 metros, luego los resultados obtenidos concuerdan sensiblemente con los conseguidos en el sondeo. Sin embargo, al considerar la contralínea y tomar los promedios, se mejorarán extraordinariamente los resultados obtenidos.

Además, los valores obtenidos para las profundidades por el método sísmico, son un promedio de las existentes entre los diferentes puntos del horizonte considerado en los alrededores de la vertical del lugar de los barrenos, y pueden suministrar un dato de mayor valor relativo que el obtenido en un taladro mecánico, que sólo indica la profundidad buscada en un círculo de muy pocas pulgadas de diámetro.

*Línea II.*—Esta línea parte del origen de la I, pero se extiende en el sentido E. 10° N., contrario al anterior. Tiene 15 posiciones y 1.500 metros de longitud.

Se han obtenido las siguientes velocidades medias aparentes, desde el barreno:

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= \frac{110}{0,060} = 1.800 \text{ m/s.} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,244} = 3.700 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} &= \frac{210}{0,087} = 2.400 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,277} = 3.600 \text{ »} \\ V_{0-3} &= \frac{310}{0,116} = 2.700 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,306} = 3.600 \text{ »} \\ V_{0-4} &= \frac{400}{0,135} = 3.000 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,343} = 3.500 \text{ »} \\ V_{0-5} &= \frac{500}{0,160} = 3.100 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,355} = 3.700 \text{ »} \\ V_{0-6} &= \frac{600}{0,162} = 3.700 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,369} = 3.800 \text{ »} \\ V_{0-7} &= \frac{700}{0,210} = 3.300 \text{ »} & V_{0-15} &= \frac{1.500}{0,410} = 3.700 \text{ »} \\ V_{0-8} &= \frac{800}{0,228} = 3.500 \text{ »} \end{aligned}$$

Al observar, en la curva dromocrónica, las alineaciones representativas de las constantes sísmicas, vemos que no es posible interpretarlas con el mismo detalle que en el gráfico anterior, a causa de trastornar un poco los resultados, las irregularidades topográficas. Sin embargo, en la primera alineación se manifiesta la constante de las arcillas y margas:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{110}{0,060} = 1.800 \text{ m/s.}$$

y el paquete geológico de areniscas y calizas aparece con un valor medio parecido al anterior:

$$V_2 = V_{1-5} = \frac{500 - 110}{0,160 - 0,060} = 4.000 \text{ m/s.}$$

pero no se llegan a apreciar en él los tres horizontes ya conocidos.

El promedio de los dos valores 4.200 y 4.000 resulta igual a 4.100 m/s., que consideraremos como velocidad media de la formación triásica.

El siguiente:

$$V_3 = V_{5-6} = \frac{600 - 500}{0,162 - 0,160} = \infty$$

corresponde a la pudinga. Debajo

$$V_4 = V_{6-7} = \frac{700 - 600}{0,210 - 0,162} = 2.100 \text{ m/s.}$$

es el mismo horizonte de contacto con el Carbonífero.

A continuación:

$$V_5 = V_{7-9} = \frac{900 - 700}{0,244 - 0,210} = 5.900 \text{ m/s.}$$

a las pizarras y areniscas duras del hullero.

$$V_6 = V_{9-12} = \frac{1.200 - 900}{0,343 - 0,244} = 3.000 \text{ m/s.}$$

$$V_7 = V_{12-15} = \frac{1.500 - 1.200}{0,410 - 0,343} = 4.500 \text{ »}$$

a otros horizontes estratigráficos del sistema carbonífero, que no podemos interpretar geológicamente, de una manera cierta.



El rayo sísmico ha distinguido varios horizontes estratigráficos que en el sondeo mecánico se designan como «pizarras fuertes» y que indudablemente no son de la misma composición.

Debajo de la pudinga se encuentra el mismo horizonte de pequeña velocidad que en la línea I y a continuación el de mayor valor, al igual que en aquella. Estos dos paquetes de capas nos servirán también para indicarnos el techo de la formación carbonífera en otros lugares.

La profundidad de la arenisca triásica, aplicando los coeficientes conocidos, da

$$110 \times 0,34 = 37 \text{ m.}$$

exactamente igual al sondeo.

La de la pudinga  $500 \times 0,23 = 115$  metros, con una diferencia de 12,33 metros con relación al mismo.

Su muro está a la profundidad de  $600 \times 0,23 = 138$  metros, con una diferencia de siete metros, con relación al valor de 145 metros, obtenido en el sondeo.

El Carbonífero se encuentra a  $700 \times 0,23 = 151$  metros, con un error de siete metros.

Tomando el promedio de los valores obtenidos para las profundidades del techo de la pudinga y de la superficie del Carbonífero, resultan 126 metros para la primera y 172 para la segunda, que son casi iguales a los encontrados en el sondeo mecánico.

*Línea III.*—Al no conocerse la dirección de las capas carboníferas bajo el sondeo de Aroles, fué conveniente cortarlas por otro perfil sísmico, partiendo del mismo barreno, pero en una nueva dirección.

Con este objeto se ha efectuado la línea III, en dirección NE., que suponemos se aproxima más a la de los estratos carboníferos. La contralínea no fué fácil de rea-

lizar por ciertas dificultades materiales existentes en el terreno, ni tampoco ha sido necesaria su observación por coincidir sus resultados con los de las anteriores.

Las velocidades medias desde el barreno a cada sismógrafo, se resumen en el siguiente cuadro:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,057} = 1.800 \text{ m/s.} & V_{0-9} = \frac{900}{0,258} = 3.500 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,086} = 2.300 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,278} = 3.600 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,095} = 3.100 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,286} = 3.800 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,130} = 3.100 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,343} = 3.600 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{500}{0,155} = 3.200 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,385} = 3.600 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{600}{0,176} = 3.400 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,405} = 3.500 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{700}{0,213} = 3.300 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.500}{0,431} = 3.500 \text{ »} \\ V_{0-8} = \frac{800}{0,207} = 3.900 \text{ »} & \end{array}$$

En la dromocrónica correspondiente se manifiestan los horizontes que se indican a continuación:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,057} = 1.800 \text{ m/s.}$$

que es la velocidad de las arcillas y margas de la superficie.

$$V_2 = V_{1-2} = \frac{200 - 100}{0,086 - 0,057} = 3.400 \text{ m/s.}$$

representa a las areniscas triásicas.

$$V_3 = V_{2-4} = \frac{400 - 200}{0,130 - 0,086} = 4.600 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de las calizas.

$$V_4 = V_{4-7} = \frac{700 - 400}{0,213 - 0,130} = 3.600 \text{ m/s.}$$

es la constante sísmica de la segunda capa de areniscas.

$$V_5 = V_{7-8} = \infty$$

indica la conocida capa de pudinga cuarzosa.

$$V_6 = V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,258 - 0,207} = 2.000 \text{ m/s.}$$

representa, igual que en las líneas anteriores, la disminución de velocidad que aparece en el contacto descompuesto del Trías con el Carbonífero.

$$V_7 = V_{9-11} = \frac{1.100 - 900}{0,286 - 0,258} = 7.100 \text{ m/s.}$$

es la velocidad aparente de las pizarras y areniscas compactas del hullero.

$$V_8 = V_{11-13} = \frac{1.300 - 1.100}{0,385 - 0,286} = 2.000 \text{ m/s.}$$

corresponde al horizonte  $V_6 = 3.000 \text{ m/s.}$  de la línea I y

$$V_9 = 4.300 \text{ m/s.}$$

es el  $V_7 = 4.500 \text{ m/s.}$  de la misma línea.

Según acabamos de comprobar, los resultados obtenidos en la línea III son semejantes a los de las anteriores, por cuya razón no hemos conceptuado necesario observar

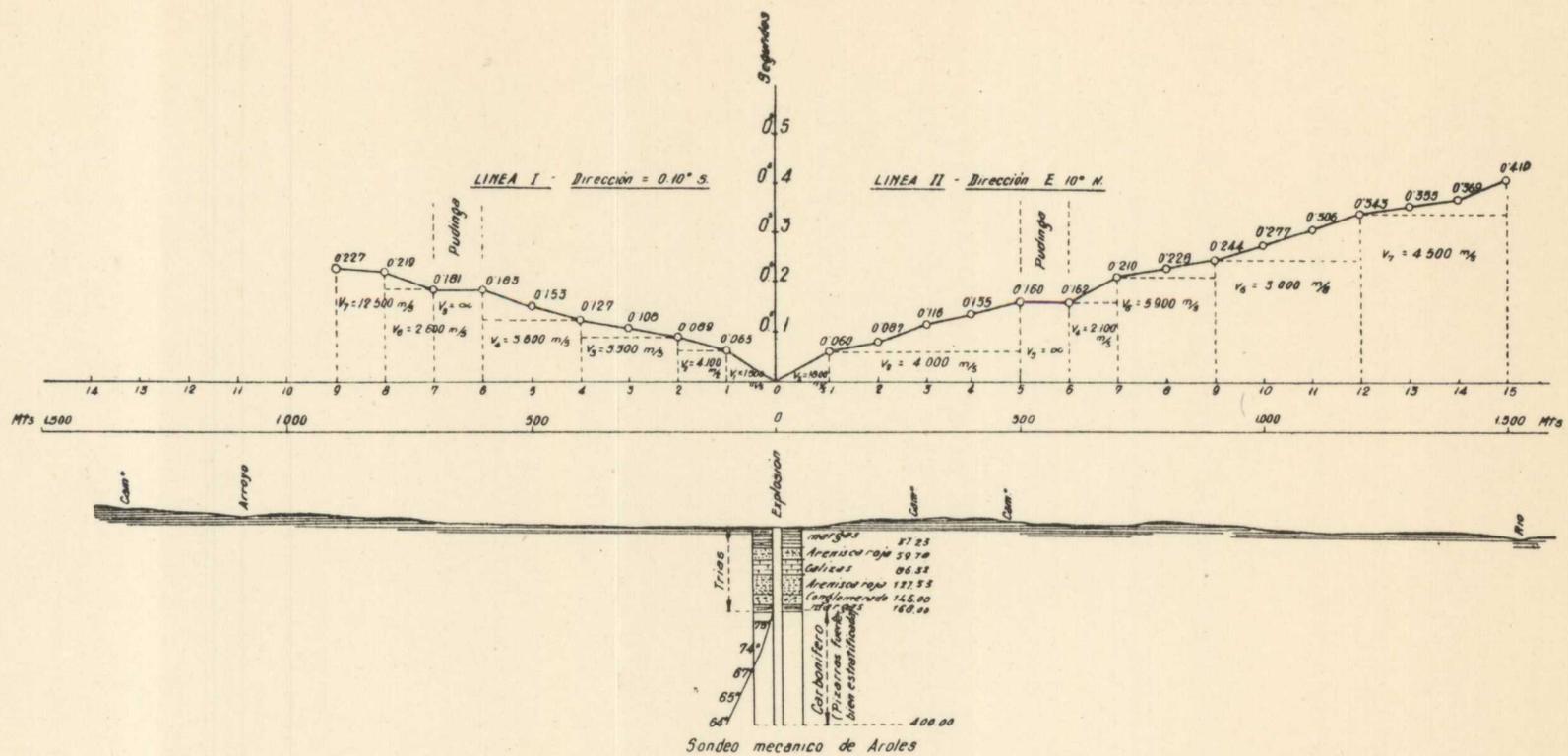


Fig. 49.—Líneas dromocrónicas números I-II

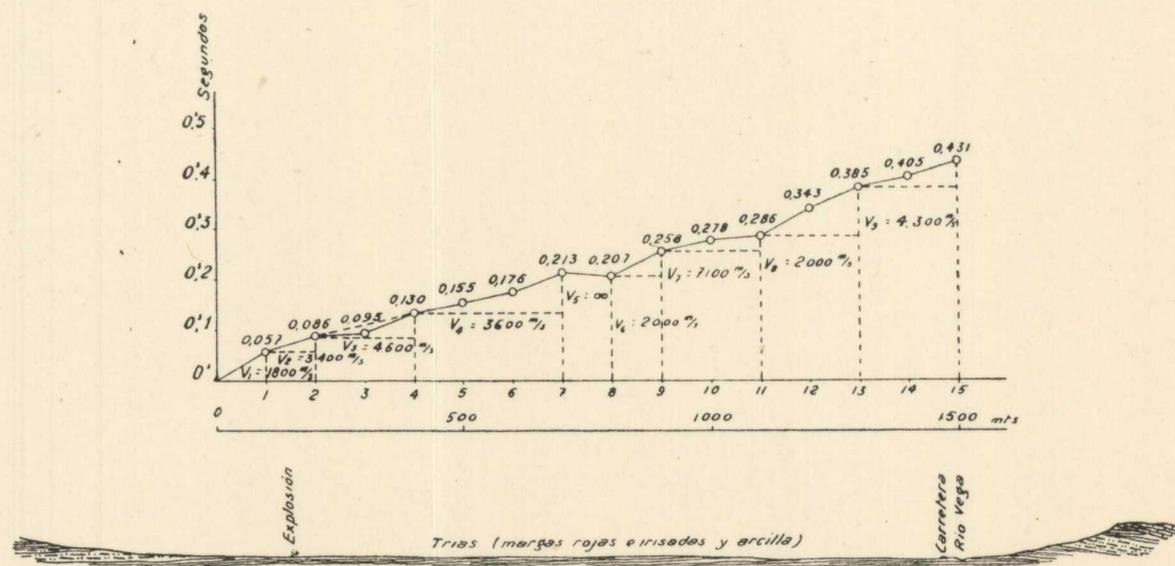


Fig. 50.—Línea dromocrónica n.º III

la dirigida en sentido contrario, que llamamos contralínea. Por ello, tampoco la podemos emplear para el cálculo de las profundidades de los distintos horizontes estratigráficos, puesto que el coeficiente de profundización resultará distinto del promedio correspondiente a ambas, que es el valor que le corresponde.

*Línea IV.*—El barreno de esta línea se ha situado a 20 metros al Norte del sondeo de Leorio, en la orilla del río Llantero. Tiene 1.400 metros de longitud y su dirección coincide con la E. 30° N.

Reproducimos el cuadro de velocidades medias desde el barreno, a cada estación:

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{100}{0,056} = 1.800 \text{ m/s.} & V_{0-8} = \frac{800}{0,242} = 3.300 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{200}{0,092} = 2.200 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{900}{0,770} = 3.300 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{300}{0,111} = 2.700 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,296} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{400}{0,137} = 3.000 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,326} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{500}{0,168} = 3.000 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,375} = 3.100 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{600}{0,209} = 2.900 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,413} = 3.200 \text{ »} \\
 V_{0-7} = \frac{700}{0,228} = 3.100 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,446} = 3.100 \text{ »}
 \end{array}$$

En la dromocrónica correspondiente se observan las siguientes alineaciones:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,056} = 1.800 \text{ m/s.}$$

que representa la velocidad de las margas descompuestas en la superficie.

$$V_2 = V_{1-2} = \frac{200 - 100}{0,092 - 0,056} = 2.800 \text{ m/s.}$$

es la constante sísmica de estas mismas margas a mayor profundidad.

$$V_3 = V_{2-4} = \frac{400 - 200}{0,132 - 0,092} = 5.000 \text{ m/s.}$$

la de la capa triásica.

$$V_4 = V_{4-6} = \frac{600 - 400}{0,209 - 0,132} = 2.600 \text{ m/s.}$$

la del segundo horizonte de margas.

$$V_5 = V_{6-9} = \frac{900 - 600}{0,270 - 0,209} = 4.900 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de las areniscas y pizarras compactas del hullero.

$$V_6 = V_{9-11} = \frac{1.100 - 900}{0,326 - 0,270} = 3.600 \text{ m/s.}$$

$$V_7 = V_{11-13} = \frac{1.300 - 1.100}{0,413 - 0,326} = 2.300 \text{ »}$$

$$V_8 = V_{13-14} = \frac{1.400 - 1.300}{0,446 - 0,413} = 3.000 \text{ »}$$

son las constantes sísmicas que corresponden a los paquetes inferiores, compuestos de pizarras y areniscas.

El conjunto de capas triásicas, prescindiendo del recubrimiento superficial que, por estar descompuesto, tiene

la pequeña velocidad de  $V_i = 1.800 \text{ m/s.}$ , se caracteriza sísmicamente por el valor

$$V_i = \frac{600 - 100}{0,209 - 0,056} = 3.300 \text{ m/s.}$$

La disminución del valor  $V_i$  de la línea IV, con relación al encontrado en las tres anteriores, próximo a  $4.000 \text{ m/s.}$ , es debido a la desaparición de las areniscas y al aumento de potencia de las margas.

En resumen, todos los horizontes han coincidido con el nuevo sondeo.

Para el cálculo de profundidades se han aplicado las constantes conocidas:  $K = 0,34$  para el primer horizonte de margas sobre las calizas, o sea, hasta el primer cambio grande de velocidad, y  $K = 0,23$  para todos los demás horizontes, a partir del origen.

Así ha resultado:

Profundidad de la caliza:

$$200 \times 0,34 = 68 \text{ m.}$$

En el sondeo se encontró a 64 metros. Por tanto, el error ha sido de cuatro metros.

Profundidad del segundo horizonte de margas:

$$400 \times 0,23 = 92 \text{ m.}$$

En el sondeo se cortó a los 87,78 metros, con error de 4,22 metros.

El conglomerado no se aprecia, como es natural, pues tiene una potencia de un metro nada más.

La profundidad del Carbonífero resulta:

$$600 \times 0,23 = 138 \text{ m.}$$

En el sondeo se cortó a los 126,60 metros, con una diferencia de 11,40 metros.

*Línea V.*—Esta línea, situada en las proximidades de Mareo de Abajo, tiene origen a un kilómetro próximamente, al NE. del de la IV. Consta de 12 estaciones y su dirección es la NE.

Reproducimos el cuadro de valores de las velocidades medias:

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= \frac{100}{0,081} = 1.300 \text{ m/s.} & V_{0-7} &= \frac{700}{0,244} = 2.900 \text{ m. s.} \\ V_{0-2} &= \frac{200}{0,119} = 1.700 \text{ »} & V_{0-8} &= \frac{800}{0,273} = 2.900 \text{ »} \\ V_{0-3} &= \frac{300}{0,153} = 2.000 \text{ »} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,283} = 3.200 \text{ »} \\ V_{0-4} &= \frac{400}{0,200} = 2.000 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,319} = 3.100 \text{ »} \\ V_{0-5} &= \frac{500}{0,219} = 2.300 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,374} = 3.000 \text{ »} \\ V_{0-6} &= \frac{600}{0,247} = 2.400 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,375} = 3.200 \text{ »} \end{aligned}$$

Dibujada la dromocrónica se aprecian los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,081} = 2.200 \text{ m/s.}$$

debido a las arcillas y margas superficiales.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,200 - 0,081} = 2.500 \text{ m/s.}$$

que corresponde a las margas triásicas.

$$V_3 = V_{4-5} = \frac{500 - 400}{0,219 - 0,200} = 5.300 \text{ m/s.}$$

que es la constante sísmica de la caliza.

$$V_4 = V_{5-6} = \frac{600 - 500}{0,247 - 0,219} = 3.600 \text{ m/s.}$$

la correspondiente a la arenisca del mismo tramo.

$$V_5 = V_{6-7} = \infty$$

representa, igual que en los otros perfiles, la pudinga cuarzosa.

$$V_6 = V_{7-9} = \frac{900 - 700}{0,283 - 0,244} = 5.100 \text{ m/s.}$$

es la velocidad aparente con que aparece el horizonte compacto del Carbonífero.

$$V_7 = V_{9-11} = \frac{1.100 - 900}{0,374 - 0,283} = 2.200 \text{ m/s.}$$

las mismas capas más blandas que aparecen en otras líneas.

$$V_8 = V_{11-12} = \infty$$

indica un cambio brusco en el mismo tramo de capas de poca velocidad a otras en las que aquel parámetro tiene mucho mayor valor.

El techo de la pudinga característica resulta a

$$600 \times 0,23 = 138 \text{ m.}$$

y su muro a

$$700 \times 0,23 = 161 \text{ m.}$$

La superficie del Carbonífero está a

$$700 \times 0,23 = 161 \text{ m.}$$

*Línea VI.*—La VI es contralínea de la V y tiene, por lo tanto, el mismo emplazamiento de los barrenos, pero dirección SO.

Su longitud es de 1.000 metros y consta de 10 estaciones.

Se ha obtenido el siguiente cuadro de velocidades medias desde el barreno:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,073} = 1.400 \text{ m/s.} & V_{0-6} = \frac{600}{0,215} = 2.800 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,115} = 1.700 \text{ »} & V_{0-7} = \frac{700}{0,234} = 3.000 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,162} = 1.900 \text{ »} & V_{0-8} = \frac{800}{0,256} = 3.100 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,181} = 2.200 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{900}{0,287} = 3.100 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{500}{0,204} = 2.500 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,305} = 3.300 \text{ »} \end{array}$$

Sobre la dromocrónica correspondiente se observan los horizontes que se citan a continuación:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,073} = 1.400 \text{ m/s.}$$

que corresponde a las arcillas y margas de la superficie.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,162 - 0,073} = 2.200 \text{ m/s.}$$

a las mismas margas que continúan en profundidad.

$$V_3 = V_{3-4} = \frac{400 - 300}{0,181 - 0,162} = 5.300 \text{ m/s.}$$

representa la conocida capa caliza.

$$V_4 = V_{4-5} = \frac{500 - 400}{0,204 - 0,181} = 4.300 \text{ m/s.}$$

debe corresponder a un horizonte de areniscas.

$$V_5 = V_{5-6} = \frac{600 - 500}{0,215 - 0,204} = 9.100 \text{ m/s.}$$

a la capa de pudinga que, con más o menos potencia, aparece en la zona.

$$V_6 = V_{6-8} = \frac{800 - 600}{0,256 - 0,215} = 4.900 \text{ m/s.}$$

que representa, sin duda, el Carbonífero compacto en forma de areniscas y pizarras.

$$V_7 = V_{8-10} = \frac{1.000 - 800}{0,306 - 0,256} = 4.000 \text{ m/s.}$$

el mismo horizonte de menor velocidad que aparece en el Carbonífero debajo de las pizarras y areniscas duras.

El cálculo de las profundidades se ha hecho por los coeficientes conocidos de la línea anterior.

Para el techo de la pudinga:

$$500 \times 0,23 = 115 \text{ m.}$$

y para su muro

$$600 \times 0,23 = 138 \text{ m.}$$

El Carbonífero se encuentra inmediatamente debajo del muro de la pudinga, o sea, a los 138 metros indicados.

La profundidad del techo de la pudinga en el origen, es la media de las obtenidas en las líneas V y VI, o sea

$$\frac{138 + 115}{2} = 126 \text{ m.}$$

y la de su muro

$$\frac{161 + 138}{2} = 150 \text{ m.}$$

La de la superficie del Carbonífero es de:

$$\frac{161 + 138}{2} = 150 \text{ m.}$$

*Línea VII.*—El barreno de la línea VII se ha situado en el paraje de la Perdiz (Mareo de Arriba) al lado del camino de Rocas. Tiene una longitud de 1.000 metros y su dirección es, como en las anteriores, NE.

De las observaciones efectuadas se han deducido los siguientes valores de las velocidades medias:

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= \frac{100}{0,110} = 900 \text{ m/s.} & V_{0-6} &= \frac{600}{0,251} = 2.400 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} &= \frac{200}{0,149} = 1.300 \text{ »} & V_{0-7} &= \frac{700}{0,254} = 2.800 \text{ »} \\ V_{0-3} &= \frac{300}{0,166} = 1.800 \text{ »} & V_{0-8} &= \frac{800}{0,316} = 2.500 \text{ »} \\ V_{0-4} &= \frac{400}{0,172} = 2.300 \text{ »} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,371} = 2.400 \text{ »} \\ V_{0-5} &= \frac{500}{0,200} = 2.500 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,399} = 2.500 \text{ »} \end{aligned}$$

Construída la dromocrónica, se observan las alineaciones que se citan a continuación:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,110} = 900 \text{ m/s.}$$

que representa las arcillas superficiales.

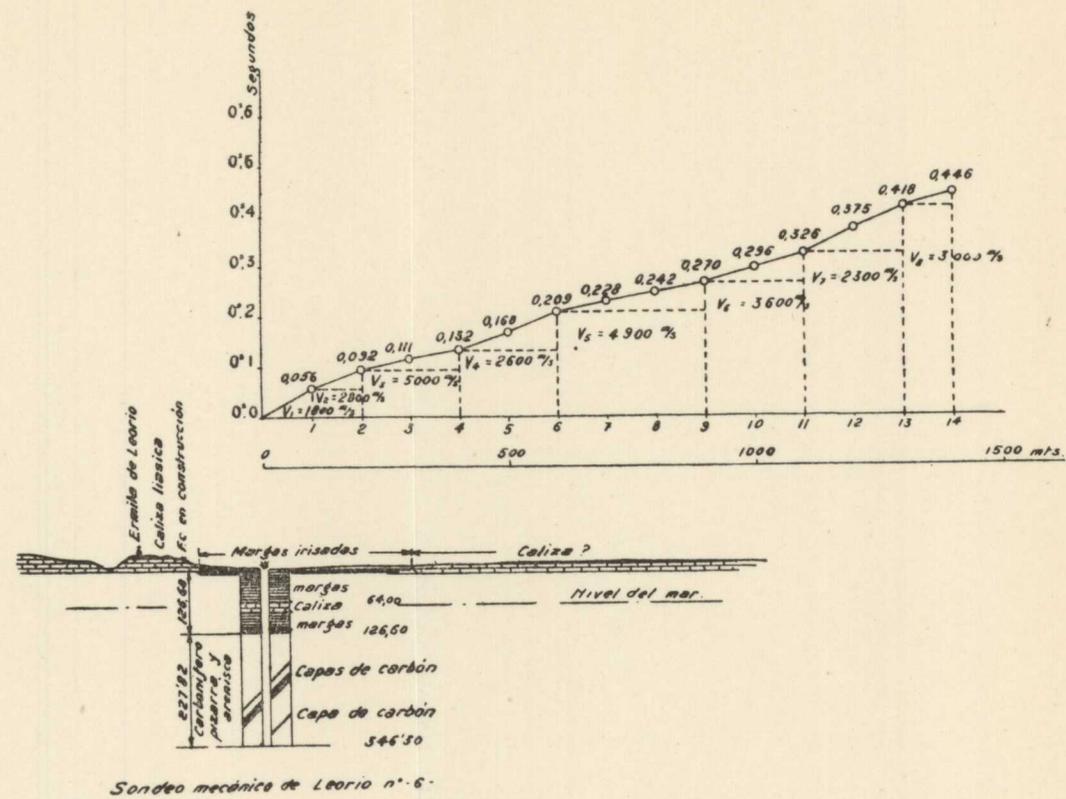


Fig. 51.—Línea dromocrónica n.º IV

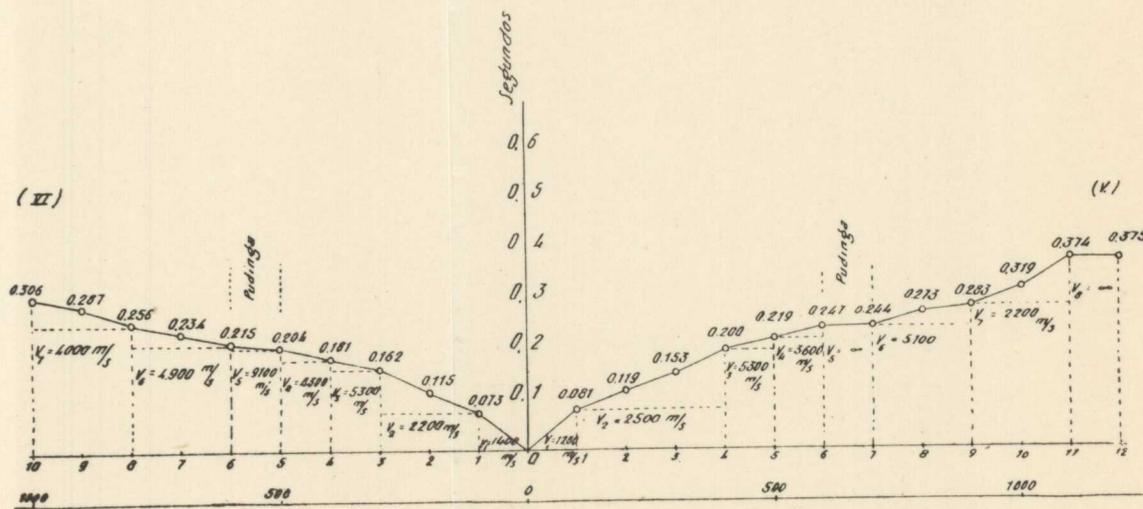


Fig. 52.—Líneas dromocrónicas números V-VI

$$V_2 = V_{1-2} = \frac{200 - 100}{0,149 - 0,110} = 2.600 \text{ m/s.}$$

que es la constante de las margas triásicas.

$$V_3 = V_{2-4} = \frac{400 - 200}{0,178 - 0,149} = 6.900 \text{ m/s.}$$

es la velocidad aparente con que aparece la caliza, muy excesiva, sin duda, por haberla atravesado el rayo sísmico en sentido ascendente.

$$V_4 = V_{4-6} = \frac{600 - 400}{0,251 - 0,178} = 2.700 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de las margas situadas debajo de las calizas.

$$V_5 = V_{6-7} = \infty$$

es el horizonte característico de la pudinga cuarzosa, que vuelve a tener suficiente potencia para manifestarse claramente.

El próximo parámetro

$$V_6 = V_{7-9} = \frac{900 - 700}{0,317 - 0,254} = 1.700 \text{ m/s.}$$

corresponde a la marga triásica del contacto con el paleozoico; y

$$V_7 = V_{9-10} = \frac{1.000 - 900}{0,399 - 0,371} = 3.600 \text{ m/s.}$$

a la formación carbonífera.

Para el cálculo de las profundidades aplicaremos el coeficiente

$$K = 0,23$$

Así resulta:

$$600 \times 0,23 = 138 \text{ m.}$$

para la profundidad del techo de la pudinga cuarzosa y

$$700 \times 0,23 = 161 \text{ m.}$$

para su muro.

La superficie del Carbonífero se encuentra a

$$900 \times 0,23 = 207 \text{ m.}$$

*Línea VIII.*—Parte del mismo origen de la anterior y va dirigida en dirección contraria, o sea en la SO.

Como de costumbre, se han calculado las velocidades medias desde el barreno:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,095} = 1.100 \text{ m/s.} & V_{0-6} = \frac{600}{0,254} = 2.400 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,139} = 1.400 \text{ »} & V_{0-7} = \frac{700}{0,295} = 2.400 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,157} = 1.900 \text{ »} & V_{0-8} = \frac{800}{0,337} = 2.400 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,182} = 2.200 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{900}{0,364} = 2.500 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{500}{0,247} = 2.000 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,393} = 2.500 \text{ »} \end{array}$$

Analizada la curva dromocrónica se aprecian, exactamente, los mismos horizontes que la anterior, a saber:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,095} = 1.100 \text{ m/s.}$$

es el que corresponde a la cubierta detrítica.

$$V_2 = V_{1-2} = \frac{200 - 100}{0,139 - 0,095} = 2.300 \text{ m/s.}$$

el debido a las margas del keuper.

$$V_3 = V_{2-4} = \frac{400 - 200}{0,182 - 0,139} = 4.700 \text{ m/s.}$$

es la velocidad aparente de la caliza y que se complementa con el valor excesivo que tuvo en la contralínea.

$$V_4 = V_{4-5} = \frac{500 - 400}{0,247 - 0,182} = 1.500 \text{ m/s.}$$

es una constante debida al segundo horizonte de margas.

$$V_5 = V_{5-6} = \infty$$

es el aumento brusco de velocidad correspondiente a la pudinga.

$$V_6 = V_{6-8} = \frac{800 - 600}{0,337 - 0,254} = 2.400 \text{ m/s. y}$$

$$V_7 = V_{8-10} = \frac{1.000 - 800}{0,393 - 0,337} = 3.600 \text{ m/s.}$$

son valores que coinciden perfectamente con los de los mismos niveles de la contralínea.

Del cálculo de profundidades se han obtenido los siguientes resultados:

Profundidad del techo de la pudinga:

$$500 \times 0,23 = 115 \text{ m}$$

Profundidad del muro:

$$600 \times 0,23 = 138 \text{ m.}$$

Profundidad del Carbonífero:

$$800 \times 0,23 = 184 \text{ m.}$$

En el barreno común de las dos líneas la pudinga está a

$$\frac{115 + 138}{2} = 126 \text{ m.}$$

y su muro

$$\frac{138 + 161}{2} = 150 \text{ m.}$$

de profundidad.

La superficie paleozoica está a

$$\frac{207 + 184}{2} = 195 \text{ m.}$$

*Línea IX.*—El lugar de la explosión de la línea IX se ha elegido a 400 metros a levante del kilómetro 30 de la carretera de Langreo. Tiene 1.700 metros de longitud y dirección NE.

Calculadas las velocidades medias desde el origen, se ha obtenido la siguiente lista:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,083} = 1.200 \text{ m/s.} & V_{0-6} = \frac{600}{0,257} = 2.300 \text{ »} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,126} = 1.600 \text{ »} & V_{0-7} = \frac{700}{0,269} = 2.600 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,175} = 1.700 \text{ »} & V_{0-8} = \frac{800}{0,313} = 2.600 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,195} = 2.100 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{900}{0,323} = 2.800 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{500}{0,227} = 2.200 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,342} = 2.900 \text{ »} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} V_{0-11} = \frac{1.100}{0,378} = 2.900 \text{ m/s.} & V_{0-15} = \frac{1.500}{0,449} = 3.300 \text{ m/s.} \\ V_{0-12} = \frac{1.200}{0,387} = 3.100 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{1.600}{0,460} = 3.500 \text{ »} \\ V_{0-13} = \frac{1.300}{0,410} = 3.200 \text{ »} & V_{0-17} = \frac{1.700}{0,526} = 3.200 \text{ »} \\ V_{0-14} = \frac{1.400}{0,444} = 3.200 \text{ »} & \end{array}$$

Estudiados estos valores y la línea dromocrónica correspondiente, se diferencian las alineaciones que se citan a continuación:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,083} = 1.200 \text{ m/s.}$$

representa, por su pequeña velocidad, la cubierta detritica arcillosa.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,172 - 0,073} = 2.200 \text{ m/s.}$$

indica las margas triásicas.

$$V_3 = V_{3-4} = \frac{400 - 300}{0,195 - 0,175} = 5.000 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de la capa caliza del mismo tramo.

$$V_4 = V_{4-6} = \frac{600 - 400}{0,257 - 0,195} = 3.200 \text{ m/s.}$$

es la constante sísmica de la arenisca.

$$V_5 = V_{6-7} = \frac{700 - 600}{0,269 - 0,257} = 8.300 \text{ m/s.}$$

es la velocidad aparente del horizonte característico de pudinga.

$$V_6 = V_{7-8} = \frac{800 - 700}{0,313 - 0,269} = 2.300 \text{ m/s.}$$

la disminución correspondiente al contacto con el hullero.

$$V_7 = V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,323 - 0,313} = 10.000 \text{ m/s.}$$

$$V_8 = V_{9-11} = \frac{1.100 - 900}{0,378 - 0,323} = 3.600 \text{ »}$$

$$V_9 = V_{11-14} = \frac{1.400 - 1.100}{0,444 - 0,378} = 4.600 \text{ »}$$

$$V_{10} = V_{14-16} = \frac{1.600 - 1.400}{0,460 - 0,444} = 12.000 \text{ m/s.}$$

$$V_{11} = V_{16-17} = \frac{1.700 - 1.600}{0,526 - 0,460} = 1.500 \text{ »}$$

son las constantes sísmicas con que aparecen diferentes horizontes del Carbonífero.

El cálculo de profundidades se ha realizado por medio del coeficiente aceptado.

La pudinga resulta a los

$$600 \times 0,23 = 138 \text{ m.}$$

y su muro a los

$$700 \times 0,23 = 161 \text{ m.}$$

de profundidad.

La superficie paleozoica está a

$$800 \times 0,23 = 184 \text{ m.}$$

*Línea X.*—La línea X parte del mismo origen que la IX, pero va dirigida en sentido SO.

Reproducimos el cuadro de valores de las velocidades medias:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,073} = 1.400 \text{ m/s.} \quad V_{0-9} = \frac{900}{0,238} = 3.800 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{200}{0,108} = 1.900 \text{ »} \quad V_{0-10} = \frac{1.000}{0,312} = 3.200 \text{ »}$$

$$V_{0-3} = \frac{300}{0,149} = 2.000 \text{ »} \quad V_{0-11} = \frac{1.100}{0,323} = 3.400 \text{ »}$$

$$V_{0-4} = \frac{400}{0,172} = 2.300 \text{ »} \quad V_{0-12} = \frac{1.200}{0,350} = 3.400 \text{ »}$$

$$V_{0-5} = \frac{500}{0,199} = 2.500 \text{ »} \quad V_{0-13} = \frac{1.300}{0,398} = 3.300 \text{ »}$$

$$V_{0-6} = \frac{600}{0,198} = 3.000 \text{ »} \quad V_{0-14} = \frac{1.400}{0,402} = 3.500 \text{ »}$$

$$V_{0-7} = \frac{700}{0,223} = 3.100 \text{ »} \quad V_{0-15} = \frac{1.500}{0,455} = 3.300 \text{ »}$$

$$V_{0-8} = \frac{800}{0,241} = 3.300 \text{ »}$$

Del estudio de la dromocrónica, dibujada con los datos mencionados, se deducen las siguientes constantes sísmicas:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,073} = 1.400 \text{ m/s.}$$

que representa la cubierta arcillosa.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,149 - 0,073} = 2.600 \text{ m/s.}$$

es la velocidad sísmica de las margas.

$$V_3 = V_{3-4} = \frac{400 - 300}{0,172 - 0,149} = 4.300 \text{ m/s.}$$

debe corresponder al horizonte calizo que, sin duda, en este perfil, tiene menor profundidad.

$$V_4 = V_{4-5} = \frac{500 - 400}{0,199 - 0,172} = 3.700 \text{ m/s.}$$

indica la existencia de areniscas.

$$V_5 = V_{5-6} = \infty$$

es el horizonte característico de pudinga.

Las restantes alineaciones:

$$V_6 = V_{6-8} = 4.600 \text{ m/s.}$$

$$V_7 = V_{8-9} = \infty \quad \gg$$

$$V_8 = V_{9-10} = 1.400 \quad \gg$$

$$V_9 = V_{10-13} = 3.500 \quad \gg$$

$$V_{10} = V_{13-14} = \infty \quad \gg \quad \text{y}$$

$$V_{11} = V_{14-15} = 1.900 \quad \gg$$

son una serie de horizontes de distinta elasticidad, pertenecientes al Carbonífero, y que a pesar de algunas diferencias, debidas a la posición muy inclinada de sus capas, concuerdan con los resultados de la contralínea.

Hecho el cálculo de profundidades se obtuvo:

Para la pudinga

$$500 \times 0,23 = 115 \text{ m.}$$

y para el muro de la misma

$$600 \times 0,23 = 138 \text{ m.}$$

de profundidad.

Para la superficie paleozoica

$$1.000 \times 0,23 = 200 \text{ m.}$$

Resumiendo los resultados de las dos líneas, IX y X, se obtiene para profundidad de la pudinga en el barreno

$$\frac{138 + 115}{2} = 126 \text{ m.}$$

y para su muro, en el mismo lugar

$$\frac{161 + 138}{2} = 150 \text{ m.}$$

Para la superficie del Carbonífero

$$\frac{184 + 230}{2} = 202 \text{ m.}$$

*Línea XI.*—El barreno de esta línea se ha situado en la finca de D. Francisco Morris, del término de San Julián de Roces, a 200 metros al Sur de su casa habitación. Se extiende en la dirección NE. y tiene 1.400 metros de longitud.

Reproducimos, como de costumbre, el cuadro de las velocidades medias desde el origen:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,059} = 1.700 \text{ m/s.} \quad V_{0-5} = \frac{500}{0,186} = 2.700 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{200}{0,083} = 2.400 \quad \gg \quad V_{0-6} = \frac{600}{0,207} = 2.900 \quad \gg$$

$$V_{0-3} = \frac{300}{0,105} = 2.900 \quad \gg \quad V_{0-7} = \frac{700}{0,248} = 2.800 \quad \gg$$

$$V_{0-4} = \frac{400}{0,127} = 3.200 \quad \gg \quad V_{0-8} = \frac{800}{0,254} = 3.200 \quad \gg$$

$$\begin{aligned}
 V_{0-9} &= \frac{900}{0,296} = 3.000 \text{ m/s.} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,329} = 3.700 \text{ m/s.} \\
 V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,304} = 3.300 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,317} = 4.000 \text{ »} \\
 V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,360} = 3.600 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,353} = 4.000 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Dibujada la dromocrónica se pueden apreciar en ella los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,059} = 1.700 \text{ m/s.}$$

que es el representativo de la cubierta arcillosa.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,127 - 0,059} = 4.400 \text{ m/s.}$$

nos indica la presencia de la caliza triásica cerca de la superficie.

$$V_3 = V_{4-5} = \frac{500 - 400}{0,186 - 0,127} = 1.700 \text{ m/s.}$$

representa un horizonte de margas.

$$V_4 = V_{5-6} = \frac{600 - 500}{0,207 - 0,186} = 4.800 \text{ m/s.}$$

creemos se debe interpretar como una segunda capa de caliza, pues en alguno de los sondeos de la zona han aparecido dos capas de esta naturaleza con una intercalación de margas.

$$V_5 = V_{6-7} = \frac{700 - 600}{0,248 - 0,207} = 2.400 \text{ m/s.}$$

es, nuevamente, la constante sísmica de las margas.

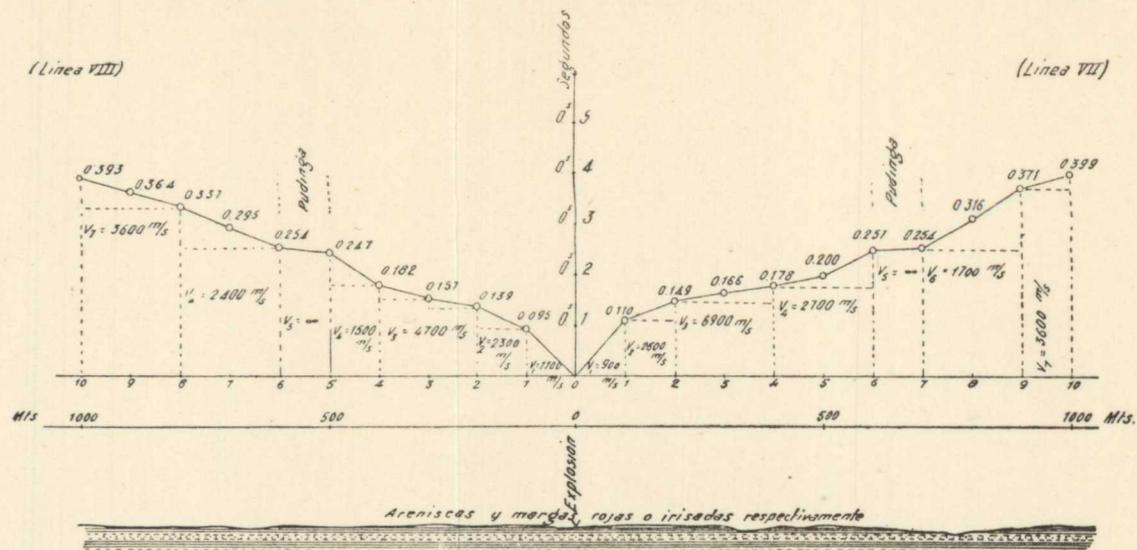


Fig. 53. — Líneas dromocrónicas n.º VII-VIII

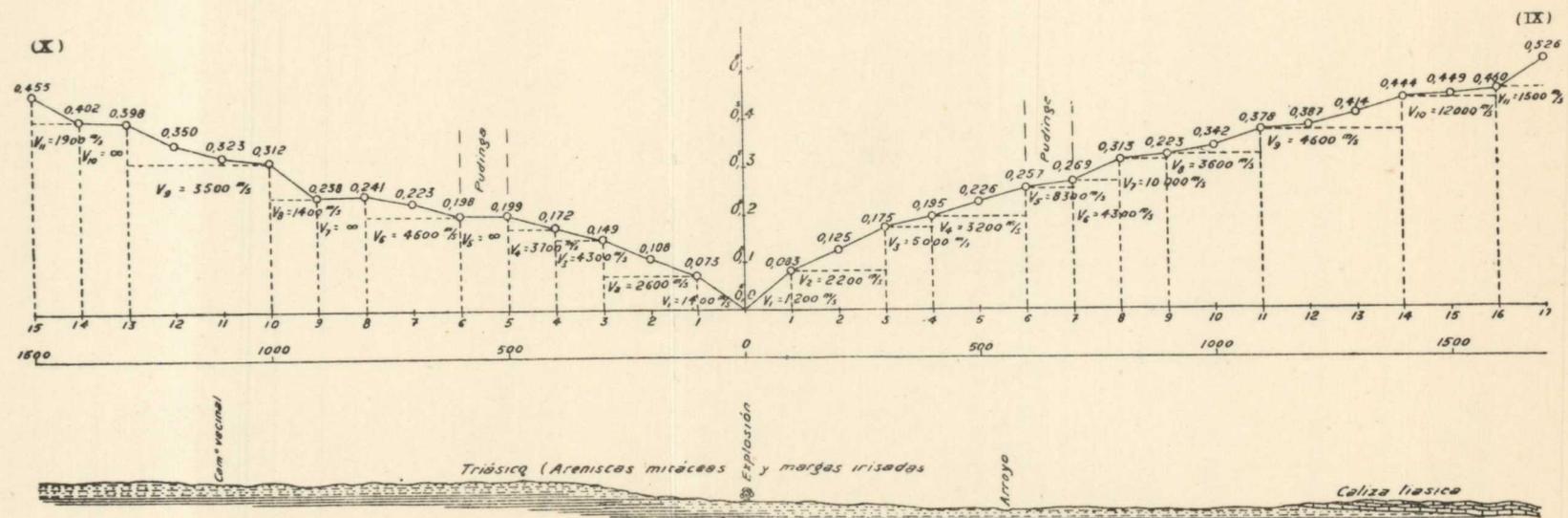


Fig. 54. — Líneas dromocrónicas números IX-X

$$V_6 = V_{7-8} = \infty$$

corresponde al horizonte de las pudingas.

$$V_7 = V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,296 - 0,254} = 2.400 \text{ m/s.}$$

es la disminución de velocidad que se aprecia en el contacto de la pudinga con el Carbonífero, también correspondiente a otras margas.

Por último:

$$V_8 = V_{9-14} = \frac{1.400 - 900}{0,333 - 0,296} = 8.700 \text{ m/s.}$$

es la velocidad aparente con que se presenta el Carbonífero, probablemente, en el tramo de las calizas.

El cálculo de profundidades se ha hecho con la constante  $K = 0,23$ , resultando

$$700 \times 0,23 = 161 \text{ m.}$$

para el correspondiente a la pudinga cuarzosa y

$$800 \times 0,23 = 184 \text{ m.}$$

de profundidad para su muro.

Para el Carbonífero resulta:

$$900 \times 0,23 = 207 \text{ m.}$$

*Línea XII.*—Es la contralínea de la anterior y, por lo tanto, parte del mismo origen, pero su dirección es la SO.

Tiene una longitud total de 1.500 metros, en la que se han observado 14 estaciones.

A continuación se escribe la lista de los valores de las velocidades medias:

$$\begin{aligned}
 V_{0-1} &= \frac{100}{0,051} = 2.000 \text{ m/s.} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,208} = 4.300 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} &= \frac{200}{0,066} = 3.000 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,218} = 4.600 \text{ »} \\
 V_{0-3} &= \frac{300}{0,017} = 3.100 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,248} = 4.600 \text{ »} \\
 V_{0-4} &= \frac{400}{0,105} = 3.800 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,265} = 4.500 \text{ »} \\
 V_{0-5} &= \frac{500}{0,122} = 4.100 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,327} = 4.000 \text{ »} \\
 V_{0-6} &= \frac{600}{0,156} = 3.800 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,340} = 4.100 \text{ »} \\
 V_{0-7} &= \frac{700}{0,165} = 4.200 \text{ »} & V_{0-15} &= \frac{1.500}{0,383} = 3.900 \text{ »} \\
 V_{0-8} &= \frac{800}{0,194} = 4.100 \text{ »} & &
 \end{aligned}$$

Comparando los valores obtenidos para las velocidades medias en las líneas XI y XII, observamos que, en la segunda, tienen un aumento general de importancia. Este aumento no lo podemos explicar porque el rayo sísmico encuentra a las capas estratigráficas en el sentido descendente en la línea XI, y en el ascendente en la XII.

Del estudio de la dromocrónica y de su comparación con la contralínea, por no ser tan característicos sus parámetros, se deduce la existencia de los siguientes horizontes:

Las margas descompuestas, representadas por

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,051} = 2.000 \text{ m/s.}$$

La caliza triásica, que tiene una constante sísmica de

$$V_2 = V_{1-5} = \frac{500 - 100}{0,122 - 0,051} = 5.600 \text{ m/s.}$$

El promedio de este valor y el de 4.400 m/s. de la línea anterior da 5.000 m/s. que caracteriza la formación caliza.

La capa de margas con un valor de

$$V_3 = V_{5-6} = \frac{600 - 500}{0,156 - 0,122} = 2.900 \text{ m/s.}$$

Hasta la estación 6, de la línea XII, coincide con la XI. La diferencia de valor de las velocidades aparentes obtenidas en ambas, pueden explicarse por el sentido ascendente o descendente de las capas, con relación a la trayectoria del rayo sísmico, y sus promedios corresponden a valores reales de la velocidad que caracteriza las formaciones geológicas existentes.

La estación 5, de la línea XII, equivale a la 6 de la XI; es decir, que los dos horizontes de margas que se corresponden son los  $V_3$  de la XII y  $V_5$  de la XI.

El nivel margoso  $V_3$  de la línea XI, intercalado entre las calizas, también se señala en la XII. En su estación 3 hay una disminución de tiempo, con relación al que le corresponde en el lado de la dromocrónica. Por consiguiente, en la estación 5, de la línea XII, existe la coincidencia con su contralínea.

A continuación se encuentra la pudinga triásica, cuyo parámetro resulta

$$V_4 = V_{6-7} = \frac{700 - 600}{0,165 - 0,156} = 11.000 \text{ m/s.}$$

La siguiente capa de margas o areniscas con constante

$$V_5 = V_{7-8} = \frac{800 - 700}{0,194 - 0,165} = 3.400 \text{ m/s.}$$

de completo acuerdo con la línea anterior, es decir, son las margas situadas debajo de la pudinga.

Ahora encontramos el Carbonífero, que se indica con el horizonte

$$V_6 = V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,208 - 0,194} = 7.200 \text{ m/s.}$$

y continúa con los

$$V_7 = V_{9-10} = \frac{1.000 - 900}{0,228 - 0,208} = 5.000 \text{ m/s.}$$

$$V_8 = V_{10-12} = \frac{1.200 - 1.000}{0,275 - 0,228} = 5.400 \text{ »}$$

correspondiente, como en la contralínea, al tramo de las calizas.

La última constante

$$V_{10} = V_{12-15} = \frac{1.500 - 1.200}{0,383 - 0,265} = 2.500 \text{ m/s.}$$

se explica por haberse salido el rayo sísmico de la caliza y continuar su recorrido a través del paquete de capas distintas del mismo tramo.

Las profundidades a que resultan estas capas son:

$$600 \times 0,23 = 138 \text{ m.}$$

para la pudinga.

$$700 \times 0,23 = 161 \text{ m.}$$

para su muro, y

$$700 \times 0,23 = 161 \text{ m.}$$

para el Carbonífero, por no existir las margas intermedias de otros lugares.

Resumiendo las dos líneas de barreno común, se obtienen en él los siguientes valores:

$$\frac{161 + 138}{2} = 150 \text{ m.}$$

para el techo de la pudinga.

$$\frac{184 + 161}{2} = 172 \text{ m.}$$

para su muro, y

$$\frac{207 + 161}{2} = 184 \text{ m.}$$

para la superficie del Carbonífero.

*Línea XIII.*—Su origen se sitúa unos 200 metros al SE. de la carretera de Adanero, en su kilómetro 466,500. La orientación ha sido paralela a las anteriores, o sea NE.

A continuación se escribe el cuadro de los valores de las velocidades medias desde el barreno:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,112} = 900 \text{ m/s.} \quad V_{0-7} = \frac{700}{0,235} = 3.000 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{200}{0,120} = 1.600 \text{ »} \quad V_{0-8} = \frac{800}{0,278} = 2.900 \text{ »}$$

$$V_{0-3} = \frac{300}{0,146} = 2.100 \text{ »} \quad V_{0-9} = \frac{900}{0,277} = 3.200 \text{ »}$$

$$V_{0-4} = \frac{400}{0,176} = 2.300 \text{ »} \quad V_{0-10} = \frac{1.000}{0,325} = 3.100 \text{ »}$$

$$V_{0-5} = \frac{500}{0,199} = 2.500 \text{ »} \quad V_{0-11} = \frac{1.100}{0,370} = 3.000 \text{ »}$$

$$V_{0-6} = \frac{600}{0,231} = 2.700 \text{ »} \quad V_{0-12} = \frac{1.200}{0,372} = 3.200 \text{ »}$$

$$V_{0-13} = \frac{1.300}{0,406} = 3.200 \text{ m/s.} \quad V_{0-15} = \frac{1.500}{0,439} = 3.400 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-14} = \frac{1.400}{0,412} = 3.400 \text{ »}$$

En la dromocrónica correspondiente se distinguen las siguientes alineaciones:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,112} = 900 \text{ m/s.}$$

como parámetro de las arcillas o margas descompuestas.

$$V_2 = V_{1-2} = \frac{200 - 100}{0,120 - 0,112} = 12.000 \text{ m/s.}$$

como constante aparente de una capa caliza.

$$V_3 = V_{2-5} = \frac{500 - 200}{0,199 - 0,120} = 3.800 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de la arenisca triásica.

$$V_4 = V_{5-7} = \frac{700 - 500}{0,235 - 0,199} = 5.500 \text{ m/s.}$$

la correspondiente a la conocida capa de caliza del mismo tramo.

$$V_5 = V_{7-8} = \frac{800 - 700}{0,278 - 0,235} = 2.300 \text{ m/s.}$$

es la constante que representa a las margas o areniscas inmediatas.

$$V_6 = V_{8-9} = \infty$$

indica el horizonte característico de pudinga.

$$V_7 = V_{9-11} = \frac{1.100 - 900}{0,370 - 0,277} = 2.200 \text{ m/s.}$$

el de margas subyacentes a la pudinga triásica.

El Carbonífero se inicia con una velocidad aparente  $V_8$ , igual a infinito, por haber encontrado el rayo sísmico en su recorrido, a través del mismo, alguna capa de gran constante sísmica, quizás una caliza. Después se encuentra el horizonte

$$V_9 = V_{12-13} = \frac{1.300 - 1.200}{0,406 - 0,372} = 3.000 \text{ m/s.}$$

correspondiente a una arenisca, y por último hay un paquete de calizas caracterizadas por

$$V_{10} = V_{13-15} = \frac{1.500 - 1.300}{0,439 - 0,406} = 6.000 \text{ m/s.}$$

Del cálculo de profundidades se llega a los siguientes resultados:

$$800 \times 0,23 = 184 \text{ m.}$$

le corresponde al techo de la pudinga cuarzosa.

$$900 \times 0,23 = 207 \text{ m.}$$

la profundidad del muro de la misma.

La superficie carbonífera se encuentra a

$$1.100 \times 0,23 = 253 \text{ m.}$$

*Línea XIV.*—Parte del mismo origen que la línea anterior, puesto que es su contralínea, pero en el sentido SO.

El cálculo de velocidades medias dió el siguiente cuadro:

$$\begin{aligned}
 V_{0-1} &= \frac{100}{0,068} = 1.500 \text{ m/s.} & V_{0-8} &= \frac{800}{0,234} = 3.400 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} &= \frac{200}{0,085} = 2.400 \text{ »} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,235} = 3.800 \text{ »} \\
 V_{0-3} &= \frac{300}{0,131} = 2.300 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,284} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-4} &= \frac{400}{0,145} = 2.800 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,324} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-5} &= \frac{500}{0,185} = 2.700 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,337} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-6} &= \frac{610}{0,198} = 3.100 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,350} = 3.700 \text{ »} \\
 V_{0-7} &= \frac{690}{0,204} = 3.400 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,373} = 3.800 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Dibujada la dromocrónica con los datos de campo, se ha obtenido un gráfico que se puede considerar exactamente igual al de la línea XIII, lo que indica la gran continuidad de las capas en este perfil.

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,068} = 1.500 \text{ m/s.}$$

resulta la velocidad de la cubierta detrítica.

$$V_2 = V_{1-2} = \frac{200 - 100}{0,085 - 0,068} = 5.900 \text{ m/s.}$$

la que corresponde a la capa caliza superficial.

$$V_3 = V_{2-5} = \frac{500 - 200}{0,185 - 0,085} = 3.000 \text{ m/s.}$$

es la constante sísmica de la arenisca, probablemente con intercalaciones de margas.

$$V_4 = V_{5-7} = \frac{700 - 500}{0,204 - 0,185} = 10.000 \text{ m/s.}$$

es el valor aparente, obtenido.

$$V_5 = V_{7-8} = \frac{800 - 700}{0,234 - 0,204} = 3.300 \text{ m/s.}$$

el debido a las areniscas o margas más profundas del tramo.

$$V_6 = V_{8-9} = \infty$$

el parámetro que representa el techo de la pudinga.

$$V_7 = V_{9-11} = \frac{1.100 - 900}{0,324 - 0,234} = 2.200 \text{ m/s.}$$

comprueba el horizonte análogo de la línea XIII, probablemente unas margas.

$$V_8 = V_{11-14} = \frac{1.400 - 1.100}{0,373 - 0,324} = 6.100 \text{ m/s.}$$

comprueba, igualmente, la existencia de calizas en el fondo del perfil realizado.

Las profundidades resultantes son las siguientes:

Al techo de la pudinga corresponde

$$800 \times 0,23 = 184 \text{ m.}$$

y a su muro

$$900 \times 0,23 = 207 \text{ m.}$$

Para el Carbonífero

$$1.100 \times 0,23 = 253 \text{ m.}$$

Como estos valores son iguales a los obtenidos en la línea XII, su promedio es el mismo.

*Línea XV.*—El barreno de la línea XV se ha situado en el valle de Valdornón, a 1,5 kilómetros próximamente, hacia el Norte del sondeo de Caldones y a unos 250 metros aguas abajo de la fuente situada en el arroyo del mismo nombre. Tiene una longitud de 1.800 metros y la dirección del Norte magnético.

A continuación se reproduce el acostumbrado cuadro de valores de las velocidades medias:

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{100}{0,074} = 1.300 \text{ m/s.} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,302} = 3.300 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{200}{0,095} = 2.100 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,326} = 3.300 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{300}{0,135} = 2.200 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,344} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{400}{0,151} = 2.700 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,360} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{500}{0,186} = 2.700 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,411} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{600}{0,219} = 2.700 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.500}{0,407} = 3.200 \text{ »} \\
 V_{0-7} = \frac{700}{0,217} = 3.200 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{1.600}{0,420} = 3.800 \text{ »} \\
 V_{0-8} = \frac{800}{0,249} = 3.200 \text{ »} & V_{0-17} = \frac{1.700}{0,440} = 3.900 \text{ »} \\
 V_{0-9} = \frac{900}{0,248} = 3.600 \text{ »} & V_{0-18} = \frac{1.800}{0,493} = 3.700 \text{ »}
 \end{array}$$

Estudiada la dromocrónica correspondiente se distinguen las siguientes alineaciones:

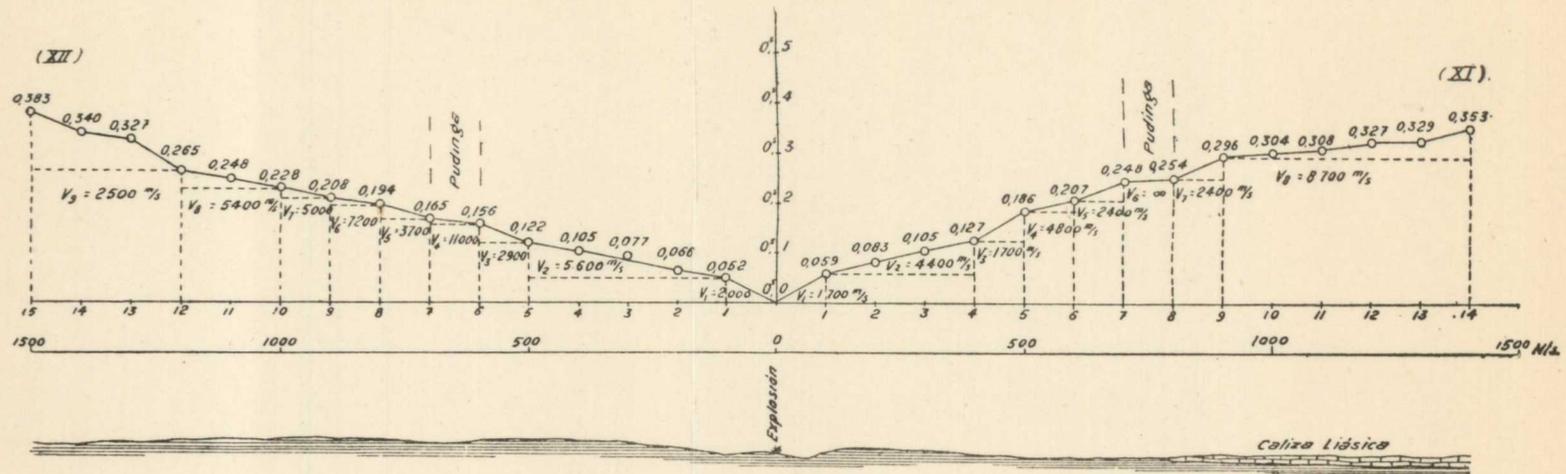


Fig. 55.—Líneas dromocrónicas números XI-XII

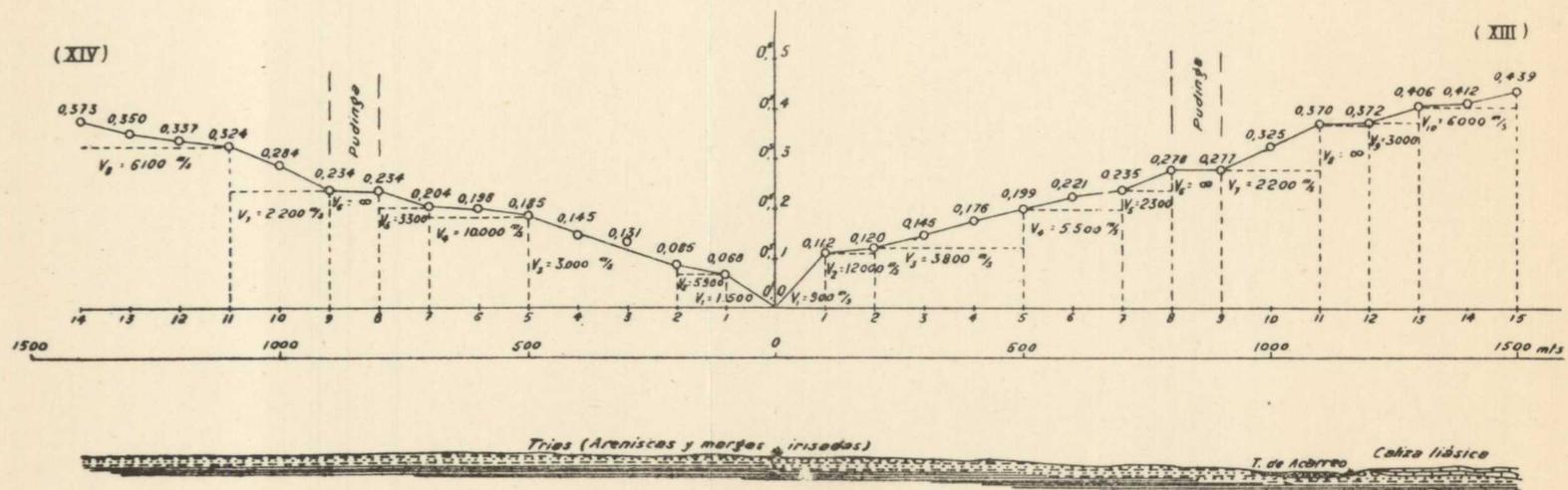


Fig. 56.—Líneas dromocrónicas números XIII-XIV

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,074} = 1.400 \text{ m/s.}$$

es el parámetro de la cubierta descompuesta.

$$V_2 = V_{1-6} = \frac{600 - 100}{0,211 - 0,074} = 3.600 \text{ m/s.}$$

el debido a las margas con yesos, que aparecen en la zona.

$$V_3 = V_{6-9} = \frac{900 - 600}{0,248 - 0,211} = 8.100 \text{ m/s.}$$

se toma como un solo horizonte por comparación con su contralínea y es el valor aparente que nos da la caliza triásica.

$$V_4 = V_{9-10} = \frac{1.000 - 900}{0,302 - 0,248} = 1.900 \text{ m/s.}$$

representa un pequeño horizonte de areniscas, conocido por los sondeos de la región.

$$V_5 = V_{11-13} = \frac{1.300 - 1.100}{0,360 - 0,326} = 5.900 \text{ m/s.}$$

corresponde, sin duda, a la pudinga cuarzosa.

$$V_6 = V_{13-14} = \frac{1.400 - 1.300}{0,411 - 0,360} = 2.000 \text{ m/s.}$$

es la constante de las margas del fondo de la formación triásica.

$$V_7 = V_{14-17} = \frac{1.700 - 1.400}{0,440 - 0,411} = 10.400 \text{ m/s.}$$

la velocidad aparente con que se manifiestan las calizas y pizarras del Carbonífero.

$$V_8 = V_{17-18} = \frac{1.800 - 1.700}{0,493 - 0,440} = 1.900 \text{ m/s.}$$

es una disminución de velocidad que caracteriza a alguno de los paquetes tableados, poco coherentes, del mismo tramo y que veremos aparece, igualmente, en la contralínea y en el sondeo de Caldones.

Hecho el cálculo de profundidades con el coeficiente aceptado, resulta:

Para la capa característica de caliza:

$$600 \times 0,23 = 138 \text{ m.}$$

En el sondeo está más profunda y resulta a 164 metros.

Para el techo de la pudinga

$$1.050 \times 0,23 = 241 \text{ m.}$$

Para el muro de la pudinga resulta

$$1.300 \times 0,23 = 299 \text{ m.}$$

Para el Carbonífero:

$$1.400 \times 0,23 = 322 \text{ m.}$$

de profundidad.

*Línea XVI.*—Es la contralínea de la anterior, por lo tanto tiene la dirección Sur magnético. Su longitud es de 2.000 metros.

Del cálculo de velocidades medias se ha obtenido el siguiente cuadro de valores:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,073} = 1.400 \text{ m/s.} \quad V_{0-3} = \frac{300}{0,133} = 2.300 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{200}{0,093} = 2.200 \text{ »} \quad V_{0-4} = \frac{400}{0,165} = 2.400 \text{ »}$$

$$V_{0-5} = \frac{500}{0,179} = 2.800 \text{ m/s.} \quad V_{0-13} = \frac{1.300}{0,365} = 3.600 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-6} = \frac{600}{0,210} = 2.900 \text{ »} \quad V_{0-14} = \frac{1.400}{0,356} = 3.900 \text{ »}$$

$$V_{0-7} = \frac{700}{0,219} = 3.200 \text{ »} \quad V_{0-15} = \frac{1.500}{0,396} = 3.800 \text{ »}$$

$$V_{0-8} = \frac{800}{0,251} = 3.300 \text{ »} \quad V_{0-16} = \frac{1.600}{0,396} = 4.800 \text{ »}$$

$$V_{0-9} = \frac{900}{0,267} = 3.400 \text{ »} \quad V_{0-17} = \frac{1.700}{0,429} = 4.000 \text{ »}$$

$$V_{0-10} = \frac{1.000}{0,310} = 3.100 \text{ »} \quad V_{0-18} = \frac{1.800}{0,486} = 3.700 \text{ »}$$

$$V_{0-11} = \frac{1.100}{0,316} = 3.500 \text{ »} \quad V_{0-19} = \frac{1.900}{0,465} = 4.100 \text{ »}$$

$$V_{0-12} = \frac{1.200}{0,331} = 3.600 \text{ »} \quad V_{0-20} = \frac{2.000}{0,496} = 4.000 \text{ »}$$

Observados los paquetes característicos de la dromocrónica se deducen los horizontes que se mencionan a continuación.

Cubierta detrítica, representada por el parámetro:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,073} = 1.400 \text{ m/s.}$$

Margas y yesos que aparecen con una constante sísmica de

$$V_2 = V_{1-6} = \frac{600 - 100}{0,210 - 0,073} = 3.600 \text{ m/s.}$$

Horizonte de caliza triásica, cuya velocidad resulta:

$$V_3 = V_{6-9} = \frac{900 - 600}{0,267 - 0,210} = 5.300 \text{ m/s.}$$

Arenisca del mismo tramo, con un valor de

$$V_4 = V_{9-10} = \frac{1.000 - 900}{0,310 - 0,267} = 2.300 \text{ m/s.}$$

Pudinga característica, con un parámetro de

$$V_5 = V_{10-12} = \frac{1.200 - 1.000}{0,331 - 0,310} = 9.500 \text{ m/s.}$$

Margas de la base del Triás:

$$V_6 = V_{12-18} = \frac{1.300 - 1.200}{0,365 - 0,331} = 2.900 \text{ m/s.}$$

Las calizas y pizarras del Carbonífero estéril aparecen con la constante:

$$V_8 = V_{18-17} = \frac{1.700 - 1.300}{0,429 - 0,365} = 6.300 \text{ m/s.}$$

El próximo valor

$$V_9 = V_{17-18} = \frac{1.800 - 1.700}{0,486 - 0,429} = 1.800 \text{ m/s.}$$

es el mismo de la contralínea e igualmente situado, lo que comprueba su existencia real y representa un pequeño horizonte deleznable del mismo tramo.

El siguiente

$$V_{10} = V_{18-20} = \infty$$

indica que se continúa en las calizas y pizarras compactas del hullero estéril.

La profundidad que ha resultado para la caliza:

$$600 \times 0,23 = 138 \text{ m.}$$

El techo de la pudinga ha sido:

$$1.000 \times 0,23 = 230 \text{ m.}$$

Para su muro:

$$1.200 \times 0,23 = 276 \text{ m.}$$

Para el Carbonífero:

$$1.300 \times 0,23 = 299 \text{ m.}$$

Resumiendo los resultados de las líneas XV y XVI, se obtienen las siguientes cifras:

Profundidad del techo de la pudinga:

$$\frac{241 + 230}{2} = 235 \text{ m.}$$

Profundidad del muro de la misma:

$$\frac{299 + 276}{2} = 287 \text{ m.}$$

Profundidad de la formación carbonífera:

$$\frac{322 + 299}{2} = 310 \text{ m.}$$

Como en el sondeo de Caldones se cortaron 330 metros de la formación triásica ésta ha disminuído 43 metros de potencia en el lugar estudiado por las líneas XV y XVI.

*Línea XVII.*—El origen de la línea se ha situado en el arroyo del Meredal, frente al pueblo de Fano, unos dos kilómetros al Sur del sondeo de Caldones.

Tiene 1.700 metros de longitud. Los valores medios de la velocidad, obtenidos a partir del barreno, han suministrado el cuadro de valores siguientes:

$$\begin{aligned}
 V_{0-1} &= \frac{100}{0,063} = 1.600 \text{ m/s.} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,258} = 3.900 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} &= \frac{200}{0,094} = 2.100 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,176} = 4.000 \text{ »} \\
 V_{0-3} &= \frac{300}{0,130} = 2.300 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,298} = 4.000 \text{ »} \\
 V_{0-4} &= \frac{400}{0,138} = 2.900 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,332} = 3.900 \text{ »} \\
 V_{0-5} &= \frac{500}{0,160} = 3.100 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,333} = 4.200 \text{ »} \\
 V_{0-6} &= \frac{600}{0,176} = 3.400 \text{ »} & V_{0-15} &= \frac{1.500}{0,336} = 4.300 \text{ »} \\
 V_{0-7} &= \frac{700}{0,195} = 3.600 \text{ »} & V_{0-16} &= \frac{1.607}{0,414} = 3.900 \text{ »} \\
 V_{0-8} &= \frac{800}{0,216} = 3.700 \text{ »} & V_{0-17} &= \frac{1.700}{0,371} = 4.600 \text{ »} \\
 V_{0-9} &= \frac{900}{0,233} = 3.900 \text{ »} & &
 \end{aligned}$$

Observada la dromocrónica correspondiente se distinguen en ella las alineaciones indicadas a continuación:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,063} = 1.600 \text{ m/s.}$$

que representa a las margas superficiales descompuestas.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,130 - 0,063} = 3.000 \text{ m/s.}$$

es el parámetro de esas mismas margas más profundas y quizás con yesos.

Entre las estaciones 3 y 4 encontramos un enorme aumento en la velocidad media del rayo sísmico, que indica un nuevo horizonte estratigráfico, que debe ser el de las

calizas triásicas. Su velocidad aparente disminuye desde la estación 4 a la 6, para aumentar después y permanecer casi invariable hasta la estación 12.

El parámetro que le caracteriza es

$$V_3 = V_{3-12} = \frac{1.200 - 300}{0,298 - 0,130} = 5.400 \text{ m/s.}$$

Después están las margas, indicadas por

$$V_6 = V_{12-13} = \frac{1.300 - 1.200}{0,332 - 0,298} = 2.900 \text{ m/s.}$$

A continuación encontramos un nuevo aumento igual a infinito, que corresponde a la entrada del rayo sísmico en el terreno Carbonífero, con la velocidad aparente

$$V_7 = V_{13-17} = \frac{1.700 - 1.300}{0,371 - 0,332} = 10.000 \text{ m/s.}$$

Haremos notar que no se ha señalado la capa de pudin-ga, situada sobre las margas correspondientes a la velocidad  $V_6$ . En cambio, el tramo de las calizas aparece con una potencia mucho mayor que la que debe corresponderle. Es muy posible que por la pequeña diferencia de velocidad sísmica existente entre ambas formaciones, aparezcan como una sola.

En la línea XVIII, contralínea de la que estudiamos, trataremos de esclarecer esta cuestión.

El Carbonífero se encuentra a la profundidad de

$$1.300 \times 0,23 = 299 \text{ m.}$$

*Línea XVIII.*—Es la contralínea de la anterior, por lo tanto tiene origen común; la misma dirección y sentido Sur magnético.

Reproducimos el acostumbrado cuadro de los valores de las velocidades medias desde el barreno:

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{100}{0,074} = 1.400 \text{ m/s.} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,306} = 3.600 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{200}{0,094} = 2.000 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,319} = 3.800 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{300}{0,156} = 1.900 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,363} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{400}{0,161} = 2.500 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,329} = 4.300 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{500}{0,197} = 2.500 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.500}{0,337} = 4.500 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{600}{0,228} = 2.600 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{1.600}{0,371} = 4.300 \text{ »} \\
 V_{0-7} = \frac{700}{0,236} = 3.000 \text{ »} & V_{0-17} = \frac{1.700}{0,402} = 4.200 \text{ »} \\
 V_{0-8} = \frac{800}{0,261} = 3.100 \text{ »} & V_{0-18} = \frac{1.800}{0,397} = 4.500 \text{ »} \\
 V_{0-9} = \frac{910}{0,258} = 3.500 \text{ »} & V_{0-19} = \frac{1.900}{0,417} = 4.600 \text{ »} \\
 V_{0-10} = \frac{1.000}{0,284} = 3.500 \text{ »} &
 \end{array}$$

Dibujada la dromocrónica con los datos de campo, se deben considerar los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,074} = 1.400 \text{ m/s.}$$

que corresponde a la cubierta detrítica.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,156 - 0,074} = 2.400 \text{ m/s.}$$

es el valor que se obtiene para las margas.

$$V_3 = V_{3-8} = \frac{800 - 300}{0,257 - 0,156} = 5.000 \text{ m/s.}$$

corresponde al horizonte de las calizas. Se observa en la dromocrónica que la velocidad aparente empieza por tener el valor infinito, para disminuir inmediatamente hasta la estación 6. Después, vuelve a aumentar hasta la 8.

Puede suceder que después del primer paquete de capas calizas haya otro de margas o de margas y yesos.

En la estación 8, encontramos el valor infinito correspondiente al techo de la capa de pudinga. Su velocidad correspondiente se caracteriza en las siguientes, hasta la 12, por el valor

$$V_4 = V_{8-12} = \frac{1.200 - 800}{0,320 - 0,257} = 6.100 \text{ m/s.}$$

A continuación se encuentra:

$$V_5 = V_{12-13} = \frac{1.300 - 1.200}{0,363 - 0,320} = 2.300 \text{ m/s.}$$

representa al horizonte arcillo-margoso situado debajo del anterior.

$$V_6 = V_{13-19} = \frac{1.900 - 1.300}{0,417 - 0,363} = 11.000 \text{ m/s.}$$

es un valor medio aparente que corresponde al tramo Carbonífero, en sus horizontes de mayor cohesión, probablemente constituidos por la caliza de montaña.

Ha quedado aclarada la duda que expusimos en la línea anterior. El horizonte de la caliza se ha distinguido del de la pudinga, pudiendo afirmar que el muro de ésta, en la línea XVII, corresponde a la estación 12.

La única profundidad que podemos calcular para la pudinga es la de su muro, que resulta de:

$$1.200 \times 0,23 = 276 \text{ m.}$$

La del techo, en la línea XVIII, es de:

$$800 \times 0,23 = 184 \text{ m.}$$

Pero como en cifra no la podemos calcular en la XVII, no podemos aceptarla sin reservas.

*Línea XIX.*—El origen de este nuevo perfil se sitúa sobre la posición 17 de la línea anterior; o sea aguas arriba del que se ha denominado barranco de Caldones.

Su dirección es el Norte magnético y consta de 20 estaciones, con una longitud total de 2.060 metros.

A continuación se reproduce la lista de los valores de las velocidades medias, desde el barreno:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{160}{0,099} = 1.600 \text{ m/s.} & V_{0-9} = \frac{960}{0,288} = 3.300 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{260}{0,143} = 1.800 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.060}{0,338} = 3.100 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{360}{0,168} = 2.200 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.160}{0,328} = 3.500 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{460}{0,178} = 2.600 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.260}{0,350} = 3.600 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{560}{0,218} = 2.700 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.360}{0,386} = 3.500 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{660}{0,219} = 3.100 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.460}{0,377} = 3.900 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{760}{0,262} = 2.900 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.560}{0,407} = 3.800 \text{ »} \\ V_{0-8} = \frac{860}{0,183} = 3.100 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{1.660}{0,443} = 3.700 \text{ »} \end{array}$$

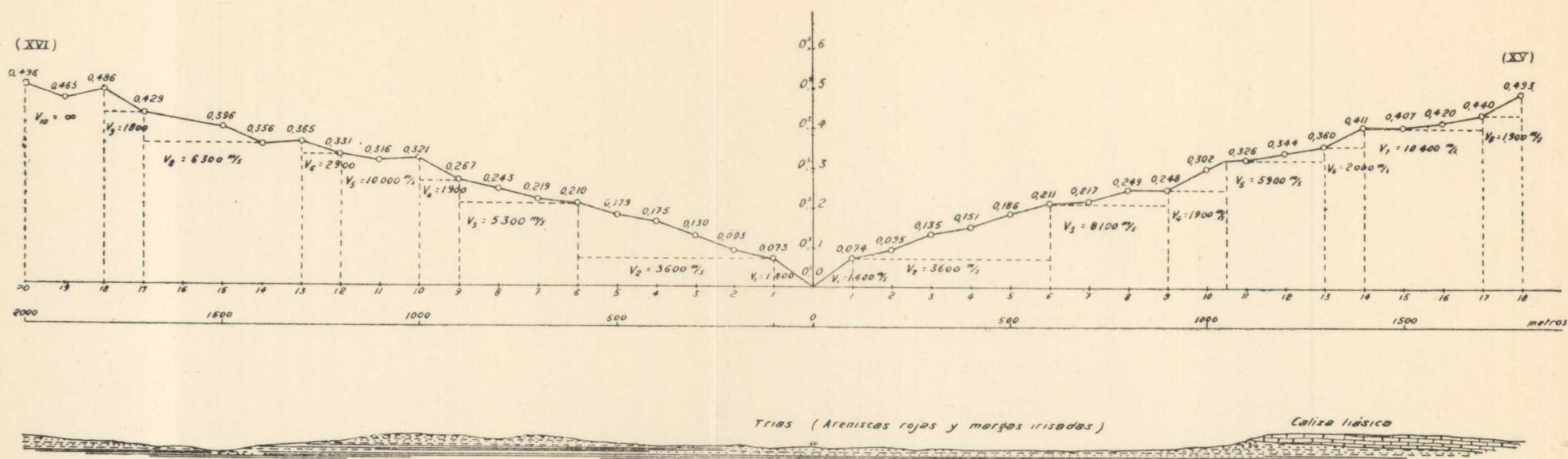


Fig. 57.—Líneas dromocrónicas números XV-XVI

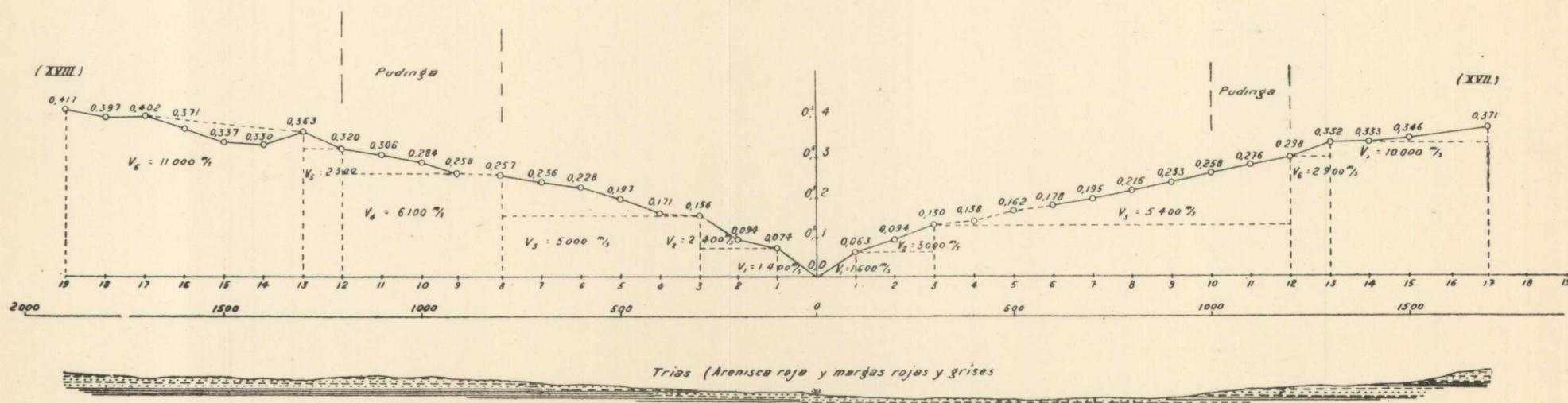


Fig. 58.—Líneas dromocrónicas números XVII-XVIII

$$V_{0-17} = \frac{1.760}{0,434} = 4.000 \text{ m/s.} \quad V_{0-19} = \frac{1.960}{0,466} = 4.200 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-18} = \frac{1.860}{0,465} = 4.000 \quad \gg \quad V_{0-20} = \frac{2.060}{0,491} = 4.200 \quad \gg$$

En la correspondiente curva dromocrónica se observan los mismos horizontes que en la mencionada línea XVIII anterior, solamente que en aquélla el rayo sísmico atravesaba las capas del Trías, en el sentido ascendente (al igual que en la próxima línea XX); en ésta lo hace en el descendente. Eso se comprueba por las profundidades que se obtienen para la caliza y pudinga, y por las velocidades aparentes, mucho mayores cuando el perfil es ascendente.

Los parámetros obtenidos para los diferentes paquetes han sido:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{160}{0,099} = 1.600 \text{ m/s.}$$

para la cubierta detrítica.

$$V_2 = V_{1-5} = \frac{560 - 160}{0,212 - 0,099} = 3.600 \text{ m/s.}$$

para las margas yesíferas, manifestándose probablemente una capa de anhidrita entre las estaciones 3 y 4.

$$V_3 = V_{5-9} = \frac{960 - 560}{0,289 - 0,212} = 5.200 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de la caliza triásica.

$$V_4 = V_{9-10} = \frac{1.600 - 960}{0,338 - 0,289} = 2.000 \text{ m/s.}$$

la aparente que corresponde a las areniscas o margas

$$V_5 = V_{10-12} = \infty$$

es el parámetro que indica la conocida pudinga.

$$V_6 = V_{12-13} = \frac{1.360 - 1.260}{0,386 - 0,350} = 2.800 \text{ m/s.}$$

representa por su disminución de velocidad el fondo mar-goso del contacto con el Carbonífero.

$$V_7 = V_{13-14} = \infty$$

es el cambio brusco con que se manifiesta el principio del Carbonífero.

$$V_8 = V_{14-16} = \frac{1.660 - 1.460}{0,443 - 0,377} = 3.200 \text{ m/s.}$$

indica un horizonte de menor constante sísmica que el anterior, perteneciente al mismo.

$$V_9 = V_{16-17} = \infty \text{ y}$$

$$V_{10} = V_{17-20} = \frac{2.060 - 1.760}{0,491 - 0,434} = 5.300 \text{ m/s.}$$

representan al Carbonífero más compacto.

Hecho el cálculo de profundidades resulta:

La caliza triásica a

$$560 \times 0,23 = 129 \text{ m.}$$

La pudinga a

$$1.060 \times 0,23 = 244 \text{ m.}$$

El muro de la misma a

$$1.260 \times 0,23 = 290 \text{ m. de profundidad}$$

y la superficie del Carbonífero a

$$1.360 \times 0,23 = 313 \text{ m.}$$

*Línea XX.*—Es la contralínea de la anterior, por lo tanto con el mismo origen y en la dirección del Sur magnético.

Tiene 1.860 metros de longitud.

El acostumbrado cuadro de valores de velocidades medias en el barreno, ha resultado como sigue:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{160}{0,106} = 1.500 \text{ m/s.} & V_{0-10} = \frac{1.060}{0,252} = 4.200 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{260}{0,127} = 2.100 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.160}{0,273} = 4.200 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{360}{0,170} = 2.100 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.260}{0,293} = 4.300 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{460}{0,193} = 2.400 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.360}{0,323} = 4.200 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{560}{0,201} = 2.800 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.480}{0,340} = 4.300 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{660}{0,218} = 3.000 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.570}{0,360} = 4.400 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{760}{0,219} = 3.500 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{1.660}{0,381} = 4.400 \text{ »} \\ V_{0-8} = \frac{860}{0,257} = 3.400 \text{ »} & V_{0-17} = \frac{1.760}{0,430} = 4.100 \text{ »} \\ V_{0-9} = \frac{960}{0,228} = 4.200 \text{ »} & V_{0-18} = \frac{1.860}{0,410} = 4.500 \text{ »} \end{array}$$

Dibujada la dromocrónica con los datos de campo se pueden apreciar los mismos horizontes de la contralínea.

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{160}{0,106} = 1.500 \text{ m/s.}$$

es el parámetro de la cubierta moderna.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{460 - 160}{0,193 - 0,106} = 3.500 \text{ m/s.}$$

es debido a las margas yesosas.

$$V_3 = V_{4-7} = \frac{760 - 460}{0,219 - 0,193} = 19.000 \text{ m/s.}$$

el valor aparente de la caliza triásica que atraviesa el rayo sísmico en sentido ascendente.

$$V_4 = V_{7-8} = \frac{860 - 760}{0,257 - 0,219} = 2.600 \text{ m/s.}$$

es el correspondiente al horizonte de areniscas o de margas.

$$V_5 = V_{8-11} = \frac{1.160 - 860}{0,273 - 0,257} = 19.000 \text{ m/s.}$$

representa a la pudinga cuarzosa.

$$V_6 = V_{12-13} = \frac{1.360 - 1.260}{0,323 - 0,293} = 3.300 \text{ m/s.}$$

la disminución de la constante, debida a las margas del fondo.

$$V_7 = V_{13-14} = \frac{1.480 - 1.360}{0,340 - 0,323} = 7.100 \text{ m/s.}$$

indica que el rayo sísmico ha llegado al Carbonífero.

Igualmente que en la contralínea el próximo paquete

$$V_8 = V_{14-17} = \frac{1.760 - 1.480}{0,430 - 0,340} = 3.100 \text{ m/s.}$$

se manifiesta menos compacto que los horizontes más profundos del mismo tramo.

$$V_9 = V_{17-18} = \infty$$

indica que se han alcanzado ya los paquetes de mayor cohesión, probablemente el hullero inferior.

La profundidad de la caliza triásica resulta a los

$$460 \times 0,23 = 106 \text{ m.}$$

El techo de la pudinga a los

$$860 \times 0,23 = 198 \text{ m.}$$

Su muro a

$$1.220 \times 0,23 = 281 \text{ m.}$$

y el Carbonífero a

$$1.360 \times 0,23 = 313 \text{ m.}$$

De la observación de las líneas XIX y XX se llega a la conclusión de que la profundidad en el barreno común del techo de la pudinga es de

$$\frac{244 + 198}{2} = 221 \text{ m.}$$

la de su muro

$$\frac{290 + 281}{2} = 286 \text{ m.}$$

y la del contacto con el Carbonífero a

$$\frac{313 + 313}{2} = 313 \text{ m.}$$

*Línea XXI.*—El barreno se ha emplazado unos 300 metros al Oeste de la aldea de Vega y el desarrollo de la línea

se ha hecho en dirección NE. Consta de 12 estaciones y 1.200 metros de longitud.

A continuación se reproduce el acostumbrado cuadro de valores medios tomados desde el origen:

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= \frac{100}{0,066} = 1.500 \text{ m/s.} & V_{0-7} &= \frac{700}{0,191} = 3.700 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} &= \frac{200}{0,081} = 2.500 \text{ »} & V_{0-8} &= \frac{800}{0,226} = 3.500 \text{ »} \\ V_{0-3} &= \frac{300}{0,123} = 2.400 \text{ »} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,252} = 3.600 \text{ »} \\ V_{0-4} &= \frac{400}{0,129} = 3.100 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,314} = 3.200 \text{ »} \\ V_{0-5} &= \frac{500}{0,154} = 3.300 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,338} = 3.300 \text{ »} \\ V_{0-6} &= \frac{600}{0,174} = 3.500 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,363} = 3.300 \text{ »} \end{aligned}$$

Construída la curva dromocrónica se distinguen en ella los parámetros que se citan:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,066} = 1.500 \text{ m/s.}$$

que corresponde a la cubierta descompuesta.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,123 - 0,066} = 3.500 \text{ m/s.}$$

es la velocidad con que se manifiestan las areniscas y margas menos profundas.

$$V_3 = V_{3-4} = \infty$$

representa el horizonte característico de caliza triásica.

$$V_4 = V_{4-5} = \frac{500 - 400}{0,154 - 0,129} = 4.000 \text{ m/s.}$$

el de las areniscas más profundas del tramo.

$$V_5 = V_{6-7} = \frac{700 - 600}{0,191 - 0,174} = 6.500 \text{ m/s.}$$

indica, seguramente, la capa de pudinga.

$$V_6 = V_{7-10} = \frac{1.000 - 700}{0,314 - 0,191} = 2.400 \text{ m/s.}$$

es la velocidad medida en otros perfiles para las capas más deleznable del hullero, que es normal corresponda precisamente a las capas alternantes de pizarra, arenisca y carbón. Además comprende a las margas del fondo del Triás, generalmente de poco espesor y que se confunde con las citadas capas del hullero por tener la misma constante sísmica.

$$V_7 = V_{10-12} = \frac{1.200 - 1.000}{0,363 - 0,314} = 4.100 \text{ m/s.}$$

es el parámetro de un paquete más compacto de areniscas o pizarras.

Admitidos estos resultados, la profundidad del techo de la pudinga es

$$550 \times 0,23 = 127 \text{ m.}$$

La de su muro:

$$700 \times 0,23 = 161 \text{ m.}$$

y la del Carbonífero a

$$800 \times 0,23 = 184 \text{ m.}$$

*Línea XXII.*—Parte del mismo origen que la anterior, pero su dirección y sentido es SO.

Se compone de 13 estaciones con 1.300 metros de longitud.

Reproducimos el acostumbrado cuadro de valores de las velocidades medias:

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{100}{0,062} = 1.600 \text{ m/s.} & V_{0-8} = \frac{800}{0,271} = 3.000 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{200}{0,100} = 2.000 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{900}{0,318} = 2.800 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{325}{0,136} = 2.400 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,320} = 3.100 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{400}{0,126} = 3.200 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,338} = 3.300 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{500}{0,165} = 3.000 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,388} = 3.100 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{600}{0,185} = 3.200 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,415} = 3.100 \text{ »} \\
 V_{0-7} = \frac{700}{0,213} = 3.300 \text{ »} &
 \end{array}$$

En la curva dromocrónica correspondiente se distinguen los mismos horizontes que en la anterior, representados por las siguientes constantes sísmicas:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,062} = 1.600 \text{ m/s.}$$

que es la debida a la cubierta detrítica.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{325 - 100}{0,136 - 0,062} = 3.000 \text{ m/s.}$$

la de las margas triásicas.

$$V_3 = V_{3-4} = \infty$$

el valor aparente de la conocida capa caliza.

$$V_4 = V_{4-5} = \frac{500 - 400}{0,165 - 0,126} = 2.600 \text{ m/s.}$$

el que corresponde a las margas (o areniscas) siguientes:

$$V_5 = V_{5-6} = \frac{600 - 500}{0,185 - 0,165} = 5.000 \text{ m/s.}$$

por su situación en la línea indica el horizonte de pudinga.

$$V_6 = V_{6-9} = \frac{900 - 600}{0,318 - 0,185} = 2.300 \text{ m/s.}$$

es el mismo parámetro que aparece en la contralínea que se atribuye a los paquetes pizarreños del hullero, comprendiendo además un espesor no determinable de margas de contacto.

$$V_7 = V_{9-11} = \frac{1.100 - 900}{0,338 - 0,318} = 10.000 \text{ m/s. y}$$

$$V_8 = V_{11-13} = \frac{1.300 - 1.100}{0,415 - 0,338} = 2.600 \text{ m/s.}$$

Son valores aparentes de horizontes compactos y delez-nables del mismo tramo, de la misma forma que se manifestó en otras líneas.

La profundidad de la pudinga

$$500 \times 0,23 = 115 \text{ m.}$$

La del muro de esta misma.:

$$600 \times 0,23 = 138 \text{ m.}$$

y la de la superficie carbonífera a

$$700 \times 0,23 = 161 \text{ m.}$$

Resumiendo los resultados obtenidos en las dos líneas se llega a las siguientes conclusiones:

Que el techo de la pudinga en el barreno queda a una profundidad de

$$\frac{115 + 127}{2} = 121 \text{ m.}$$

su muro a

$$\frac{161 + 138}{2} = 150 \text{ m.}$$

y la superficie del Carbonífero a

$$\frac{184 + 161}{2} = 173 \text{ m.}$$

Hay que tener en cuenta que el espesor que se deduce de estas cifras es el teórico.

En la realidad debe de ser bastante menor, ya que las velocidades aparentes de la dromocrónica son también menos destacadas en la curva.

De la pequeña constante sísmica con que aparece el Carbonífero se deduce que nos encontramos sobre los paquetes más deleznable; por lo tanto, que hay muchas probabilidades de que sean los carbonosos.

*Línea XXIII.*—Su barreno se ha situado en el camino viejo de Granda a Marco de Abajo, a unos 700 metros al SO. de la carretera de Pola de Siero.

Tiene una longitud de 1.400 metros y su dirección es al NE.

A continuación se escribe la lista de valores de las velocidades medias, tomadas desde el origen:

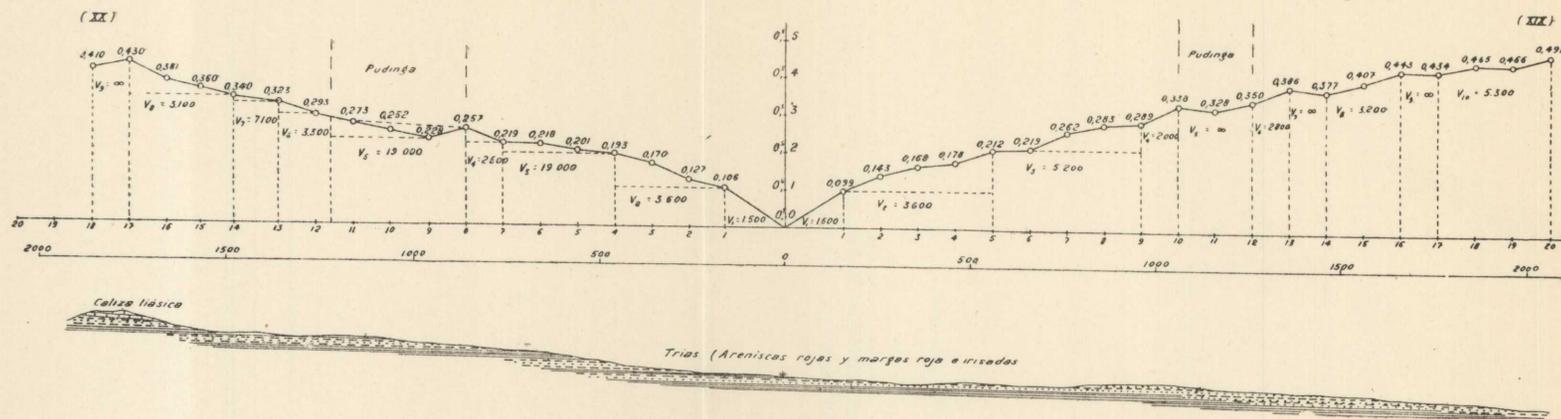


Fig. 59.—Líneas dromocrónicas números XIX-XX

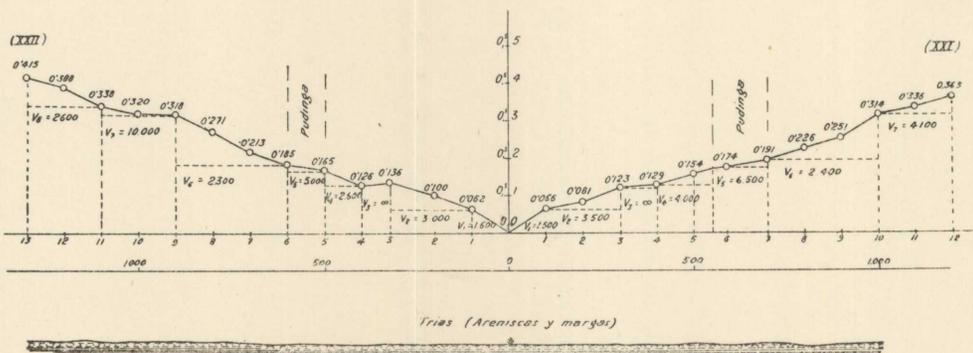


Fig. 60.—Líneas dromocrónicas números XXI-XXII

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{0,090}{0,069} = 1.300 \text{ m/s.} & V_{0-8} = \frac{0,800}{0,229} = 3.500 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{0,200}{0,104} = 1.900 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{0,900}{0,274} = 3.300 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{0,300}{0,130} = 2.300 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1,000}{0,334} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{0,390}{0,142} = 2.700 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1,100}{0,345} = 3.200 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{0,500}{0,179} = 2.800 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1,200}{0,360} = 3.300 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{0,600}{0,180} = 3.300 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1,300}{0,385} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-7} = \frac{0,700}{0,230} = 3.000 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1,400}{0,026} = 3.300 \text{ »}
 \end{array}$$

Dibujada la curva dromocrónica se observan en ella parámetros comparables a los correspondientes a los horizontes ya conocidos:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{90}{0,069} = 1.300 \text{ m/s.}$$

es el correspondiente a la cubierta detrítica.

$$V_2 = V_{1-8} = \frac{300 - 90}{0,130 - 0,069} = 3.500 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de las areniscas triásicas.

$$V_3 = V_{3-4} = \frac{390 - 300}{0,138 - 0,130} = 11.000 \text{ m/s.}$$

el valor aparente de la conocida capa caliza.

$$V_4 = V_{4-5} = \frac{500 - 390}{0,179 - 0,138} = 2.700 \text{ m/s.}$$

el debido a nuevas areniscas del mismo tramo.

$$V_5 = V_{5-6} = \infty$$

indica el horizonte característico de pudinga cuarzosa.

$$V_6 = V_{6-7} = \frac{700 - 600}{0,230 - 0,180} = 2.000 \text{ m/s.}$$

es la constante de las margas arcillosas del contacto con el Carbonífero.

De los siguientes valores:

$$V_7 = V_{7-8} = \infty$$

$$V_8 = V_{8-10} = \frac{1.000 - 800}{0,334 - 0,229} = 1.900 \text{ m/s.}$$

$$V_9 = V_{10-12} = \frac{1.200 - 1.000}{0,360 - 0,334} = 7.700 \text{ »}$$

$$V_{10} = V_{12-14} = \frac{1.400 - 1.200}{0,426 - 0,360} = 3.000 \text{ »}$$

se puede deducir que el rayo sísmico atraviesa todavía en este lugar el pliegue productivo del hullero inframedio, aunque probablemente en su borde.

La profundidad de la caliza triásica resulta

$$300 \times 0,23 = 69 \text{ m.}$$

la del techo de la pudinga

$$500 \times 0,23 = 115 \text{ m.}$$

la de su muro

$$600 \times 0,23 = 138 \text{ m.}$$

y la del Carbonífero

$$700 \times 0,23 = 161 \text{ m.}$$

*Línea XXIV.*—Parte del mismo origen, pues es la contralínea de la anterior.

Tiene dirección SO. y 1.700 metros de longitud.

A continuación se indican los acostumbrados valores de las velocidades medias tomados desde el barreno:

$$V_{0-1} = \frac{0,100}{0,074} = 1.400 \text{ m/s.} \quad V_{0-9} = \frac{0,900}{0,264} = 3.400 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{0,200}{0,092} = 2.200 \text{ »} \quad V_{0-10} = \frac{1,000}{0,328} = 3.000 \text{ »}$$

$$V_{0-3} = \frac{0,300}{0,129} = 2.300 \text{ »} \quad V_{0-11} = \frac{1,100}{0,340} = 3.200 \text{ »}$$

$$V_{0-4} = \frac{0,400}{0,156} = 2.600 \text{ »} \quad V_{0-12} = \frac{1,200}{0,370} = 3.200 \text{ »}$$

$$V_{0-5} = \frac{0,500}{0,187} = 2.700 \text{ »} \quad V_{0-14} = \frac{1,400}{0,424} = 3.000 \text{ »}$$

$$V_{0-6} = \frac{0,600}{0,196} = 3.100 \text{ »} \quad V_{0-15} = \frac{1,500}{0,478} = 3.100 \text{ »}$$

$$V_{0-7} = \frac{0,700}{0,206} = 3.400 \text{ »} \quad V_{0-16} = \frac{1,600}{0,480} = 3.300 \text{ »}$$

$$V_{0-8} = \frac{0,800}{0,258} = 3.100 \text{ »} \quad V_{0-17} = \frac{1,700}{0,520} = 3.300 \text{ »}$$

Estudiada la curva dromocrónica se pueden diferenciar en ella los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,074} = 1.300 \text{ m/s.}$$

en representación de la cubierta detrítica.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,130 - 0,074} = 3.600 \text{ m/s.}$$

que indica el horizonte de areniscas y margas.

$$V_3 = V_{3-4} = \frac{400 - 300}{0,156 - 0,130} = 3.900 \text{ m/s.}$$

la caliza triásica que, sin duda, atraviesa el rayo sísmico en sentido ascendente.

$$V_4 = V_{4-5} = \frac{500 - 400}{0,187 - 0,156} = 3.200 \text{ m/s.}$$

que es la constante sísmica del segundo horizonte de areniscas o margas.

$$V_5 = V_{6-7} = \frac{700 - 600}{0,206 - 0,196} = 10.000 \text{ m/s.}$$

es el parámetro característico de la pudinga cuarzosa.

$$V_6 = V_{7-8} = \frac{800 - 700}{0,258 - 0,206} = 1.900 \text{ m/s.}$$

corresponde, como de costumbre, a la disminución de velocidad que producen las margas arcillosas del contacto con el Carbonífero.

Los siguientes:

$$V_7 = V_{8-9} = \infty$$

$$V_8 = V_{9-10} = \frac{1.000 - 900}{0,328 - 0,264} = 1.600 \text{ m/s.}$$

$$V_9 = V_{10-12} = \frac{1.200 - 1.000}{0,370 - 0,328} = 4.800 \text{ m/s.}$$

$$V_{10} = V_{12-15} = \frac{1.500 - 1.200}{0,478 - 0,370} = 2.800 \text{ »}$$

$$V_{11} = V_{15-17} = \frac{1.700 - 1.500}{0,520 - 0,478} = 4.800 \text{ »}$$

indican los paquetes alternantes de más o menos compacidad del Carbonífero.

La profundidad en la caliza triásica resulta a

$$300 \times 0,23 = 69 \text{ m.}$$

La de la pudinga a

$$540 \times 0,23 = 124 \text{ m.}$$

La del muro de la misma a

$$700 \times 0,23 = 161 \text{ m.}$$

y la de la superficie del Carbonífero

$$800 \times 0,23 = 184 \text{ m.}$$

Resumiendo las dos líneas efectuadas a partir del barreno común, las profundidades en éste resultan:

Para la caliza triásica:

$$\frac{69 + 69}{2} = 69 \text{ m.}$$

Para el techo de la pudinga

$$\frac{115 + 124}{2} = 120 \text{ m.}$$

Para su muro

$$\frac{138 + 161}{2} = 150 \text{ m.}$$

y para el Carbonífero

$$\frac{161 + 184}{2} = 173 \text{ m.}$$

*Línea XXV.*—El origen de esta línea es un punto situa-

do a 300 metros al NO. del kilómetro 467,700 de la carretera de Adanero a Gijón.

Su dirección es la NE., con una longitud total de 1.800 metros.

A continuación se presenta la lista de las velocidades medias:

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{0,100}{0,116} = 900 \text{ m/s.} & V_{0-10} = \frac{1,000}{0,330} = 3.000 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{0,200}{0,134} = 1.500 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1,100}{0,355} = 3.100 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{0,300}{0,172} = 1.700 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1,200}{0,387} = 3.100 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{0,400}{0,190} = 2.100 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1,290}{0,360} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{0,500}{0,202} = 2.500 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1,400}{0,414} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{0,600}{0,214} = 2.800 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1,500}{0,430} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-7} = \frac{0,700}{0,235} = 3.000 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{1,600}{0,440} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-8} = \frac{0,800}{0,281} = 2.800 \text{ »} & V_{0-17} = \frac{1,700}{0,482} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-9} = \frac{0,900}{0,291} = 3.100 \text{ »} & V_{0-18} = \frac{1,800}{0,490} = 2.700 \text{ »}
 \end{array}$$

De la observación de la línea dromocrónica se deduce la existencia de los mismos horizontes ya conocidos.

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,116} = 900 \text{ m/s.}$$

es el parámetro de la cubierta arcillosa.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,172 - 0,116} = 3.600 \text{ m/s.}$$

el debido a las areniscas y margas.

$$V_3 = V_{4-6} = \frac{600 - 400}{0,214 - 0,190} = 8.300 \text{ m/s.}$$

es la velocidad aparente de la caliza triásica.

$$V_4 = V_{6-8} = \frac{800 - 600}{0,281 - 0,214} = 3.000 \text{ m/s.}$$

la correspondiente al segundo paquete de areniscas o margas.

$$V_6 = V_{9-10} = \frac{900 - 800}{0,330 - 0,291} = 2.600 \text{ m/s.}$$

representa el conocido horizonte arcillo-margoso de la base del Triás.

$$V_7 = V_{10-12} = \frac{1,200 - 1,000}{0,387 - 0,330} = 3.500 \text{ m/s. y}$$

$$V_8 = V_{12-18} = \frac{1,800 - 1,200}{0,490 - 0,387} = 5.800 \text{ m/s.}$$

con constantes sísmicas de dos horizontes del Carbonífero; el primero puede ser de pizarras y areniscas, y el segundo de calizas.

Las profundidades que resultan de esta interpretación han sido:

$$350 \times 0,23 = 80 \text{ m.}$$

para la caliza triásica;

$$800 \times 0,23 = 184 \text{ m.}$$

para la pudinga cuarzosa;

$$900 \times 0,23 = 207 \text{ m.}$$

para el muro de esta misma, y

$$1.000 \times 0,23 = 230 \text{ m.}$$

para la superficie de contacto del Carbonífero.

*Línea XXVI.*—Es la contralínea de la XXV; por lo tanto, sus barrenos son comunes. Su dirección es la SO. y tiene 1.700 metros de longitud.

Reproducimos el acostumbrado cuadro de valores de las velocidades medias:

$V_{0-1} = \frac{0,100}{0,098} = 1.000 \text{ m/s.}$	$V_{0-10} = \frac{1.000}{0,322} = 3.100 \text{ m/s.}$
$V_{0-2} = \frac{0,200}{0,124} = 1.600 \text{ »}$	$V_{0-11} = \frac{1.100}{0,346} = 3.200 \text{ »}$
$V_{0-3} = \frac{0,300}{0,154} = 1.900 \text{ »}$	$V_{0-12} = \frac{1.200}{0,369} = 3.300 \text{ »}$
$V_{0-4} = \frac{0,400}{0,161} = 2.500 \text{ »}$	$V_{0-13} = \frac{1.300}{0,386} = 3.400 \text{ »}$
$V_{0-5} = \frac{0,500}{0,194} = 2.600 \text{ »}$	$V_{0-14} = \frac{1.400}{0,429} = 3.300 \text{ »}$
$V_{0-6} = \frac{0,600}{0,234} = 2.600 \text{ »}$	$V_{0-15} = \frac{1.500}{0,461} = 3.300 \text{ »}$
$V_{0-7} = \frac{0,700}{0,270} = 2.600 \text{ »}$	$V_{0-16} = \frac{1.600}{0,495} = 3.200 \text{ »}$
$V_{0-8} = \frac{0,800}{0,258} = 3.100 \text{ »}$	$V_{0-17} = \frac{1.700}{0,521} = 3.300 \text{ »}$
$V_{0-9} = \frac{0,900}{0,288} = 3.100 \text{ »}$	

Al estudiar la curva dromocrónica se distinguen los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,098} = 1.000 \text{ m/s.}$$

en representación de la cubierta arcillosa.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,154 - 0,098} = 3.600 \text{ m/s.}$$

que es la velocidad sísmica de las areniscas y margas.

$$V_3 = V_{3-5} = \frac{500 - 300}{0,194 - 0,154} = 5.000 \text{ m/s.}$$

la correspondiente a la capa de caliza.

$$V_4 = V_{5-7} = \frac{700 - 500}{0,270 - 0,194} = 2.600 \text{ m/s.}$$

es la constante del segundo horizonte de margas.

$$V_5 = V_{7-8} = \infty$$

indica claramente la pudinga cuarzosa.

$$V_6 = V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,288 - 0,258} = 3.300 \text{ m/s.}$$

es la disminución de velocidad de las margas del contacto con el Carbonífero.

$$V_7 = V_{9-11} = \frac{1.100 - 900}{0,346 - 0,258} = 3.400 \text{ m/s.}$$

$$V_8 = V_{11-13} = \frac{1.300 - 1.100}{0,386 - 0,346} = 5.000 \text{ m/s. y}$$

$$V_9 = V_{13-17} = \frac{1.700 - 1.300}{0,521 - 0,386} = 3.000 \text{ m/s.}$$

Son valores correspondientes a horizontes carboníferos.

Aplicando el coeficiente convenido, se obtienen las profundidades siguientes:

$$300 \times 0,23 = 69 \text{ m.}$$

para la caliza triásica;

$$700 \times 0,23 = 161 \text{ m.}$$

para el techo de la pudinga;

$$800 \times 0,23 = 184 \text{ m.}$$

para el muro de la misma, y

$$900 \times 0,23 = 207 \text{ m.}$$

para el Carbonífero.

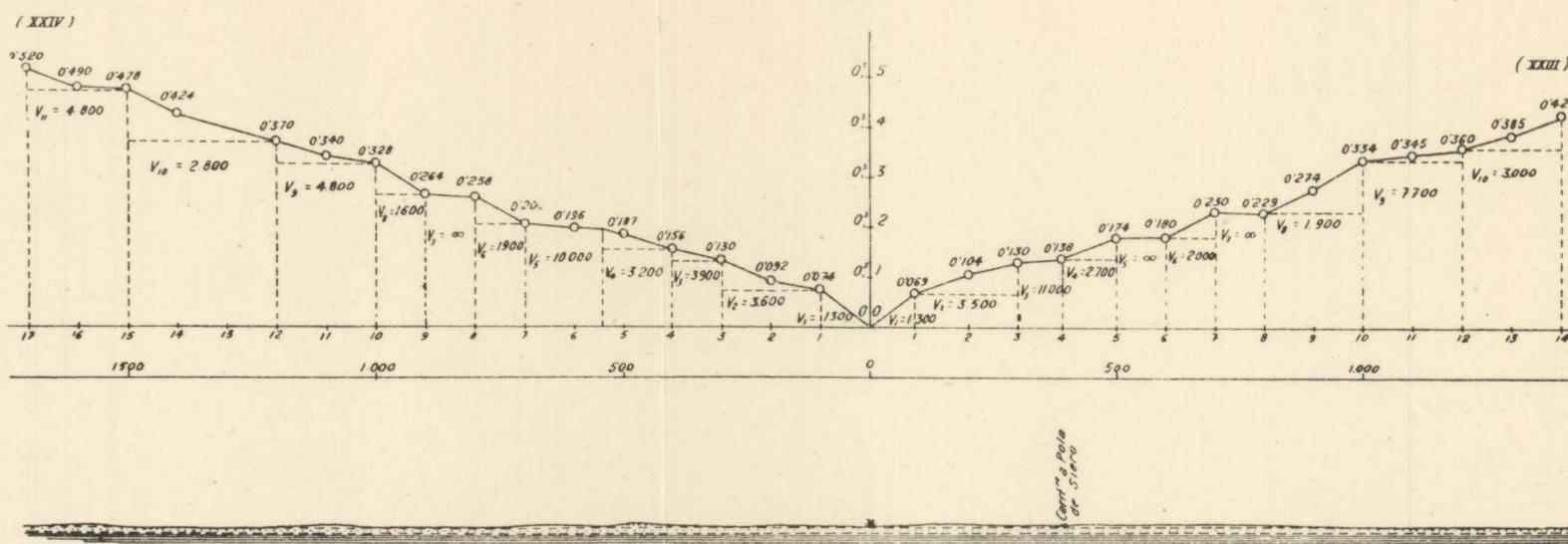
De la observación de las dos líneas en conjunto, se llega a la conclusión de que éstas no coinciden exactamente con la dirección de estratificación del Carbonífero. Al presentarse las capas de éste casi verticales, no es extraño que la primera atravesase capas diferentes que la segunda.

Así resulta que se manifiestan los mismos horizontes, lo más, hasta las posiciones 14 de la XXV y 13 de la XXVI, pero a partir de ellas, mientras una avanza sobre capas muy compactas (principalmente calizas) la segunda lo hace sobre un paquete de menor cohesión (posiblemente pizarras).

La profundidad que resulta en el origen común de las dos líneas para los bancos característicos, ha sido:

$$\frac{80 + 69}{2} = 75 \text{ m.}$$

para la caliza triásica.



Trias (Areniscas y margas)

Fig. 61.—Líneas dromocrónicas números XXIII-XXIV

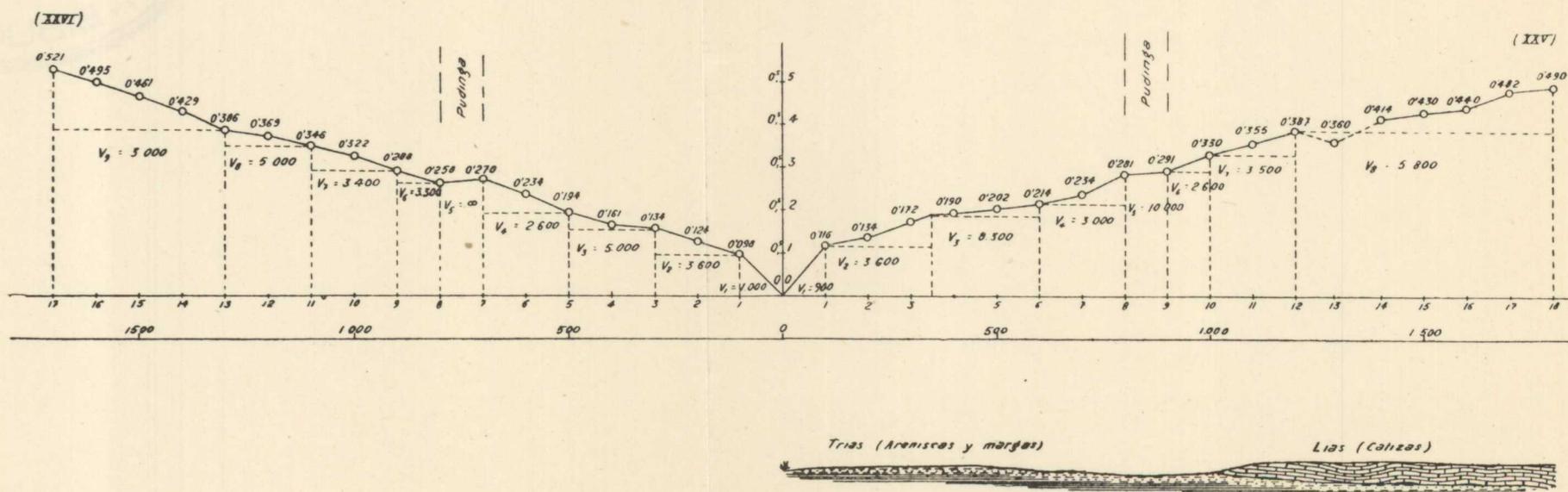


Fig. 62.—Líneas dromocrónicas números XXV-XXVI

$$\frac{184 + 161}{2} = 172 \text{ m.}$$

para el techo de la pudinga.

$$\frac{207 + 184}{2} = 196 \text{ m.}$$

para el muro de la misma, y

$$\frac{230 + 207}{2} = 218 \text{ m.}$$

para la superficie del Carbonífero.

*Línea XXVII.*—Las explosiones de la línea XXVII se han hecho en un lugar situado entre las carreteras de Adanero y Carbonera, a 500 metros al Oeste del kilómetro 33 de esta última, y tiene la dirección E. 15° N.

De la observación geológica se deduce que todo el perfil se realiza sobre las calizas liásicas.

Como de costumbre se presenta la lista de los valores de las velocidades medias tomadas desde el barreno.

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{0,100}{0,068} = 1.500 \text{ m/s.} & V_{0-7} = \frac{0,700}{0,204} = 3.400 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{0,200}{0,092} = 2.200 \text{ »} & V_{0-8} = \frac{0,800}{0,222} = 3.600 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{0,300}{0,112} = 2.700 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{0,900}{0,246} = 3.700 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{0,400}{0,126} = 3.200 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1,000}{0,275} = 3.600 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{0,500}{0,133} = 3.800 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1,100}{0,315} = 3.500 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{0,600}{0,180} = 3.300 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1,200}{0,342} = 3.500 \text{ »} \end{array}$$

$$V_{0-13} = \frac{1.300}{0,353} = 3.700 \text{ m/s.} \quad V_{0-16} = \frac{1.600}{0,466} = 3.400 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-14} = \frac{1.400}{0,409} = 3.400 \text{ »} \quad V_{0-17} = \frac{1.700}{0,498} = 3.400 \text{ »}$$

$$V_{0-15} = \frac{1.500}{0,446} = 3.400 \text{ »} \quad V_{0-18} = \frac{1.800}{0,512} = 3.500 \text{ »}$$

Dibujada la curva dromocrónica con los datos de campo, se observa en ella un nuevo horizonte que no aparecía en los anteriores: la caliza liásica.

Analicemos los diferentes parámetros que se aprecian:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,069} = 1.500 \text{ m/s.}$$

representa la cubierta detrítica.

$$V_2 = V_{1-5} = \frac{500 - 100}{0,140 - 0,069} = 5.600 \text{ m/s.}$$

es la velocidad media que corresponde a la caliza liásica; la parte más alta descompuesta y el resto del horizonte muy compacto.

$$V_3 = V_{5-6} = \frac{600 - 800}{0,193 - 0,140} = 1.900 \text{ m/s.}$$

es el valor aparente de las margas triásicas, que por estar recubiertas por un horizonte de mucha mayor constante sísmica, se presentan con menor velocidad y menor espesor del real.

$$V_4 = V_{6-7} = \frac{700 - 600}{0,206 - 0,193} = 7.700 \text{ m/s.}$$

indica en el gráfico la capa caliza del Triás.

$$V_5 = V_{7-9} = \frac{900 - 700}{0,315 - 0,206} = 1.900 \text{ m/s.}$$

representa al segundo horizonte de margas del mismo tramo.

$$V_6 = V_{9-11} = \infty$$

es el parámetro de la pudinga cuarzosa.

$$V_7 = V_{11-14} = \frac{1.400 - 1.100}{0,496 - 0,319} = 1.700 \text{ m/s.}$$

el correspondiente a las margas arcillosas del fondo del Triás.

$$V_8 = V_{14-16} = \infty$$

indica que el rayo sísmico ha alcanzado poco horizonte compacto del hullero.

La caliza liásica empieza cerca de la superficie y termina a

$$500 \times 0,23 = 115 \text{ m.}$$

La profundidad de la caliza triásica resulta en este perfil a

$$600 \times 0,23 = 138 \text{ m.}$$

la del techo de la pudinga cuarzosa a

$$900 \times 0,23 = 207 \text{ m.}$$

y la de su muro a

$$1.100 \times 0,23 = 253 \text{ m.}$$

La superficie del Carbonífero está a

$$1.400 \times 0,23 = 324 \text{ m.}$$

*Línea XXVIII.*—Parte del origen mismo que la línea XXVII y tiene dirección opuesta a aquélla, por lo tanto O. 15° S.

Consta de 18 estaciones, con 1.800 metros de longitud.

Las velocidades medias tomadas a partir del barreno, se indican en el cuadro siguiente:

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{0,100}{0,068} = 1.500 \text{ m/s.} & V_{0-10} = \frac{1,000}{0,275} = 3.600 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{0,200}{0,092} = 2.200 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1,100}{0,315} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{0,300}{0,112} = 2.700 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1,200}{0,342} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{0,400}{0,126} = 3.200 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1,300}{0,353} = 3.700 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{0,500}{0,133} = 3.800 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1,400}{0,409} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{0,600}{0,180} = 3.300 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1,500}{0,446} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-7} = \frac{0,700}{0,204} = 3.400 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{1,600}{0,466} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-8} = \frac{0,800}{0,222} = 3.600 \text{ »} & V_{0-17} = \frac{1,700}{0,498} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-9} = \frac{0,900}{0,246} = 3.700 \text{ »} & V_{0-18} = \frac{1,800}{0,512} = 3.500 \text{ »}
 \end{array}$$

Sobre la dromocrónica correspondiente se pueden distinguir los mismos horizontes de la contralínea, observándose también que aumenta la profundidad en este sentido en las proximidades del barreno.

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,068} = 1.500 \text{ m/s.}$$

es el parámetro de la cubierta descompuesta.

$$V_2 = V_{1-5} = \frac{500 - 100}{0,133 - 0,068} = 6.100 \text{ m/s.}$$

el debido a la caliza liásica.

$$V_3 = V_{5-6} = \frac{600 - 500}{0,180 - 0,133} = 2.100 \text{ m/s.}$$

la velocidad aparente de las margas triásicas.

$$V_4 = V_{7-9} = \frac{900 - 700}{0,246 - 0,204} = 4.800 \text{ m/s.}$$

la correspondiente a la caliza de la misma edad.

$$V_5 = V_{9-11} = \frac{1.100 - 900}{0,315 - 0,246} = 2.900 \text{ m/s.}$$

es la constante del segundo horizonte de margas o areniscas.

$$V_6 = V_{12-13} = \frac{1.300 - 1.200}{0,353 - 0,342} = 9.100 \text{ m/s.}$$

el parámetro que representa a la pudinga cuarzosa.

$$V_7 = V_{13-15} = \frac{1.500 - 1.300}{0,446 - 0,353} = 2.100 \text{ m/s.}$$

es la disminución de velocidad que se aprecia al atravesarse las margas del fondo del Secundario.

$$V_8 = V_{15-18} = \frac{1.800 - 1.500}{0,512 - 0,446} = 4.500 \text{ m/s.}$$

corresponde a un paquete del Carbonífero, posiblemente areniscas y pizarras compactas.

Según este perfil la caliza liásica llega a una profundidad de

$$500 \times 0,23 = 115 \text{ m.}$$

El techo de la caliza triásica está a

$$650 \times 0,23 = 150 \text{ m.}$$

y su muro a

$$900 \times 0,23 = 207 \text{ m.}$$

El techo de la pudinga a

$$1.150 \times 0,23 = 265 \text{ m.}$$

y el muro de la misma a

$$1.300 \times 0,23 = 299 \text{ m.}$$

La superficie del Carbonífero se encuentra a

$$1.500 \times 0,23 = 345 \text{ m.}$$

De la observación de las dos líneas en conjunto se deducen las siguientes profundidades en el barreno común:

Para el muro de la caliza triásica

115 metros

Para la caliza triásica

$$\frac{138 + 150}{2} = 144 \text{ m.}$$

Para la pudinga

$$\frac{207 + 265}{2} = 236 \text{ m.}$$

para el muro de la misma

$$\frac{253 + 299}{2} = 276 \text{ m.}$$

y para la superficie del Carbonífero

$$\frac{324 + 345}{2} = 334 \text{ m.}$$

Además se concluye que el contacto del paleozoico buza hacia poniente, y que hacia levante, a partir del origen, se atraviesa un importante paquete pizarreño que apenas se manifiesta en la contralínea; lo que no es de extrañar, puesto que este perfil no lleva la dirección de estratificación del hullero.

*Línea XXIX.*—El origen de esta línea se ha situado a unos 300 metros al SE. del ferrocarril de Langreo, frente al hectómetro 4 de su kilómetro 36.

La dirección de la misma es el NE. magnético. Tiene 1.500 metros de longitud total.

A continuación se indica la acostumbrada lista de valores medios:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,081} = 1.200 \text{ m/s.} \quad V_{0-7} = \frac{700}{0,260} = 2.700 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{200}{0,139} = 1.400 \text{ »} \quad V_{0-8} = \frac{800}{0,292} = 2.700 \text{ »}$$

$$V_{0-3} = \frac{300}{0,185} = 1.600 \text{ »} \quad V_{0-9} = \frac{900}{0,301} = 3.000 \text{ »}$$

$$V_{0-4} = \frac{400}{0,308} = 1.900 \text{ »} \quad V_{0-10} = \frac{1.000}{0,359} = 2.800 \text{ »}$$

$$V_{0-5} = \frac{500}{0,203} = 2.500 \text{ »} \quad V_{0-11} = \frac{1.100}{0,373} = 2.900 \text{ »}$$

$$V_{0-6} = \frac{600}{0,216} = 2.800 \text{ »} \quad V_{0-12} = \frac{1.200}{0,349} = 3.400 \text{ »}$$

$$V_{0-13} = \frac{1.300}{0,361} = 3.600 \text{ m/s.} \quad V_{0-15} = \frac{1.500}{0,399} = 3.800 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-14} = \frac{1.400}{0,399} = 3.500 \text{ »}$$

Estudiada la dromocrónica correspondiente se distinguen los siguientes parámetros característicos:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,081} = 1.100 \text{ m/s.}$$

en representación de la cubierta detrítica.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,185 - 0,081} = 1.900 \text{ m/s.}$$

indica la existencia de las margas triásicas, pero muy arcillosas y descompuestas en este lugar.

$$V_3 = V_{4-6} = \frac{600 - 400}{0,216 - 0,208} = 25.000 \text{ m/s.}$$

es el parámetro correspondiente a la caliza de la misma edad, que por estar comprendida entre capas muy arcillosas aparece con un valor altísimo.

$$V_4 = V_{6-8} = \frac{800 - 600}{0,292 - 0,216} = 2.600 \text{ m/s.}$$

es un segundo horizonte de margas.

$$V_5 = V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,301 - 0,292} = 11.000 \text{ m/s.}$$

representa a la capa de pudinga cuarzosa.

$$V_6 = V_{9-10} = \frac{1.000 - 900}{0,359 - 0,301} = 1.700 \text{ m/s.}$$

es la disminución de constante que corresponde a la marga del contacto con el paleozoico.

$$V_7 = V_{10-15} = \frac{1.500 - 1.000}{0,390 - 0,359} = 16.000 \text{ m/s.}$$

es la velocidad aparente del Carbonífero.

El alto valor encontrado se debe a que el contacto del Secundario con el paleozoico se atraviesa en el sentido ascendente.

Del cálculo de profundidades se deduce para la caliza triásica:

$$350 \times 0,23 = 80 \text{ m.}$$

Para el techo de la pudinga

$$800 \times 0,23 = 184 \text{ m.}$$

Para el muro de la misma

$$900 \times 0,23 = 207 \text{ m.}$$

Para la superficie del Carbonífero

$$100 \times 0,23 = 230 \text{ m.}$$

*Línea XXX.*—Es la contralínea de la XXIX, por lo tanto parte del mismo origen; pero se desarrolla en dirección NE. magnético.

El cálculo de los valores de las velocidades medias, desde el barreno, nos ha suministrado la siguiente lista:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,099} = 1.000 \text{ m/s.} \quad V_{0-3} = \frac{300}{0,152} = 2.000 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{200}{0,111} = 1.800 \text{ »} \quad V_{0-4} = \frac{400}{0,167} = 2.400 \text{ »}$$

$$\begin{aligned}
 V_{0-5} &= \frac{500}{0,163} = 3.100 \text{ m/s.} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,311} = 3.200 \text{ m/s.} \\
 V_{0-6} &= \frac{600}{0,178} = 3.400 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,352} = 3.100 \text{ »} \\
 V_{0-7} &= \frac{700}{0,250} = 2.800 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,341} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-8} &= \frac{800}{0,237} = 3.400 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,359} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-9} &= \frac{900}{0,275} = 3.300 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Dibujada la correspondiente curva dromocrónica con los datos obtenidos en el campo, se diferencian en ella los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,099} = 1.000 \text{ m/s.}$$

indicando la cubierta descompuesta.

$$V_2 = V_{1-2} = \frac{200 - 100}{0,111 - 0,099} = 8.300 \text{ m/s.}$$

representa a las calizas triásicas, como se comprueba por el perfil geológico de las capas superficiales.

$$V_3 = V_{2-3} = \frac{300 - 200}{0,152 - 0,111} = 2.400 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de las margas del Triás.

$$V_4 = V_{4-6} = \frac{600 - 400}{0,178 - 0,167} = 18.000 \text{ m/s.}$$

el parámetro de la caliza del mismo tramo.

$$V_5 = V_{6-7} = \frac{700 - 600}{0,250 - 0,178} = 1.400 \text{ m/s.}$$

el aparente que corresponde a las areniscas o margas de la base.

$$V_6 = V_{7-8} = \infty$$

representa, lo mismo que en la contralínea, al horizonte de pudinga.

$$V_7 = V_{8-11} = \frac{1.100 - 800}{0,352 - 0,237} = 2.600 \text{ m/s.}$$

corresponde, sin duda, a las margas del fondo del Triás, que ahora tienen un gran espesor.

$$V_8 = V_{11-13} = \infty$$

indica el paso por capas mucho más duras y coherentes del Carbonífero.

Las profundidades obtenidas para los niveles característicos han sido:

La caliza triásica está a

$$330 \times 0,23 = 80 \text{ m.}$$

y el valor

$$700 \times 0,23 = 161 \text{ m.}$$

es la cifra que se obtiene para el techo de la pudinga.

$$800 \times 0,23 = 184 \text{ m.}$$

para el muro de la misma y

$$1.100 \times 0,23 = 253 \text{ m.}$$

para la superficie del Carbonífero.

Resumiendo las dos líneas XXIX y XXX, resultan las siguientes profundidades en el barreno común, para la caliza triásica:

$$\frac{80 + 80}{2} = 80 \text{ m.}$$

Para el techo de la pudinga cuarzosa

$$\frac{184 + 161}{2} = 172 \text{ m.}$$

Para su muro

$$\frac{207 + 184}{2} = 196 \text{ m.}$$

Para el Carbonífero

$$\frac{230 + 253}{2} = 241 \text{ m.}$$

En todas las líneas dromocrónicas se caracteriza claramente la formación triásica, cuya estratificación está muy poco inclinada. Debajo de la cubierta detrítica, a la que corresponde una velocidad sísmica media de 1.800 metros por segundo, se encuentran las margas y areniscas rojas con una constante de 3.500. A continuación están las calizas, que constituyen un horizonte geológico de gran continuidad en toda la región investigada. Su parámetro característico es de 5.000 metros por segundo. Debajo de las calizas se repite el nivel estratigráfico de las areniscas rojas, ya mencionado y, por último, se encuentra la capa de pudinga cuarzosa comprendida entre otras dos de margas, de cuya constante sísmica aparente, igual a infinito, ya hemos hablado.

La potencia total del conjunto estratigráfico constituido por la formación triásica, o sea, la profundidad de la superficie de la carbonífera, contada desde la superficie del suelo, oscila entre 138 metros, en la línea IV, situada cerca de

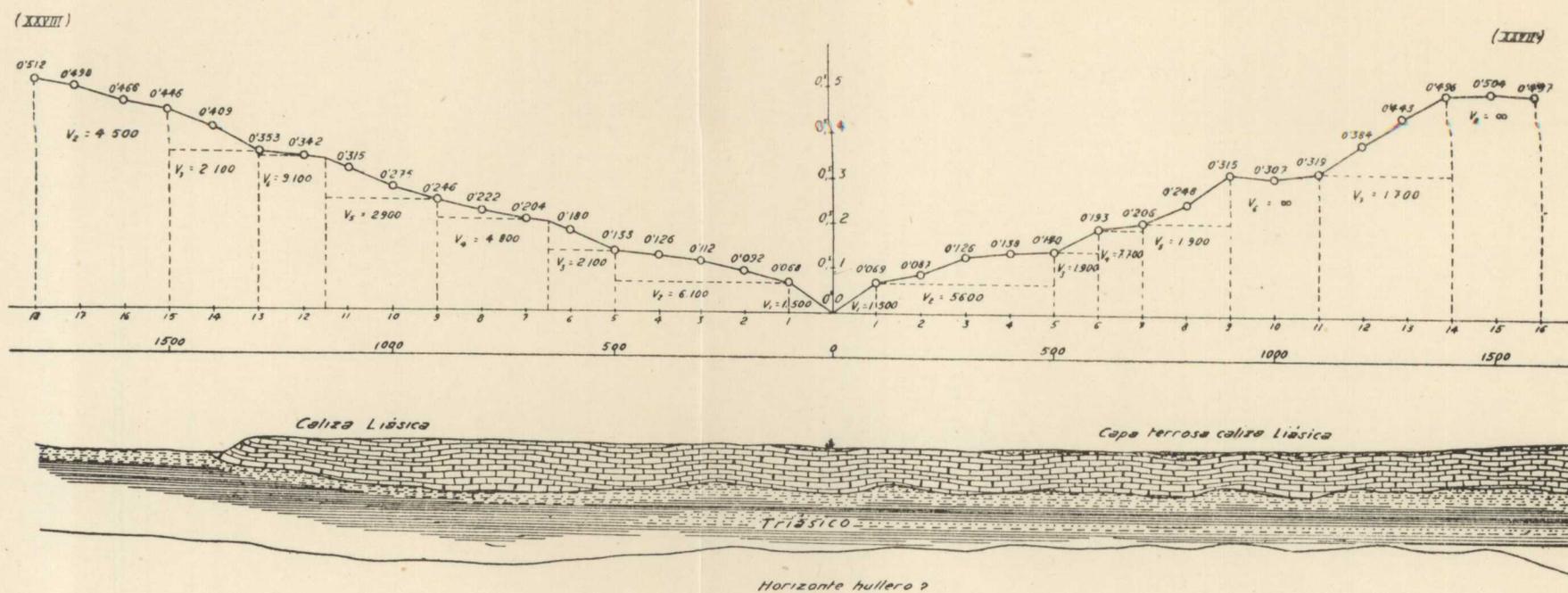


Fig. 63. — Líneas dromocrónicas números XXVII-XXVIII

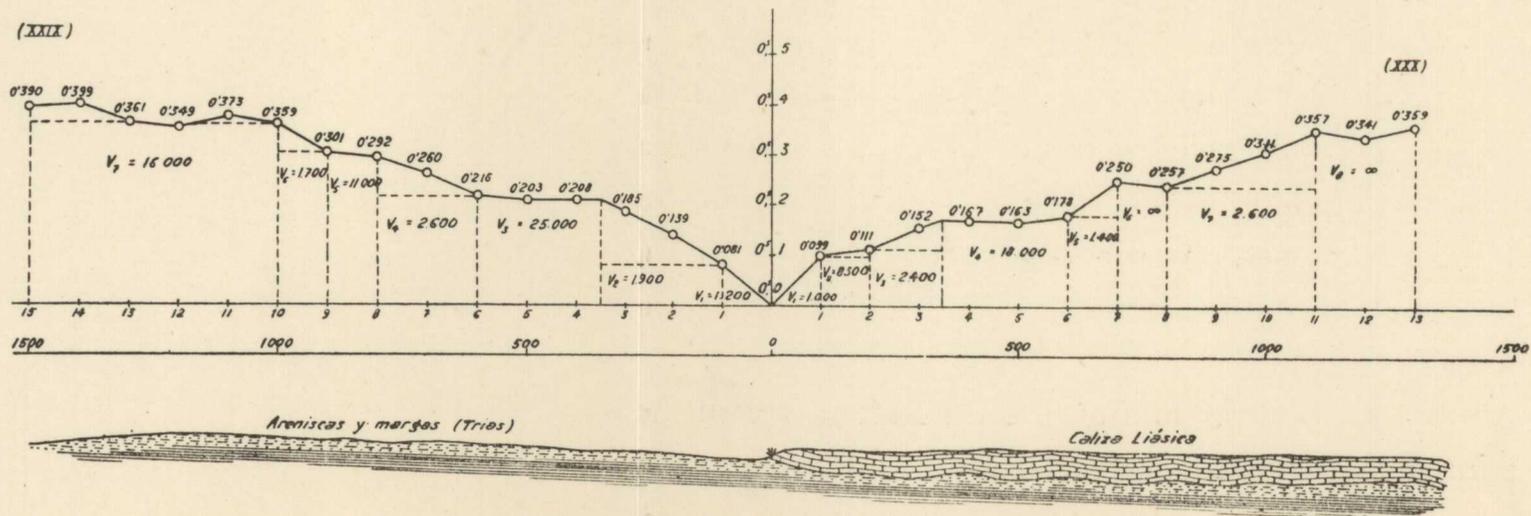


Fig. 64. — Líneas dromocrónicas números XXIX-XXX

Leorio, y 334 metros en los alrededores de Pumarín, donde se encuentra también la formación liásica.

Ya hemos dicho que además de la finalidad de conocer la profundidad a que se encuentra la formación carbonífera, debajo de las capas triásicas que la ocultan, nuestra investigación quizás pudiera dar alguna indicación relativa al tramo Carbonífero que se encuentra debajo de cada línea sísmica y, por consiguiente, a su plegamiento tectónico. Consideramos fuera de duda la existencia del sinclinal de Leorio y que en él se encuentran las capas del tramo inframedio o tramo productivo, así como las más altas del inferior.

En el productivo no hay intercalaciones de capas de caliza, por lo que las velocidades sísmicas aparentes que se obtengan, rara vez podrán alcanzar el valor de 5.000 m/s. y será imposible que se encuentren otros muy superiores a esta cifra.

El tramo inferior, por el contrario, contiene múltiples alteraciones de paquetes de capas de caliza, alternando con las de rocas de menor constante sísmica. En él, por lo tanto, deben encontrarse los grandes valores aparentes de las velocidades correspondientes al paso del rayo sísmico por aquéllas, además de los de las restantes capas.

Por último, la base de la formación carbonífera, constituida por la caliza de montaña, en grandes masas, sin intercalaciones de otras rocas, ha de reflejarse también por los grandes valores de las velocidades sísmicas, sin alternar con los más pequeños.

El examen detenido de las velocidades determinadas en las líneas dromocrónicas por las capas carboníferas nos permite formar con ellas varios grupos. Uno, el del sinclinal de Leorio, determinado por las líneas XXI-XXII, XXIII-XXIV, IV, V-VI y VII-VIII en el que los valores halla-

dos no pasan de 5.000 m/s. Este grupo es el productivo o sea el inframedio. Está comprendido por las líneas III y IX-X, en que aparecen valores mayores, alternando con los anteriores, correspondientes a las capas más altas del tramo superior. El segundo grupo corresponde a la zona de Porceijo. En él, las líneas XIII-XIV, XXV-XXVI y XXIX-XXX contienen velocidades sísmicas medias altas y muy grandes o sea correspondientes a la parte baja del Carbonífero inferior y a la caliza de montaña.

La línea XI-XII, con valores pequeños y medios, nos indica la existencia de las capas de la parte alta del Carbonífero inferior.

Los valores citados pueden explicarse admitiendo la existencia de un anticlinal, cuyo eje está situado entre las líneas XXV-XXVI y XXIX-XXX y quizás algo más próximo de la segunda que de la primera. Esta conclusión importantísima nos hace pensar en la posibilidad de que más hacia el NO., antes de llegar a la formación siluriana, haya otro seno productivo, que aun no hemos podido investigar en el trabajo actual.

El tercer grupo lo constituyen las líneas efectuadas en el valle de Caldones. Por imposibilidad material de efectuarlas en la dirección de los pliegues carboníferos, a causa de los accidentes topográficos considerables que representan las laderas de aquel valle, no pueden suministrar-nos indicaciones claras del substratum Carbonífero, situado debajo de cada una de ellas, puesto que el rayo sísmico lo atraviesa en una dirección oblicua y corta así toda clase de capas. Sólo podemos decir que la línea XV-XVI contiene los valores sísmicos grandes y los máximos, correspondientes al fondo del tramo inferior y a la caliza de montaña, o sea que cerca de ella hay un eje anticlinal de la formación carbonífera.

Por las mismas razones anteriormente expuestas, tenemos que admitir la existencia de un nuevo pliegue sinclinal en la dirección SO., o sea un nuevo seno productivo. No es posible comprobarlo con la observación de más líneas sísmicas, por impedirlo la accidentada topografía del terreno. Sin embargo, las líneas XIX-XX han determinado los valores sísmicos correspondientes a la parte baja del tramo productivo, es decir, que están situadas ya después del nuevo eje sinclinal, comprobando, en cierto modo, la hipótesis efectuada.

También ha sido posible emitir una hipótesis sobre la edad de los tramos carboníferos existentes en los distintos lugares de la zona, por distinguirse claramente los parámetros sísmicos que corresponden al productivo, en el que las capas de carbón, alternando con las de pizarras y areniscas; a la parte alta del inferior, en que se encuentran múltiples intercalaciones de horizontes calizos; y a la base del sistema, constituido por la caliza de montaña.

Así se ha podido reconstituir la tectónica de la formación carbonífera, que señala la extensión del primer seno carbonífero ya descubierto y nos permite afirmar, con grandes probabilidades de acierto, la existencia de otros dos nuevos sinclinales hulleros, el uno al NO. y el otro al SE. del primero, que aumentan considerablemente la cubicación de la cuenca carbonífera descubierta.

**§ 34. Conclusiones.**—Se ha determinado la profundidad a que se encuentra la superficie de la formación carbonífera, debajo de los sedimentos mesozoicos, en múltiples lugares de la zona estudiada. Estas profundidades oscilan entre 138 metros, en Leorio, y 334, cerca de Pumarín, donde a más de los sedimentos triásicos hay una po-

teñe formación de calizas liásicas, cuya potencia es de 115 metros.

A continuación damos el cuadro que contiene los valores obtenidos:

Líneas sísmicas	Pudinga	Carbonífero
I-II-III	126	172
IV	126	138
V-VI	126	150
VII-VIII	126	195
IX-X	126	202
XI-XII	150	184
XIII-XIV	184	253
XV-XVI	235	310
XVII-XVIII	207	299
XIX-XX	207	299
XXI-XXII	126	218
XXIII-XXIV	120	230
XXV-XXVI	172	207
XXVII-XXVIII	236	334
XXIX-XXX	172	241

La interpretación geológica de las velocidades sísmicas correspondientes a los tramos carboníferos que se encuentran debajo de cada línea observada, nos ha permitido distinguir el productivo o inframedio; la parte alta del superior, pobre en carbón, y la base del sistema, constituido por la caliza de montaña. Así hemos podido hacer una síntesis ideal de la tectónica carbonífera y dibujar, en el plano horizontal y en los cortes estratigráficos, la situación aproximada de los ejes de los pliegues sinclinales y anticlinales, poniendo de manifiesto la muy probable existencia de dos nuevos senos hulleros, desconocidos hasta ahora, que aumentan, de modo extraordinario, el valor económico de la cuenca.

Aunque el número de probabilidades de que esta hipótesis se aproxime a la realidad es grande, es preciso confirmarla por medio de sondeos mecánicos practicados en

los lugares más indicados para ello. La dirección de varias líneas dromocrónicas no coincide con la de la estratificación del Carbonífero, por la imposibilidad material de realizarlas según esta última, a causa de los grandes accidentes topográficos que existen en la zona; y a consecuencia de esa oblicuidad, el rayo sísmico corta en su recorrido estratos de distinta naturaleza y las velocidades de propagación obtenidas no son las que corresponden a cada una de las formaciones, consideradas independientemente. Además, y por la misma razón topográfica, no se han podido observar otras líneas dromocrónicas que hubieran sido necesarias.

Desde el punto de vista científico se ha demostrado que las margas, situadas debajo de la pudinga triásica, pertenecen aún a esta formación, y no a la carbonífera subyacente.

Aun queda una parte de la zona sin estudiar, por no haber sido posible continuar los trabajos a causa de las lluvias, no obstante el gran esfuerzo que ha realizado todo el personal de la Sección de Geofísica, que ha obtenido 455 sismogramas, que representan una longitud de perfiles superior a 45 kilómetros.

## **CAPITULO VIII**

### **INVESTIGACION SISMICA EN BERGUERES (POLA DE SIERO, ASTURIAS)**

---

**§ 35. Prólogo.**—En el lugar denominado Bergueres, del término de Pola de Siero, se está realizando la perforación de una galería, en caliza paleozoica, posiblemente permiana y cuyos estratos se encuentran en posición casi vertical, en la creencia de que, siguiendo la marcha actual de la galería hacia el NO., se cortará el tramo de pizarras del hullero, con la posibilidad de que existan capas de carbón.

Desconociéndose la potencia de las mencionadas calizas y, por lo tanto, la longitud de la traviesa en ejecución, se solicitó la ayuda de la Sección de Geofísica, del Instituto Geológico y Minero de España, para facilitar la aclaración del problema.

A pesar de las dificultades que presenta una investigación de detalle como ésta, en la que se corre el peligro de rebasar los límites de apreciación del sistema, se ha decidido la realización del trabajo, por el interés científico que tenía.

**§ 36. Reseña geográfica y geológica.**—El lugar de investigación se encuentra en las proximidades de Pola

de Siero, cerca del puente de Bergueres, sobre el río Nora. La zona está atravesada por el ferrocarril de Oviedo a Santander.

En cuanto a la estructura geológica, diremos únicamente que el suelo está formado, en su mayor parte, de materiales de arrastre en el cauce del río y de terrenos secundarios en sus bordes, recubriendo parcialmente al paleozoico en tal forma que no resulta fácil dibujar su estructura local, indicada, esquemáticamente, en los dos cortes geológicos que presentamos.

**§ 37. La investigación sísmica.**—Se han realizado dos líneas sísmicas, en la siguiente forma:

Los sismogramas se obtienen con cuatro receptores, situados sobre las líneas, a 10 metros de distancia mutua. Estos quedan fijos durante todo el trabajo, mientras que las explosiones avanzan sobre ella, de 30 en 30 metros, salvo alguna excepción por razones materiales, según se puede comprobar sobre la dromocrónica correspondiente.

Tomemos como abcisas las distancias epicentrales correspondientes a cada explosión, las ordenadas son la media de los tiempos suministrados por los cuatro registros que se han obtenido con ella.

Analicemos por separado los dos perfiles sísmicos obtenidos con los resultados medios en un total de 80 sismogramas.

*Línea I.*—Los sismógrafos se han situado sobre uno de los bordes del paquete calizo y las explosiones avanzan en línea recta hacia el NO. magnético.

A continuación se da la lista de velocidades medias, tomadas desde el punto medio entre los receptores, a cada uno de los barrenos:

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{25}{0,038} = 650 \text{ m/s.} & V_7 &= \frac{195}{0,088} = 2.200 \text{ m/s.} \\ V_2 &= \frac{55}{0,051} = 1.100 \text{ »} & V_8 &= \frac{225}{0,090} = 2.500 \text{ »} \\ V_3 &= \frac{85}{0,050} = 1.700 \text{ »} & V_9 &= \frac{255}{0,118} = 2.150 \text{ »} \\ V_4 &= \frac{115}{0,079} = 1.450 \text{ »} & V_{10} &= \frac{275}{0,120} = 2.300 \text{ »} \\ V_5 &= \frac{145}{0,078} = 1.850 \text{ »} & V_{11} &= \frac{305}{0,140} = 2.200 \text{ »} \\ V_6 &= \frac{175}{0,087} = 2.000 \text{ »} & V_{12} &= \frac{335}{0,144} = 2.300 \text{ »} \end{aligned}$$

De las cifras anteriores se deduce un cambio de terreno entre las explosiones 3.<sup>a</sup> y 4.<sup>a</sup>, producido por el surco del río, relleno de materiales modernos.

Otro cambio importante aparece entre los barrenos 8 y 9, que veremos representa la terminación del horizonte calizo.

En la curva dromocrónica se aprecian los siguientes parámetros:

$$V_{1-3} = \frac{100 - 40}{0,050 - 0,038} = 5.000 \text{ m/s.}$$

correspondiente a la mencionada caliza, que se manifiesta en seguida, aunque entre la 1.<sup>a</sup> y la 2.<sup>a</sup> explosión aparece descompuesta por su proximidad a la superficie.

$$V_{3-4} = \frac{130 - 100}{0,079 - 0,050} = 1.100 \text{ m/s.}$$

es un valor sísmico muy pequeño, que se interpreta fácilmente sabiendo que hemos atravesado el río, que debe formar un surco relativamente profundo.

$$V_{4-8} = \frac{240 - 130}{0,090 - 0,079} = 10.000 \text{ m/s.}$$

es el parámetro representativo de la misma caliza.

$$V_{8-12} = \frac{350 - 240}{0,144 - 0,090} = 2.000 \text{ m/s.}$$

indica la velocidad aparente de las pizarras, posiblemente del hullero.

Por consiguiente, la última explosión que se sitúa sobre las calizas es la 8.<sup>a</sup>, a 240 metros del sismógrafo n.º 4 y 210 del 1.º

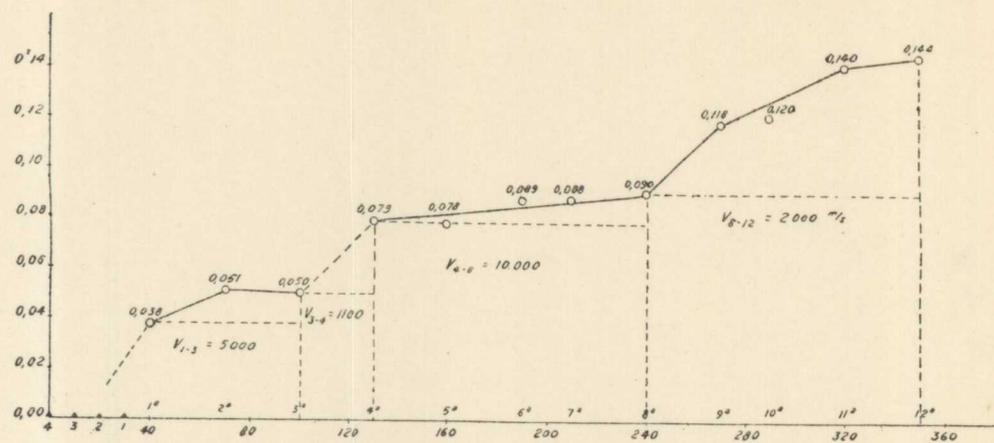
A partir de este lugar, el subsuelo, recubierto por terrenos más modernos, está formado de pizarras.

*Línea II.*—Los receptores de esta línea se han colocado igualmente a 10 metros de distancia mutua, en las proximidades del ferrocarril de Oviedo a Santander, avanzando las explosiones de 30 en 30 metros, en la dirección aproximada del Sur magnético.

A continuación se indica la lista de valores de las velocidades medias, obtenidas en la misma forma que en la línea anterior:

$$\begin{array}{ll} V_1 = \frac{25}{0,042} = 600 \text{ m/s.} & V_5 = \frac{145}{0,105} = 1.400 \text{ m/s.} \\ V_2 = \frac{55}{0,063} = 900 \text{ »} & V_6 = \frac{185}{0,098} = 1.900 \text{ »} \\ V_3 = \frac{85}{0,087} = 1.000 \text{ »} & V_7 = \frac{205}{0,103} = 2.000 \text{ »} \\ V_4 = \frac{115}{0,074} = 1.550 \text{ »} & V_8 = \frac{235}{0,117} = 2.000 \text{ »} \end{array}$$

Analizada la dromocrónica correspondiente, dibujada con los datos obtenidos en el campo, se observan los siguientes parámetros:



CORTE GEOLÓGICO SEGÚN LA LINEA I

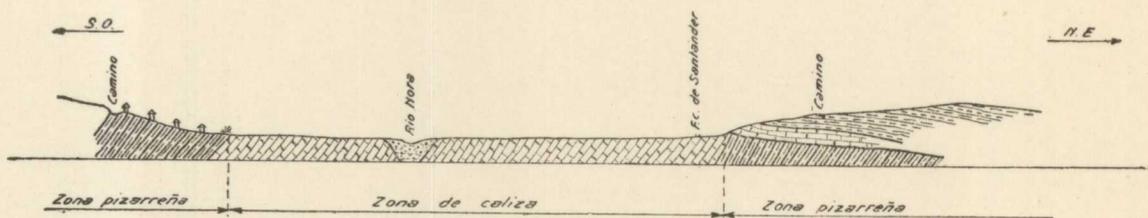
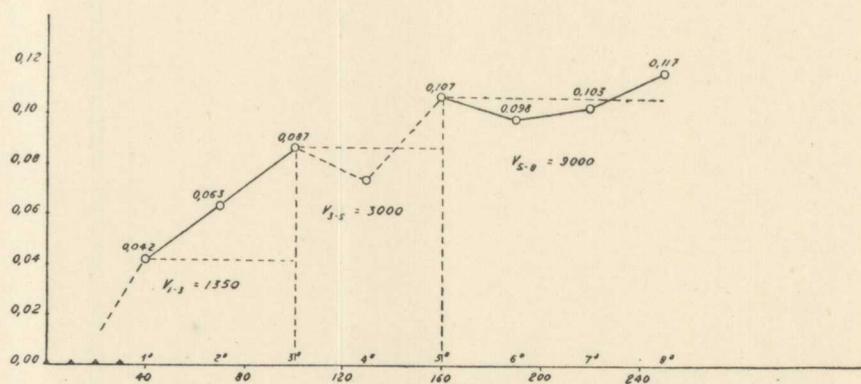


Fig. 65.—Línea dromocrónica n.º I



CORTE GEOLÓGICO SEGÚN LA LINEA II

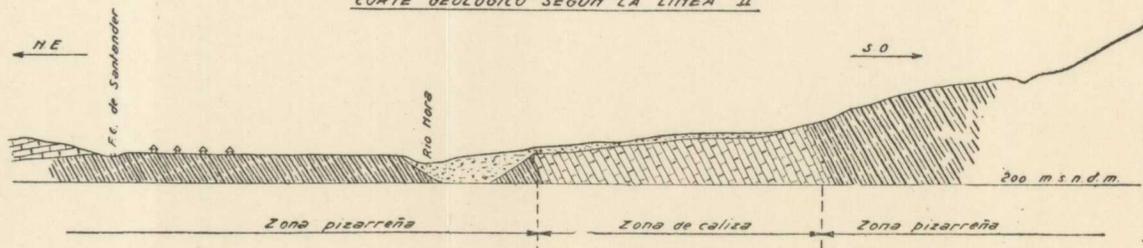


Fig. 66.—Línea dromocrónica n.º II

$$V_{1-3} = \frac{100 - 40}{0,087 - 0,042} = 1.350 \text{ m/s.}$$

que indica una cubierta detrítica bastante potente y que en la estación 3.<sup>a</sup> el rayo sísmico aun no sale de ella.

$$V_{3-5} = \frac{160 - 100}{0,107 - 0,087} = 3.000 \text{ m/s.}$$

tomado como valor medio, determina que el rayo sísmico atraviesa un paquete pizarreño. La irregularidad que origina el punto de la 4.<sup>a</sup> explosión, se debe a que en él se produce el cambio brusco de la cubierta detrítica a las pizarras más coherentes, y en la próxima explosión 5.<sup>a</sup> se produce un retraso excesivo, debido al surco del río.

$$V_{5-8} = \frac{250 - 160}{0,117 - 0,107} = 9.000 \text{ m/s.}$$

indica que a partir del barreno n.º 5 inclusive, la línea avanza sobre el horizonte de calizas compactas, sin llegar a salir de él, en la posición 8.<sup>a</sup>, como se puede comprobar por la observación de las velocidades medias de la lista anterior.

**§ 38. Resumen.**—En el presente trabajo se llega a la conclusión de que el barreno 8.<sup>o</sup>, de la línea I, hasta el lugar de los receptores, el subsuelo paleozoico está formado por calizas y que desde la 5.<sup>a</sup> explosión de la línea II hasta la 8.<sup>a</sup>, por lo menos, está formado del mismo material.

A continuación de los dos paquetes calizos citados se encuentran estratos de mucha menor constante sísmica, que pueden ser las pizarras hulleras.

## CAPITULO IX

### INVESTIGACION MAGNETICA EN LA CAPELADA (CORUÑA)

---

**§ 39. Prólogo.**—La Dirección del Instituto Geológico y Minero de España encomendó a su sección de Geofísica una investigación magnética preliminar, en la zona cromitífera, reconocida por calicatas, del Cabo Ortegal, con el fin de poder planear, con sólidos fundamentos, otra que tenga carácter definitivo, en una extensión del orden de ocho a diez kilómetros cuadrados.

En la casi totalidad de las calicatas realizadas en aquella zona aluvial, cuyo número se aproxima a 250, se ha encontrado cromita en proporciones variables, desde 20 a 90 kilogramos por tonelada de tierras, con una riqueza en ácido crómico de 32 a 35 %, en un mineral francamente magnético. Estos antecedentes fueron el motivo de la realización de la prospección magnética que presentamos en las páginas siguientes, en la que se persiguen dos fines: 1.º ¿Es fácil reconocer magnéticamente los lentejones de donde proceden estos aluviones de cromita? 2.º Caso de encontrarse fuertes anomalías ¿son éstas debidas a la cromita o a la magnetita?

En esta memoria exponemos las anomalías observadas y sus posibles causas. Las calicatas que se hagan con pos-

terioridad darán la luz definitiva y servirán de sólida orientación para los trabajos posteriores de investigación en la Sierra de La Capelada.

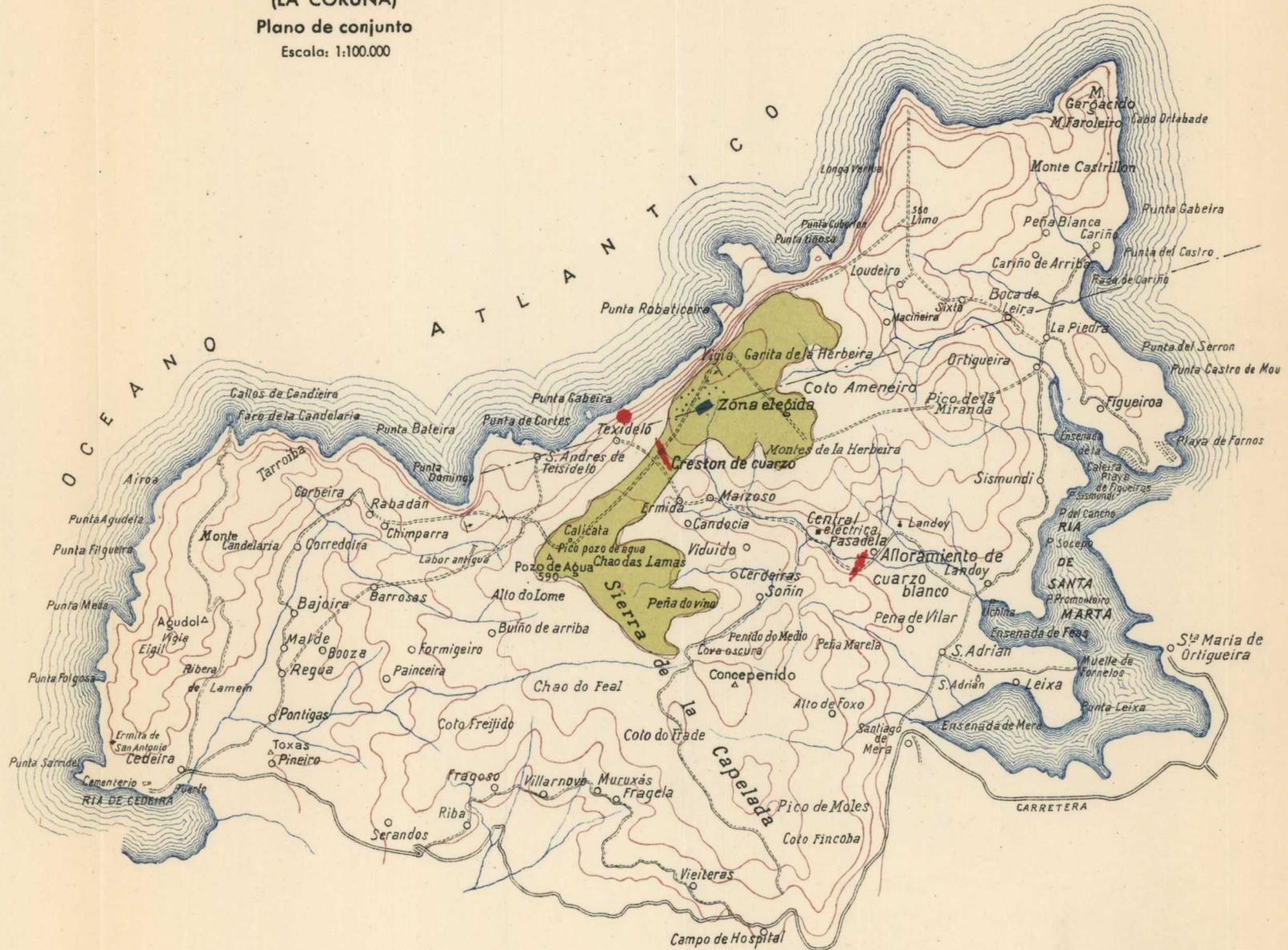
#### **§ 40. Reseña geográfica y geológica.**

RESEÑA GEOGRÁFICA.—En el laberinto de los montes gallegos, dentro del macizo que constituye el Cabo Ortegal, se halla la zona cromitífera en la cual se ha realizado el estudio preliminar de la prospección magnética que nos ocupa.

Comprende dicha zona, en su totalidad, una extensión superficial de contorno irregular (véase el plano general, lámina XXXI), que abarca aproximadamente, en la dirección Norte-Sur, desde el borde septentrional de la costa hasta iniciarse, por el Sur, la caída en ladera hacia los barrios de Meizoso, La Hermida y el paraje donde se alza la ermita del Socorro; y en la dirección Levante-Poniente, desde el barranco de Loudeiro y Maciñeira hasta el meridiano que pasa por la vertiente occidental y próximo al vértice de Pico de Agua.

Representa, pues, una extensión superficial de ocho a diez kilómetros cuadrados. Dentro de ella, y en concordancia con el emplazamiento de una serie de calicatas, se ha elegido la zona de prospección que se detalla en la lámina XXXII, representada por un rectángulo de 200 metros de lado mayor, orientado de NE. a SO., y 100 metros de lado menor, dividiéndolo, a los efectos del estudio, en cuadrículas de 10 metros de lado, situada en la vertiente meridional de la sierra, próxima al barranco denominado de los Lobos y separada alrededor de 700 u 800 metros de la Garita de la Herbeira, situada en la cumbre, cuyas coordenadas geográficas son  $5^{\circ} 43'$  de longitud y  $43^{\circ} 17'$  de latitud.

INVESTIGACION MAGNETICA EN LA SIERRA DE LA CAPELADA  
(LA CORUÑA)  
Plano de conjunto  
Escala: 1:100.000



- Superficie aproximada de recubrimiento incompleto de aluvial cromífero
- Superficie calicata y zona de 100 x 200 metros elegida para el ensayo de prospección magnética
- Mineral de níquel

La topografía de este macizo rocoso es en general accidentada, por estar surcado, en todas direcciones, por profundos barrancos. Sus altitudes más pronunciadas concuerdan con el borde de la costa y la cresta o cordal de dirección sensiblemente normal a la misma que forma la sierra de La Capelada. Son estas cotas, en el orden de su importancia, la del paraje donde se alza la susodicha Garita de la Herbeira, que figura en las cartas geográficas con seiscientos cincuenta metros sobre el nivel del mar; sigue a ésta la del vértice Pico de Agua, de 590; la de Limo, en el propio Cabo Ortegá, con 560, y las del mencionado cordal de la Sierra con prominencias de este último rango, para reducirse a 450 y 350 en las inmediaciones de Teixidelo y San Andrés de Teixidó por el Sur o borde superior de la costa que mira al mar, la cual sigue hacia el Cabo por Levante y hacia Punta Candelaria por Poniente, con altitudes por el estilo.

Dentro de los dos sectores en que dividen la región las dos cresterías apuntadas, la del borde en dirección NE.-SO. y la de Sierra Capelada en sentido normal, el terreno desciende gradualmente en montículos y pequeñas lomas, con altitudes comprendidas entre 300 y 200 metros, hasta acercarse al nivel del mar en Ortigueira y Cedeira respectivamente.

La caída del terreno hacia el mar desde el borde es extremadamente pronunciada: en algunos puntos, con relativa frecuencia, constituyen verdaderos acantilados, justificando el calificativo de costa brava, según se aprecia en los bordes del corte geológico de la lámina XXXII, y sólo en rarísimos parajes se suaviza el perfil dando lugar a pequeñas zonas de terreno cultivable, como en San Andrés de Teixidó, cuyos alrededores forman un vallecito en forma de anfiteatro abierto al mar, y en el barrio de Teixidelo.

Como consecuencia natural de la indicada configuración del suelo, la hidrografía está dividida, asimismo, en tres sectores: el septentrional o de la costa, que por su acentuada pendiente, encauza corrientes de agua de escaso trayecto y régimen verdaderamente torrencial; y los otros dos, que desaguan respectivamente en las rías de Ortigueira y Cedeira, después de recoger las aguas que discurren por el cordal de La Capelada y los ríos Lourido, Landoy, Gasón y Pequeño, en el sector oriental, y en los de Condominos y Pontigas, en el de Cedeira.

Por tratarse de región de lluvias frecuentes y abundantes (el promedio anual es de unos 800 mm.<sup>3</sup> por metro cuadrado de terreno), las aguas de estos ríos y torrentes discurren en todo tiempo, aunque muy aminoradas en el estío.

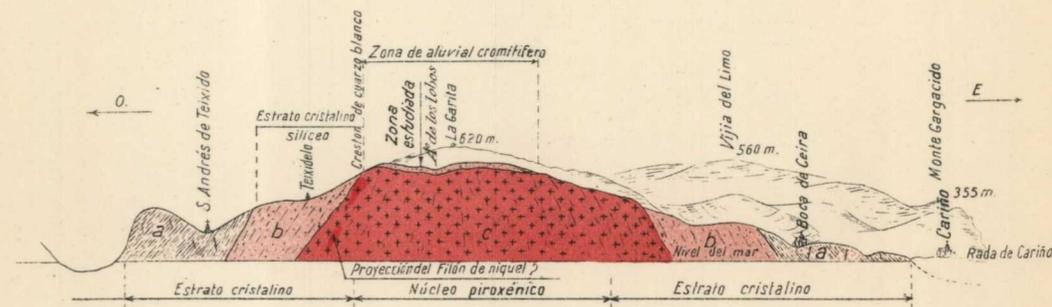
El clima es templado y húmedo, como corresponde al extremo NO. de la península Ibérica; más fuerte, naturalmente, en las zonas montañosas, siendo las temperaturas registradas en una decena de años, desde el 1917 a 1926, en el faro de Santa Marta, a 224 metros de altitud, de 27° centígrados de promedio máximo y de 1,5 de promedio mínimo.

Las nieves rara vez cubren momentáneamente el suelo y únicamente las nieblas son frecuentes y perseverantes, especialmente en las épocas invernales.

Las comunicaciones son fáciles hasta alcanzar las villas de Cedeira y Ortigueira, unidas por buenas carreteras con las poblaciones de La Coruña y El Ferrol y, por extensión, con sus respectivos puertos y el resto de España; pero a partir de ambas localidades sólo se dispone de un pequeño número de kilómetros de mal conservados caminos vecinales, terminando el que parte de Cedeira, en el barrio de Chimparra, a siete kilómetros de su origen, y por el lado de Ortigueira en el barrio de Pasadela, a unos tres kilóme-

## INVESTIGACION MAGNETICA EN LA CAPELADA (CORUÑA)

Corte geológico (aproximado) desde San Andrés de Teixido a la Rada de Cariño y vista panorámica de la zona costera



Escalas { Horizontal: 1 : 100.000  
Vertical: 1 : 40.000

- a. Estructura néfisa, filoncillos de cuarzo y magnetita. (?) Tinte pardo oscuro alternante.
- b. > esquistosa jaspeada por las vetillas alternantes, aparentemente de cuarzo.
- c. > cristalina de tinte frecuentemente verdoso piroxénico.

tros del empalme con la carretera de Cariño. A partir de estos extremos, sólo conducen a la Sierra de La Capelada y demás parroquias y barrios comprendidos en ella, una serie de sendas llamadas corredoiras que, con gran dificultad, transitan las caballerías en muchos sitios de sus respectivos trayectos, tanto por el fuerte perfil como por las condiciones del piso.

Estas sendas se indican esquemáticamente en el plano general; una de las cuales, la de más suave perfil, se desarrolla desde la parroquia de Santa María de Régoa y el barrio de Barrosos hasta San Andrés de Teixidó, donde se alza el santuario del mismo nombre y adonde acuden anualmente millares de peregrinos enfervorizados, en acción de gracias unos y pidiendo, otros, los beneficios del milagroso Santo.

RESEÑA GEOLÓGICA.—La rapidez con que ha sido efectuado el trabajo por el escaso tiempo disponible para ello, el estado de lluvia persistente y el viento molesto que coincidió con la expedición, no ha permitido más que un ligerísimo examen del terreno donde está enclavada la zona objeto del estudio magnético y de sus alrededores.

Se han limitado, por lo tanto, las observaciones geológicas, casi exclusivamente a los caminos y sendas recorridas desde Cedeira, por Régoa y Chimparra, hasta el lugar del trabajo, complementadas por los viajes alternativos entre dicho lugar y el de nuestra permanencia en San Andrés de Teixidó.

En consecuencia, sólo a título de orientación somera anotamos dichas observaciones. La estructura geológica de la zona de referencia queda representada en el plano de la lámina XXXI y en el corte de la lámina XXXII.

Al salir de Cedeira, después de atravesar una pequeña

parte de la vega, de carácter aluvial moderno, por donde discurre y desemboca en el mar el río Condominas, se entra en la formación pizarreña, compuesta de lechos delgados, algunos marcadamente arcillosos, que alternan con otros de textura granuda, compactos a veces y descompuestos otras, que señalan un tránsito entre las formaciones estratificadas y estrato cristalinas, cuyo fondo o sostén del conjunto parece probable sea el granito.

Desde Régoa y Chimparra se asciende pisando la segunda de dichas formaciones, primero en disposición francamente estratificada con direcciones en general hacia el Norte y variaciones al Este, y con buzamiento corrientemente al O. y NO. Aparece en lechos delgados y estructura esquistosa, con frecuente existencia de filoncillos de cuarzo que unas veces atraviesan la roca en varias direcciones y en otras se entrecruzan en ella.

Pasados el monte, el barrio de Barrosos y como límite, en cierto modo, el curso del río citado, en las cercanías de su origen, adquiere la roca una estructura francamente neísica, en algunos sitios caolinizado su feldespato, que se torna barroso. No se muestra el neis glandular que caracteriza el tramo inferior, pero sí la disposición esquistosa de los horizontes altos de ella, con colorido frecuentemente oscuro, sobre todo en los sitios donde parece evidente la existencia de anfíbol sustituyendo a la mica, y en otros no tan frecuentes con tinte verdoso, teñido probablemente por la clorita.

Como en el caso anterior, que se repite en toda la sierra, se presentan vetillas y zonas cuarzosas, y en una de ellas hemos visto una labor a socavón, de poco desarrollo, sobre un criadero de no elevada potencia ni gran apariencia, pero del que se han extraído, según referencias, algunos trozos de magnetita.

Puede decirse que en esta zona comienza la interesante formación desde el punto de vista del estudio minero, puesto que en ella aparecen las primeras manifestaciones de cromita, aunque no en la medida ni con la apariencia de la parte más elevada. La roca se muestra en sus asomos como estriada por la acción de los agentes externos, a veces formando pequeños canales dentro de la misma y oquedades de formas diversas y caprichosas, de aspecto cavernoso o corroído; presenta otra multitud de diaclasas, como en la bajada hacia Teixidó, y los productos de su erosión se hallan esparcidos por sus inmediaciones, constituyendo una especie de cutícula o manto ligero sobre y alrededor de la propia roca atacada, con la cual alterna superficialmente.

En esta primera zona o ladera occidental de la sierra, dicha cutícula no tiene importancia, ni por su potencia; pero ganada la altura de Pico de Agua se extiende a todo lo largo de la costa sobre su cima y parte meridional con contorno irregular y potencia que suele oscilar entre 0,50 y un metro generalmente, no sin que aparezcan también, en forma de isleos, asomos de roca, de vez en cuando, que interrumpen aquélla. Se trata de una extensión o manto aluvial que, sin duda, representa una superficie no inferior a 8 ó 10 kilómetros cuadrados.

La estructura interna, deducida por las observaciones apuntadas, está representada en el corte esquemático que acompañamos. En el mismo se observa como horizonte geológico más elevado en el macizo, la zona neísica de que hemos hablado, de textura hojosa y tinte pardo negrozco y a veces verdoso, atravesado de vez en cuando por filoncillos cuarzosos. A continuación, y hacia el núcleo, otra también esquistosa, compacta y de mayor apariencia estratificada e intervenada de sílice, de aspecto jaspeado

y tendencia cuarcitosa, para terminar en el núcleo propiamente dicho, piroxénico serpentizado, que sigue hasta las cercanías del meridiano que pasa por Punta del Cuerno desde donde, según antecedentes, se repiten las zonas metamorfizadas que dejamos descritas y se indican en dicho corte.

Coincidiendo con la zona de tránsito entre el núcleo y la primera aureola metamorfizada ya referida, aparece superficialmente una segregación cuarzosa de orientación NO. y buzamiento SO., de potencia quizá superior a un metro, bajo la cual se proyecta sensiblemente el afloramiento del filón de níquel que se reconoce a la orilla del mar.

Como es natural, los horizontes o límites de esas zonas metamorfizadas, no han de existir con tan definida disposición ni con separación tan neta como el corte señala, sino con alternancias recíprocas, pues en la misma superficie se aprecian tongadas o zonas de roca de uno u otro de los horizontes referidos, aunque el predominio resulte en los términos indicados.

Se trata, sin duda, de un núcleo hipogénico de raíz profunda, de carácter piroxénico, aureolado por las rocas neísicas y zonas de tránsito, todas las cuales participan de idéntica composición mineralógica, como derivadas del núcleo, aunque con variables proporciones de sus componentes según las distancias al mismo.

En todo caso, pendiente de estudio y resolución un interesante trabajo encomendado a los Ingenieros Romero Ortiz y Comba, de este Instituto Geológico y Minero de España, que vienen dedicando su atención desde hace tiempo al estudio de tan importante región, queda subordinado el juicio definitivo sobre la interpretación geológica a los resultados que en su día obtengan del expresado trabajo.

**§ 41. La investigación magnética de los criaderos.**—Como expusimos en el prólogo, el mineral de cromo de sierra Capelada, así como las varias especies mineralógicas de otros metales que acompañan a éste, son fuertemente magnéticas y, por consiguiente, su existencia se acusa francamente con los variómetros magnéticos. Para la ejecución de la investigación se utilizaron dos variómetros Schmitd, de componente vertical, de la casa Askania, con imanes compensados, de forma que se suprime la corrección por las variaciones de temperatura durante las horas de trabajo.

Previamente a la realización del mismo se eligió en la zona donde se habían hecho las calicatas, y como consecuencia de los resultados obtenidos en las mismas, una superficie de dos hectáreas, en la que quedaron enclavadas doce de aquéllas, cuyos números son 6, 7, 8, 9, 10, 50, 51, 52, 53, 54, 55 y 56.

Para el estudio magnético se demarcó un rectángulo de  $100 \times 200$  metros con la dimensión mayor de dirección Norte magnético  $45^\circ$  O., el cual fué cuadrículado por medio de 231 estacas que limitaban cuadrados de un área. Reconocidas de una manera rápida las anomalías magnéticas de las dos hectáreas, se pudo comprobar que éstas eran fuertes, y mientras en unos puntos tenían signo positivo, como el 53, 55 y 72, en otros era negativo, como los 9, 10 y 11, 147 y 193, lo que impide tomar para base una estaca dentro o fuera de la zona considerada, respecto a la cual las anomalías fueran siempre de un mismo signo. Quedó comprobado que la componente magnética vertical, en la estaca número 116, tenía un valor adecuado para tomarlos como base, con la particularidad de ser el centro geométrico de las dos hectáreas.

La variación diurna suele tener gran importancia en al-

gunas prospecciones magnéticas, por lo que es preciso estudiar las condiciones de cada problema particular, para decidir si ésta se ha de realizar o no, con el fin de evitar la innecesaria inmovilización de un variómetro. Pudimos comprobar, en el reconocimiento previo, la existencia, por lo general, de una gran variación en el valor de la componente vertical de una estaca a la inmediata, a pesar de la pequeña equidistancia de 10 metros, así como que el desplazamiento de unos decímetros, en el lugar de la puesta en estación de los variómetros, da lugar a una variación de algunas decenas de gammas. Estudiada la variación diurna, alcanza ésta un valor máximo menor de 50 gammas, de las 10 a las 18 horas, la cual se reduce considerablemente si hacemos una corrección cada dos horas, dando un valor menor de la precisión necesaria para la ejecución de esta prospección magnética. Se planteó el trabajo de tal manera, que se volvía a la base después de efectuadas las medidas de cada dos perfiles de 11 estacas, o sea cada 22 estaciones, lo que equivale a tomar la variación diurna como término medio cada dos horas. Hemos referido todas las medidas obtenidas con los dos variómetros, al valor medio relativo de la componente vertical en la base durante los días de trabajo, que fué de 108 gammas.

Dada la poca extensión del terreno a reconocer, la variación normal no tiene importancia alguna, pues se mantiene inferior a una gamma, por lo que no la hemos tenido en cuenta. Tampoco hubiera sido preciso considerarla en una prospección que abarcase toda La Capelada, a causa de las grandes variaciones de la componente medida.

En trece estaciones, que son las 7, 14, 19, 53, 54, 57, 72, 83, 147, 155, 161, 182 y 219, hubo que variar la intensidad del campo magnético artificial de compensación, creado por los imanes deflectores, a causa de la gran ano-

malía de los respectivos puntos, modificando sus distancias a los balancines, lo que da lugar a una corrección en los cálculos que figura en los estados con la denominación de «variación por campo artificial». En las estaciones números 9, 10, 11 y 193, no fueron suficientes los imanes deflectores para compensar la anomalía del punto de estación, pues era preciso poner el imán deflector con un polo en contacto con el balancín, para que la escala del aparato apareciese en el campo del anteojo.

Es necesaria la determinación del valor de las divisiones de los variómetros, así como de los momentos de los imanes deflectores utilizados. Para determinar el valor de una división en la escala se recurrió al método del campo artificial, que se hizo variar entre límites amplios, aceptando para cada aparato la media aritmética de los calculados. Estos fueron 60,8 gammas y 78,9 gammas para los variómetros 97.120 y 97.118 respectivamente. La fórmula que se utilizó fué:

$$\varepsilon = \frac{K \cdot I}{n}$$

en la que  $K$  es la constante del cuadro utilizado  $K = 21,4$ ;  $I$  la variación de intensidad de la corriente en el circuito de la bobina que produce el campo, ocasionando un desplazamiento en el balancín magnético de  $n$  divisiones.

Conocido el valor de una división, se pueden utilizar los propios variómetros para el cálculo del momento magnético de los imanes. Para las compensaciones del campo magnético se utilizaron: el imán mediano, número 5.144 del variómetro 97.120, y el grande, número 2.142 del 97.118.

Los imanes deflectores se colocaron en la primera posición principal de Gauss y se comparaban las variaciones  $n$  en el número de divisiones que daba la lectura del

balancín para dos distancias de los imanes deflectores  $R_1$  y  $R_2$ . Supuesta despreciable la longitud  $l$  del imán frente a la distancia  $R$ , la fórmula a utilizar es

$$M = \frac{n \varepsilon}{2} \cdot \frac{R_1^3 \cdot R_2^3}{R_1^3 - R_2^3}$$

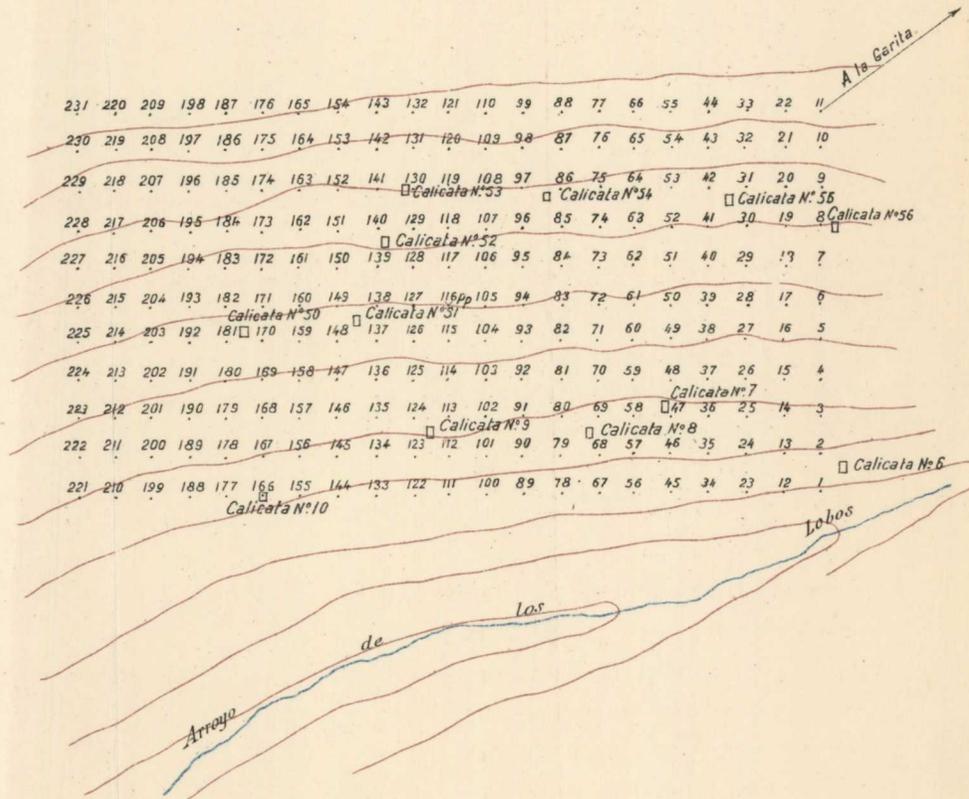
Los valores deducidos, media aritmética de tres determinaciones, fueron  $419 \cdot 10^5 \gamma \text{ cm.}^{-3}$  para el número 5144; y  $1671 \cdot 10^5 \gamma \text{ cm.}^{-3}$  para el número 2142.

Quedó el trabajo de campo reducido a 21 perfiles de 11 estaciones cada uno, en las que se hicieron las determinaciones con un error menor de 50 gammas, pero cercano a este valor, para disminuir su duración a causa de las inclemencias atmosféricas. Por no exigir la investigación magnética de La Capelada una precisión mayor, las lecturas se hicieron solamente triples en cada una de las dos posiciones de cada estación. Por estas razones, en el cuadro resumen de los valores relativos de la componente vertical, éstos figuran de 50 en 50 gammas. Sus valores se han utilizado para el trazado de las isanómalas, supuesto que la base tenía una anomalía de cien gammas. Las isanómalas tienen una equidistancia de 500 gammas entre 0 y 3.000 gammas; después hemos trazado la isanómala de 6.000 gammas y en algunos casos particulares la de 10.000 y las que fueron necesarias. Con el fin de reconocer rápidamente el signo de las anomalías, éstas se representan en distinto color, las positivas en rojo y las negativas en azul. Se rayaron las zonas a partir de 3.000 gammas aumentando la intensidad del rayado con la anomalía, hasta los escalones de 6.000 y 10.000. Las que sobre este valor se destacan considerablemente, las hemos denominado anomalías máximas.

# INVESTIGACION MAGNETICA EN LA CAPELADA (CORUÑA)

Parcela de 100 x 200 metros, objeto de la investigación

Escala: 1 : 2.000



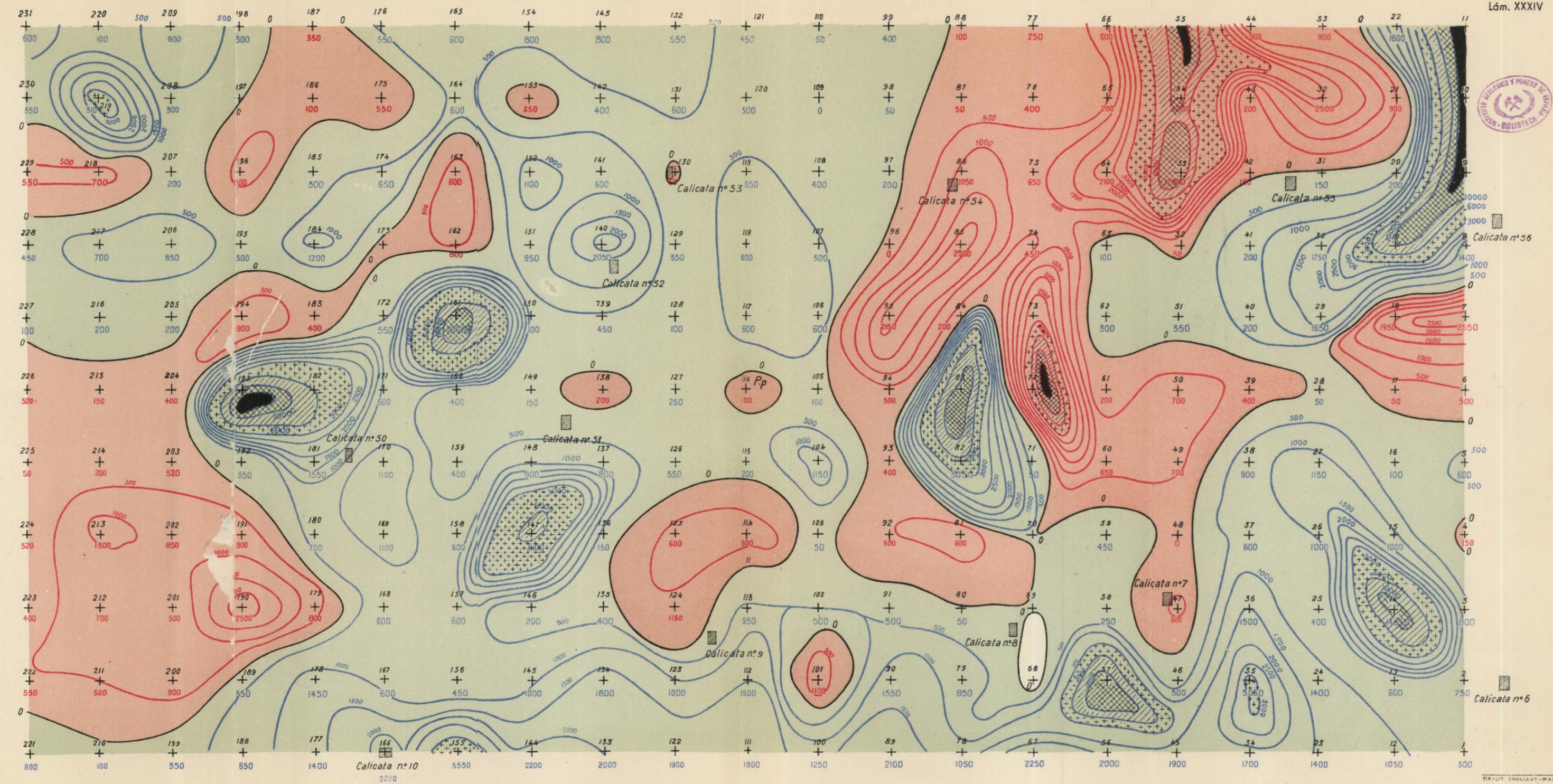


# INVESTIGACION MAGNETICA EN LA CAPELADA (CORUÑA) ZONA ESTUDIADA

Escala 1 : 500

ISANOMALAS DE LA INTENSIDAD VERTICAL  
DE 500 HASTA 3.000 γ

-  Valores máximos
-  Mayores de 10.000 γ
-  Mayores de 6.000 γ
-  Mayores de 3.000 γ
-  Anomalías positivas
-  Anomalías negativas



Al observar la representación de las isanómalas, se comprueba la existencia de una gran zona donde las variaciones son de unos cientos de gammas; pero en ellas hay núcleos, como los correspondientes a las estaciones 9 a 11 y 19, 14, 53, 55, 57, 72, 82 y 83, 147, 161 y 193, en que las anomalías alcanzan valor considerable.

Para la interpretación de estas anomalías, hemos de tener en cuenta que la influencia magnética del mineral sobre los imanes es una función del cubo de la distancia, por lo que un pequeño lentejón situado cerca de la superficie puede originar una anomalía grande, que puede ser mayor que la de otro mucho más potente, pero algo más profundo. Los lentejones de mayor tamaño, aunque la mayor de sus dimensiones sólo puede ser del orden de la decena de metros, son reconocidos por su acción magnética más extendida en superficie, como puede ocurrir en el extremo NE. de la zona estudiada, que abarca las estaciones 9 a 11 y 19, en la que una extraordinaria anomalía negativa cubre una superficie mayor de los 300 m<sup>2</sup>.

**§ 42. Conclusiones.**—Los resultados obtenidos en la investigación magnética ponen de manifiesto:

1.º Anomalías de la componente vertical, de valor considerable.

2.º Anomalías de la componente vertical que abarcan poca extensión, debidas, por consiguiente, a minerales perturbadores.

3.º La acción simultánea de fuertes intensidades magnéticas en pequeñas superficies puede ser debida a que las concentraciones de mineral son poco profundas.

4.º Existe una zona, que cubre una parte del sector estudiado (estacas 9 a 11 y 19), que por su gran extensión superficial permite admitir que la cantidad de mineral que

produce la anomalía es grande, e incluso algo más profundo, que los otros supuestos lentejones reconocidos en esta investigación.

Consideramos de interés para posteriores prospecciones en La Capelada que se practiquen calicatas, principalmente en los lugares de mayores anomalías, como las estaciones 9 a 11, 55, 72, 83 y 193, pues sin ellas no se pueden establecer conclusiones concretas acerca de la distribución de la riqueza mineralógica del yacimiento.

### Variómetro vertical n.º V (97.120). Fecha 31-X-43

#### Cálculo de $\epsilon$ por medio de un campo magnético artificial

1.ª determinación				2.ª determinación				3.ª determinación			
Est. Base Hora 15,30		Est. Base Hora 15,35		Est. Base Hora 15,40		Est. Base Hora 15,45		Est. Base Hora 15,50		Est. Base Hora 15,55	
9,7	14,8	9,8	14,9	8,8	15,8	6,3	13,8	8,3	16,6	5,7	14,1
9,7	14,8	9,8	14,9	8,8	15,8	6,3	13,8	8,3	16,6	5,7	14,1
Dif. 5,1				Dif. 7,0				Dif. 8,3			
n = Promedio = 5,1				n = Promedio = 7,25				n = Promedio = 8,35			

$$\left. \begin{array}{l} K = \text{Constante del cuadro} = 31,4 \\ I = \text{Intensidad de la corriente} = 10 \text{ m. A.} \\ n = \text{Desviación total} = 4,65 \end{array} \right\} \epsilon = \frac{31,4 \times I}{n}$$

$$\epsilon = \frac{31,4 \times 10}{5,1} = 6,15 \gamma$$

$$\left. \begin{array}{l} K = \text{Constante del cuadro} = 31,4 \\ I = \text{Intensidad de la corriente} = 14 \text{ m. A.} \\ n = \text{Desviación total} = 7,25 \end{array} \right\}$$

$$\epsilon = \frac{31,4 \times 14}{7,25} = 60,5 \gamma$$

$$\left. \begin{array}{l} K = \text{Constante del cuadro} = 31,4 \\ I = \text{Intensidad de la corriente} = 16 \text{ m. A.} \\ n = \text{Desviación total} = 8,35 \end{array} \right\}$$

$$\epsilon = \frac{31,4 \times 16}{8,35} = 60,5 \gamma$$

$$\begin{array}{l} 1.ª \text{ determinación: } \epsilon = 61,5 \gamma \\ 2.ª \text{ id. } \epsilon = 60,5 \gamma \\ 3.ª \text{ id. } \epsilon = 60,5 \gamma \end{array}$$

$$\text{Suma} = 182,5$$

$$\text{Promedio } \epsilon = 60,8 \gamma$$

Variómetro vertical n.º V (97.118). Fecha 31-X-43

**Cálculo de ε por medio de un campo magnético artificial**

1.º determinación		2.º determinación		3.º determinación	
Est. Hora 16,5	Est. Hora 16,10	Est. Hora 16,15	Est. Hora 16,15	Est. Hora 16,20	Est. Hora 16,20
-7,8	-11,5	-4,5	-10,2	-7,2	-13,8
-5,2	-9,3	-8,5	-14,1	-2,9	-9,1
-7,8	-11,5	-4,5	-10,2	-7,2	-13,8
-5,2	-9,3	-8,5	-14,1	-2,9	-9,1
Dif. -3,7	Dif. -4,1	Dif. -5,7	Dif. -5,6	Dif. -6,6	Dif. -6,2
n = Promedio = 3,9		n = Promedio = 5,65		n = Promedio = 6,4	

$$\left. \begin{aligned} K &= \text{Constante del cuadro} = 31,4 \\ I &= \text{Intensidad de la corriente} = 10 \text{ m. A.} \\ n &= \text{Desviación total} = 4,25 \end{aligned} \right\} \epsilon = \frac{31,4 \times I}{n}$$

$$\epsilon = \frac{31,4 \times 10}{3,9} = 80,5 \gamma$$

$$\left. \begin{aligned} K &= \text{Constante del cuadro} = 31,4 \\ I &= \text{Intensidad de la corriente} = 14 \text{ m. A.} \\ n &= \text{Desviación total} = 5,65 \end{aligned} \right\}$$

$$\epsilon = \frac{31,4 \times 14}{5,65} = 77,7 \gamma$$

$$\left. \begin{aligned} K &= \text{Constante del cuadro} = 31,4 \\ I &= \text{Intensidad de la corriente} = 16 \text{ m. A.} \\ n &= \text{Desviación total} = 6,4 \end{aligned} \right\}$$

$$\epsilon = \frac{31,4 \times 16}{6,4} = 78,5 \gamma$$

- 1.ª determinación: ε = 80,5 γ
- 2.ª id. ε = 77,7 γ
- 3.ª id. ε = 78,5 γ

$$\begin{aligned} \text{Suma} &= 236,7 \\ \text{Promedio } \epsilon &= 78,9 \gamma \end{aligned}$$

Variómetro vertical n.º 97.120. Fecha: 31-X-43

**Cálculo de M de los imanes deflectores en la 1.ª posición principal de Gauss**

1.º determinación		2.º determinación		3.º determinación	
R <sub>1</sub> = 30 Hora 16,30	R <sub>2</sub> = 34 Hora 16,35	R <sub>1</sub> = 33 Hora 16,50	R <sub>2</sub> = 29 Hora 16,55	R <sub>1</sub> = 29 Hora 17,05	R <sub>2</sub> = 35 Hora 17,15
Con imán N. al E. N. al O.					
-18,0	-18,0	-1,5	-1,3	-4,6	-4,2
		-17,0	-16,4	-23,0	-23,0
				-0,9	-0,8
Prmdo. -18,0	Prmdo. -1,4	Prmdo. -4,4	Prmdo. -16,7	Prmdo. -23,0	Prmdo. -0,85
n Diferencia = 16,6		n Diferencia = 16,3		n Diferencia = 22,65	

$$\text{Imán n.º 5144} \left\{ \begin{aligned} &\text{⊕ 4 m/m.} \\ &b 60 \text{ m/m.} \end{aligned} \right. \quad M = 443 \cdot 10^5 \gamma \cdot \text{cm.}^{-3}$$

$$\begin{aligned} n = \text{Diferencia} &= 16,6 & \text{Fórmula } M &= \frac{n \epsilon}{2} \cdot \frac{R_1^3 \cdot R_2^3}{R_2^3 - R_1^3} \\ \epsilon &= 60,8 \end{aligned}$$

$$\text{Imán n.º 5144} \left\{ \begin{aligned} &\text{⊕ 4 m/m} \\ &b 60 \text{ m/m.} \end{aligned} \right. \quad M = 378 \cdot 10^5 \gamma \cdot \text{cm.}^{-3}$$

$$n = \text{Diferencia} = 12,3 \quad \epsilon = 60,8$$

$$\text{Imán n.º 5144} \left\{ \begin{aligned} &\text{⊕ 4 m/m.} \\ &b 60 \text{ m/m.} \end{aligned} \right. \quad M = 437 \cdot 10^5 \gamma \cdot \text{cm.}^{-3}$$

$$n = \text{Diferencia} = 22,65 \quad \epsilon = 60,8$$

- 1.ª determinación: ε = 443 · 10<sup>5</sup> γ · cm.<sup>-3</sup>
- 2.ª id. ε = 378 · 10<sup>5</sup> γ · cm.<sup>-3</sup>
- 3.ª id. ε = 437 · 10<sup>5</sup> γ · cm.<sup>-3</sup>

$$\begin{aligned} \text{Suma} &= 1258. \\ \text{Promedio } M &= 419 \cdot 10^5 \gamma \cdot \text{cm.}^{-3} \end{aligned}$$

Variómetro vertical n.º 97.118. Fecha: 31-X-43

**Cálculo de M de los imanes deflectores en la 1.ª posición principal de Gauss**

1.º determinación				2.º determinación				3.º determinación			
R <sub>1</sub> = 32		R <sub>2</sub> = 34		R <sub>1</sub> = 32		R <sub>2</sub> = 34		R <sub>1</sub> = 32		R <sub>2</sub> = 34	
Hora 17,30		Hora 17,35		Hora 17,45		Hora 17,50		Hora 17,55		Hora 18,00	
Con imán		Con imán		Con imán		Con imán		Con imán		Con imán	
Al E.	Al O.	N.al E.	N.al O.	E.	O.	E.	O.	E.	O.	E.	O.
-31,3	-27,8	-11,8	-8,6	-31,4	-28,0	-11,9	-8,8	-32,0	-27,9	-11,9	-11,6
Prmdo -29,55		Prmdo. -10,2		Prmdo. -29,7		Prmdo -10,35		Prmdo -29,95		Prmdo -10,25	
n Diferencia = 19,35				n Diferencia = 19,35				n Diferencia = 19,70			

Imán n.º 2142 {  $\textcircled{D}$  6 m/m.  $M = 1628 \cdot 10^5 \gamma \cdot \text{cm.}^{-3}$   
 b 80 m/m.

$n = \text{Diferencia} = 19,35$       Fórmula  $M = \frac{n \varepsilon \cdot R_1^3 \cdot R_2^3}{2 \cdot R_2^3 - R_1^3}$   
 $\varepsilon = 78,9 \gamma$

Imán n.º 2142 {  $\textcircled{D}$  6 m/m  $M = 1628 \cdot 10^5 \gamma \cdot \text{cm.}^{-3}$   
 b 80 m/m.

$n = \text{Diferencia} = 19,35$        $\varepsilon = 78,9 \gamma$

Imán n.º 2142 {  $\textcircled{D}$  6 m/m.  $M = 1656 \cdot 10^5 \gamma \cdot \text{cm.}^{-3}$   
 b 80 m/m.

$n = \text{Diferencia} = 17,90$        $\varepsilon = 78,9 \gamma$

1.ª determinación:  $M = 1628 \cdot 10^5 \gamma \cdot \text{cm.}^{-3}$

2.ª id.  $M = 1628 \cdot 10^5 \gamma \cdot \text{cm.}^{-3}$

3.ª id.  $M = 1656 \cdot 10^5 \gamma \cdot \text{cm.}^{-3}$

Suma = 4912.

Promedio  $M = 1671 \cdot 10^5 \gamma \cdot \text{cm.}^{-3}$

**Valores relativos de la componente vertical**  
 Octubre-Noviembre, 1943

Estaciones	Compo- nentes en $\gamma$	Estaciones	Compo- nentes en $\gamma$	Estaciones	Compo- nentes en $\gamma$
Base	+ 100	49	- 700	98	- 50
1	- 500	50	+ 700	99	- 400
2	- 750	51	- 150	100	- 1250
3	- 800	52	+ 50	101	+ 1100
4	+ 150	53	+ 12900	102	- 500
5	- 600	54	+ 8200	103	- 50
6	+ 500	55		104	- 1150
7	+ 2550	56	- 2000 ?	105	- 100
8	- 1400	57	- 14900	106	- 600
9		58	+ 250	107	- 400
10		59	- 450	108	- 400
11		60	+ 650	109	0
12	- 1050	61	+ 200	110	50
13	- 600	62	- 300	111	- 1800
14	- 14550	63	- 100	112	- 1500
15	- 1000	64	+ 2100	113	- 950
16	- 100	65	+ 200	114	+ 800
17	+ 50	66	+ 600	115	- 200
18	+ 1900	67	- 1250	116	+ 100
19	- 10950	68	0	117	- 600
20	- 200	69	0	118	- 600
21	+ 900	70	0	119	- 650
22	- 1600	71	- 50	120	- 250
23	- 3050	72	+ 23250	121	- 450
24	- 1400	73	+ 2650	122	- 1900
25	- 400	74	+ 450	123	- 1000
26	- 950	75	+ 650	124	+ 1150
27	- 1150	76	+ 350	125	+ 600
28	- 50	77	+ 250	126	- 350
29	- 1650	78	- 1000	127	- 250
30	- 1750	79	- 850	128	- 100
31	- 150	80	- 50	129	- 135
32	+ 2457	81	+ 600	130	+ 50
33	+ 900	82	- 3050	131	- 600
34	+ 1700 ?	83	- 88250	132	- 550
35	- 3050	84	+ 200	133	- 2000
36	- 1500	85	+ 2300	134	- 1800
37	- 600	86	+ 1050	135	- 400
38	- 900	87	+ 50	136	- 150
39	+ 400	88	+ 50	137	- 800
40	- 800	89	- 2100	138	+ 200
41	- 850	90	- 1350	139	- 450
42	+ 100	91	- 300	140	- 2050
43	+ 200	92	+ 450	141	- 600
44	+ 900	93	+ 400	142	- 400
45	- 1900 ?	94	+ 500	143	- 800
46	- 300	95	+ 2150	144	- 2200
47	+ 600	96	0	145	- 1000
48	0	97	- 200	146	- 200

Estaciones	Compo- nentes en $\gamma$	Estaciones	Compo- nentes en $\gamma$	Estaciones	Compo- nentes en $\gamma$
147	- 6100	176	- 550	204	+ 400
148	+ 900	177	- 1400	205	- 200
149	- 150	178	- 1450	206	- 850
150	+ 100	179	+ 800	207	- 200
151	- 930	180	- 700	208	- 300
152	- 1150	181	- 1550	209	- 900
153	+ 350	182	- 5200	210	- 100
154	- 800	183	+ 400	211	+ 500
155	- 5550	184	- 1200	212	+ 700
156	- 450	185	- 300	213	+ 1300
157	- 600	186	+ 100	214	+ 200
158	- 600	187	+ 350	215	+ 150
159	- 400	188	- 650	216	- 200
160	- 400	189	- 550	217	- 700
161	- 10650	190	+ 2500	218	+ 700
162	+ 200	191	+ 900	219	- 3100
163	+ 600	192	- 350	220	- 100
164	- 600	193		221	- 800
165	- 900	194	+ 900	222	+ 550
166	- 2200	195	- 300	223	+ 400
167	- 900	196	+ 800	224	+ 250
168	- 600	197	0	225	+ 50
169	- 1100	198	- 300	226	+ 250
170	- 1100	199	- 350	227	- 100
171	- 600	200	+ 900	228	- 450
172	- 350	201	+ 500	229	+ 550
173	0	202	+ 850	230	- 350
174	- 650	203	+ 250	231	- 600
175	+ 550				

## CAPITULO X

### INVESTIGACION HIDROLOGICA EN VILLAFAMES (CASTELLON DE LA PLANA)

**§ 43. Prólogo.**—En la investigación sísmica realizada en la zona de Alcora, se hizo un reconocimiento detallado del subsuelo, en las proximidades de la rambla de la Viuda, hasta un poco más al Norte de Mas de Flors. Pero tanto por los resultados obtenidos, inesperados, como por la magnitud e importancia del problema de alumbramiento de aguas subterráneas que se pretendía resolver, se creyó de gran interés ampliar el trabajo efectuado.

El nuevo estudio ha tenido por finalidad principal continuar la investigación del subsuelo de la rambla de la Viuda, aguas arriba de la zona ya estudiada, así como la determinación de las barreras geológicas que impiden el paso de las aguas del Maestrazgo hacia el mar y las posibles vaguadas subterráneas donde aquéllas se reúnen.

La accidentada topografía del terreno, que aun se acentúa más en la dirección que deben tener las líneas sísmicas, y las malas comunicaciones de la zona de la investigación, han impedido planear el trabajo en la forma más conveniente al fin propuesto.

Sin embargo, los resultados obtenidos, expuestos al final de esta reseña, comprobarán que la labor realizada ha sido interesante y fructífera.

#### § 44. Reseña geográfica y geológica.

RESEÑA GEOGRÁFICA.—La investigación sísmica realizada en los alrededores de Villafamés comprende tres zonas: la de Costur, situada en la parte occidental; la de Villafamés, propiamente dicha, y la de Cabanes, en la oriental (véase la lámina XXXV). Todas ellas constituyen la prolongación septentrional de la región de Alcora y, por su mayor proximidad al macizo montañoso del Maestrazgo, son de carácter mucho más accidentado que aquélla.

Sus cotas sobresalientes exceden de los 500 metros, aproximándose algunas a los 600, como ocurre en las de Pousa, Villa Bella y La Viñeta, en las cercanías de Useras; siguen a éstas, en orden descendente, las de la parte meridional y levante, llamadas La Creva y Rincón del Cuervo, con 480 y 467 metros respectivamente. La Miloquera, Torral de Naqués y Basa de Las Oronetes excede poco de los 400. Después descienden, de un modo gradual, hacia la rambla, cuya altitud es de unos 200 metros.

En las zonas de Villafamés y Cabanes el perfil topográfico se suaviza por el Norte, constituyendo las vegas de ambos pueblos, en una extensión superior a 20 kilómetros cuadrados.

El macizo del Gairón, cuya altitud es de 487 metros sobre el nivel del mar, enlaza en forma de cordal, no sin dejar paso a la carretera de Aragón por su kilómetro 255, con los altos de Marmudella, cuyas altitudes están comprendidas entre 450 y 550 metros.

Entre las carreteras que pasan por San Juan de Moró y Borriol, respectivamente, y siguiendo una orientación paralela a las mismas, se extiende otro cordal, cuyas cimas limitan ambos términos, jalonado por las de Monegro, Sabatero y los altos de Balaguer. Sus altitudes oscilan desde los 500 a los 700 metros.

Y por último, en disposición parecida e idéntica orientación NE.-SO., se extiende la cadena de alturas más próxima al mar. Arranca en el paraje de la Lloguera con la altitud de 375 metros y sigue, constituyendo el límite de los términos municipales de Castellón, Benicarló y Oropesa, por el Norte, hacia los altos de La Coma, Peñas Blancas, El Desierto y las cimas de Colomer, que coronan con 720, para entrar por El Azafranar y Sierra de Los Santos hasta Fontalle y Los Llorenzos, con altitudes del orden de las de su origen.

De la mencionada cadena deriva la Sierra de Oropesa. Sus alturas más notables son las de Puntal y Sierra, que exceden algo de los 400 metros, extendiéndose su flanco meridional hacia el mar entre Benicasim y Oropesa, para constituir el cabo de este último nombre y separar las vegas, o tierra llana, de dichos pueblos.

En resumen, se trata de una región accidentada, en su conjunto, situada fuera de lo que se denomina La Plana, y representa las últimas estribaciones del Maestrazgo. La parte llana de su interior está representada por las vegas donde se ha realizado el estudio sísmico.

La red hidrográfica está representada, en la zona de Costur, por la cuenca de la rambla de la Viuda. Su afluente principal, por su margen derecha, es el barranco de las Ollas, que desciende desde los altos de Trauanta hasta el paraje de El Covacho, donde se incorpora a la misma.

En la de Villafamés lo está por la rambla del Estret y la Rambleta, afluente de ella, ambas pertenecientes a la misma cuenca y de cauce seco en la mayor parte del año.

Entre los arroyos y cursos de agua de menor importancia, por su pequeño desarrollo y cauce limitado, pueden citarse los denominados de Moró, en la zona de Villafamés; de la Parra, en la de San Juan de Moró, que nacen

ambos en los bordes del macizo paleozoico de las inmediaciones del Mollet, donde, por hallarse cerca del contacto con las areniscas rojas, surgen algunas fuentes que alimentan dichos arroyos, con más o menos caudal, la mayor parte del año.

Independientemente de esta cuenca discurre el río de Borriol, de curso paralelo a la rambla de la Viuda; pero de corto recorrido. Nace en el macizo paleozoico de Puebla Tornesa, en las inmediaciones del kilómetro 259 de la carretera de Aragón; sigue paralelo a dicha carretera por el mismo valle y desemboca directamente en el mar, al Norte de Castellón. Tiene como afluente más importante el arroyo de la Muela.

La notable particularidad de este río y de su afluente, al igual de lo que ocurre en la rambla de la Viuda, es que su caudal se pierde entre las calizas y areniscas, casi tan pronto como su curso se labra en ellas. El corto trayecto de ambos nos ha permitido hacer algunas observaciones que consideramos de mucho interés.

Se observa que el caudal se conserva en ellos mientras su curso persiste sobre las pizarras; se debilita en cuanto se labra en las areniscas y desaparece inmediatamente después de seguir sobre las calizas, fenómeno que se verifica también en el arroyo de la Muela, antes de incorporarse al río Borriol, aguas abajo del pueblo. Más adelante nos ocuparemos de las razones que explican la existencia de tal sumidero.

El caudal perdido en la época de las observaciones, que coincide con el mes de enero del año 1944, era de unos 100 a 150 litros por segundo, calculados de una manera aproximada.

Las vías de comunicación en la zona de Costur son escasas y difíciles. La única de importancia es la carretera

de La Foya a Useras, que pasa por el mencionado pueblo. Las demás son caminos de disposición y perfil tales que, rara vez, permiten el paso de vehículos ordinarios.

Las zonas de Villafamés y Cabanes, por el contrario, cuentan con la carretera principal de Castellón a Zaragoza y la provincial de San Juan de Moró a Puebla Tornesa, por Villafamés; además de la general de Valencia a Barcelona por Benicasim y Oropesa, en la que nace el camino vecinal de Cabanes.

Las comunicaciones restantes se reducen a sendas de caballerías, medio, casi único, empleado en nuestras excursiones.

**RESEÑA GEOLÓGICA.**—Las observaciones geológicas no se han limitado a los terrenos a los cuales afecta el estudio geofísico, sino que alcanzaron un carácter más general, teniendo presente el importante papel que desempeñan en el problema que se trata de resolver.

Abarca, pues, la descripción, a la casi totalidad de la zona que se extiende entre La Barona y Castellón, en el sentido de Norte a Sur; y desde Oropesa a Alcora en el de levante a poniente. Es decir, afecta a casi toda la superficie que comprende la hoja de Villafamés, número 616, del mapa geológico a escala 1 : 50.000.

**Primario o paleozoico.**—Ocupa la parte central de dicha hoja y se manifiesta en tres manchas principales, superficialmente aisladas entre sí (véase la lámina XXXV) pero indudablemente unidas interiormente.

Sus rocas esenciales son las pizarras arcillosas y tegulares, de colores gris claro en las primeras y de tono negruzco en las segundas, dispuestas de un modo alterante, con algunos bancos de arenisca de potencias próxi-

mas a medio metro y superiores a veces, de textura compacta y basta.

Aparecen con direcciones, inclinaciones y buzamientos diversos, frecuentemente contrarios entre sí, trituradas y rotas en muchos lugares como prueba de haber sido sometidas a fuertes empujes tangenciales seguidos de descompresiones. Sin embargo, hay en ellas, con frecuencia, una determinada orientación NE.-SO., en términos generales.

Dicha formación constituye una especie de núcleo que sirve de apoyo por todos los rumbos a las formaciones posteriores. La mancha occidental se manifiesta en la carretera de San Juan de Moró a Villafamés; la central, en las inmediaciones de Puebla Tornesa; y la oriental en el barranco de Tarambana (corte A-B de la lámina XXXVI).

*Triásico.*—En el orden geológicamente ascendente aparece la formación triásica apoyada directamente sobre el núcleo paleozoico. Se presenta también en asomos aislados superficialmente: el más importante corresponde al paraje de El Desierto y sus alrededores. Otra mancha de orientación paralela a la anterior, pero de menor extensión, ocupa el Monte Mollet y sigue a media ladera hasta Villafamés, cuyo pueblo se alza sobre dicho terreno. Y por último, varias más de escasa importancia asoman en las cercanías de Borriol, Puebla Tornesa y masía de Narciso, atravesando, esta última, el macizo calcáreo de aquellos parajes.

Las rocas principales y predominantes de este terreno, en la zona considerada, son las areniscas rojas, cuya coloración disminuye, a veces, a medida que se eleva el horizonte geológico de las mismas. Alternan con algunos lechos de arcillas, que se aprecian en las inmediaciones de los contactos, especialmente en la base de la formación. Su dirección más generalizada es la de NE.-SO., con ten-

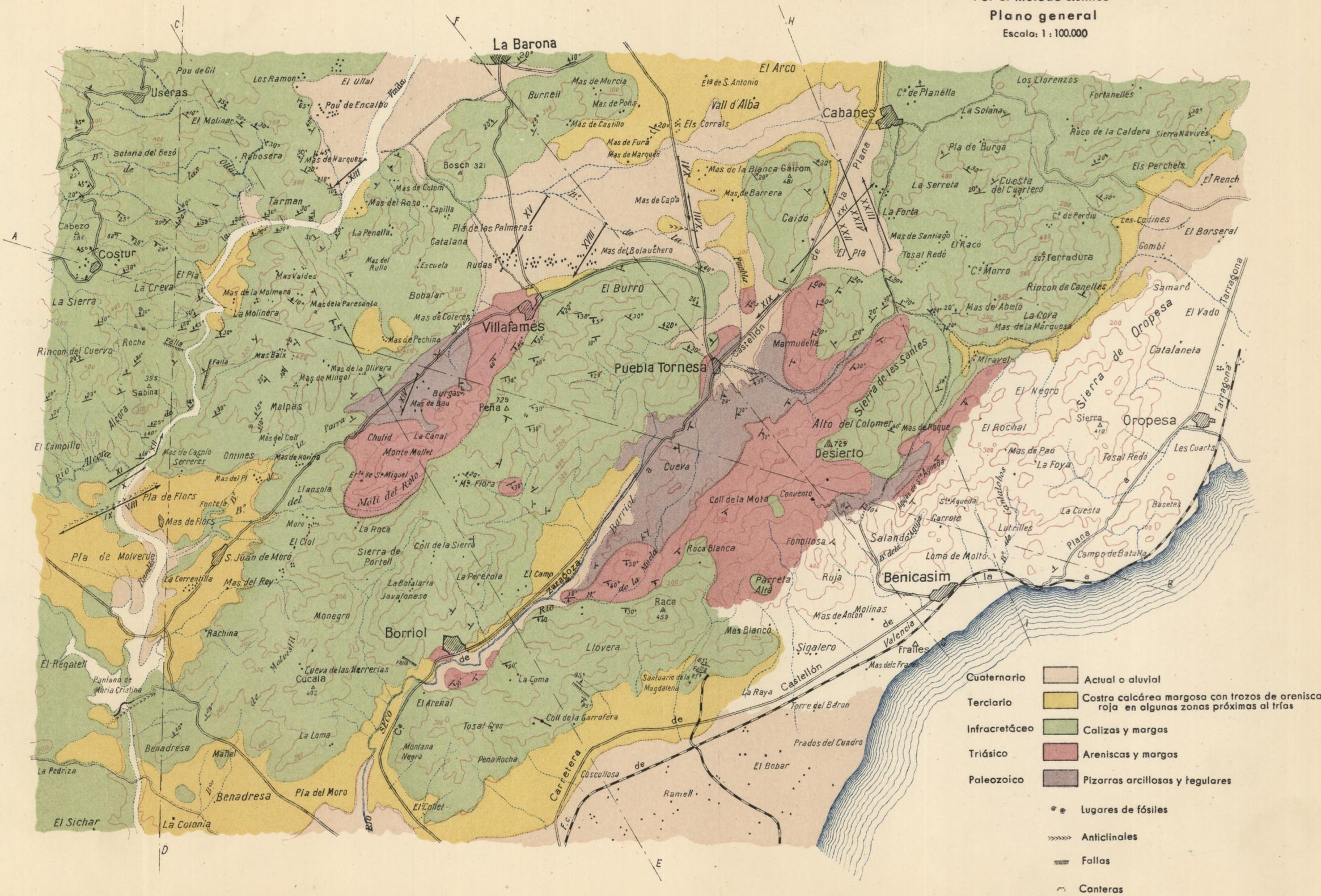


# INVESTIGACION HIDROLOGICA EN VILLAFAMES (CASTELLON)

Por el método sísmico

Plano general

Escala: 1 : 100.000



dencia hacia la de levante-poniente; sus inclinaciones con el horizonte varían entre 20 y 50 grados, y su buzamiento tiende hacia al SE., salvo algunos casos locales y excepcionales.

La particularidad notable de esta formación en cuanto a estructura es que, en la mancha central y en la occidental, ocupa el borde oriental de los respectivos asomos paleozoicos, sin correspondencia en el sentido opuesto. Este hecho permite suponer hundidas las capas del flanco occidental en forma escalonada (cortes *A-B* y siguientes, lámina XXXVI).

*Infracretáceo.* —Comprende la mayor parte de la extensión superficial de la zona de estudio.

Sus rocas componentes son, en su mayoría, calizas de textura compacta de tono claro, generalmente, algo lechoso en determinados horizontes y de tinte oscuro y carácter sabuloso a veces, llegando a constituir verdaderas areniscas y conglomerados en los niveles más bajos.

Interpuestas entre las calizas y alternando con ellas se observan horizontes margosos, también de color claro en unos lugares y grisáceo o moreno en otros, con apariencia de verdadero cemento frecuentemente, como ocurre en el barranco del Cuerno, próximo a Costur; en la Basa de los Orenetes y en la costa de Cabanes, entre otros lugares.

Esta formación infracretácea se presenta con caracteres de homogeneidad y analogía tal, en todas las manchas de la hoja, que clasificada cualquiera de ellas se puede extender, con toda seguridad, a las otras. Se repiten en ellas los mismos horizontes: bancos de caliza compacta con vetas espáticas; los de naturaleza sabulosa y color moreno; los horizontes de margas cuajados de orbitolinas y los calcáreos, con profusión también de restos paleontológicos análogos a los descritos en el estudio de Alcora, con interpo-

sición de los constituídos exclusivamente por conchas, cuya potencia aproximada es de un metro, observado en la rambla de la Viuda, cercanías de Costur, San Juan de Moró y Puebla Tornesa.

Particularidad notable de la formación, en extremo interesante para el problema a estudiar, es la profusión de litoclasas, fallas y toda suerte de fracturas que la hacen completamente permeable.

Las más importantes son las de la fuente del Conde y el codo de la Freixa, en la rambla de la Viuda; las de las inmediaciones de Borriol, y, especialmente, la zona fallosa de Coll de Garrofera (véase la lámina XXXV), que unida a la citada de Borriol y prolongadas, sin duda, hasta la rambla de la Viuda influyen, evidentemente, en la rápida invasión de aguas en la zona llana de El Canet, cuando alcanza su máximo nivel el embalse del pantano de María Cristina, o de Alcora. Otro lugar importante en este orden, de terreno trastornado, coincide con la cantera de La Magdalena, donde se extrae la piedra para el puerto del Grao de Castellón, de unas capas calizas completamente verticales.

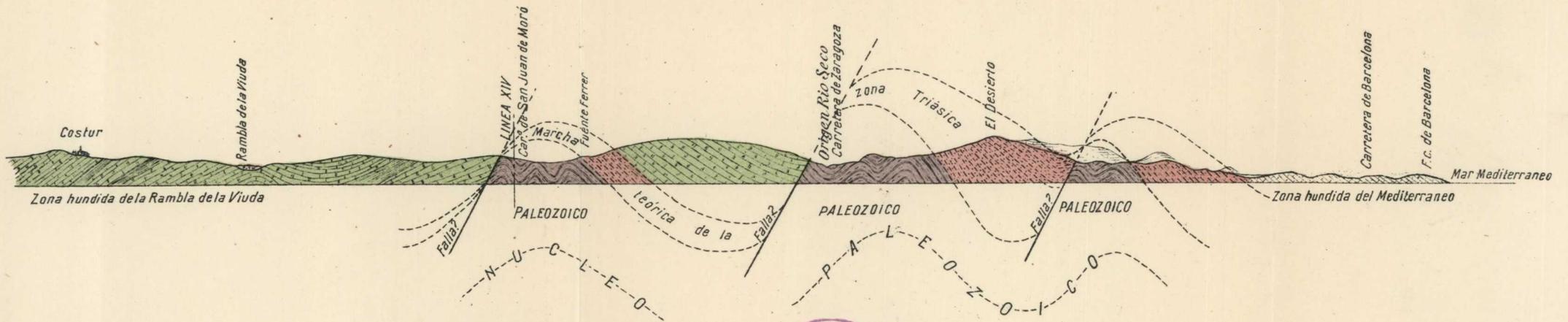
*Terciario.*—Alrededor de estos horizontes del Infracretáceo y, en general, de los mesozoicos, se manifiesta, como ya referimos en la zona de Alcora, una especie de costra, con espesores variables según el lugar de observación. Afecta la forma de festón o cenefa alrededor de los macizos infracretáceos y triásicos, preferentemente de los primeros, constituyendo una especie de conglomerado compuesto de trozos de caliza, aprisionados y cementados por las margas blandas de la misma formación secundaria.

*Cuaternario.*—Por último, constituye este terreno moderno la parte llana, o tierra baja, de la superficie comprendida por la hoja. Está definido por la vega de El Plá, en la

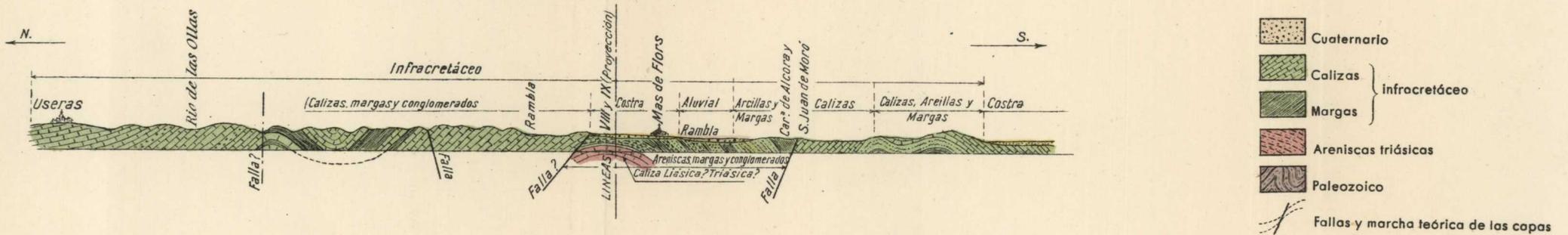
# INVESTIGACION HIDROLOGICA EN VILLAFAMES (CASTELLON)

Escala: 1 : 100.000

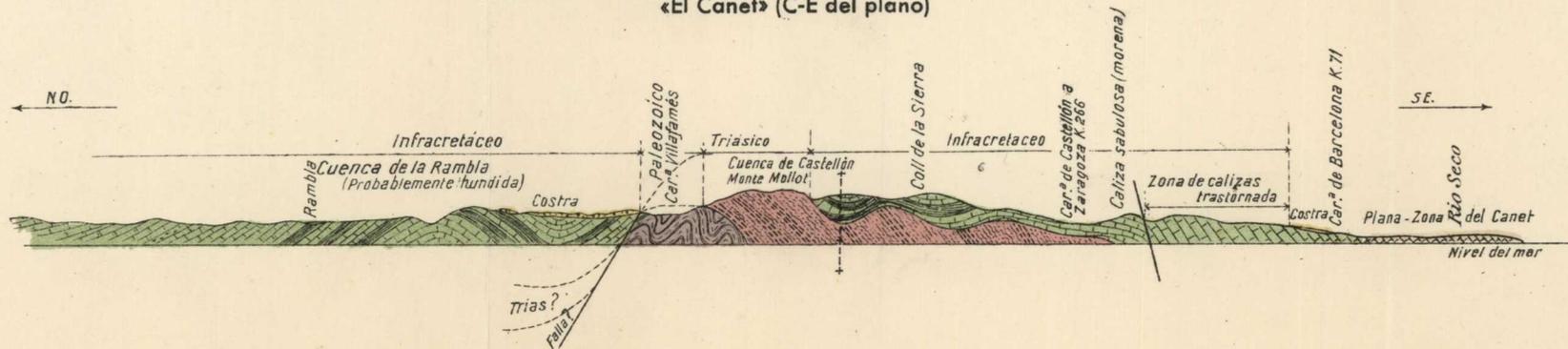
Corte geológico A-B desde Costur al mar Mediterráneo pasando por el Desierto



ZONA DE COSTUR  
Corte geológico desde Useras (Castellón) hasta la rambla de La Viuda (C-D del plano)



ZONA DE VILLAFAMES  
Corte geológico NO.-SE. desde Useras hasta el mar pasando por «El Canet» (C-E del plano)

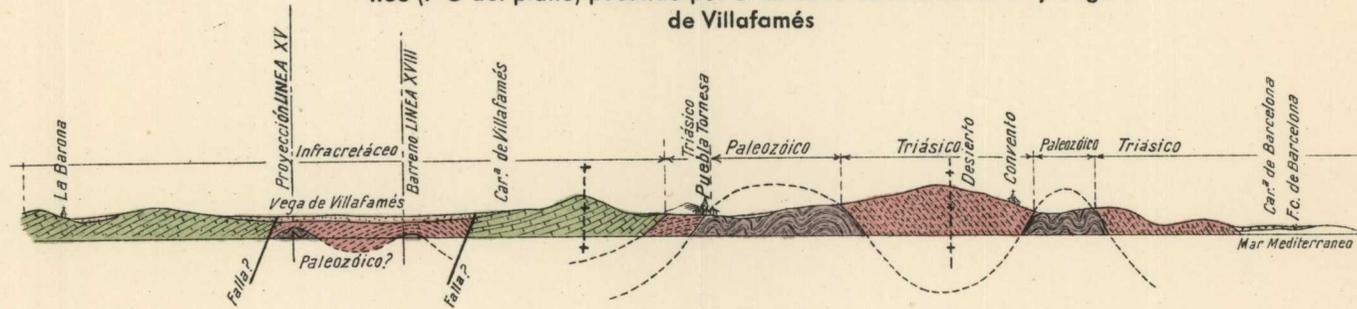


# INVESTIGACION HIDROLOGICA EN VILLAFAMES (CASTELLON)

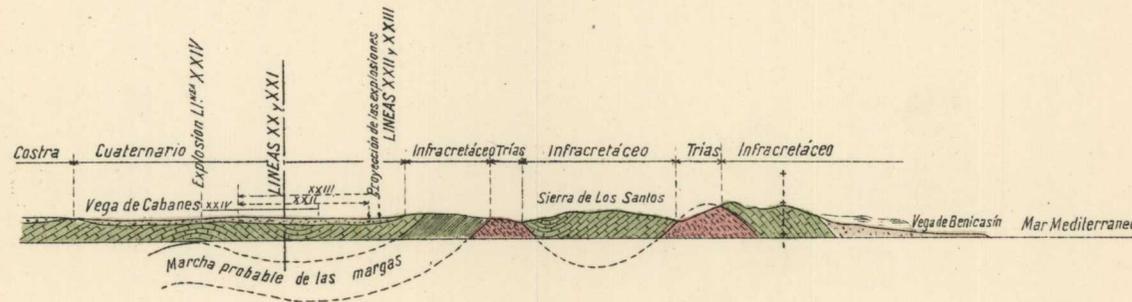
Escala: 1 : 100.000



Corte geológico NO.-SE. desde «La Barona» hasta el mar Mediterráneo (F-G del plano) pasando por el barreno de la Línea XVIII y Vega de Villafamés



Corte geológico NO.-SE. desde «El Arco» hasta el mar Mediterráneo (H-I del plano general) pasando por la Línea XXIV y Vega de Cabanes



- Calizas } infracretáceo
- Margas } infracretáceo
- Areniscas triásicas
- Paleozoico

rambla de la Viuda; las de Villafamés y Cabanes y la Plana de Castellón, que es la más importante por su extensión y la riqueza de su suelo.

Su composición varía, asimismo, según el lugar que se considere: en la vega de Villafamés, y en gran parte de la de Cabanes, es extremadamente arenoso, como producto de la disgregación de las areniscas triásicas inmediatas, y en las demás está compuesto de tierra suelta y algunas tongadas de cantos rodados correspondientes al Diluvial. Lo mismo sucede con su colorido: es rojo en Villafamés y Cabanes, por ser rojas las rocas disgregadas de donde procede, y es pardo en los demás lugares, porque así lo son también las rocas originarias.

ESTRATIGRAFÍA Y TECTÓNICA.— Con los antecedentes estudiados, las observaciones sobre el terreno y los resultados de la investigación geofísica realizada, se han confeccionado los cortes geológicos representados en las láminas XXXVI y XXXVII, que ponen de manifiesto la disposición estratigráfica y probable estructura interna de la región estudiada.

El primero de dichos cortes (*A-B*) comprende desde el pueblo de Costur hasta el mar, pasando por los tres asomos primarios de la zona; el segundo (*C-D*) coincide, aproximadamente, con el denominado 2-2 del estudio de Alcora, prolongado por el Norte hasta las inmediaciones de Useras; el número 3 (*C-E*) abarca desde este último pueblo hasta el paraje de El Canet, en la Plana de Castellón; y los dos restantes comprenden la llanura donde se han emplazado las líneas sísmicas de este trabajo, prolongados, como los anteriores, hasta el mar.

Examinados los cortes a la vista del plano general, se confirma el juicio expuesto en la investigación de Alcora:

es decir, que la serie de pliegues existentes dentro de la zona de estudio, orientados de un modo general de NE. a SO., no son otra cosa que la consecuencia de un empuje tangencial de dirección normal a la referida, producido por el descenso del fondo mediterráneo, que obligó a la emergencia del macizo paleozoico de su borde, alzando y dislocando las capas mesozoicas superpuestas al mismo.

En los bordes de las «ventanas» de este macizo o núcleo se observa la particularidad de que dichas capas están sin correspondencia superficial, en la mayoría de los casos. Es bastante general, al menos sucede en los asomos de Villafamés y Puebla Tornesa, que se aprecien capas de arenisca roja, triásica, en el flanco oriental de cada asomo, sin que aparezca en el opuesto.

Por otra parte, las direcciones, inclinaciones y buzamientos de las calizas y margas del tramo infracretáceo, especialmente las correspondientes al flanco occidental del núcleo o zona de la rambla de la Viuda y de Costur, son extremadamente variables; se observan, en trechos relativamente cercanos, en disposición completamente contraria; constituyen, a veces, pequeños sinclinales o anticlinales locales y son frecuentísimas en ella las zonas de fractura, con multitud de fisuras o litoclasas y fallas.

En el flanco oriental del expresado núcleo la estratificación es más regular, tiene en general una marcada tendencia en sus buzamientos hacia el mar, aunque éstos tornan al Norte por la zona de Cabanes; es decir, las capas aparecen como ceñidas y contorneando el macizo paleozoico central, consideradas en conjunto.

Todo hace suponer que después del hundimiento mediterráneo y emergencia del macizo paleozoico, una descomposición de las capas levantadas produjo su rotura y basculamiento, favorecido, quizás, por el entumecimiento

de las posibles capas interiores de anhidrita al convertirse en yeso (es de advertir que éste se manifiesta en algunos parajes, como el de la Foya), y la disolución de otras de carácter salino. Los bloques desprendidos, tal y como se representan idealmente en los cortes geológicos presentados, quedaron aislados entre sí y fueron posteriormente denudados por los agentes exteriores de un modo continuo, hasta llegar a su configuración actual.

Con arreglo al mismo orden de ideas, el anticlinal de Mas de Flors parece roto en su rama septentrional, cerca de la cresta (corte C-E, lámina XXXVI); corresponde con el mismo la zona de falla que se aprecia frente al kilómetro 11 de la carretera de Villafamés a San Juan de Moró y puede ser prolongación también del pliegue observado en la pista de La Barona, dentro del recorrido de las líneas sísmicas números XVI y XVII, y la razón de no cortar el rayo sísmico en ninguna de las líneas de la vega de Cabanes el horizonte paleozoico, ni siquiera el triásico, parece confirmar que el hundimiento envuelve a la formación mesozoica del expresado núcleo.

Por el flanco oriental tienden o buzan ambos tramos, el Triásico y el Infracretáceo, salvo casos accidentales, hacia su borde, lo que permite establecer *a priori* dos vertientes subterráneas para las aguas que penetran por entre los estratos; una, del núcleo paleozoico hasta la rambla, y la otra, desde el mismo hacia la costa, con cursos internos laterales favorecidos por las fallas, uno de los cuales, muy importante, es el de la región de Borriol y Coll de Garrofera, por donde sin duda discurre el volumen que se escapa y procede del embalse del pantano de María Cristina, que encharca periódicamente la zona de El Canet y por donde se suma en su casi totalidad el río de Borriol, denominado río Secò.

**§ 45. La investigación sísmica.**—Se ha indicado ya en el Prólogo que la complicada configuración topográfica del terreno dificulta extraordinariamente la distribución de las líneas sísmicas. Sirva esta advertencia para explicar la situación de algunas de ellas y la falta de otras que hubiésemos deseado efectuar.

La primera línea sísmica de esta investigación lleva el número VIII, considerándola como la continuación de las efectuadas en el trabajo de Alcora. Se la ha situado entre las líneas I y III y paralelamente a ellas para fijar, con mayor exactitud, el ya citado anticlinal de Mas de Flors, determinado aproximadamente por deducciones hechas de los resultados obtenidos en sus flancos Norte y Sur, a unos 400 metros de distancia a cada lado de su eje.

*Línea VIII.*—Los barrenos de la línea VIII se han situado en la margen derecha de la rambla, en el lugar donde se supone situado el eje del anticlinal de Mas de Flors, equidistante de los perfiles I y III.

Su dirección es E. 30° N. y consta de 14 estaciones, distribuidas en 1.400 metros de longitud.

A continuación se presenta la lista de los valores de las velocidades medias del rayo sísmico, tomadas desde el origen, a cada una de las estaciones:

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= \frac{100}{0,072} = 1.400 \text{ m/s.} & V_{0-6} &= \frac{600}{0,248} = 2.400 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} &= \frac{200}{0,109} = 1.800 \text{ »} & V_{0-7} &= \frac{700}{0,286} = 2.400 \text{ »} \\ V_{0-3} &= \frac{300}{0,165} = 1.800 \text{ »} & V_{0-8} &= \frac{800}{0,328} = 2.400 \text{ »} \\ V_{0-4} &= \frac{400}{0,197} = 2.000 \text{ »} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,336} = 2.700 \text{ »} \\ V_{0-5} &= \frac{500}{0,240} = 2.100 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,382} = 2.600 \text{ »} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,386} = 2.800 \text{ m/s.} & V_{0-18} &= \frac{1.300}{0,388} = 3.300 \text{ m/s.} \\ V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,405} = 3.000 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,415} = 3.300 \text{ »} \end{aligned}$$

Dibujada la correspondiente curva dromocrónica con los resultados de los cálculos efectuados con los datos obtenidos en el campo, se diferencian en ella las siguientes alineaciones, representativas de horizontes geológicos distintos:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,072} = 1.400 \text{ m/s.}$$

es el valor sísmico correspondiente a la cubierta formada por materiales de arrastre.

$$V_2 = V_{1-5} = \frac{500 - 100}{0,240 - 0,072} = 2.400 \text{ m/s.}$$

representa al paquete geológico de areniscas y arcillas cretáceas.

$$V_3 = V_{5-6} = 4.300 \text{ m/s.}$$

corresponde al horizonte ya conocido de las calizas liásicas o triásicas.

El valor

$$V_4 = V_{6-8} = \frac{800 - 600}{0,328 - 0,248} = 2.500 \text{ m/s.}$$

representa un nivel de margas arcillosas, casi seguramente triásicas.

El valor

$$V_5 = V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,336 - 0,328} = 12.500 \text{ m/s.}$$

es muy difícil de interpretar, a causa de su gran magnitud. Puede ser debido a un efecto relativo aparente que se produce al pasar el rayo sísmico de un horizonte determinado a otro con una constante de velocidad sísmica mucho mayor. Por ejemplo, de las margas arcillosas a un banco calizo y aun a un banco de areniscas.

El valor

$$V_6 = V_{9-10} = \frac{1.000 - 900}{0,382 - 0,336} = 2.200 \text{ m/s.}$$

puede estar influido por las mismas causas, pero en sentido contrario, y corresponder a un horizonte arcilloso.

$$V_7 = V_{10-14} = \frac{1.400 - 1.000}{0,415 - 0,382} = 12.000 \text{ m/s.}$$

se atribuye a un tramo de cuarcitas paleozoicas, atravesado igualmente por el rayo sísmico en sentido ascendente, lo que coincide con la estructura geológica del lugar.

Lo único que nos interesa entre todos estos valores es la profundidad del Lías o Trías, sobre el que se asientan capas arcillosas capaces de retener el agua.

Conocida ya la zona sísmicamente, aplicaremos para profundidad de este horizonte el coeficiente deducido en el trabajo anterior:

$$K = 0,30$$

de donde

$$P = 500 \times 0,30 = 150 \text{ m.}$$

es la profundidad del banco calizo liásico o triásico.

En la línea IX, que es la contralínea de la VIII, se completan las conclusiones de esta última.

*Línea IX.*—Es la contralínea de la VIII. Parte, por lo tanto, del mismo origen y está dirigida en sentido contrario o sea S. 30° O.

Tiene 1.500 metros de longitud.

A continuación se escribe la acostumbrada lista de los valores medios de  $V$ , tomados desde el barreno:

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= \frac{100}{0,091} = 1.100 \text{ m/s.} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,345} = 2.600 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} &= \frac{200}{0,144} = 1.400 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,385} = 2.600 \text{ »} \\ V_{0-3} &= \frac{300}{0,184} = 1.600 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,407} = 2.700 \text{ »} \\ V_{0-4} &= \frac{400}{0,235} = 1.700 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,435} = 2.700 \text{ »} \\ V_{0-5} &= \frac{500}{0,251} = 2.000 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,508} = 2.600 \text{ »} \\ V_{0-6} &= \frac{600}{0,271} = 2.200 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,512} = 2.700 \text{ »} \\ V_{0-7} &= \frac{700}{0,301} = 2.300 \text{ »} & V_{0-15} &= \frac{1.500}{0,530} = 2.800 \text{ »} \\ V_{0-8} &= \frac{800}{0,324} = 2.400 \text{ »} & & \end{aligned}$$

Sobre la correspondiente dromocrónica se pueden diferenciar, por comparación con el perfil anterior, los parámetros que se citan:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,091} = 1.100 \text{ m/s.}$$

corresponde al lecho de la rambla.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,235 - 0,091} = 2.200 \text{ m/s.}$$

es una velocidad que se debe atribuir al paquete de areniscas y arcillas.

$$V_3 = V_{4-6} = \frac{600 - 400}{0,271 - 0,235} = 5.600 \text{ m/s.}$$

corresponde al horizonte calizo, liásico o triásico.

$$V_4 = V_{6-10} = \frac{1.000 - 600}{0,385 - 0,271} = 3.500 \text{ m/s.}$$

representa al conocido paquete de margas triásicas.

El valor

$$V_5 = V_{10-12} = \frac{1.200 - 1.000}{0,435 - 0,385} = 4.000 \text{ m/s.}$$

es más fácil interpretar que el correspondiente de la línea anterior, y podemos atribuirle a las areniscas triásicas o a un banco calizo, como ya hemos dicho.

$$V_7 = V_{12-13} = \frac{1.300 - 1.200}{0,508 - 0,435} = 1.400 \text{ m/s.}$$

corresponde al mismo horizonte arcilloso encontrado en la línea VIII.

$$V_8 = V_{13-15} = \frac{1.500 - 1.300}{0,530 - 0,508} = 9.100 \text{ m/s.}$$

indica el horizonte de cuarcitas del paleozoico.

La profundidad a que resulta la caliza característica, liásica o triásica es  $400 \times 0,30 = 120$  metros.

Resumiendo las líneas VIII y IX, la profundidad en el barreno común del mencionado horizonte calizo es

$$\frac{150 + 120}{2} = 135 \text{ m.}$$

Pero la consecuencia principal, deducida de estos dos perfiles, es que los materiales cretáceos que forman el eje del citado anticlinal son lo suficientemente arcillosos para que formen una barrera impermeable a las aguas subterráneas del cauce subálveo de la rambla, y que estos materiales se encuentran a menos de 25 metros de profundidad debajo de la formación moderna, que es permeable. Por lo tanto, el anticlinal de Mas de Flors forma una presa natural subterránea que desvía las aguas hacia poniente, impidiendo que alimenten el pantano de María Cristina.

De aquí se deduce que la proyectada galería de captación deberá atravesar, totalmente, dicha barrera geológica, para recoger una gran cantidad de agua.

*Línea X.* —La línea X se ha efectuado paralelamente a las anteriores, o sea en la dirección E. 30° N. El barreno está situado en la misma rambla de la Viuda, en un lugar próximo a la desembocadura de la de Alcora.

La acostumbrada lista de valores de las velocidades medias, desde el origen, ha resultado:

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= \frac{100}{0,078} = 1.300 \text{ m/s.} & V_{0-6} &= \frac{600}{0,225} = 2.700 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} &= \frac{200}{0,132} = 1.500 \text{ »} & V_{0-7} &= \frac{700}{0,237} = 2.900 \text{ »} \\ V_{0-3} &= \frac{300}{0,157} = 1.900 \text{ »} & V_{0-8} &= \frac{800}{0,266} = 3.000 \text{ »} \\ V_{0-4} &= \frac{400}{0,174} = 2.300 \text{ »} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,305} = 3.000 \text{ »} \\ V_{0-5} &= \frac{500}{0,198} = 2.500 \text{ »} \end{aligned}$$

El examen de las velocidades obtenidas y de la dromocrónica dibujada, permite distinguir los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-2} = \frac{200}{0,132} = 1.500 \text{ m/s.}$$

que corresponde a la velocidad del recubrimiento de terrenos de arrastre.

$$V_2 = V_{2-7} = \frac{700 - 200}{0,237 - 0,132} = 4.800 \text{ m/s.}$$

es la constante de la caliza cretácea. Se observa en la dromocrónica alguna intercalación de arenisca, por la disminución de velocidad de alguno de sus lados.

$$V_3 = V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,305 - 0,266} = 2.500 \text{ m/s.}$$

indica que el rayo sísmico atraviesa las areniscas de la base del Cretáceo.

La profundidad de la caliza en el barreno, recubierta únicamente de arenas y conglomerados, ha resultado ser de

$$200 \times 0,30 = 60 \text{ metros.}$$

La de las areniscas arcillosas que forman el nivel impermeable, de

$$750 \times 0,30 = 225 \text{ m.}$$

*Línea XI.*—El barreno se ha emplazado a un kilómetro al NE. del anterior, en la margen izquierda de la rambla, de forma que la línea se desarrolla en sentido contrario: O. 30° S. Los perfiles quedan paralelos y a 100 metros de distancia entre sí. Tiene 1.200 metros de longitud, con un total de 12 estaciones.

Las velocidades medias del rayo sísmico en cada una de las posiciones observadas se exponen a continuación:

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= \frac{100}{0,061} = 1.600 \text{ m/s.} & V_{0-7} &= \frac{700}{0,220} = 3.200 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} &= \frac{200}{0,079} = 2.500 \text{ »} & V_{0-8} &= \frac{800}{0,253} = 3.200 \text{ »} \\ V_{0-3} &= \frac{300}{0,100} = 3.000 \text{ »} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,284} = 3.200 \text{ »} \\ V_{0-4} &= \frac{400}{0,146} = 2.700 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,345} = 2.900 \text{ »} \\ V_{0-5} &= \frac{500}{0,179} = 2.800 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,400} = 2.700 \text{ »} \\ V_{0-6} &= \frac{600}{0,202} = 2.900 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,439} = 2.700 \text{ »} \end{aligned}$$

Sobre la correspondiente curva dromocrónica y en la lista anterior, se pueden apreciar los siguientes horizontes por sus valores sísmicos:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,061} = 1.600 \text{ m/s.}$$

representa la cubierta de aluviones modernos de la rambla.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,100 - 0,061} = 5.100 \text{ m/s.}$$

indica la caliza cretácea.

$$V_3 = V_{8-5} = \frac{500 - 300}{0,179 - 0,100} = 2.500 \text{ m/s.}$$

es la constante sísmica del horizonte de arenisca, intercalado en las calizas, que se manifiestan de nuevo a continuación con velocidad

$$V_4 = V_{6-7} = \frac{700 - 500}{0,230 - 0,179} = 4.900 \text{ m/s.}$$

Nuevamente se repiten las areniscas en el horizonte representado por la velocidad

$$V_5 = V_{7-9} = \frac{900 - 700}{0,294 - 0,220} = 3.100 \text{ m/s.}$$

Por último, la línea XI termina con un grupo de capas de muy difícil identificación, puesto que el parámetro que la caracteriza

$$V_6 = V_{9-12} = \frac{1.200 - 900}{0,439 - 0,284} = 1.900 \text{ m/s.}$$

es un valor aparente, menor que el real por atravesar el rayo sísmico las capas en el sentido descendente. Puede atribuirse al grupo de areniscas arcillosas situado en la base del Cretáceo, como hemos supuesto en la línea X.

Los resultados de las profundidades han sido:

Profundidad de la caliza debajo del Aluvial del río

$$100 \times 0,30 = 30 \text{ m.}$$

Profundidad de las areniscas arcillosas del fondo del Cretáceo

$$900 \times 0,30 = 270 \text{ m.}$$

*Línea XII.*—La línea XII se hizo principalmente con el fin de conocer el espesor de los aluviones de la rambla, en un lugar donde se produce un estrechamiento de su cauce. El barreno se ha situado algo más al Norte del origen del perfil anterior.

La dirección es N. 30° E. y tiene solamente 600 metros de longitud.

A continuación se copia la acostumbrada lista de valores de las velocidades medias:

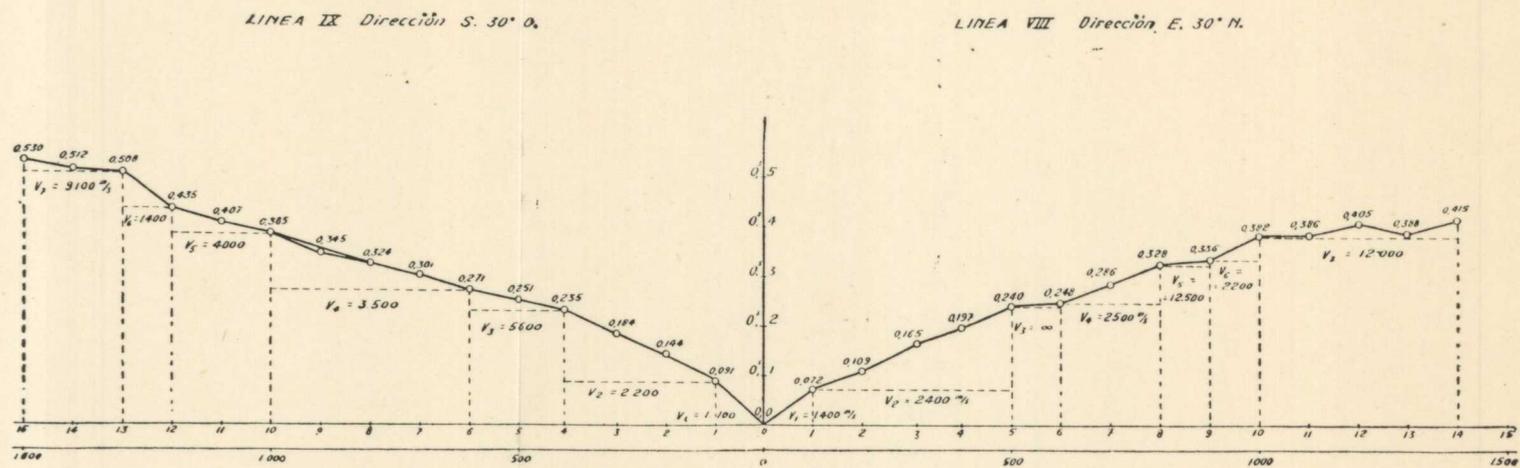


Fig. 67.—Alcora. Líneas dromocrónicas VIII y IX

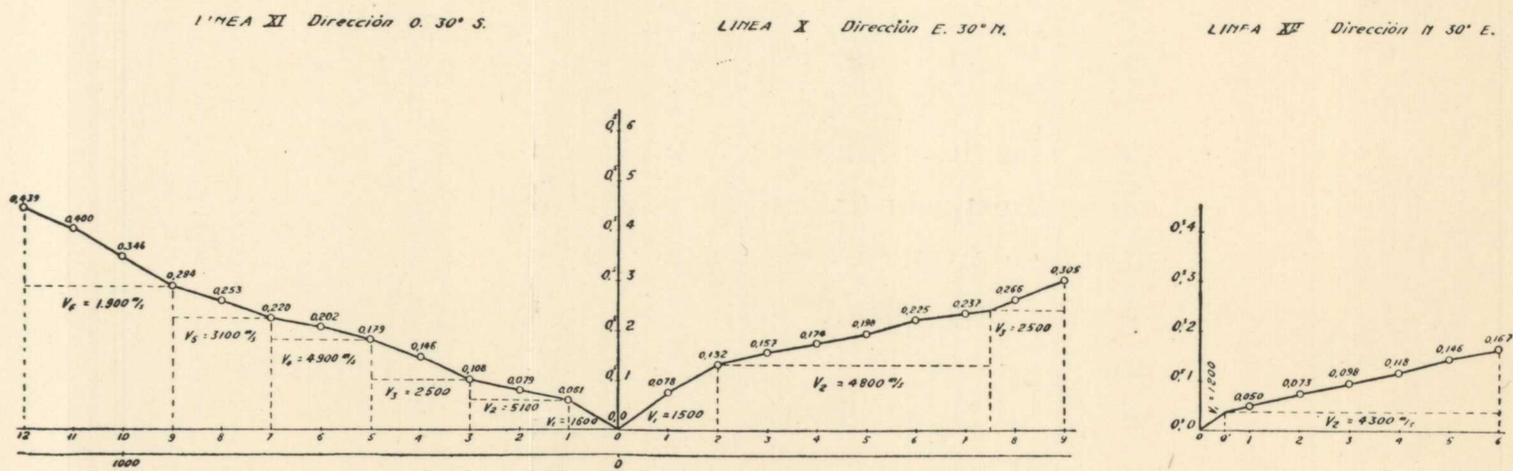


Fig. 68.—Alcora. Líneas dromocrónicas X, XI y XII

$$\begin{aligned}
 V_{0-1} &= \frac{100}{0,050} = 2.000 \text{ m/s.} & V_{0-4} &= \frac{400}{0,118} = 3.400 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} &= \frac{200}{0,073} = 2.700 \text{ »} & V_{0-5} &= \frac{500}{0,146} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-3} &= \frac{300}{0,098} = 3.100 \text{ »} & V_{0-6} &= \frac{600}{0,167} = 3.600 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Sobre la dromocrónica se aprecian únicamente dos horizontes: el correspondiente a la cubierta de Aluvial

$$V_1 = V_{0-0\infty} = \frac{50}{0,040} = 1.200 \text{ m/s.}$$

y el de caliza cretácea:

$$V_2 = V_{1-6} = \frac{600 - 100}{0,167 - 0,050} = 4.300 \text{ m/s.}$$

de cuyo valor no debe extrañar su relativamente pequeña magnitud, por cortar la estratificación el rayo sísmico en el sentido descendente de las capas.

La profundidad de la caliza es del orden de

$$50 \times 0,30 = 15 \text{ m.}$$

A la profundidad de

$$600 \times 0,30 = 180 \text{ m.}$$

continúan los bancos calizos del mismo tramo.

*Línea XIII.*—A medida que asciende la rambla hacia el Norte, van aumentando las dificultades que se presentan para realizar nuevos perfiles sísmicos, a causa de la configuración del terreno. Por el contrario, esta configuración facilita el estudio puramente geológico. Estas razones nos decidieron a dar por terminada la investigación en la zona del anticlinal que se ha llamado de Mas de Flors y a tras-

ladar el equipo sísmico al Pla de Useras, mucho más al Norte, donde, con la línea XIII, se pretende principalmente conocer la potencia de los depósitos modernos situados sobre el Cretáceo. Ya veremos más adelante la utilidad de este reconocimiento.

El origen de la nueva línea se ha emplazado en el borde occidental de la rambla de la Viuda, cerca del lugar donde la atraviesa el camino de Estrets. La dirección del perfil es E. 30° N. y se extiende hacia poniente.

Consta de 13 estaciones, repartidas en 1.300 metros de longitud total.

La lista de valores de las velocidades medias ha resultado:

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{100}{0,076} = 1.300 \text{ m/s.} & V_{0-7} = \frac{700}{0,297} = 2.400 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{200}{0,127} = 1.600 \text{ »} & V_{0-8} = \frac{800}{0,314} = 2.600 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{300}{0,186} = 1.600 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{900}{0,296} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{400}{0,246} = 1.600 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,350} = 2.900 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{500}{0,252} = 2.000 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,344} = 2.900 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{600}{0,268} = 2.400 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,393} = 3.000 \text{ »}
 \end{array}$$

La observación de estos valores, unida a la de la curva dromocrónica, aclara los siguientes términos:

Se deben considerar tres parámetros diferentes:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,076} = 1.300 \text{ m/s.}$$

representa a las capas superficiales más descompuestas.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,246 - 0,076} = 1.800 \text{ m/s.}$$

es la velocidad sísmica aparente de los terrenos que forman los depósitos de la rambla, constituidos por aglomerados calizos, arcillas y arenas.

$$V_3 = V_{4-12} = \frac{1.200 - 400}{0,393 - 0,246} = 5.400 \text{ m/s.}$$

es la constante sísmica de las calizas del Cretáceo.

En la línea dromocrónica se observan algunas disminuciones de velocidad sísmica que corresponden a los horizontes de areniscas intercalados entre las calizas. Uno de ellos aparece entre las estaciones 6 y 8, y el otro después de la 11.

Para el cálculo de las profundidades aplicaremos, como hasta ahora, el coeficiente  $K=0,30$ . Así resulta, para el contacto del paquete Cuaternario-Triásico con el Cretáceo:

$$400 \times 0,30 = 120 \text{ m.}$$

Para el primer horizonte de areniscas, de gran interés hidrológico:

$$600 \times 0,30 = 180 \text{ m.}$$

haciendo la advertencia de que la profundidad real para este último paquete deberá ser algo mayor, debido a la inclinación que presentan las capas del Secundario.

En cuanto al Triásico, casi se puede asegurar, por estos resultados, que se encuentra en este lugar a profundidad superior a los

$$1.200 \times 0,30 = 360 \text{ m.}$$

*Línea XIV.*—En la zona que comprende los pueblos de

Villafamés, Puebla de Tornesa y Cabanes, se presenta una gran superficie llana, de formación terciaria y cuaternaria, que parece indicar la existencia de una cubeta más o menos profunda que ha servido de depósito a las aguas procedentes del Maestrazgo, y cuya salida al mar es de mucho interés conocer.

La determinación de las barreras impermeables y de las barrancadas geológicas, que pueden permitir el paso de las aguas hacia levante, ha sido la finalidad de esta parte de la investigación sísmica.

Para conseguirla se realizaron once nuevas líneas sísmicas, distribuidas en la forma que se indica en el plano general, continuando la numeración de las anteriores.

La primera de ellas, o sea la XIV, ha servido para conocer la velocidad del rayo sísmico en las pizarras paleozoicas, y las demás para calcular la potencia de los depósitos modernos, tanto sobre el Triásico como sobre el paleozoico y, por consiguiente, también la profundidad a que se encuentra este último. El barreno de esta línea se ha situado cerca de la carretera de Villafamés a San Juan de Moró, a tres kilómetros del primero. Tiene la dirección SO., con una longitud de 1.100 metros.

Se desarrolla entera sobre pizarras paleozoicas, cuya constante sísmica se trata de conocer.

Copiamos, como de costumbre, la lista de las velocidades medias:

$$\begin{aligned}
 V_{0-1} &= \frac{100}{0,137} = 800 \text{ m/s.} & V_{0-4} &= \frac{400}{0,223} = 1.800 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} &= \frac{200}{0,159} = 1.250 \text{ »} & V_{0-5} &= \frac{500}{0,244} = 2.000 \text{ »} \\
 V_{0-3} &= \frac{300}{0,196} = 1.500 \text{ »} & V_{0-6} &= \frac{600}{0,260} = 2.300 \text{ »}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{0-7} &= \frac{700}{0,305} = 2.300 \text{ m/s.} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,417} = 2.400 \text{ m/s.} \\
 V_{0-8} &= \frac{800}{0,352} = 2.300 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,430} = 2.600 \text{ »} \\
 V_{0-9} &= \frac{900}{0,376} = 2.400 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Una vez pasado el horizonte superficial, desintegrado por los agentes de erosión y al que corresponde el parámetro sísmico de  $V_1 = 800$  metros por segundo, las velocidades medias del rayo sísmico aumentan constantemente con la profundidad, tanto por disminuir el efecto relativo, originado por aquél, como por seguir la regla general dentro de una misma formación geológica.

La construcción de la línea dromocrónica nos comprueba que dentro de las irregularidades originadas por múltiples causas, la velocidad sísmica correspondiente a la formación geológica estudiada, considerada en su conjunto, es

$$V_1 = V_{1-11} = \frac{1.100 - 100}{0,430 - 0,137} = \frac{1.000}{293} = 3.400 \text{ m/s.}$$

Sin embargo, el examen de la lista de los valores de las velocidades medias del rayo sísmico nos hace ver que éstas aumentan de una manera uniforme hasta la estación 6, en la que alcanza el de 2.300 m/s. La línea dromocrónica indica, entre las estaciones 1 y 6, una alineación ligeramente convexa hacia afuera. Por estas dos causas, el horizonte geológico atravesado por el rayo sísmico entre ellas, es único y se caracteriza por el parámetro

$$V_2 = V_{1-6} = \frac{600 - 100}{0,260 - 0,137} = 4.000 \text{ m/s.}$$

De aquí resulta que el paleozoico está mejor definido,

sobre todo en su zona menos profunda, por la velocidad de 4.000 m/s.

Entre las estaciones 6 y 8 hay una brusca disminución de velocidad aparente, producida por una causa que no podemos precisar, y después, entre las 8 y 11, vuelve a recuperar un valor de 3.800 m/s., muy próximo al anterior.

*Línea XV.*—El origen de la línea XV está situado en la confluencia del barranco de Cabanes con el de Puebla de Tornesa, en plena vega de Villafamés. Su sentido es el SO. y tiene 1.300 metros de longitud.

La lista de los valores de las velocidades medias ha resultado:

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{100}{0,125} = 800 \text{ m/s.} & V_{0-8} = \frac{800}{0,318} = 2.500 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{200}{0,164} = 1.200 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{900}{0,358} = 2.500 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{300}{0,189} = 1.600 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,368} = 2.700 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{400}{0,223} = 1.800 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,398} = 2.800 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{500}{0,242} = 2.100 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,416} = 2.900 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{600}{0,270} = 2.200 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,450} = 2.900 \text{ »} \\
 V_{0-7} = \frac{700}{0,294} = 2.400 \text{ »} &
 \end{array}$$

Sobre la correspondiente dromocrónica se pueden apreciar los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,125} = 800 \text{ m/s.}$$

que representa la cubierta descompuesta.



Dirección O. 30° S.

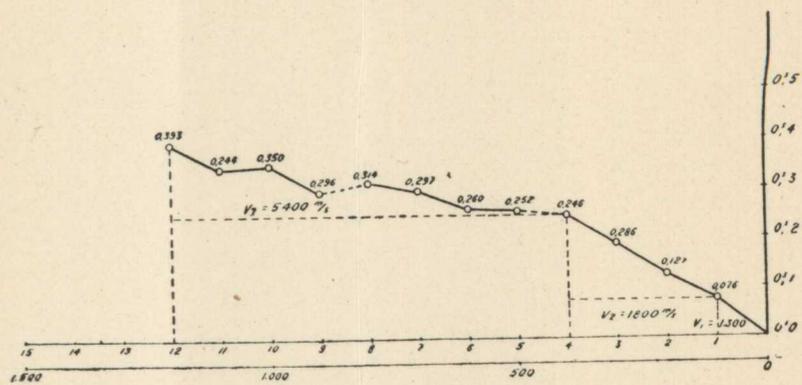


Fig. 69.—Useras. Línea dromocrónica XIII

Dirección S O.

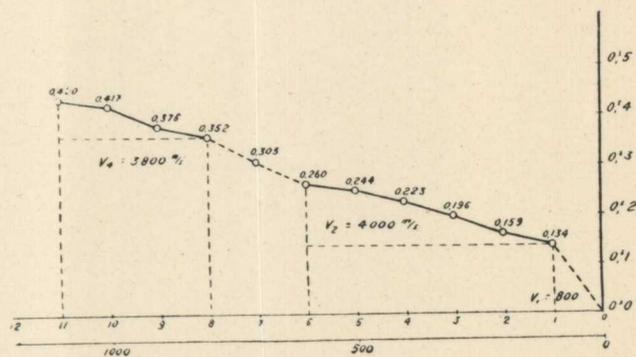


Fig. 70.—Villafamés. Línea dromocrónica XIV

$$V_2 = V_{1-2} = \frac{200 - 100}{0,164 - 0,125} = 2.600 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de la formación moderna de arcillas, margas y conglomerados.

$$V_3 = V_{2-4} = \frac{400 - 200}{0,223 - 0,164} = 3.400 \text{ m/s.}$$

se atribuye a las areniscas triásicas, que se diferencian poco del paleozoico, por las observaciones geológicas efectuadas en este perfil.

$$V_4 = V_{4-13} = \frac{1.300 - 400}{0,450 - 0,223} = 3.900 \text{ m/s.}$$

corresponde, sin duda alguna, a las pizarras primarias.

De la distancia epicentral de las estaciones de cambio de pendiente se deducen las profundidades de los distintos horizontes:

Para las areniscas triásicas resulta

$$200 \times 0,30 = 60 \text{ m.}$$

y para el paleozoico

$$400 \times 0,30 = 120 \text{ m.}$$

*Línea XVI.*—El barreno de esta línea se ha emplazado a pocos metros a levante de la carretera que va de la Puebla de Tornesa a La Barona y a 200 metros al Sur de su cruce con el barranco de Cabanes.

El perfil se desarrolla en sentido Norte-Sur y tiene 1.500 metros de longitud.

Véase a continuación la lista de velocidades medias tomadas desde el origen:

$$\begin{aligned}
 V_{0-1} &= \frac{100}{0,110} = 900 \text{ m/s.} & V_{0-9} &= \frac{900}{0,290} = 3.100 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} &= \frac{200}{0,152} = 1.300 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,340} = 2.900 \text{ »} \\
 V_{0-3} &= \frac{300}{0,189} = 1.600 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,342} = 3.200 \text{ »} \\
 V_{0-4} &= \frac{400}{0,234} = 1.700 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,401} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-5} &= \frac{500}{0,253} = 2.000 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,399} = 3.300 \text{ »} \\
 V_{0-6} &= \frac{600}{0,258} = 2.300 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,437} = 3.200 \text{ »} \\
 V_{0-7} &= \frac{700}{0,271} = 2.600 \text{ »} & V_{0-15} &= \frac{1.500}{0,448} = 3.300 \text{ »} \\
 V_{0-8} &= \frac{800}{0,308} = 2.600 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Observada la línea dromocrónica, y teniendo en cuenta las observaciones geológicas, se diferencian en ella cuatro parámetros:

$$V_1 = \frac{100}{0,110} = 900 \text{ m/s.}$$

velocidad aparente, que representa la superficie descompuesta.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,234 - 0,110} = 2.400 \text{ m/s.}$$

indica un paquete relativamente potente de terrenos margosos y arenosos modernos, probablemente pertenecientes al Mioceno.

$$V_3 = V_{4-9} = \frac{900 - 400}{0,342 - 0,234} = 4.600 \text{ m/s.}$$

es el parámetro representativo del paleozoico, cuyo contacto se atraviesa en sentido ascendente.

$$V_4 = V_{9-15} = \frac{1.500 - 900}{0,448 - 0,342} = 5.700 \text{ m/s.}$$

indica probablemente la existencia de un paquete geológico de capas con alternancias de cuarcitas compactas, cuyo afloramiento no se ha visto en las proximidades.

El Cuaternario tiene una potencia, aproximada, de unos

$$100 \times 0,30 = 30 \text{ m.}$$

El paleozoico resulta bajo el Cuaternario y Terciario a una profundidad de

$$400 \times 0,30 = 120 \text{ m.}$$

No se manifiestan las areniscas triásicas.

El horizonte que suponemos de cuarcitas se presenta a los

$$900 \times 0,30 = 270 \text{ m.}$$

de la superficie.

*Línea XVII.*—Este perfil se realiza en sentido contrario al anterior; por lo tanto, su dirección es Sur-Norte, pero no constituye la contralínea de aquél. El origen se sitúa a 15 metros al Este de la carretera de Puebla de Tornesa y a 50 metros al Norte del cruce con el barranco del mismo nombre. Tiene 1.450 metros de longitud.

Tomadas las velocidades medias desde cada una de las estaciones al barreno, se obtiene el siguiente resultado:

$$\begin{aligned}
 V_{0-1} &= \frac{150}{0,092} = 1.600 \text{ m/s.} & V_{0-8} &= \frac{850}{0,278} = 3.000 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} &= \frac{250}{0,113} = 2.200 \text{ »} & V_{0-9} &= \frac{950}{0,313} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-3} &= \frac{350}{0,146} = 2.400 \text{ »} & V_{0-10} &= \frac{1.050}{0,340} = 3.100 \text{ »} \\
 V_{0-4} &= \frac{450}{0,178} = 2.600 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.150}{0,341} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-5} &= \frac{550}{0,200} = 2.700 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.250}{0,350} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-6} &= \frac{650}{0,221} = 2.900 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.350}{0,364} = 3.700 \text{ »} \\
 V_{0-7} &= \frac{750}{0,248} = 3.000 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.450}{0,432} = 3.400 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Sobre la línea dromocrónica se distinguen cuatro horizontes geológicos, representados por los valores que se citan:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{150}{0,092} = 1.600 \text{ m/s.}$$

que indica la cubierta moderna.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{450 - 150}{0,178 - 0,092} = 3.500 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de las areniscas triásicas.

$$V_3 = V_{4-7} = \frac{750 - 450}{0,248 - 0,178} = 4.300 \text{ m/s.}$$

es la correspondiente al paleozoico, cuyo valor medio se mide entre las estaciones 4 y 10, resultando ser

$$V_4 = V_{4-10} = \frac{1.050 - 450}{0,340 - 0,178} = 3.700 \text{ m/s.}$$



dirección S. O.

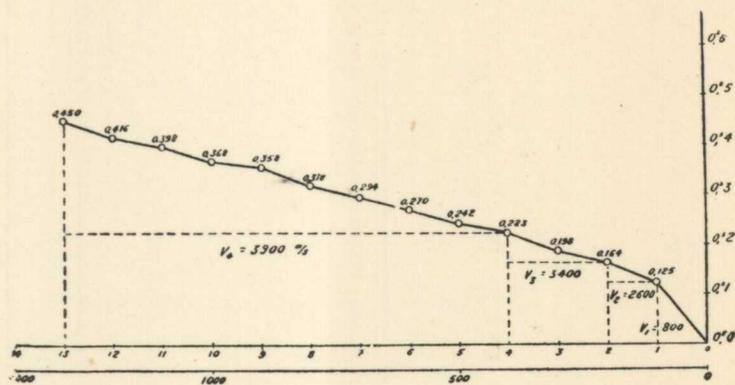


Fig. 71.—Villafamés. Línea dromocrónica XV

Dirección S. O.

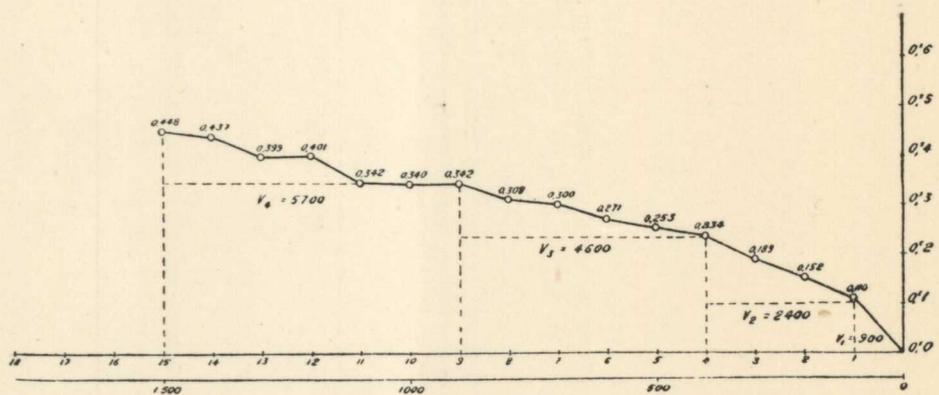


Fig. 72.—Villafamés. Línea dromocrónica XVI

El próximo parámetro

$$V_5 = V_{10-13} = \frac{1.350 - 1.050}{0,364 - 0,340} = 12.500 \text{ m/s.}$$

representa al que hemos llamado tramo de cuarcitas.

El último punto de la línea no se tiene en cuenta, pues habría que prolongar el perfil para interpretarlo.

Para profundidad del paleozoico se ha obtenido

$$400 \times 0,30 = 120 \text{ m.}$$

El horizonte de cuarcitas se manifiesta a

$$1.050 \times 0,30 = 315 \text{ metros}$$

*Línea XVIII.*—Su origen se ha situado en las inmediaciones del puente sobre el barranco de Puebla de Tornesa, en el camino de Villafamés a Els Corral, en plena vega. Tiene dirección y sentido SO. y 1.400 metros de longitud.

Se ha obtenido la siguiente lista de valores de las velocidades medias:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,091} = 1.100 \text{ m/s.} & V_{0-8} = \frac{800}{0,337} = 2.400 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,146} = 1.400 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{900}{0,361} = 2.500 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,190} = 1.600 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,340} = 2.900 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,230} = 1.700 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,352} = 3.100 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{500}{0,255} = 2.000 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.300}{0,415} = 3.100 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{600}{0,283} = 2.100 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,413} = 3.400 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{700}{0,326} = 2.100 \text{ »} & \end{array}$$

Sobre la curva dromocrónica se pueden distinguir los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,091} = 1.100 \text{ m/s.}$$

en representación de la cubierta detrítica.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,230 - 0,091} = 2.200 \text{ m/s.}$$

que indica el mismo horizonte margoso, probablemente terciario, que aparece en otras líneas.

$$V_3 = V_{4-7} = \frac{700 - 400}{0,326 - 0,230} = 3.100 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de las areniscas triásicas.

$$V_4 = V_{7-9} = \frac{900 - 700}{0,361 - 0,326} = 5.500 \text{ m/s.}$$

es el valor aparente con que se manifiestan las pizarras paleozoicas.

Por último,

$$V_5 = V_{9-14} = \frac{1.400 - 900}{0,413 - 0,361} = 9.600 \text{ m/s.}$$

por su gran magnitud tiene que corresponder al ya mencionado horizonte de cuarcitas, que además debe atravesar el rayo sísmico en sentido ascendente.

Las areniscas aparecen según el gráfico a

$$400 \times 0,30 = 120 \text{ m.}$$

Las pizarras paleozoicas a

$$700 \times 0,30 = 210 \text{ m.}$$

Dirección S. N.

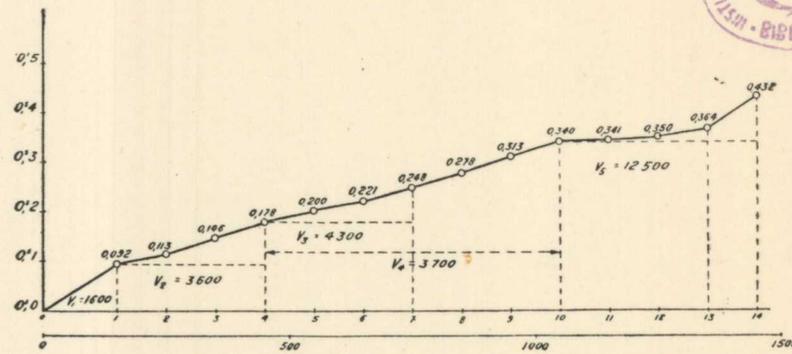


Fig. 73.—Villafamés. Línea dromocrónica XVII

Dirección S. O.

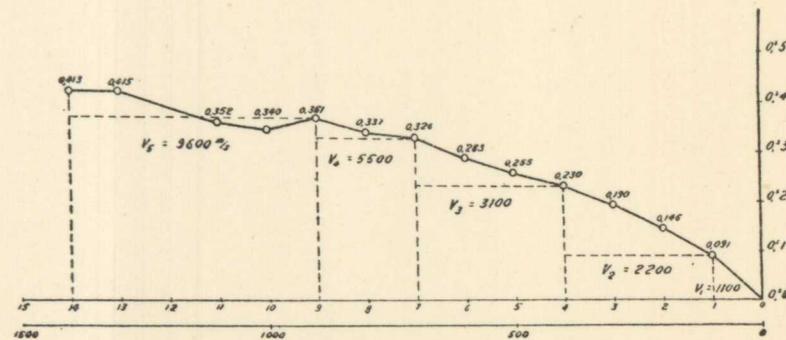


Fig. 74.—Villafamés. Línea dromocrónica XVIII

y el tramo de cuarcitas a

$$900 \times 0,30 = 270 \text{ m.}$$

*Línea XIX.*—A dos kilómetros al NE. de Puebla de Tornesa, muy cerca del mojón kilométrico 235 de la carretera de Cabanes, se han emplazado las explosiones de la línea XIX. Su finalidad es conocer si el anticlinal paleozoico se prolonga a través de un valle topográfico, recubierto por terrenos modernos. y a qué profundidad se encuentra, pues de ello depende el que el lugar se pueda o no considerar como un paso de aguas subterráneas hacia levante.

El resultado ha sido, como veremos a continuación, que el dique impermeable se prolonga en el lugar indicado.

La línea tiene la dirección SO. y consta de 8 estaciones.

La lista de valores de las velocidades medias, desde el origen, ha sido:

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= \frac{100}{0,060} = 1.650 \text{ m/s.} & V_{0-5} &= \frac{500}{0,185} = 2.700 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} &= \frac{200}{0,095} = 2.100 \text{ »} & V_{0-6} &= \frac{600}{0,218} = 2.750 \text{ »} \\ V_{0-3} &= \frac{300}{0,129} = 2.300 \text{ »} & V_{0-7} &= \frac{700}{0,244} = 2.850 \text{ »} \\ V_{0-4} &= \frac{400}{0,155} = 2.600 \text{ »} & V_{0-8} &= \frac{800}{0,272} = 2.950 \text{ »} \end{aligned}$$

De estos valores y del examen de la curva dromocrónica correspondiente se deducen tres horizontes distintos:

El que representa la cubierta descompuesta,

$$V_1 = \frac{100}{0,060} = 1.700 \text{ m/s.}$$

El que indica las areniscas arcillosas del fondo del Trías,

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,129 - 0,060} = 2.900 \text{ m/s.}$$

Y por último,

$$V_3 = V_{3-8} = \frac{800 - 300}{0,272 - 0,129} = 3.500 \text{ m/s.}$$

que corresponde a las pizarras paleozoicas.

La profundidad del paleozoico resulta a

$$300 \times 0,30 = 90 \text{ m.}$$

Como las areniscas triásicas de la base del sistema, que se apoyan sobre aquél, forman un anticlinal de materiales bastante arcillosos, casi se puede asegurar que serán pocas las aguas que atraviesan al mencionado dique impermeable.

*Línea XX.*—El barreno de la línea XX se sitúa en la vega de Cabanes, a unos 300 metros al Este de la carretera general de Castellón a Zaragoza, frente al kilómetro 253 de la misma.

La línea se extiende en el sentido NE. y consta de 11 estaciones, por no haber permitido la topografía del terreno efectuar un número superior de aquéllas.

Se ha obtenido la siguiente lista de velocidades medias:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,047} = 2.100 \text{ m/s.} & V_{0-7} = \frac{700}{0,176} = 4.000 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,078} = 2.550 \text{ »} & V_{0-8} = \frac{800}{0,199} = 4.000 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,107} = 2.800 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{900}{0,219} = 4.100 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,119} = 3.350 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,225} = 4.400 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{500}{0,138} = 3.600 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,241} = 4.600 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{600}{0,164} = 3.650 \text{ »} & \end{array}$$

Sobre el gráfico correspondiente de distancias y tiempos se pueden apreciar tres horizontes, determinados por los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,047} = 2.100 \text{ m/s.}$$

representando la cubierta moderna.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,107 - 0,047} = 3.300 \text{ m/s.}$$

que indica un nivel de margas.

$$V_3 = V_{3-11} = \frac{1.100 - 300}{0,241 - 0,107} = 6.000 \text{ m/s.}$$

que corresponde a las calizas cretáceas. Su valor elevado se debe a que el contacto de los terrenos tiene el sentido ascendente.

La profundidad de la caliza resulta a

$$300 \times 0,30 = 90 \text{ m.}$$

Además, a la profundidad de

$$1.100 \times 0,30 = 330 \text{ m.}$$

debajo de la superficie del suelo, se puede asegurar que continúan los horizontes calizos, sin haber llegado a la formación paleozoica.

*Línea XXI.*—Es la contralínea de la anterior. Por lo tanto tiene el mismo origen que aquélla, pero está dirigida en el sentido SO. Consta de 18 estaciones, repartidas en una longitud total de 1.800 metros.

A continuación se copia la lista de velocidades medias:

$$\begin{aligned}
 V_{0-1} &= \frac{100}{0,043} = 2.300 \text{ m/s.} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,269} = 3.700 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} &= \frac{200}{0,072} = 2.800 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,296} = 3.700 \text{ »} \\
 V_{0-3} &= \frac{300}{0,102} = 2.900 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,316} = 3.800 \text{ »} \\
 V_{0-4} &= \frac{400}{0,123} = 3.250 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,336} = 3.900 \text{ »} \\
 V_{0-5} &= \frac{500}{0,149} = 3.350 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,374} = 3.700 \text{ »} \\
 V_{0-6} &= \frac{600}{0,174} = 3.450 \text{ »} & V_{0-15} &= \frac{1.500}{0,408} = 3.700 \text{ »} \\
 V_{0-7} &= \frac{700}{0,192} = 3.650 \text{ »} & V_{0-16} &= \frac{1.600}{0,416} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-8} &= \frac{800}{0,222} = 3.600 \text{ »} & V_{0-17} &= \frac{1.700}{0,426} = 4.000 \text{ »} \\
 V_{0-9} &= \frac{900}{0,246} = 4.000 \text{ »} & V_{0-18} &= \frac{1.800}{0,436} = 4.100 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Dibujada la dromocrónica con los datos de campo se distinguen en ella los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,043} = 2.300 \text{ m/s.}$$

en representación de la cubierta descompuesta.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,102 - 0,043} = 3.400 \text{ m/s.}$$

es el correspondiente al mismo nivel margoso que se manifiesta en la contralínea.

$$V_3 = V_{3-13} = \frac{1.300 - 300}{0,336 - 0,102} = 4.300 \text{ m/s.}$$

indica el potente horizonte de caliza cretácea, con velocidad aparente algo pequeña, por atravesarlo en el sentido descendente del buzamiento de las capas.

$$V_4 = V_{13-15} = \frac{1.500 - 1.300}{0,408 - 0,336} = 2.800 \text{ m/s. y}$$

$$V_5 = V_{15-18} = \frac{1.800 - 1.500}{0,436 - 0,408} = 10.000 \text{ m/s.}$$

son valores difíciles de interpretar; sin embargo, relacionados con la estructura geológica, los atribuimos a un horizonte de margas de la misma edad, y a la continuación de las mismas calizas, atravesadas en sentido ascendente.

La caliza se manifiesta a los

$$300 \times 0,30 = 90 \text{ m.}$$

de profundidad.

Las margas a los

$$1.300 \times 0,30 = 390 \text{ m.}$$

y el Cretáceo continúa a los

$$1.800 \times 0,30 = 540 \text{ m.}$$

*Línea XXII.*—La línea XXII tiene su origen en el Pla de Cabanes, a un kilómetro próximamente al SO. del vértice denominado Tosal del Redó.

Su dirección es N.-NO. y se extiende en 1.500 metros de longitud.

Las velocidades medias medidas desde el barreno, a cada una de las estaciones, han suministrado el siguiente cuadro de valores:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,052} = 1.900 \text{ m/s.} \quad V_{0-2} = \frac{200}{0,184} = 2.400 \text{ m/s.}$$

$$\begin{aligned}
 V_{0-3} &= \frac{300}{0,103} = 2.900 \text{ m/s.} & V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,271} = 3.700 \text{ m/s.} \\
 V_{0-4} &= \frac{400}{0,143} = 2.800 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,286} = 3.850 \text{ »} \\
 V_{0-5} &= \frac{500}{0,165} = 3.000 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,325} = 3.700 \text{ »} \\
 V_{0-6} &= \frac{600}{0,176} = 3.400 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,372} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-7} &= \frac{700}{0,196} = 3.600 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,388} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-8} &= \frac{800}{0,227} = 3.600 \text{ »} & V_{0-15} &= \frac{1.500}{0,403} = 3.700 \text{ »} \\
 V_{0-9} &= \frac{900}{0,235} = 3.800 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Sobre la curva dromocrónica se pueden distinguir los parámetros siguientes:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,052} = 1.900 \text{ m/s.}$$

que indica la cubierta superficial.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,143 - 0,052} = 3.300 \text{ m/s.}$$

representa un horizonte de margas con alguna intercalación de caliza.

$$V_3 = V_{6-11} = \frac{1.100 - 500}{0,286 - 0,165} = 5.000 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de la caliza del Cretáceo.

$$V_4 = V_{11-13} = \frac{1.300 - 1.100}{0,372 - 0,286} = 2.300 \text{ m/s.}$$



Dirección S. O.

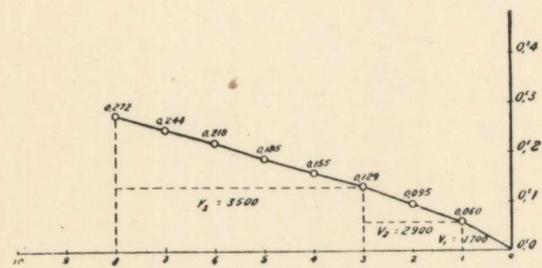


Fig. 75.—Villafamés. Línea dromocrónica XIX

LÍNEA XXI Dirección S. O.

LÍNEA XX Dirección N. E.

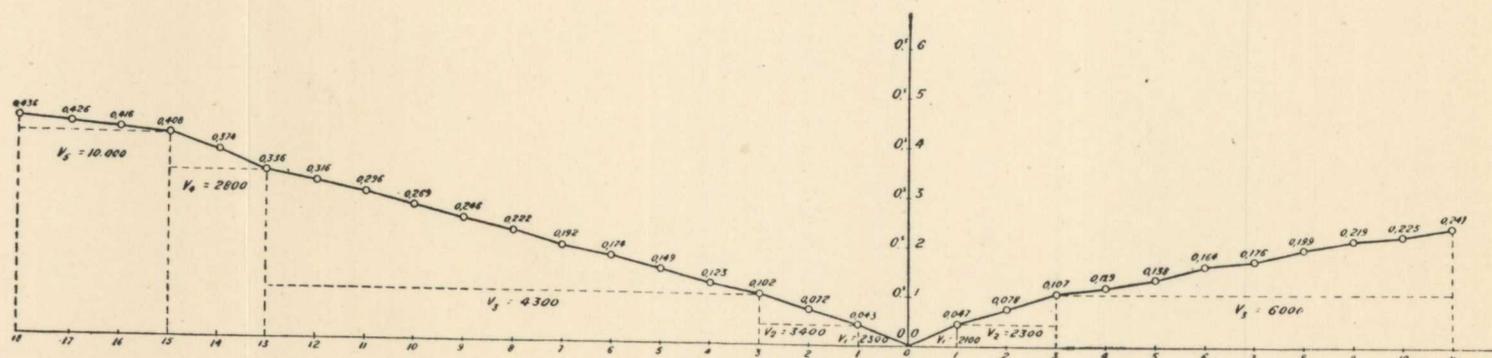


Fig. 76.—Villafamés. Líneas dromocrónicas XX y XXI

debe corresponder a un horizonte de areniscas y arcillas o de margas del mismo tramo, ya que a continuación se manifiesta otro valor alto:

$$V_5 = V_{13-15} = \frac{1.500 - 1.300}{0,403 - 0,372} = 6.400 \text{ m/s.}$$

que indica un nuevo banco de caliza.

La profundidad que corresponde a las calizas del Cretáceo es de

$$450 \times 0,30 = 135 \text{ m.}$$

y a los

$$1.500 \times 0,30 = 450 \text{ m.}$$

continúan los bancos de la misma edad. Como entre ellos suelen estar intercalados algunos niveles de arenisca, lo que coincide con algunos detalles indicados en la curva y el conjunto está, además, lleno de fisuras, hay que suponer que en esta zona ha desaparecido o queda excesivamente profunda la barrera impermeable cuyo estudio hemos seguido desde el pantano.

*Línea XXIII.*—El barreno se ha emplazado a unos trescientos metros al NO. del vértice Tosal del Redó, cerca del camino del Azafranar. La dirección de la línea es N.-NO. y tiene 1.600 metros de longitud.

Se obtuvo la siguiente lista de valores de las velocidades medias:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,059} = 1.700 \text{ m/s.} \quad V_{0-3} = \frac{300}{0,119} = 2.500 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{200}{0,096} = 2.100 \text{ »} \quad V_{0-4} = \frac{400}{0,146} = 2.700 \text{ »}$$

$$\begin{aligned}
 V_{0-5} &= \frac{500}{0,164} = 3.000 \text{ m/s.} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,293} = 3.700 \text{ m/s.} \\
 V_{0-6} &= \frac{600}{0,181} = 3.300 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,316} = 3.800 \text{ »} \\
 V_{0-7} &= \frac{700}{0,206} = 3.400 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,363} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-8} &= \frac{800}{0,218} = 3.700 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,372} = 3.800 \text{ »} \\
 V_{0-9} &= \frac{900}{0,258} = 3.500 \text{ »} & V_{0-16} &= \frac{1.600}{0,396} = 4.000 \text{ »} \\
 V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,276} = 3.600 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Sobre la correspondiente curva dromocrónica se pueden apreciar los siguientes horizontes:

La cubierta detrítica, representada por el valor sísmico

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,059} = 1.600 \text{ m/s.}$$

Un tramo de calizas margosas que aparece con una velocidad de

$$V_2 = V_{2-4} = \frac{400 - 200}{0,146 - 0,096} = 4.000 \text{ m/s.}$$

Potentes horizontes de calizas compactas, que se manifiestan con velocidades de

$$V_3 = V_{4-8} = \frac{800 - 400}{0,218 - 0,146} = 5.600 \text{ m/s.}$$

$$V_5 = V_{9-12} = \frac{1.200 - 900}{0,316 - 0,258} = 5.200 \text{ m/s. y}$$

$$V_7 = V_{13-16} = \frac{1.600 - 1.300}{0,396 - 0,363} = 9.100 \text{ m/s.}$$



Dirección N 110

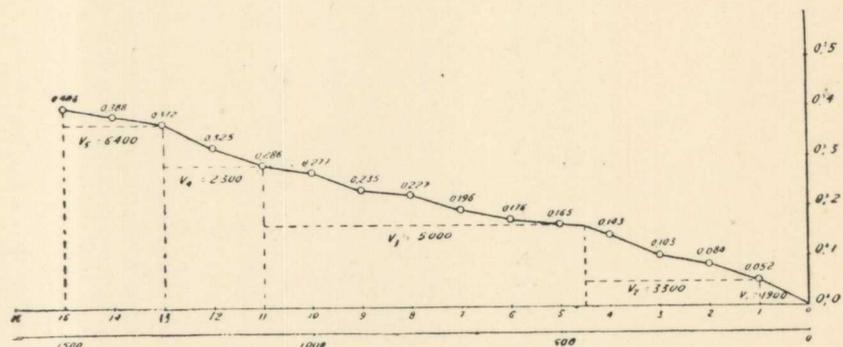


Fig. 77.—Villafamés. Línea dromocrónica XXII

Dirección N 110

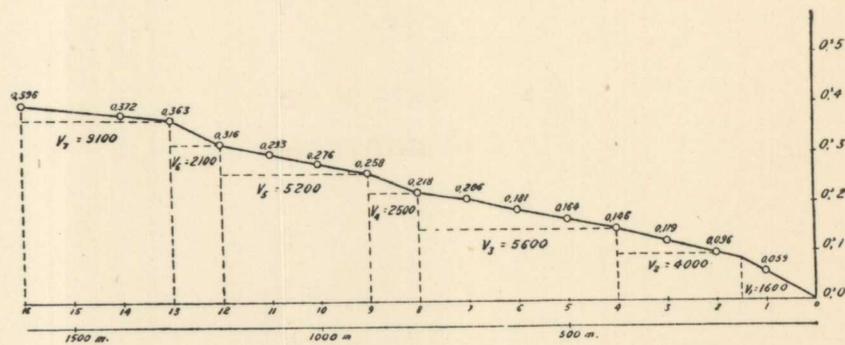


Fig. 78.—Villafamés. Línea dromocrónica XXIII

Intercalados entre ellos aparecen dos horizontes de arenisca o marga, con valor aparente de

$$V_4 = V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,258 - 0,218} = 2.500 \text{ m/s. y}$$

$$V_5 = V_{12-13} = \frac{1.300 - 1.200}{0,363 - 0,316} = 2.100 \text{ m/s.}$$

El aspecto de la línea parece indicar que en su final no se ha llegado al fondo del Cretáceo.

*Línea XXIV.*—El origen de esta línea se ha situado a 400 metros de distancia al N.-NO. del mojón kilométrico 252 de la carretera de Castellón a Zaragoza. La dirección es S.-SE. y tiene 1.500 metros de longitud total.

A continuación se copia la acostumbrada lista de velocidades medias:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,057} = 1.800 \text{ m/s.} & V_{0-9} = \frac{900}{0,233} = 3.900 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,094} = 2.100 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,241} = 4.100 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,111} = 2.700 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,297} = 3.700 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,139} = 2.900 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,310} = 3.900 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{500}{0,174} = 2.900 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,314} = 4.100 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{600}{0,208} = 2.900 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,344} = 4.100 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{700}{0,212} = 3.300 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.500}{0,368} = 4.100 \text{ »} \\ V_{0-8} = \frac{800}{0,218} = 3.700 \text{ »} & \end{array}$$

Observada la correspondiente dromocrónica se distinguen los parámetros que se citan:

$$V_1 = V_{0-2} = \frac{200}{0,094} = 2.100 \text{ m/s.}$$

que representa la cubierta descompuesta.

$$V_2 = V_{2-6} = \frac{600 - 200}{0,208 - 0,094} = 3.500 \text{ m/s.}$$

es el mismo nivel de margas o calizas margosas que aparece en otras líneas.

$$V_3 = V_{6-10} = \frac{1.000 - 600}{0,241 - 0,208} = 12.000 \text{ m/s.}$$

$$V_4 = V_{10-11} = \frac{1.100 - 1.000}{0,297 - 0,241} = 1.900 \text{ m/s.}$$

$$V_5 = V_{11-15} = \frac{1.500 - 1.100}{0,308 - 0,297} = 5.600 \text{ m/s.}$$

indican dos potentes horizontes de caliza, con una intercalación de arenisca o marga.

Resumiendo la línea: los horizontes de caliza compacta empiezan a los

$$600 \times 0,30 = 180 \text{ m.}$$

de profundidad y a los

$$1.500 \times 0,30 = 450 \text{ m.}$$

continúan aún las mismas calizas.

#### § 46. Conclusiones.

1.ª El anticlinal de Mas de Flors, que cruza la rambla de la Viuda, está formado, casi hasta la superficie, de materiales arcillosos, lo que le convierte en una presa



Dirección N 110

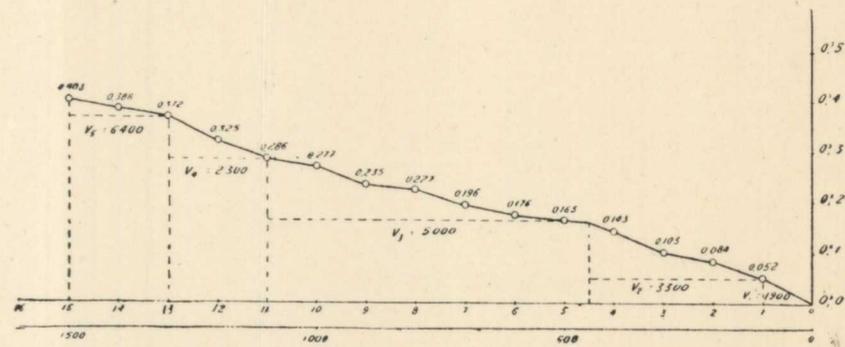


Fig. 77.—Villafamés. Línea dromocrónica XXII

Dirección N 110

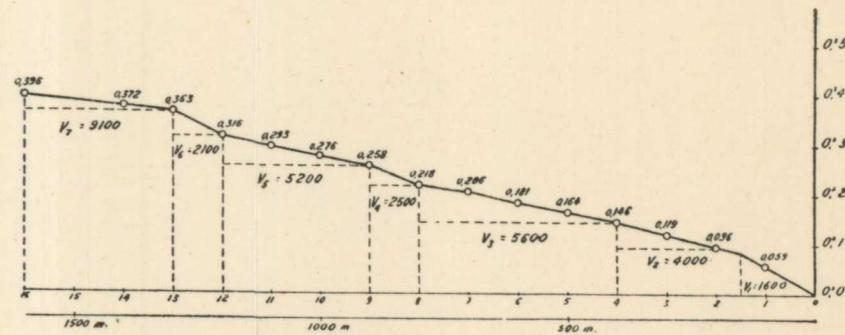


Fig. 78.—Villafamés. Línea dromocrónica XXIII

natural de las aguas subterráneas que, procedentes del Maestrazgo, circulan a través de las calizas fisuradas hacia el mar.

2.<sup>a</sup> De efectuarse la proyectada galería, mencionada en la investigación de Alcora, sería conveniente prolongarla hasta atravesar totalmente el anticlinal, llegando hasta las calizas, pues esto representaría hacer la captación de las aguas de una presa natural que las desvía hacia poniente, y por lo tanto, no aprovechadas por el pantano.

3.<sup>a</sup> El Pla de Useras es un lugar a propósito para alumbramientos de agua por medio de pozos y sondeos, dato de interés, dada la extensión y calidad de sus tierras. La profundidad a perforar, hasta el contacto del Terciario con las calizas cretáceas, será de unos 120 metros. De no encontrarse a este nivel suficiente caudal, llegando a unos doscientos cincuenta metros, aparecen horizontes de arenisca de la misma edad que suministrarán, probablemente, mayores caudales.

4.<sup>a</sup> La cordillera que se extiende desde el SE. de San Juan de Moró hasta la vega de Cabanes, es, en conjunto, una barrera hidrológica, cuyos materiales impermeables esenciales lo constituyen las pizarras paleozoicas.

5.<sup>a</sup> Esta barrera está cruzada, hacia el pueblo de Borriol, por una falla que absorbe las aguas del río Seco, dándoles probable salida subterránea al mar, dato de gran transcendencia hidrológica.

6.<sup>a</sup> La citada vega de Cabanes, donde se hunde considerablemente el paleozoico, y los macizos más al Norte, son lugares donde se deben producir conductos subterráneos de las aguas al través de las fisuras y numerosas roturas de la caliza cretácea, con dirección probable poniente-levante, cuya determinación detallada deberá ser motivo de futuras investigaciones.

7.<sup>a</sup> La salida natural de las aguas subterráneas procedentes de los macizos situados entre Costur-Useras y Villafamés, es la zona comprendida desde el pantano de María Cristina hasta el río Mijares, y puede ser motivo también de otra investigación geofísica.

8.<sup>a</sup> La estructura y constitución de las sierras al NO. de Benicasim, formadas por potentísimos horizontes de areniscas triásicas, apoyadas sobre el paleozoico y buzando hacia el mar, permite la realización de importantes obras de captación de aguas subterráneas por medio de galerías, partiendo de determinados lugares, en las inmediaciones de la citada población. Habría que perforar, con estas labores, todo el Trías, hasta su contacto con las pizarras paleozoicas, con lo que se aseguraría un gran caudal de agua. El lugar de arranque del socavón y, por lo tanto, su longitud, serían determinados en un estudio especial.

9.<sup>a</sup> La importancia de las observaciones hechas hasta ahora, unida al enorme valor del agua para riego en esta región, hacen muy conveniente, como trabajo de ampliación, la continuación de las investigaciones en las zonas comprendidas entre Cabanes y Oropesa, y la situada al Oeste del pantano de María Cristina. Además, antes de decidirse a la realización de las obras de alumbramiento indicadas, sería necesario el reconocimiento detallado de la sierra situada al NO. de Benicasim y el de la falla de Borriol, desde el río Seco hasta el mar.

## CAPITULO XI

### INVESTIGACION SISMICA EN LA CUENCA DEL VIAR (SEVILLA)

---

**§ 47. Prólogo.**—La incesante labor de prospección que realiza la sección de geofísica del Instituto Geológico y Minero de España, con la esperanza de efectuar nuevos descubrimientos de sustancias minerales ocultas en el subsuelo, que aumenten la riqueza nacional, nos determinó a incluir en el plan de trabajos a efectuar el estudio de la prolongación de la cuenca carbonífera de Villanueva de las Minas, tanto en la dirección de su eje, en la margen opuesta del Guadalquivir, como en la transversal, hacia el Oeste, después de un importante pliegue anticlinal cortado por una falla que la separa de otra posible cuenca carbonífera, denominada del Viar, por estar surcada por el río de este nombre, cuyas aguas vierten en el Guadalquivir al Sur del pueblo de Cantillana.

El estudio de la prolongación de la cuenca de Villanueva de las Minas al otro lado del río, iniciado ya hace muchos años, en una reducida zona, se ampliará en otro trabajo. En el que nos ocupa estudiaremos únicamente la del Viar por el gran interés científico y minero que despierta el problema planteado, cuya importancia económica podría ser de gran consideración.

La sedimentación permiana que constituye el suelo de la cuenca del Viar se apoya en la formación hipogénica por el Oeste y en la cambriana y siluriana por el Este. No existe dato alguno que permita afirmar que entre la primera y las últimas se encuentre la carbonífera, cuya investigación constituye el problema planteado.

Para su resolución trataremos de determinar la forma y las profundidades en los distintos puntos de la cubeta, constituida por los sedimentos del Cambriano y Siluriano o por las rocas hipogénicas y si sobre ellas es posible comprobar la existencia de la formación hullera, por la diferencia que pueda existir entre las velocidades de propagación de las ondas sísmicas. Así sabremos, al menos, la profundidad máxima que deben alcanzar los sondeos mecánicos para atravesar toda la formación permiana y la hullera posiblemente existente, y los lugares más convenientes para su emplazamiento, si aquélla no es tan grande que nos aconseje efectuar esta segunda fase de la prospección.

#### § 48. Reseña geográfica y geológica.

RESEÑA GEOGRÁFICA.—La investigación sísmica objeto del presente trabajo, se ha efectuado en la zona meridional o baja de la cuenca del río Viar, cerca de su confluencia con el Guadalquivir.

Está limitada, por el Norte, con la carretera de Castilblanco a Las Jarillas; por el Sur, con el río Guadalquivir y los pueblos de Cantillana y Villanueva de las Minas; por levante, con sierra Traviesa y los altos de Fuente Lengua, y por el Oeste con la parte oriental del macizo arcaico de Castilblanco. Comprende una superficie de 70 a 75 kilómetros cuadrados, aproximadamente; 15 kilómetros en el sentido longitudinal y cinco kilómetros en el transversal.

Dentro de dicha superficie se han establecido XV líneas

sísmicas, distribuídas en la forma que se indica en el plano general (lámina XXXVIII). El mayor número de ellas se ha concentrado en la parte más baja de la cuenca, donde ésta se ensancha y enlaza con la de Villanueva de las Minas, que es el lugar donde hay las mayores probabilidades de que exista, bajo el horizonte Permiano, el tramo hullero que se pretende determinar.

El relieve del terreno se destaca principalmente por la erosión que han producido los agentes meteorológicos según el curso del mencionado río Viar, que es el principal de la cuenca, y por la de los arroyos Trujillo, Parroso y parte del Huezna, todos ellos tributarios del Guadalquivir y constituyentes del conjunto hidrográfico de la misma. Su configuración es suave en gran parte del valle, limitándose los contados escarpes a las orillas del río en ciertos lugares, y a otros, también reducidos, del borde de la meseta que le circunda. Sus altitudes más salientes, que no suelen exceder de los 120 metros de valor absoluto, disminuyen en la mayoría de los casos de un modo gradual hacia el río y dejan la superficie distribuída en pequeños altozanos o montículos de forma redondeada, cuyas diferencias topográficas son del orden de 30 a 40 metros, para reducirse a 20 en la vega, que se extiende con suave caída hacia el mar, siguiendo el curso del Guadalquivir.

La parte de la zona que pudiéramos llamar accidentada, está producida por la disposición de las lomas que se orientan según la marcha del Viar y de los arroyos antes descritos. Forman aquéllas una serie de contrafuertes de la meseta situada al Norte, siendo las principales: por levante, la sierra Traviesa, que se alza en la margen izquierda, con altitudes comprendidas entre 200 y 350 metros; la loma de las Gateras, del Rozalejo y Las Jarillas, de orden de altitud parecido, y por occidente, los altos de

Cucharreros, El Porquerón y otros semejantes, cuyo conjunto sigue ascendiendo según la dirección N.-NO. hacia la mencionada meseta, cuya altitud oscila alrededor de los 500 metros, como término medio.

Como vías principales de comunicación cuenta la zona con el ferrocarril de Madrid a Sevilla, con estación a unos tres kilómetros del pueblo de Cantillana, cuyo paso hacia ella está limitado por el cruce del río con una barca de marcha premiosa y de no fácil acceso para los vehículos; el de Sevilla a Mérida que empalma al Sur de Tocina con el anterior y remonta el valle del Huezna hacia la sierra; y la carretera de Santi Ponce a Lora del Río, que cruza el Viar en las cercanías de Cantillana. Otros caminos vecinales, construídos por iniciativa particular, y actualmente abiertos al servicio público, dan acceso a la zona, entre los cuales los más importantes son el que, desde Cantillana, sigue hacia Monte Gil; el de Monte Gil a Fuente Lancha y a Las Jarillas; la aludida carretera de Castilblanco al Pedroso, por las Cañuelas; y algunas sendas, como las de Cazalla, por el Viar, y las del Pedroso y Arenillas, que cruzan los arroyos Trujillo y Parroso.

Comarca de clima benigno por corresponder al borde de la meseta más que a la vega, de temperatura elevada durante el verano, hace posible sin embargo el trabajo en todas las épocas del año. Su régimen de lluvias, al igual que el de Sevilla, alcanza los 560 mm. por término medio, repartido entre 60 ó 70 días, dentro de los meses de octubre a mayo, según los antecedentes tomados de la descripción de la hoja de Cantillana, del mapa geológico de España a escala 1 : 50.000, publicada por nuestro Instituto.

RESEÑA GEOLÓGICA.—De las tres zonas en que el señor Gavalá divide la comarca de Cantillana, en su descripción

geológica, la de la meseta, en su borde, es la que concierne a la prospección sísmica realizada; corresponde a los terrenos hipogénicos y sedimentarios antiguos, con participación también, en determinada relación, de las otras dos; la de las colinas y la de la campiña, que describiremos por ese mismo orden de antigüedad.

*Hipogénico.*—Este terreno constituye el borde occidental de la zona de la investigación, donde se desarrolla el canal de riego del llamado Salto del Viar. Sus rocas esenciales son las graníticas de color pardo rosáceo, descompuesto y alterado en muchos sitios por los agentes meteóricos, y dentro de ellas se muestran algunos diques y masas de formas diversas y distribución desordenada, de aspecto porfídico y estructura compacta y cuarcífera, con mica negra o biotita y apariencia diorítica en muchos lugares, y de tinte verdoso en otros. En las inmediaciones del canal, por donde éste atraviesa la finca de «Los Melonares», es frecuente su aspecto ferruginoso y de tono manganesífero, lo mismo que ocurre a las capas de areniscas y conglomerados permianos que se apoyan sobre el mismo, en dicho lugar.

La variedad hipogénica dura, de aspecto diorítico y tinte verdoso, suele aparecer con multitud de diaclasas o planos de fractura, que semeja de lejos terreno estratificado, cual sucede en el saliente que atraviesa el río, donde se alza el molino del Viar.

En el borde contrario, o parte oriental de la cuenca, las manifestaciones de rocas hipogénicas son muy escasas y de poca extensión. Sin embargo, se observan en el kilómetro 19 de la carretera de Castilblanco a Las Jarillas; en la base de la loma de las Gateras y en Fuente La Lancha, de sierra Traviesa, que son muestra evidente de su continuidad en el fondo de la cuenca del Viar.

*Primario.*—A excepción de los pequeños asomos que dejamos señalados, sólo las formaciones cambriana y siluriana componen el borde oriental de la zona estudiada. Se extienden las calizas de la primera por toda la sierra Travesía, desde Fuente La Lancha hasta Fuente Lengua; son compactas, de estructura sacaroide y aspecto mármreo, de estratificación mal definida en la zona observada de Fuente Lengua y de apariencia vertical. Hacia el SE., que es la orientación más general de las capas, y hasta después de cruzar el arroyo del Parroso, se presenta una zona de cuarcitas, calizas y pizarras alternantes, en disposición casi vertical, clasificadas como silurianas, que en el mismo sentido se ocultan a corta distancia, bajo las capas permianas y miocenas.

Pasado el Parroso, que parece limitar el tramo de referencia, se muestran las pizarras de tono oscuro, inclinación parecida y buzamientos encontrados, que se repiten hasta pasado el ferrocarril de Sevilla a Mérida, en la región próxima a la estación de Arenillas.

*Permiano.*—Como formación final de la serie primaria, apoyada indistintamente sobre las rocas hipogénicas o las paleozoicas, se muestra, en la zona de estudio, abarcando la casi totalidad superficial de la misma, una potente sedimentación de conglomerados en diferentes tongadas, alternando con bancos de arenisca, lechos pizarreños y capas no muy potentes de caliza. Todo el sistema está caracterizado por un fuerte tinte rojizo y algunas veces ennegrecido por la fuerte oxidación del hierro y manganeso que contienen los conglomerados y, en general, las distintas tongadas. En las zonas del tramo medio de este potente horizonte, es donde se alojan preferentemente las areniscas, las pizarras algo arcillosas de tinte claro y grisáceo y los bancos de caliza compacta espática de tono oscuro. En el horizonte

más alto del mismo, entre arcillas y calizas, se presentan bolsadas importantes de manganeso, que en algunas ocasiones fueron objeto de explotación, aunque no muy segura ni constante, y que se estudian en la actualidad.

Los conglomerados, dentro del horizonte indicado, no se presentan a un determinado nivel; se encuentran en la base, en el medio y en la parte alta del mismo, sin preferencia determinada. Únicamente se aprecian variaciones en la naturaleza, tamaño y disposición de sus cantos. En la base, generalmente, se caracterizan o diferencian de las zonas altas en que son de tipo anguloso, constituyendo a veces verdaderos bancos brechosos, y son frecuentes los trozos de roca hipogénica engastados en la masa general; en el medio, son de composición más homogénea, más redondeados, abundan, intercalados entre ellos, otros que constituyen horizontes guijarreños con abundancia de arenisca; y en los altos, se repiten nuevamente, e incluso más trabados, redondeados y, a menudo, de naturaleza calcárea.

La orientación que, en términos generales, presentan las capas de este horizonte permiano es la de N.-S., aproximadamente, en la margen derecha y parte inferior de la zona; gira hasta situarse en la dirección NO. en la margen opuesta y zonas bajas de los arroyos Trujillo y Parroso, y se orientan en la posición intermedia en la crestería de la denominada falla de las Infantas. Es decir: su colocación se adapta a la que tienen las formaciones hipogénica y primaria que la sirven de asiento, como si, después de afianzadas éstas, descendiera aquélla resbalando lentamente sobre sus bordes.

Las inclinaciones y buzamientos difieren en este horizonte permiano con arreglo al lugar de observación; en la parte occidental se apoyan sobre la masa hipogénica con

inclinaciones frecuentemente de 20, 30 y hasta 40 grados con el horizonte y buzamiento a levante; se suavizan rápidamente hacia el centro de la cuenca, quedando en diez, cinco y dos y hasta en la horizontal, en las inmediaciones del arroyo Trujillo, para ganar, pasados algunos centenares de metros, que en la parte alta del mismo no suelen llegar a 500, los 30, 40 y hasta 60 grados, casi repentinamente, con buzamiento contrario; constituyen un sinclinal asimétrico con resbalamiento de la rama oriental, quedando dispuestas las capas, como indica gráficamente el señor Gavala al referirse a dicho terreno en la descripción de la hoja de Cantillana, como unas cuantas hojas de papel introducidas en una caja más estrecha que ellas.

La zona, bruscamente levantada, con dirección rectilínea N.-NO. y buzamiento occidental, es la que se denomina falla de las Infantas, por tener ese nombre el lugar donde más se acentúa la crestería de las capas y por ese evidente resbalamiento que en ellas se aprecia.

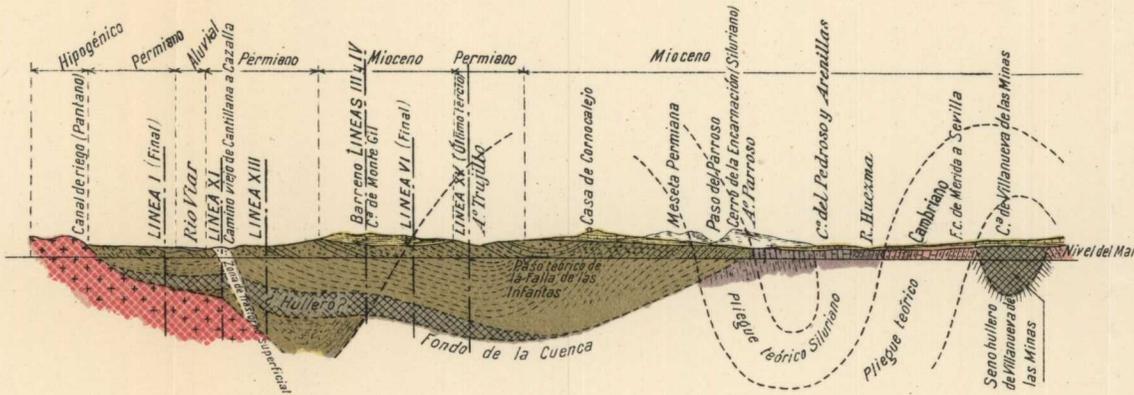
A partir del referido accidente, que tiene su apoyo directo en el macizo cambriano de sierra Traviesa y Fuente La Lancha, pero que se aparta de su prolongación siluriana, que constituye el cerro de la Encarnación, más de un kilómetro, las capas inferiores de dicho terreno Permiano se suavizan, según se aprecia en los cortes geológicos números 1 y 2 de la lámina XXXIX, bajando su pendiente, de sentido occidental, hasta quedar reducida corrientemente a 20°, a poco de separarse de la falla; a 10 al llegar al macizo siluriano de la Encarnación y cerro de los Alacranes, y hasta volcándose en sentido contrario, aunque de un modo local y poco acentuado en el camino de Cantillana al Pedroso, cerca del contacto.

*Terciario.*—Superpuesto a las formaciones precedentes en disposición sensiblemente horizontal, y cuando más

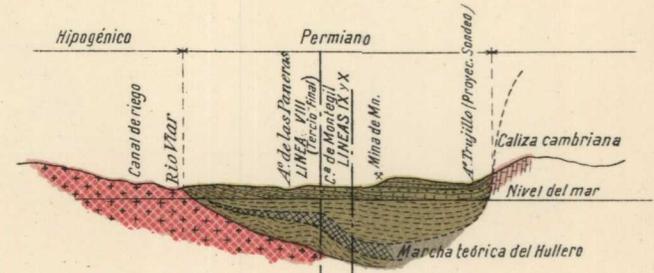
INVESTIGACION SISMICA EN LA CUENCA DEL VIAR

Escalas { Horizontal: 1 : 100.000  
Vertical: 1 : 50.000

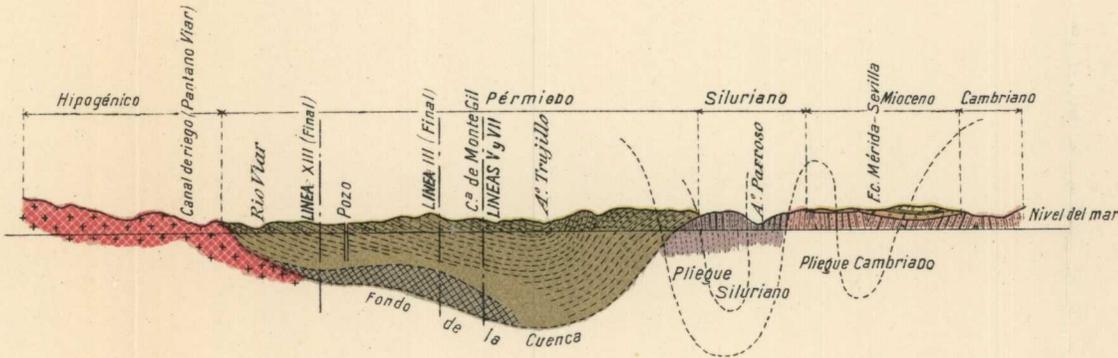
Corte geológico número 1



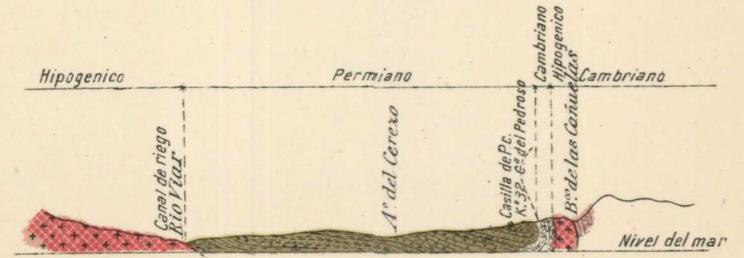
Corte geológico número 3



Corte geológico número 2



Corte geológico número 4



- Aluvial (limos, arenas y grava)
- Mioceno (calizas toscas, maciños y margas sabulosas)
- Permiano (conglomerados, areniscas, calizas y pizarras)

- Cambriano (calizas, cuarcitas y pizarras)
- Siluriano (calizas, cuarcitas y pizarras)
- Hipogénico (granitos, dioritas y diabasas)



con pequeñas ondulaciones, sin duda debidas al reajuste con la superficie de apoyo, aparece en disposición discordante, el sistema Mioceno de esta formación. Ocupa las partes altas de la zona de estudio, tanto geográfica como geológicamente y se distribuye en forma de faja de contorno irregular entre Cantillana y Villanueva de las Minas, constituyendo una serie de colinas o mesas de no muy grande extensión y pequeño espesor.

Sus capas o tongadas son de carácter arcilloso, margoso y sabuloso, predominando este último en algunos sitios, como en la zona del Trujillo y Alcornocalejo, hasta el punto de constituir verdaderos arenales y guijarrales que se confunden con las zonas de acarreo diluvial. Se trata, pues, de una zona evidentemente de borde o costera. Los horizontes margo-arcillosos y de caliza tosca se hallan profusamente sembrados de conchas y grandes ostreas que se encuentran con gran facilidad y frecuencia. No han sido recogidas por tratarse de una zona perfectamente estudiada y definida desde el punto de vista geológico.

El espesor máximo que corresponde a este horizonte terciario, según las deducciones geológicas y su confirmación geofísica, oscila entre 50 y 60 metros, quedando en los bordes reducida a poco más de un metro en repetidos lugares.

*Cuaternario.*—Por último, dos niveles de terrazas, de carácter Diluvial y moderno, respectivamente, completan el cuadro de las formaciones geológicas que comprende la zona.

La primera de ellas contornea la formación terciaria por su parte meridional a la altura de Cantillana, siguiendo los márgenes del Viar aguas arriba, hasta el arroyo de los Cascares. Zona originada, sin duda, por la entrada del propio Guadalquivir sobre el cauce del Viar y rezagada al descen-

der su nivel y retirarse después, es una terraza más de las diversas que, de su misma época y calidad, se hallan distribuidas por toda la zona de borde de la extensa vega. Se encuentra tan íntimamente mezclada, en sus tongadas más altas, con las tierras de cultivo, producto de arrastres lentos de las zonas altas, que es verdaderamente difícil delimitar su contorno exacto. Se trata de cantos rodados, en su mayoría de naturaleza calcárea y algunos silíceos o pizarreños, de tamaños que oscilan entre el de huevos de gallina y el de avellanas, separados y mezclados con pequeños horizontes terrosos.

La terraza moderna o aluvial que la envuelve, se extiende por las márgenes del río mencionado, constituye la mayor parte de la dilatada vega, prolongación de la cual son las cenefas que componen las dos márgenes del Viar, dedicadas en su mayor parte a tierras de naranjos y cultivo de productos de huerta.

**Tectónica.**—Clasificada de estefaniense la cuenca hullera del Huezna y comprobada la existencia del Permiano en el relleno del Viar, es evidente la preexistencia del plegamiento de tipo herciniano que dió lugar a la formación de lo que parece la espina dorsal que separa ambos depósitos y se jalona por el cerro de la Encarnación, sierra Traviesa y la loma de Gateras.

Tal plegamiento resulta de la acción tangencial del empuje contra el pilar incommovible que representa el macizo granítico de Castilblanco, señalado de un modo ideal en los cortes geológicos números 1 y 2, ya citados, accidente seguido de la natural y fuerte erosión que produjo las fosas por donde en la actualidad concuerda la marcha u orientación general de ambos ríos, más profunda y extensa en el Viar que en el Huezna, y rellenas después

por los expresados terrenos de esta última fase de la serie primaria, es decir, del estefaniense y Permiano.

La falta de este segundo depósito sobre el hullero del Huezna y la de los afloramientos hulleros bajo los conglomerados del Viar, sugiere la duda acerca de la repetición del primero en esta segunda cuenca; pero es lógico sospecharla dado el resultado del estudio sísmico realizado, según se verá después.

Por la disposición violenta de las capas permianas en la fosa del Viar, es evidente la existencia de un hundimiento en ella, acaecido con posterioridad a su depósito, y de la cual da fe la denominada falla de las Infantas, que ha sido producto probable de una compresión secundaria del macizo herciniano o del hundimiento de la propia fosa, resbalando sus capas sobre el borde oriental de la misma, accidente ocurrido —repetimos— posteriormente a su relleno y con anterioridad a los depósitos miocenos, que acusan una discordancia completa con ella, y precedido también de una fuerte denudación, que ha barrido la cobertera del Huezna, desapareciendo la permiana en el mismo, a la vez que parte de la del Viar, explicándose así la desemejanza entre ambos que actualmente observamos.

Con esta concepción y la disposición discordante de las capas permianas en la zona del Viar con las de su misma serie de carácter Siluriano y Cambriano, por la interposición del gran accidente herciniano, unido a los resultados del estudio geofísico, se han confeccionado los cortes geológicos contenidos en la lámina XXXIX.

En los mismos se observan la configuración teórica de la cuenca estudiada y la marcha ideal del movimiento productor de la misma.

**§ 49. La investigación sísmica.**—El procedimien-

to empleado para la investigación de la cuenca del Viar ha sido el método sísmico de refracción, por ser el que mejor se presta a la resolución del presente problema, que se plantea de la siguiente forma:

La semejanza de constitución petrográfica de las formaciones pertenecientes al Permiano y al Carbonífero, impide que podamos deslindar sísmicamente esos dos sistemas geológicos.

Sin embargo, por este procedimiento se puede suministrar, con bastante garantía, un dato del mayor interés minero: se podrá saber si el fondo de la cubeta (Cambriano, Siluriano o hipogénico) se encuentra o no a profundidad asequible para una explotación de carbón en condiciones económicas.

Conocido este dato podremos suponer, por comparación con la cuenca de Villanueva, que, de existir el yacimiento, se encontrará en el fondo de la cubeta, y por lo tanto conoceremos la profundidad del muro del posible tramo Carbonífero.

Otro factor de interpretación de mucho interés se deducirá de la velocidad sísmica obtenida para los horizontes posiblemente hulleros, que nos permitirá distinguir los niveles constituídos principalmente de pudingas y brechas, que no son los que contienen las capas de hulla explotables, de los niveles productores que suelen ser pizarreños, arcillosos y sabulosos. Los primeros tienen una velocidad de propagación de las ondas sísmicas mucho mayor que los segundos.

Se han realizado quince líneas, que suman una longitud de más de 30 kilómetros, con un total de 282 sismogramas.

La observación sísmica de los perfiles se ha hecho en forma de línea y contralínea, para poder compensar las

dificultades geológicas y asegurar con ello los resultados del trabajo.

*Línea I.*—El barreno de esta línea se ha situado a un kilómetro al Norte de la carretera general de Sevilla, partiendo del mojón 32 y a 50 metros al Este del camino de Castilblanco.

La dirección del perfil es la del Norte magnético, habiéndose realizado 12 estaciones de 100 en 100 metros de distancia entre sí, resultando por lo tanto con una longitud total de 1.200 metros.

Del cálculo de los sismogramas se han deducido los valores de las velocidades medias del rayo sísmico en cada una de las posiciones de observación, que se reúnen en la siguiente lista:

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{100}{0,048} = 2.000 \text{ m/s.} & V_{0-7} = \frac{700}{0,232} = 3.000 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{200}{0,081} = 2.500 \text{ »} & V_{0-8} = \frac{800}{0,272} = 2.950 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{300}{0,120} = 2.500 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{900}{0,298} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{400}{0,152} = 2.600 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,307} = 3.250 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{500}{0,183} = 2.700 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,324} = 2.700 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{600}{0,205} = 2.900 \text{ »} &
 \end{array}$$

Dibujada la curva dromocrónica y estudiados los valores anteriores se pueden diferenciar los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,048} = 2.100 \text{ m/s.}$$

que indica el terreno superficial descompuesto.

$$V_2 = V_{1-5} = \frac{500 - 100}{0,183 - 0,084} = 3.000 \text{ m/s.}$$

representa un horizonte de areniscas groseras, conglomerados y arcillas, que son precisamente los materiales que constituyen el Permiano.

$$V_3 = V_{5-6} = \frac{600 - 500}{0,205 - 0,183} = 4.600 \text{ m/s.}$$

corresponde a un nivel de pudinga o brecha.

$$V_4 = V_{7-8} = \frac{800 - 700}{0,272 - 0,232} = 2.500 \text{ m/s.}$$

indica un paquete geológico de areniscas, margas y arcillas que se manifiesta también en la contralínea.

$$V_5 = V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,298 - 0,272} = 4.000 \text{ m/s.}$$

por su posición estratigráfica debe corresponder a las pizarras del Primario antiguo, seguido de la formación hipogénica, que aparece en la línea con un valor de

$$V_6 = V_{9-12} = \frac{1.200 - 900}{0,324 - 0,298} = 11.000 \text{ m/s.}$$

El horizonte representado por la constante  $V_4 = 2.500$  metros-segundo, que corresponde al  $V_4 = 2.700$  m/s. de la contralínea, puede ser atribuido al horizonte pizarreño carbonífero, debido tanto a su pequeño valor sísmico como a su posición al fondo de la cubeta que se investiga. Pero hay que hacer la advertencia, que aunque siempre que encontremos este paquete de poca elasticidad en la base del Permiano nos reframos al hullero, no es más que con el fin de indicar la posible posición del tramo en el caso de

existir y de facilitar así la prospección por sondeos mecánicos, absolutamente indispensable en este problema.

Para el cálculo de profundidades se ha aplicado el coeficiente

$$K = 0,27$$

elegido, según criterio propio, entre los obtenidos en las investigaciones realizadas en terrenos de constitución parecida (en Gijón 0,23, en Suria 0,25, en Sallent 0,27, en Linares 0,30), que nos ha permitido obtener los siguientes resultados:

Profundidad de las margas, areniscas y arcillas (¿Carbonífero?):

$$h'_1 = 650 \times 0,27 = 175 \text{ m.}$$

Profundidad del Primario antiguo (Cambriano o Siluriano):

$$h'_2 = 800 \times 0,27 = 216 \text{ m.}$$

Profundidad de la formación hipogénica:

$$h'_3 = 900 \times 0,27 = 243 \text{ m.}$$

*Línea II.*—Tiene el mismo emplazamiento de los barrenos que la anterior y se extiende en sentido contrario, o sea hacia el Sur magnético. Por consiguiente constituye la contralínea de aquélla.

Consta de 16 estaciones repartidas en 1.600 metros de longitud.

Calculadas las velocidades sísmicas medias desde el origen a cada estación se ha obtenido la siguiente lista de valores:

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{100}{0,056} = 1.800 \text{ m/s.} & V_{0-9} = \frac{900}{0,318} = 2.800 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{200}{0,087} = 2.300 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,328} = 3.000 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{300}{0,118} = 2.500 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,358} = 3.100 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{400}{0,139} = 2.900 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,375} = 3.200 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{500}{0,190} = 2.600 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,408} = 3.200 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{600}{0,206} = 2.900 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,399} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-7} = \frac{700}{0,244} = 2.900 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.500}{0,429} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-8} = \frac{800}{0,285} = 2.800 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{1.600}{0,461} = 3.500 \text{ »}
 \end{array}$$

Observadas estas cifras de acuerdo con la forma de la dromocrónica, se llegan a diferenciar los parámetros que se citan:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,056} = 1.800 \text{ m/s.}$$

que corresponde a la cubierta descompuesta.

$$V_2 = V_{1-5} = \frac{500 - 100}{0,190 - 0,056} = 3.000 \text{ m/s.}$$

reproduce el horizonte de areniscas, conglomerados y arcillas de la contralínea.

$$V_3 = V_{5-6} = \frac{600 - 500}{0,206 - 0,190} = 6.100 \text{ m/s.}$$

coincide igualmente con el nivel de pudinga.

$$V_4 = V_{6-9} = \frac{900 - 600}{0,318 - 0,206} = 2.700 \text{ m/s.}$$

indica el paquete de margas, areniscas y arcillas.

$$V_5 = V_{9-13} = \frac{1.300 - 900}{0,408 - 0,318} = 4.400 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de las pizarras cambrianas.

Por último,

$$V_6 = V_{13-16} = \frac{1.600 - 1.300}{0,416 - 0,408} = 5.700 \text{ m/s.}$$

representa la formación hipogénica cuyo contacto atraviesa el rayo sísmico en sentido descendente, lo que coincide también con todo el desarrollo de la línea y se comprueba geológicamente.

Para profundidad del presunto tramo Carbonífero se obtiene:

$$h''_1 = 600 \times 0,27 = 162 \text{ m.}$$

y para la profundidad de las pizarras antiguas:

$$h''_2 = 900 \times 0,27 = 243 \text{ m.}$$

La potencia de estas pizarras es mucho mayor en esta línea que en la I, lo que indica que aumenta mucho el espesor del Primario hacia el Sur. La profundidad del granito resulta a

$$h''_3 = 1.300 \times 0,27 = 351 \text{ m.}$$

En el barreno común a las dos líneas se encuentran las margas (¿carboníferas?) a los

$$h_t = \frac{175 + 162}{2} = 169 \text{ m.}$$

Las pizarras antiguas a los

$$h_2 = \frac{216 + 243}{2} = 230 \text{ m.}$$

y el granito a

$$h_3 = \frac{243 + 351}{2} = 297 \text{ m.}$$

*Línea III.*—A cuatro kilómetros de Cantillana, por la carretera de Monte Gil, y separado 70 metros de distancia, hacia el Oeste, se ha emplazado el barreno de la línea III.

La línea tiene la dirección Norte y 2.200 metros de longitud, con estaciones espaciadas de 100 en 100 metros, como de costumbre.

Se ha obtenido la siguiente lista de valores de las velocidades medias:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,095} = 1.050 \text{ m/s.} & V_{0-9} = \frac{900}{0,305} = 2.950 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,129} = 1.550 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,341} = 3.000 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,169} = 1.800 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,361} = 3.050 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,197} = 2.000 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,399} = 3.000 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{500}{0,225} = 2.200 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,402} = 3.200 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{600}{0,241} = 2.500 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,436} = 3.200 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{700}{0,266} = 2.600 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.500}{0,470} = 3.200 \text{ »} \\ V_{0-8} = \frac{800}{0,295} = 2.700 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{1.600}{0,507} = 3.200 \text{ »} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} V_{0-17} = \frac{1.700}{0,517} = 3.300 \text{ m/s.} & V_{0-20} = \frac{2.020}{0,580} = 3.500 \text{ m/s.} \\ V_{0-18} = \frac{1.800}{0,565} = 3.200 \text{ »} & V_{0-21} = \frac{2.100}{0,590} = 3.550 \text{ »} \\ V_{0-19} = \frac{1.900}{0,602} = 3.200 \text{ »} & V_{0-22} = \frac{2.200}{0,623} = 3.500 \text{ »} \end{array}$$

Trazada la dromocrónica y estudiada de acuerdo con los anteriores valores, se pueden distinguir las siguientes alineaciones:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,095} = 1.100 \text{ m/s.}$$

que representa la cubierta moderna.

$$V_2 = V_{1-3} = \frac{300 - 100}{0,169 - 0,095} = 2.700 \text{ m/s.}$$

es la velocidad del horizonte margoso del Mioceno.

$$V_3 = V_{3-5} = \frac{500 - 300}{0,225 - 0,169} = 3.600 \text{ m/s.}$$

indica un paquete de conglomerados permianos.

$$V_4 = V_{5-6} = \frac{600 - 500}{0,241 - 0,225} = 6.200 \text{ m/s.}$$

corresponde a un horizonte de pudinga que se toma en consideración por hacer más fácilmente comparable este resultado con el de su contralínea.

$$V_5 = V_{6-8} = \frac{800 - 600}{0,294 - 0,241} = 3.700 \text{ m/s.}$$

corresponde de nuevo a conglomerados.



$$V_6 = V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,505 - 0,294} = 9.000 \text{ m/s.}$$

indica un nivel de calizas o pudinga compacta.

$$V_7 = V_{9-12} = \frac{1.200 - 900}{0,299 - 0,305} = 3.200 \text{ m/s.}$$

representa un paquete de areniscas.

$$V_8 = V_{12-18} = \frac{1.300 - 1.200}{0,402 - 0,399} = 30.000 \text{ m/s.}$$

se debe a otro nivel de pudinga de gran cohesión, y el siguiente,

$$V_9 = V_{18-16} = \frac{1.600 - 1.300}{0,507 - 0,402} = 2.900 \text{ m/s.}$$

nuevos niveles de arenisca y conglomerado.

El parámetro

$$V_{10} = V_{16-17} = \frac{1.700 - 1.600}{0,517 - 0,507} = 10.000 \text{ m/s.}$$

creemos se puede atribuir a pudingas del fondo del Permiano o techo del supuesto Carbonífero, y en ese caso el inmediato

$$V_{11} = V_{17-19} = \frac{1.900 - 1.700}{0,602 - 0,517} = 2.400 \text{ m/s.}$$

por su longitud y posición geológica representaría las pizarras y areniscas arcillosas del hullero.

El parámetro siguiente:

$$V_{11} = V_{19-22} = \frac{2.200 - 1.900}{0,623 - 0,602} = 13.000 \text{ m/s.}$$

corresponde, por su gran velocidad aparente, a las cuarcitas silurianas.

De todas estas cifras resulta que de existir el tramo pizarreño del Carbonífero, tendría que localizársele a

$$h'_1 = 1.700 \times 0,27 = 459 \text{ m.}$$

de profundidad.

Además, el fondo antiguo de la cuenca se debe cortar a los

$$h'_2 = 1.900 \times 0,27 = 513 \text{ m.}$$

*Línea IV.*—Es la contralínea de la anterior, extendiéndose en la dirección del Sur verdadero. Consta de 24 estaciones con un total de 2.400 metros de longitud.

Copiamos a continuación la acostumbrada lista de valores de las velocidades medias desde el barreno.

$V_{0-1} = \frac{100}{0,080} = 1.250 \text{ m/s.}$	$V_{0-9} = \frac{900}{0,344} = 2.600 \text{ m/s.}$
$V_{0-2} = \frac{200}{0,117} = 1.700 \text{ »}$	$V_{0-10} = \frac{1.000}{0,358} = 2.700 \text{ »}$
$V_{0-3} = \frac{300}{0,160} = 1.900 \text{ »}$	$V_{0-11} = \frac{1.100}{0,380} = 2.900 \text{ »}$
$V_{0-4} = \frac{400}{0,199} = 2.000 \text{ »}$	$V_{0-12} = \frac{1.200}{0,413} = 2.900 \text{ »}$
$V_{0-5} = \frac{500}{0,223} = 2.200 \text{ »}$	$V_{0-13} = \frac{1.300}{0,457} = 2.850 \text{ »}$
$V_{0-6} = \frac{600}{0,238} = 2.500 \text{ »}$	$V_{0-14} = \frac{1.400}{0,470} = 3.000 \text{ »}$
$V_{0-7} = \frac{700}{0,260} = 2.700 \text{ »}$	$V_{0-15} = \frac{1.500}{0,507} = 3.000 \text{ »}$
$V_{0-8} = \frac{800}{0,298} = 2.700 \text{ »}$	$V_{0-16} = \frac{1.600}{0,543} = 2.950 \text{ »}$

De acuerdo con ellos se han podido distinguir, sobre la dromocrónica correspondiente, los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{1,080} = 1.200 \text{ m/s.}$$

que representa la cubierta detrítica.

$$V_2 = V_{1-4} = \frac{400 - 100}{0,199 - 0,080} = 2.500 \text{ m/s.}$$

es la velocidad del tramo margoso sabuloso del Mioceno.

$$V_3 = V_{4-5} = \frac{500 - 400}{0,223 - 0,199} = 4.000 \text{ m/s.}$$

$$V_4 = V_{5-6} = \frac{600 - 500}{0,283 - 0,223} = 6.000 \text{ »}$$

$$V_5 = V_{6-9} = \frac{900 - 600}{0,344 - 0,238} = 2.900 \text{ »}$$

$$V_6 = V_{9-10} = \frac{1.000 - 900}{0,358 - 0,344} = 7.000 \text{ »}$$

$$V_7 = V_{10-13} = \frac{1.300 - 1.000}{0,457 - 0,358} = 3.100 \text{ »}$$

$$V_8 = V_{13-14} = \frac{1.400 - 1.300}{0,470 - 0,457} = 8.000 \text{ »}$$

$$V_9 = V_{14-16} = \frac{1.600 - 1.400}{0,543 - 0,470} = 2.700 \text{ »}$$

$$V_{10} = V_{16-18} = \frac{1.800 - 1.600}{0,565 - 0,543} = 20.000 \text{ »}$$

indican los mismos niveles de areniscas, conglomerados, pudingas, apuntados ya en la contralínea.

El siguiente parámetro

$$V_{11} = V_{18-20} = \frac{2.100 - 1.800}{0,648 - 0,565} = 2.400 \text{ m/s.}$$

pueden representar, como en la contralínea, las pizarras del horizonte que se puede atribuir al Carbonífero.

El fondo de la cuenca, formado probablemente por cuarcitas, está representado por la velocidad aparente.

$$V_{12} = V_{20-24} = \frac{2.800 - 2.000}{0,705 - 0,648} = 7.000 \text{ m/s.}$$

Por las distancias epicentrales a que se manifiestan los mencionados horizontes se han calculado sus profundidades como de costumbre.

El posible Carbonífero aparece a los

$$h''_1 = 1.800 \times 0,27 = 486 \text{ m.}$$

de profundidad y el fondo de la cuenca a

$$h''_2 = 200 \times 0,27 = 540 \text{ m.}$$

Confrontados estos valores con los de la contralínea resultan en el barreno las cifras siguientes:

Profundidad del supuesto Carbonífero:

$$h_1 = \frac{459 + 486}{2} = 472 \text{ m.}$$

Profundidad del fondo de la cubeta:

$$h_2 = \frac{513 + 540}{2} = 526 \text{ m.}$$

*Línea V.*—El origen de la línea V se ha emplazado junto a la carretera de Monte Gil, a seis kilómetros al Norte de Cantillana, extendiéndose las estaciones en el sentido Sur-Norte. Tiene 2.000 metros de longitud.

Calculadas las velocidades medias, como de costumbre, se ha obtenido la siguiente lista de valores:

$$\begin{aligned}
 V_{0-1} &= \frac{110}{0,058} = 1.900 \text{ m/s.} & V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,328} = 3.350 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} &= \frac{200}{0,081} = 2.500 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,360} = 3.300 \text{ »} \\
 V_{0-3} &= \frac{300}{0,112} = 2.700 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,380} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-4} &= \frac{400}{0,147} = 2.700 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,406} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-5} &= \frac{500}{0,180} = 2.800 \text{ »} & V_{0-15} &= \frac{1.500}{0,427} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-6} &= \frac{600}{0,198} = 3.000 \text{ »} & V_{0-16} &= \frac{1.600}{0,448} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-7} &= \frac{700}{0,234} = 3.000 \text{ »} & V_{0-17} &= \frac{1.700}{0,468} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-8} &= \frac{800}{0,250} = 3.200 \text{ »} & V_{0-18} &= \frac{1.800}{0,507} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-9} &= \frac{900}{0,309} = 2.900 \text{ »} & V_{0-20} &= \frac{2.000}{0,568} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,315} = 3.200 \text{ »} & &
 \end{aligned}$$

Confrontados estos valores con las alineaciones de la curva dromocrónica se llega a la diferenciación de los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,058} = 1.200 \text{ m/s.}$$

representa la cubierta descompuesta.

Los sucesivos valores:

$$V_2 = V_{1-7} = \frac{700 - 100}{0,232 - 0,058} = 3.500 \text{ m/s.}$$

$$V_3 = V_{7-8} = \frac{800 - 700}{0,244 - 0,232} = 8.400 \text{ »}$$

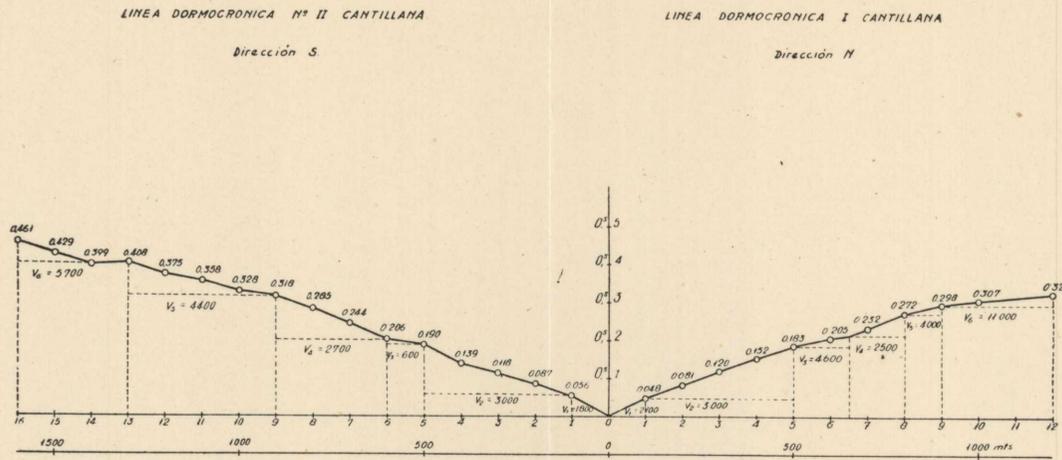


Fig. 80. Líneas dromocrónicas I y II

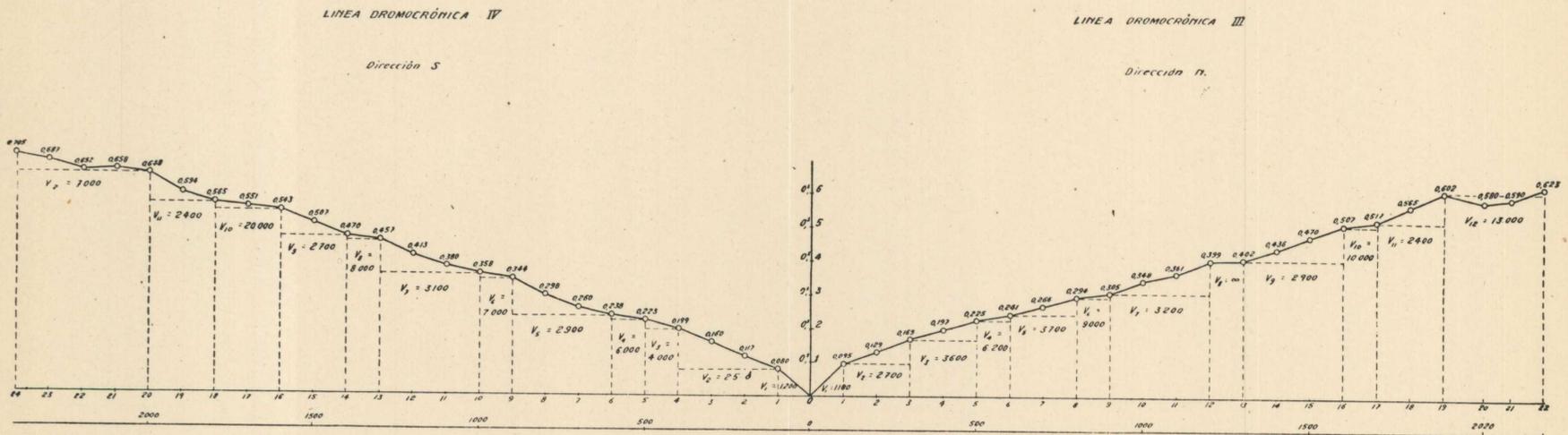


Fig. 81. - Líneas dromocrónicas III y IV

$$V_4 = V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,296 - 0,244} = 2.000 \text{ m/s.}$$

$$V_5 = V_{9-12} = \frac{1.200 - 900}{0,357 - 0,296} = 4.900 \text{ »}$$

$$V_6 = V_{12-13} = \frac{1.300 - 1.200}{0,368 - 0,357} = 9.000 \text{ »}$$

$$V_7 = V_{13-20} = \frac{2.000 - 1.300}{0,568 - 0,368} = 3.500 \text{ »}$$

que se han diferenciado de esta forma por comparación con la contralínea correspondiente, indican horizontes de areniscas, conglomerados y margas sabulosas del Permiano, intercalados de dos niveles de pudinga o caliza; estos últimos representados por los parámetros  $V_8$  y  $V_6$ .

Por consiguiente se puede asegurar que a los

$$h = 2.000 \times 0,27 = 540 \text{ m.}$$

de profundidad, no se ha llegado al fondo de la cuenca.

*Línea VI.*—Es la contralínea de la V, por lo tanto tiene su barreno común con aquélla y se extiende en la dirección Norte-Sur.

Consta de 22 estaciones, con 2.200 metros de longitud total.

A continuación se copia la lista de valores de las velocidades medias al origen:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,051} = 2.200 \text{ m/s.} \quad V_{0-5} = \frac{500}{0,157} = 3.200 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{200}{0,075} = 2.700 \text{ »} \quad V_{0-6} = \frac{600}{0,178} = 3.400 \text{ »}$$

$$V_{0-3} = \frac{300}{0,110} = 2.700 \text{ »} \quad V_{0-7} = \frac{700}{0,213} = 3.300 \text{ »}$$

$$V_{0-4} = \frac{400}{0,137} = 2.900 \text{ »} \quad V_{0-8} = \frac{800}{0,233} = 3.400 \text{ »}$$

$$\begin{aligned}
 V_{0-9} &= \frac{900}{0,282} = 3.200 \text{ m/s.} & V_{0-16} &= \frac{1.600}{0,453} = 3.400 \text{ m/s.} \\
 V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,298} = 3.300 \text{ »} & V_{0-17} &= \frac{1.700}{0,500} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,333} = 3.400 \text{ »} & V_{0-18} &= \frac{1.800}{0,514} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,369} = 3.300 \text{ »} & V_{0-19} &= \frac{1.900}{0,537} = 3.550 \text{ »} \\
 V_{0-13} &= \frac{1.300}{0,386} = 3.400 \text{ »} & V_{0-20} &= \frac{2.000}{0,592} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,399} = 3.500 \text{ »} & V_{0-21} &= \frac{2.100}{0,589} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-15} &= \frac{1.500}{0,426} = 3.500 \text{ »} & V_{0-22} &= \frac{2.200}{0,636} = 3.500 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Estudiada la dromocrónica correspondiente, de acuerdo con la mencionada lista, se aprecian en ella distintos horizontes representados por sus respectivas constantes sísmicas, y que se citan a continuación:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,051} = 2.000 \text{ m/s.}$$

indica la cubierta descompuesta.

Los sucesivos:

$$\begin{aligned}
 V_2 &= V_{1-7} = \frac{700 - 100}{0,214 - 0,151} = 3.700 \text{ m/s.} \\
 V_3 &= V_{7-8} = \frac{800 - 700}{0,234 - 0,214} = 5.000 \text{ »} \\
 V_4 &= V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,271 - 0,234} = 2.700 \text{ »} \\
 V_5 &= V_{9-13} = \frac{1.300 - 900}{0,384 - 0,271} = 3.500 \text{ »}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_6 &= V_{13-14} = \frac{1.400 - 1.300}{0,396 - 0,384} = 3.200 \text{ m/s.} \\
 V_7 &= V_{14-20} = \frac{2.000 - 1.400}{0,592 - 0,396} = 3.200 \text{ »}
 \end{aligned}$$

son constantes sísmicas que corresponden a los conocidos niveles de areniscas y conglomerados, entre los que destacan, igualmente que en la contralínea, los mismos de pudinga o caliza  $V_3$  y  $V_6$ .

Todos ellos, probablemente pertenecientes al Permiano.

El siguiente parámetro

$$V_8 = V_{20-21} = \frac{2.000 - 1.900}{0,592 - 0,537} = 1.800 \text{ m/s.}$$

parece indicar una pudinga o caliza del fondo del mencionado tramo y en ese caso el inmediato

$$V_9 = V_{21-23} = \frac{2.300 - 2.100}{0,673 - 0,589} = 2.400 \text{ m/s.}$$

indican las pizarras arcillosas y areniscas del Carbonífero.

A continuación se manifiesta una formación de gran velocidad aparente, que tiene que ser debida, sin duda alguna, a las cuarcitas silurianas o a la base hipogénica.

La profundidad del horizonte, que por sus características sísmicas y su posición se puede atribuir al hullero pizarreño, resulta:

$$h_1 = 2.100 \times 0,27 = 567 \text{ m.}$$

La del fondo antiguo de la cuenca

$$h_2 = 2.300 \times 0,27 = 621 \text{ m.}$$

*Línea VII.*—El origen de esta línea se ha elegido a

cincuenta metros al Oeste de la carretera de Cantillana a Monte Gil y a unos 400 metros al Norte de la venta del Viar.

Su dirección es S.-SE. y tiene 1.900 metros de longitud.

Del cálculo de los sismogramas se ha deducido el siguiente cuadro de velocidades medias desde cada estación al barreno:

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{100}{0,057} = 1.800 \text{ m/s.} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,320} = 3.400 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{200}{0,077} = 2.600 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,352} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{300}{0,115} = 2.700 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,369} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{400}{0,140} = 2.900 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,368} = 3.800 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{500}{0,175} = 2.900 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.500}{0,388} = 3.900 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{600}{0,197} = 3.000 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{1.600}{0,408} = 3.900 \text{ »} \\
 V_{0-7} = \frac{700}{0,224} = 3.100 \text{ »} & V_{0-17} = \frac{1.700}{0,426} = 4.000 \text{ »} \\
 V_{0-8} = \frac{800}{0,265} = 3.100 \text{ »} & V_{0-18} = \frac{1.800}{0,437} = 4.100 \text{ »} \\
 V_{0-9} = \frac{900}{0,283} = 3.200 \text{ »} & V_{0-19} = \frac{1.900}{0,468} = 4.100 \text{ »} \\
 V_{0-10} = \frac{1.000}{0,298} = 3.300 \text{ »} &
 \end{array}$$

Dibujada la dromocrónica y apoyados en la lista anterior, se llegan a diferenciar las alineaciones que se citan:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,057} = 1.800 \text{ m/s.}$$

que indica la cubierta detrítica.

$$V_2 = V_{1-8} = \frac{800 - 100}{0,265 - 0,057} = 3.400 \text{ m/s.}$$

representa el horizonte permo-carbonífero de areniscas groseras y conglomerados, medido en conjunto.

$$V_3 = V_{6-8} = \frac{800 - 600}{0,265 - 0,197} = 2.900 \text{ m/s.}$$

al fondo de la cuenca, puede corresponder al Carbonífero pizarreño-sabuloso.

$$V_4 = V_{8-13} = \frac{1.300 - 800}{0,369 - 0,265} = 4.800 \text{ m/s.}$$

indica el horizonte de pizarras antiguas.

$$V_5 = V_{13-19} = \frac{1.900 - 1.300}{0,468 - 0,369} = 6.100 \text{ m/s.}$$

representa la formación granítica.

El cálculo de profundidades se ha hecho de acuerdo con las demás líneas para el horizonte que descansa directamente sobre las calizas cambrianas, por ser el único que puede representar al tramo Carbonífero. Ha resultado ser de

$$h'_1 = 600 \times 0,27 = 162 \text{ m.}$$

estando el techo de las mencionadas pizarras a los

$$h'_2 = 800 \times 0,27 = 216 \text{ m.}$$

de profundidad.

El granito se manifiesta a los

$$h'_3 = 1.300 \times 0,27 = 351 \text{ m.}$$

*Línea VIII.*—La línea VIII se extiende en dirección y sentido Norte-Noroeste en forma de contralínea de la anterior.

Consta de diecinueve estaciones con 1.900 metros de longitud.

A continuación se copia la acostumbrada lista de valores medios.

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{100}{0,047} = 2.100 \text{ m/s.} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,310} = 3.550 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{200}{0,078} = 2.600 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,332} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{300}{0,105} = 2.850 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,358} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{400}{0,133} = 3.000 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,365} = 3.800 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{500}{0,156} = 3.200 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.500}{0,394} = 3.800 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{600}{0,185} = 3.200 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{1.600}{0,411} = 3.900 \text{ »} \\
 V_{0-7} = \frac{700}{0,228} = 3.100 \text{ »} & V_{0-17} = \frac{1.700}{0,434} = 3.900 \text{ »} \\
 V_{0-8} = \frac{800}{0,248} = 3.200 \text{ »} & V_{0-18} = \frac{1.800}{0,452} = 4.000 \text{ »} \\
 V_{0-9} = \frac{900}{0,272} = 3.300 \text{ »} & V_{0-19} = \frac{1.900}{0,467} = 4.100 \text{ »} \\
 V_{0-10} = \frac{1.000}{0,282} = 3.500 \text{ »} &
 \end{array}$$

Trazada la correspondiente curva dromocrónica y de acuerdo con las cifras anteriores, se han separado en ellas los horizontes que se indican, cuyas velocidades aparentes representan:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,047} = 2.100 \text{ m/s.}$$

la cubierta moderna.

$$V_2 = V_{1-7} = \frac{700 - 100}{0,230 - 0,047} = 3.300 \text{ m/s.}$$

las areniscas y conglomerados permo-carboníferos.

$$V_3 = V_{5-7} = \frac{700 - 500}{0,230 - 0,157} = 2.700 \text{ m/s.}$$

por estar situado al fondo del paquete anterior, se puede atribuir al Carbonífero pizarreño.

$$V_4 = V_{8-13} = \frac{1.300 - 800}{0,363 - 0,256} = 4.700 \text{ m/s.}$$

representa el tramo de pizarras cambrianas.

$$V_5 = V_{13-19} = \frac{1.900 - 1.300}{0,472 - 0,363} = 5.500 \text{ m/s.}$$

es la velocidad aparente de la formación granítica. El nivel de menor velocidad que descansa al fondo de la cuenca, que se indica como posible Carbonífero, ha resultado a los

$$h''_1 = 500 \times 0,27 = 135 \text{ m.}$$

de profundidad, las pizarras antiguas a los

$$h''_2 = 800 \times 0,27 = 216 \text{ m.}$$

y el granito a los

$$h''_3 = 1.300 \times 0,27 = 351 \text{ m.}$$

de profundidad.

*Línea IX.*—Su barreno se ha situado a 200 metros al

Este de la carretera de Monte Gil y a un kilómetro al Norte de la venta del Viar. Tiene dirección N. 20° O. con una longitud de 1.900 metros.

Con los datos de campo se ha obtenido la siguiente lista de valores de las velocidades medias referidas al origen.

$$\begin{array}{ll}
 V_{0-1} = \frac{100}{0,046} = 2.100 \text{ m/s.} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,296} = 3.400 \text{ m/s.} \\
 V_{0-2} = \frac{200}{0,068} = 2.900 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,324} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-3} = \frac{300}{0,104} = 2.900 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,362} = 3.300 \text{ »} \\
 V_{0-4} = \frac{400}{0,117} = 3.400 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,361} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-5} = \frac{500}{0,159} = 3.100 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,388} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-6} = \frac{600}{0,178} = 3.400 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.500}{0,426} = 3.500 \text{ »} \\
 V_{0-7} = \frac{700}{0,227} = 3.100 \text{ »} & V_{0-17} = \frac{1.700}{0,461} = 3.700 \text{ »} \\
 V_{0-8} = \frac{800}{0,247} = 3.200 \text{ »} & V_{0-18} = \frac{1.800}{0,492} = 3.700 \text{ »} \\
 V_{0-9} = \frac{900}{0,264} = 3.400 \text{ »} & V_{0-19} = \frac{1.900}{0,522} = 3.700 \text{ »}
 \end{array}$$

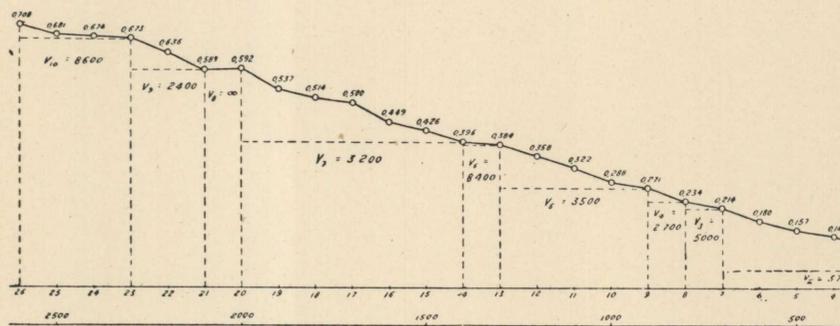
Observada la línea dromocrónica de acuerdo con aquéllos, se diferencian los siguientes parámetros:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,046} = 2.100 \text{ m/s.}$$

que representa la cubierta detrítica.

LINEA DROMOCRÓNICA VI

Dirección S.



LINEA DROMOCRÓNICA V

Dirección N

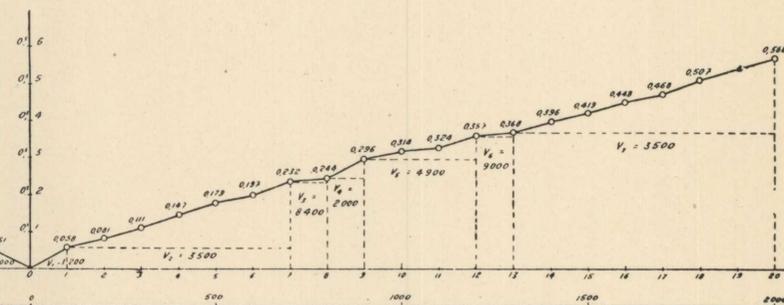
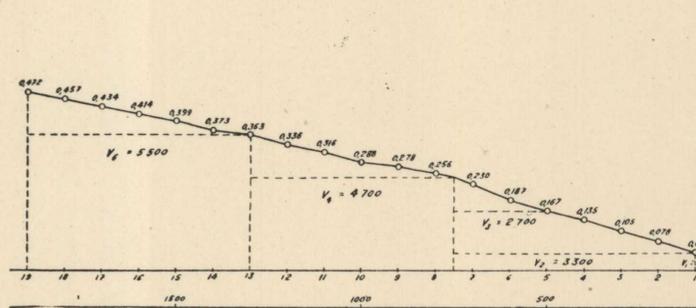


Fig. 82.—Líneas dromocrónicas V y VI

LINEA DROMOCRÓNICA VIII

Dirección NNO



LINEA DROMOCRÓNICA VII

Dirección S SE

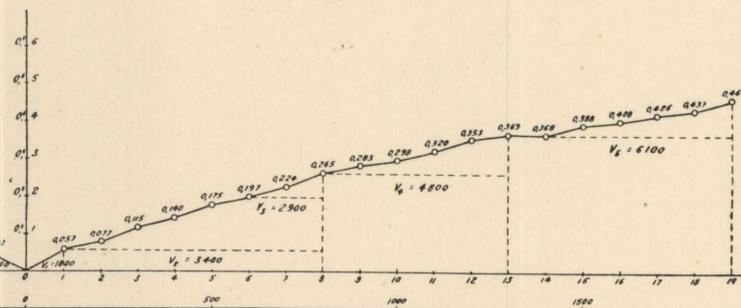


Fig. 83.—Líneas dromocrónicas VII y VIII



$$V_2 = V_{1-7} = \frac{700 - 100}{0,227 - 0,046} = 3.300 \text{ m/s.}$$

y

$$V_3 = V_{7-12} = \frac{1.200 - 700}{0,362 - 0,227} = 5.700 \text{ m/s.}$$

indica el potente horizonte de areniscas y conglomerados permianos.

Debiéndose hacer la observación de que los niveles del fondo

$$V_4 = V_{10-12} = \frac{1.200 - 1.000}{0,362 - 0,296} = 3.000 \text{ m/s.}$$

por su constante sísmica, podrían muy bien ser pizarras margosas y sabulosas del Carbonífero.

Los sucesivos parámetros se deben atribuir al substratum antiguo.

$$V_5 = V_{12-14} = \frac{1.400 - 1.200}{0,388 - 0,362} = 8.000 \text{ m/s.}$$

es un banco de cuarcita o caliza posiblemente cambriano.

$$V_6 = V_{14-15} = \frac{1.500 - 1.400}{0,426 - 0,388} = 2.500 \text{ m/s.}$$

indica el contacto descompuesto sobre las pizarras antiguas, que se manifiestan a continuación con valor de

$$V_7 = V_{15-18} = \frac{1.900 - 1.500}{0,522 - 0,426} = 4.200 \text{ m/s.}$$

Calculada la profundidad de la cuarcita o caliza cambriana en la forma acostumbrada, resulta estar a los

$$h'_1 = 1.200 \times 0,27 = 324 \text{ m.}$$

marcando el fondo de la cuenca permo-carbonífera.

El posible Carbonífero queda, según el perfil, a

$$h'_2 = 1.000 \times 0,27 = 270 \text{ m.}$$

de profundidad.

*Línea X.*—Parte del mismo origen que la IX en forma de contralínea. Tiene, por lo tanto, dirección S. 20° E.

Consta de 19 estaciones con 1.900 metros de longitud total.

A continuación se copia la acostumbrada lista de valores de las velocidades medias.

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,045} = 2.200 \text{ m/s.} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,322} = 3.400 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,073} = 2.700 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,358} = 3.400 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,108} = 2.800 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,376} = 3.500 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,121} = 3.300 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,393} = 3.600 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{500}{0,160} = 3.100 \text{ »} & V_{0-15} = \frac{1.500}{0,422} = 3.600 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{600}{0,179} = 3.300 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{1.600}{0,445} = 3.600 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{700}{0,218} = 3.200 \text{ »} & V_{0-17} = \frac{1.700}{0,490} = 3.500 \text{ »} \\ V_{0-8} = \frac{800}{0,236} = 3.400 \text{ »} & V_{0-18} = \frac{1.800}{0,489} = 3.700 \text{ »} \\ V_{0-9} = \frac{900}{0,276} = 3.300 \text{ »} & V_{0-19} = \frac{1.900}{0,503} = 3.800 \text{ »} \\ V_{0-10} = \frac{1.000}{0,291} = 3.400 \text{ »} & \end{array}$$

De acuerdo con ella se han trazado las alineaciones de la dromocrónica correspondiente, apreciándose los parámetros siguientes:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,045} = 2.100 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de las capas superficiales descompuestas.

$$V_2 = V_{2-7} = \frac{700 - 200}{0,218 - 0,073} = 4.800 \text{ m/s.}$$

y

$$V_3 = V_{7-17} = \frac{1.700 - 700}{0,490 - 0,218} = 3.700 \text{ m/s.}$$

corresponden a los dos potentes paquetes geológicos de areniscas groseras y conglomerados permianos o permo-carboníferos que aparecen igualmente en la contralínea.

De la misma forma se separan aquí también los niveles del fondo, como posibles pizarras carboníferas, representadas por la constante

$$V_4 = V_{14-17} = \frac{1.700 - 1.400}{0,490 - 0,393} = 3.100 \text{ m/s.}$$

A continuación se destaca la constante sísmica

$$V_5 = V_{17-19} = \frac{1.900 - 1.700}{0,503 - 0,490} = 15.000 \text{ m/s.}$$

que corresponde, sin duda, a las cuarcitas o calizas del substratum antiguo.

La profundidad de este fondo resulta a los

$$h''_2 = 1.700 \times 0,27 = 459 \text{ m.}$$

y la del posible tramo pizarreño hullero a los

$$h''_1 = 1.400 \times 0,27 = 378 \text{ m.}$$

Resumiendo las dos líneas IX y X se concluye que el contacto con el Primario antiguo buza francamente en dirección S. 20° E. según el perfil de las mencionadas líneas, y que la profundidad aproximada en el barreno común está dada por la media entre los valores obtenidos.

De donde resulta para profundidad de las hipotéticas pizarras carboníferas

$$h_1 = \frac{270 + 378}{2} = 324 \text{ m.}$$

y para el fondo de la cuenca

$$h_2 = \frac{324 + 459}{2} = 391 \text{ m.}$$

*Línea XI.*—El barreno de esta línea se ha situado junto al camino que conduce de Cantillana a Cazalla, en la margen izquierda del río Viar, a unos 1.100 metros de distancia al puente de la carretera de Lora, sobre el mencionado río.

Tiene la dirección Norte y consta de 18 posiciones con 1.800 metros de longitud total.

El cálculo de velocidades medias a partir del origen ha suministrado la siguiente lista de valores:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,051} = 2.000 \text{ m/s.} & V_{0-6} = \frac{600}{0,196} = 3.100 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,082} = 2.500 \text{ »} & V_{0-7} = \frac{700}{0,243} = 2.900 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,114} = 2.600 \text{ »} & V_{0-8} = \frac{800}{0,259} = 3.100 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,142} = 2.800 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{900}{0,301} = 3.000 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{500}{0,173} = 2.900 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,306} = 3.300 \text{ »} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} V_{0-11} = \frac{1.100}{0,334} = 3.300 \text{ m/s.} & V_{0-15} = \frac{1.500}{0,405} = 3.700 \text{ m/s.} \\ V_{0-12} = \frac{1.190}{0,333} = 3.600 \text{ »} & V_{0-16} = \frac{1.600}{0,415} = 3.900 \text{ »} \\ V_{0-13} = \frac{1.320}{0,380} = 3.400 \text{ »} & V_{0-17} = \frac{1.700}{0,447} = 3.800 \text{ »} \\ V_{0-14} = \frac{1.400}{0,381} = 3.700 \text{ »} & V_{0-18} = \frac{1.800}{0,456} = 3.900 \text{ »} \end{array}$$

Estudiados en conjunto con la línea dromocrónica, se llega a la diferenciación de los parámetros que se citan:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,051} = 2.000 \text{ m/s.}$$

representa la cubierta detritica.

$$V_2 = V_{1-9} = \frac{900 - 100}{0,301 - 0,051} = 3.100 \text{ m/s.}$$

es el paquete de areniscas y conglomerados permo-carboníferos.

$$V_3 = V_{6-9} = \frac{900 - 600}{0,301 - 0,197} = 2.800 \text{ m/s.}$$

es la velocidad media de las capas situadas al fondo del tramo anterior y que por su pequeño valor se atribuyen a pizarras sabulosas, posiblemente carboníferas.

$$V_4 = V_{9-18} = \frac{1.320 - 900}{0,380 - 0,301} = 5.300 \text{ m/s.}$$

indica un horizonte de cuarcitas y pizarras antiguas que constituye el fondo que nos interesa.

A continuación se manifiesta la formación hipogénica con velocidad de

$$V_6 = V_{18-18} = \frac{1.800 - 1.320}{0,456 - 0,380} = 6.300 \text{ m/s.}$$

Los niveles posiblemente carboníferos resultan, según el cálculo, a

$$h'_1 = 600 \times 0,27 = 162 \text{ m.}$$

de profundidad.

El fondo de la cuenca a

$$h_2 = 900 \times 0,27 = 243 \text{ m.}$$

y la formación granítica a los

$$h_3 = 1.320 \times 0,27 = 356 \text{ m.}$$

*Línea XII.*—Es la contralínea de la anterior; por consiguiente tiene el barreno común y la dirección Sur.

Su longitud es de 1.800 metros.

Se ha obtenido la siguiente lista de velocidades medias, tomadas desde el origen:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,049} = 2.000 \text{ m/s.} & V_{0-8} = \frac{800}{0,271} = 2.950 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{200}{0,077} = 2.600 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{900}{0,298} = 3.200 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{300}{0,117} = 2.700 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{1.000}{0,329} = 3.000 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{400}{0,136} = 2.900 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{1.100}{0,356} = 3.100 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{500}{0,178} = 2.800 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{1.200}{0,408} = 2.900 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{600}{0,213} = 2.800 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{1.300}{0,427} = 3.000 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{700}{0,238} = 2.950 \text{ »} & V_{0-14} = \frac{1.400}{0,437} = 3.300 \text{ »} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} V_{0-15} = \frac{1.500}{0,450} = 3.300 \text{ m/s.} & V_{0-17} = \frac{1.700}{0,488} = 3.500 \text{ m/s.} \\ V_{0-16} = \frac{1.600}{0,487} = 3.300 \text{ »} & V_{0-18} = \frac{1.800}{0,534} = 3.400 \text{ »} \end{array}$$

Sobre la dromocrónica correspondiente se han podido apreciar los siguientes horizontes:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,049} = 2.000 \text{ m/s.}$$

que indica la cubierta descompuesta.

$$V_2 = V_{1-12} = \frac{1.200 - 100}{0,408 - 0,049} = 3.100 \text{ m/s.}$$

representa el importante paquete de areniscas y conglomerados permo-carboníferos.

$$V_3 = V_{9-12} = \frac{1.200 - 900}{0,408 - 0,298} = 2.700 \text{ m/s.}$$

es la velocidad parcial, correspondiente a los horizontes del fondo del mismo, que puede atribuirse a las pizarras del Carbonífero.

$$V_4 = V_{12-18} = \frac{1.800 - 1.200}{0,534 - 0,408} = 4.700 \text{ m/s.}$$

es la velocidad media aparente de las cuarcitas y pizarras del paleozoico antiguo.

En la dirección que se extiende este perfil no alcanza el rayo sísmico al granito, lo que indica que es grande su inclinación hacia el Sur.

La profundidad del supuesto nivel hullero es próximamente de

$$h''_1 = 900 \times 0,27 = 247 \text{ m.}$$

y la del fondo de la cuenca

$$h'_2 = 1.200 \times 0,27 = 324 \text{ m.}$$

El granito se cortará después de los

$$h'_3 = 1.800 \times 0,27 = 486 \text{ m.}$$

de profundidad.

Resumiendo las dos líneas XI y XII para referir los resultados al barreno común, se concluye que el posible Carbonífero se cortará a los

$$h_1 = \frac{162 + 243}{2} = 202 \text{ m.}$$

las cuarcitas y pizarras a

$$h_2 = \frac{243 + 324}{2} = 283 \text{ m.}$$

y el granito a una profundidad superior a

$$h_3 = \frac{356 + 486}{2} = 421 \text{ m.}$$

*Línea XIII.*—El emplazamiento del barreno de esta nueva línea se ha hecho a 700 metros al E.-NE. del origen común de las líneas XI y XII.

Su dirección es el Norte verdadero y tiene una longitud de 2.400 metros con 24 estaciones.

Con sus datos se ha obtenido la siguiente lista de valores de las velocidades medias tomadas desde el barreno:

$$V_{0-1} = \frac{100}{0,042} = 2.400 \text{ m/s.} \quad V_{0-3} = \frac{300}{0,100} = 3.000 \text{ m/s.}$$

$$V_{0-2} = \frac{200}{0,072} = 2.800 \text{ »} \quad V_{0-4} = \frac{400}{0,129} = 3.100 \text{ »}$$

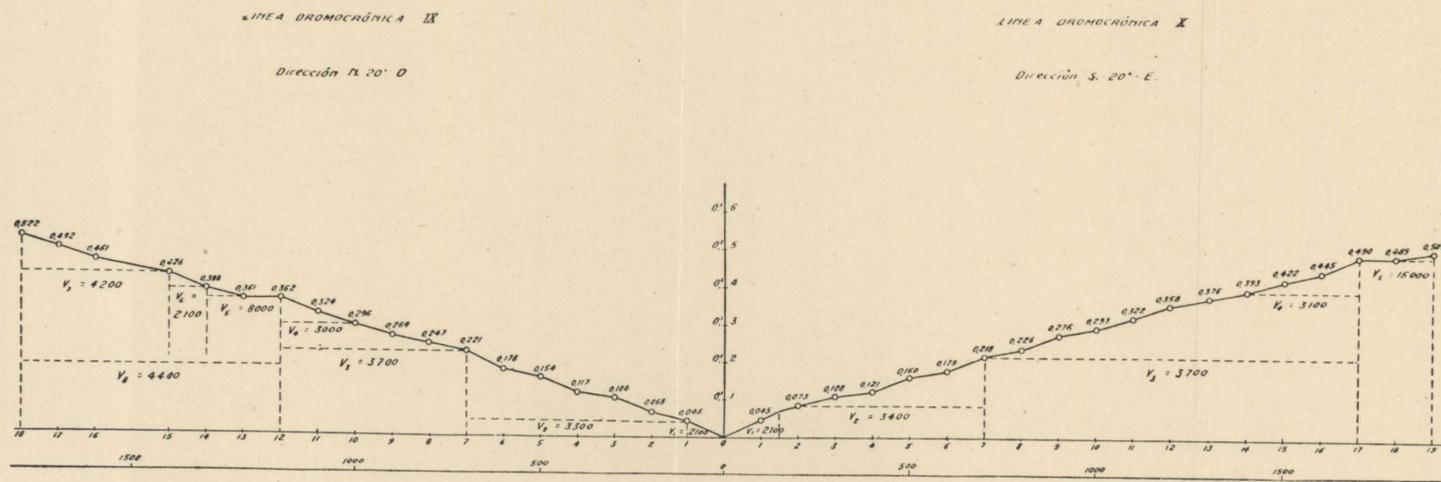


Fig. 84. - Líneas dromocrónicas IX v X

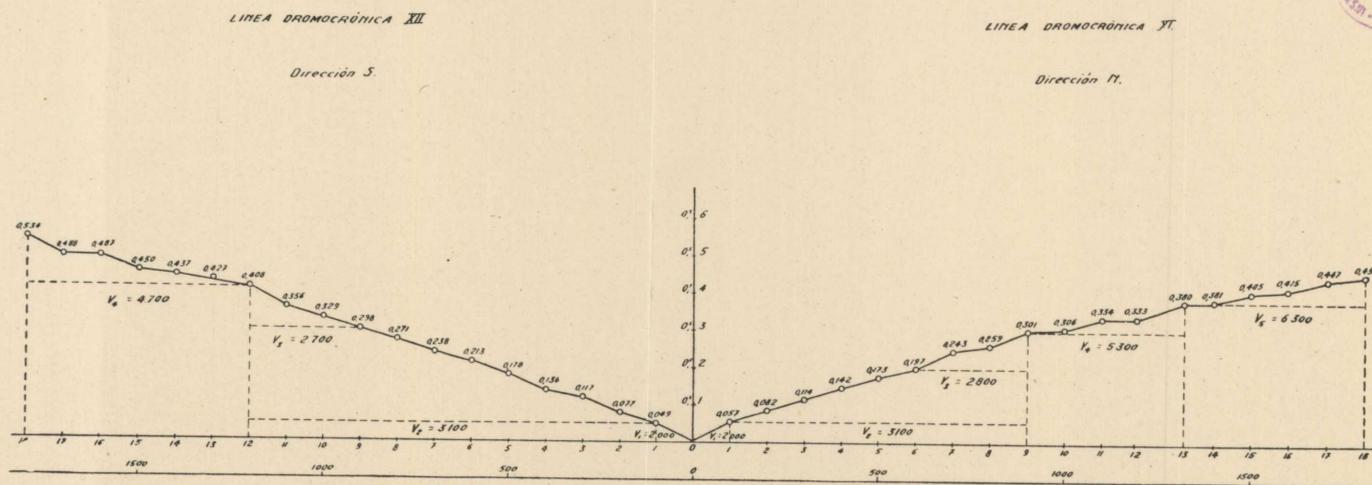


Fig. 85. - Líneas dromocrónicas XI v XII



$$\begin{aligned}
 V_{0-5} &= \frac{500}{0,166} = 3.000 \text{ m/s.} & V_{0-15} &= \frac{1.500}{0,460} = 3.300 \text{ m/s.} \\
 V_{0-6} &= \frac{600}{0,191} = 3.100 \text{ »} & V_{0-16} &= \frac{1.600}{0,494} = 3.200 \text{ »} \\
 V_{0-7} &= \frac{700}{0,220} = 3.200 \text{ »} & V_{0-17} &= \frac{1.700}{0,502} = 3.400 \text{ »} \\
 V_{0-8} &= \frac{800}{0,252} = 3.200 \text{ »} & V_{0-18} &= \frac{1.800}{0,502} = 3.600 \text{ »} \\
 V_{0-9} &= \frac{900}{0,292} = 3.100 \text{ »} & V_{0-19} &= \frac{1.900}{0,512} = 3.700 \text{ »} \\
 V_{0-10} &= \frac{1.000}{0,305} = 3.300 \text{ »} & V_{0-21} &= \frac{2.100}{0,540} = 3.900 \text{ »} \\
 V_{0-11} &= \frac{1.100}{0,336} = 3.300 \text{ »} & V_{0-22} &= \frac{2.200}{0,552} = 4.000 \text{ »} \\
 V_{0-12} &= \frac{1.200}{0,367} = 3.600 \text{ »} & V_{0-23} &= \frac{2.300}{0,567} = 4.100 \text{ »} \\
 V_{0-13} &= \frac{1.315}{0,407} = 3.200 \text{ »} & V_{0-24} &= \frac{2.400}{0,596} = 4.000 \text{ »} \\
 V_{0-14} &= \frac{1.400}{0,429} = 3.300 \text{ »} & &
 \end{aligned}$$

Dibujada la dromocrónica y estudiada de acuerdo con estos valores, se diferencian las alineaciones que se citan a continuación:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,042} = 2.400 \text{ m/s.}$$

que da la velocidad de las capas superficiales.

$$V_2 = V_{1-9} = \frac{900 - 100}{0,292 - 0,042} = 3.200 \text{ m/s.}$$

representa un potente horizonte de areniscas y conglomerados.

$$V_8 = V_{9-10} = \frac{1.000 - 900}{0,305 - 0,292} = 7.700 \text{ m/s.}$$

indica un nivel de pudinga o caliza.

$$V_4 = V_{10-16} = \frac{1.600 - 1.000}{0,494 - 0,305} = 3.100 \text{ m/s.}$$

por su relativamente pequeña velocidad, teniendo en cuenta que se atraviesan las capas en sentido ascendente, puede corresponder a niveles pizarreños, posiblemente carboníferos.

$$V_5 = V_{16-24} = \frac{2.400 - 1.600}{0,596 - 0,494} = 7.800 \text{ m/s.}$$

es la velocidad aparente de cuarcitas antiguas o granito, cuyo contacto se atraviesa igualmente en sentido ascendente.

Según estas cifras el supuesto Carbonífero, se podrá alcanzar a los

$$h''_1 = 1.000 \times 0,27 = 270 \text{ m.}$$

de profundidad y el fondo de la cubeta a los

$$h''_2 = 1.600 \times 0,27 = 432 \text{ m.}$$

*Línea XIV.*—Por ser la contralínea de la anterior tiene el origen común con aquélla y la dirección y el sentido Sur verdadero.

Está compuesta de 17 estaciones, siendo su longitud total de 2.500 metros.

Es necesario hacer la advertencia de que el haber aumentado la distancia entre las primeras estaciones, tanto en esta línea como en la siguiente, se debe a la premura

de tiempo para dar por terminada la investigación, unido a que, dado el conocimiento que ya se tenía de la estratigrafía de estos lugares, era seguro no llegar con la exploración al posible tramo Carbonífero antes de los 300 metros de profundidad y, por consiguiente, no eran necesarias las estaciones suprimidas.

Como de costumbre se han calculado las velocidades medias tomadas a partir del barreno:

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= \frac{100}{0,040} = 2.500 \text{ m/s.} & V_{0-9} &= \frac{1700}{0,507} = 3.300 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} &= \frac{900}{0,310} = 2.900 \text{ »} & V_{0-11} &= \frac{1.900}{0,543} = 3.500 \text{ »} \\ V_{0-3} &= \frac{1.100}{0,323} = 3.400 \text{ »} & V_{0-12} &= \frac{2.000}{0,569} = 3.500 \text{ »} \\ V_{0-4} &= \frac{1.200}{0,382} = 3.100 \text{ »} & V_{0-13} &= \frac{2.100}{0,570} = 3.700 \text{ »} \\ V_{0-5} &= \frac{1.300}{0,418} = 3.100 \text{ »} & V_{0-14} &= \frac{2.200}{0,617} = 3.500 \text{ »} \\ V_{0-6} &= \frac{1.400}{0,462} = 3.000 \text{ »} & V_{0-15} &= \frac{2.300}{0,604} = 3.800 \text{ »} \\ V_{0-7} &= \frac{1.500}{0,460} = 3.200 \text{ »} & V_{0-16} &= \frac{2.400}{0,638} = 3.700 \text{ »} \\ V_{0-8} &= \frac{1.600}{0,482} = 3.300 \text{ »} & V_{0-17} &= \frac{2.500}{0,671} = 3.700 \text{ »} \end{aligned}$$

Sobre la dromocrónica correspondiente se han diferenciado cinco paquetes geológicos por sus características sísmicas:

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,040} = 2.500 \text{ m/s.}$$

es la velocidad aparente de las capas superiores.

$$V_2 = V_{1-2} = \frac{900 - 100}{0,310 - 0,040} = 3.000 \text{ m/s.}$$

representa el horizonte de areniscas y conglomerados permianos.

$$V_3 = V_{2-8} = \frac{1.100 - 900}{0,323 - 0,310} = 15.000 \text{ m/s.}$$

el nivel de pudinga o caliza que aparece en la contralínea.

$$V_4 = V_{8-6} = \frac{1.400 - 1.100}{0,462 - 0,323} = 2.200 \text{ m/s.}$$

indica un paquete de pizarras arcillosas y sabulosas que por su posición geológica pueden pertenecer al hullero.

$$V_5 = V_{6-17} = \frac{2.500 - 1.400}{0,671 - 0,462} = 5.300 \text{ m/s.}$$

representa sin duda alguna a los materiales antiguos del fondo de la cuenca, probablemente cuarcitas.

Según los anteriores datos la profundidad de las pizarras arcillosas es de

$$h'_1 = 1.100 \times 0,27 = 297 \text{ m.}$$

y la del fondo de la cubeta

$$h''_2 = 1.400 \times 0,27 = 378 \text{ m.}$$

Tomando los valores medios de los resultados de estas dos últimas líneas para referirlos al barreno, se llega a las siguientes cifras:

$$h_1 = \frac{270 + 298}{2} = 283 \text{ m.}$$

Profundidad del Siluriano o Cambriano

$$h_2 = \frac{378 + 432}{2} = 205 \text{ m.}$$

*Línea XV.*—El barreno de la línea XV se ha situado a 300 metros al NO. de la carretera de Cantillana a Lora del Río, en las proximidades del kilómetro 27. Se extiende en la dirección N.-NO. con una longitud de 2.400 metros. Por las mismas razones apuntadas en la línea anterior se han suprimido estaciones que no eran indispensables para la interpretación del gráfico de tiempos y distancias.

A continuación se copia, como de costumbre, la lista de valores de las velocidades medias desde cada posición al origen:

$$\begin{array}{ll} V_{0-1} = \frac{100}{0,125} = 800 \text{ m/s.} & V_{0-8} = \frac{1.900}{0,635} = 3.000 \text{ m/s.} \\ V_{0-2} = \frac{1.100}{0,450} = 2.400 \text{ »} & V_{0-9} = \frac{2.000}{0,652} = 3.000 \text{ »} \\ V_{0-3} = \frac{1.300}{0,466} = 2.700 \text{ »} & V_{0-10} = \frac{2.100}{0,711} = 3.000 \text{ »} \\ V_{0-4} = \frac{1.500}{0,520} = 2.800 \text{ »} & V_{0-11} = \frac{2.200}{0,717} = 3.000 \text{ »} \\ V_{0-5} = \frac{1.600}{0,546} = 2.900 \text{ »} & V_{0-12} = \frac{2.300}{0,731} = 3.100 \text{ »} \\ V_{0-6} = \frac{1.700}{0,585} = 2.900 \text{ »} & V_{0-13} = \frac{2.400}{0,760} = 3.100 \text{ »} \\ V_{0-7} = \frac{1.800}{0,600} = 3.000 \text{ »} & \end{array}$$

Dibujada la dromocrónica y estudiada de acuerdo con

los datos anteriores, se llega a la siguiente distribución de valores sísmicos parciales

$$V_1 = V_{0-1} = \frac{100}{0,125} = 800 \text{ m/s.}$$

que representa el recubrimiento moderno de arrastre.

$$V_2 = V_{1-2} = \frac{1.100 - 100}{0,450 - 0,125} = 3.100 \text{ m/s.}$$

es la velocidad media del paquete de areniscas y conglomerados permianos.

$$V_3 = V_{2-3} = \frac{1.300 - 1.100}{0,466 - 0,450} = 12.000 \text{ m/s.}$$

indica uno de los horizontes de pudinga o caliza que aparecen a lo largo de la investigación en el mismo tramo.

$$V_4 = V_{3-6} = \frac{1.700 - 1.300}{0,585 - 0,466} = 3.400 \text{ m/s.}$$

vuelve a ser indicación de conglomerados y areniscas.

$$V_5 = V_{6-7} = \frac{1.800 - 1.700}{0,600 - 0,585} = 6.400 \text{ m/s.}$$

puede representar el nivel de pudinga del fondo del Permiano, puesto que a continuación se manifiesta un horizonte

$$V_6 = V_{7-10} = \frac{2.100 - 1.800}{0,711 - 0,600} = 2.700 \text{ m/s.}$$

que por repetirse tantas veces con relativamente pequeña velocidad hemos venido atribuyendo a las pizarras carboníferas con toda clase de reservas.

LÍNEA DROMOCRÓNICA XIII

Dirección S.

LÍNEA DROMOCRÓNICA XIV

Dirección N.

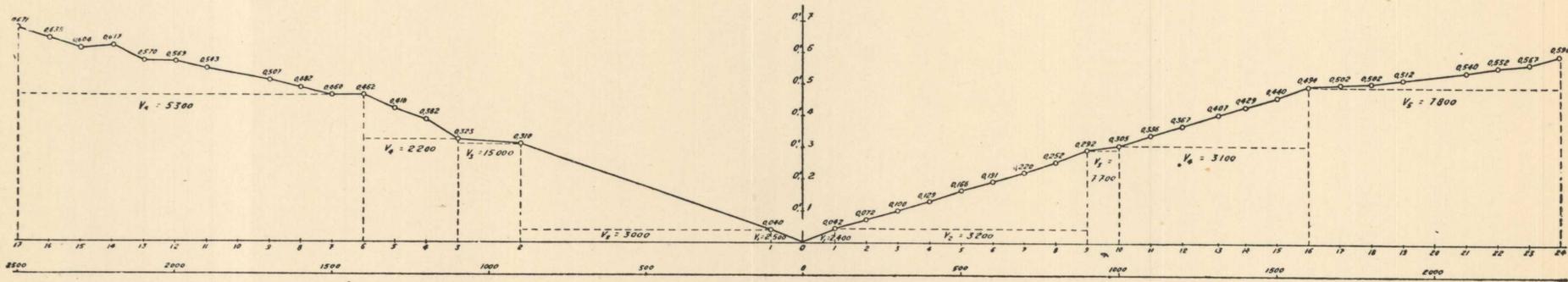


Fig. 86.—Líneas dromocrónicas XIII y XIV

LÍNEA DROMOCRÓNICA XV

Dirección N.-N.O.

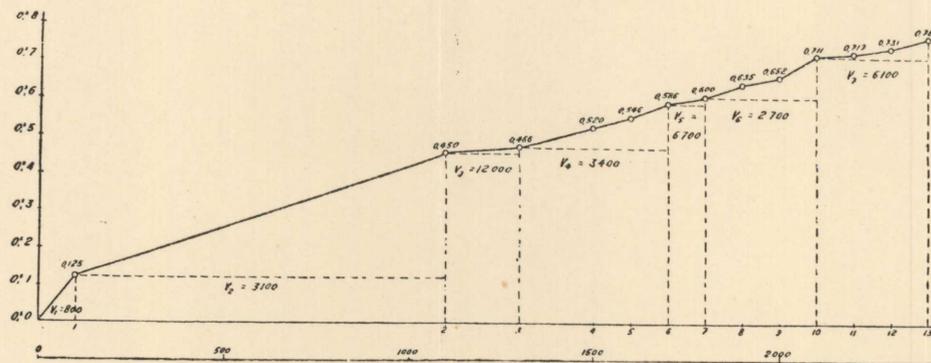


Fig. 87.—Línea dromocrónica XV



$$V_7 = V_{10-18} = \frac{2.400 - 2.100}{0,760 - 0,711} = 6.100 \text{ m/s.}$$

es la velocidad de las cuarcitas silurianas, luego se ha llegado al fondo que interesa a esta investigación.

El posible tramo de pizarras hulleras se encuentra según este gráfico a los

$$h_1 = 1.800 \times 0,27 = 486 \text{ m.}$$

y el fondo del paleozoico antiguo a

$$h_2 = 2.100 \times 0,27 = 567 \text{ m.}$$

de profundidad.

**§ 50. Conclusiones.** — La cuenca del Viar, en su sector más próximo al Guadalquivir, tiene el aspecto de una formación transgresiva hullero-permiana, cuyo período de hundimiento, parece abarcar, desde la formación del mar carbonífero hasta después del depósito de todos los materiales permianos.

El descubrimiento hecho por el estudio realizado, de un horizonte estratigráfico de velocidad sísmica equivalente a la de las pizarras arcillosas y sabulosas, adaptado al fondo antiguo de la cubeta, nos permite suponer la existencia del tramo pizarreño del hullero, confirmándose así la teoría del hundimiento progresivo en más de una etapa, puesto que esos niveles del fondo no son concordantes en su estratificación con los conglomerados permianos de la superficie. En vista de todo lo cual se llega a la conclusión de que nos encontramos ante la posible existencia de una cuenca carbonífera, que conviene reconocer por sondeos.

Como primera prospección de este tipo recomendamos

se realice una perforación en el lugar del barreno común a las líneas XIII y XIV, donde se debe llegar al fondo antiguo de la cuenca a los 405 metros, según nuestros resultados, con posibilidades de cortar un horizonte pizarreño del hullero en los niveles suprayacentes, de unos 125 metros de potencia.

También sería un lugar recomendable para el mismo en el origen de las líneas III y IV, donde se ha obtenido, para la profundidad del Primario antiguo la cifra de quinientos veintiséis metros, con probabilidades también de cortar un horizonte pizarreño por encima del mencionado nivel, de unos 54 metros de espesor.

Estos dos sondeos, como complemento de investigación geofísica, aclararían definitivamente la incógnita de la existencia de la cuenca carbonífera del Viar, dando además las normas a seguir en el futuro para la prosecución de las investigaciones.

## INDICE

	<u>Páginas.</u>
PRÓLOGO .....	V
CAPÍTULO I.— <i>Investigación magnética y eléctrica en La Enebrosilla (Cebreros, Avila)</i> .....	1
1. Introducción .....	1
2. Reseña geográfica y geológico-minera .....	1
3. La investigación magnética.....	4
4. La investigación eléctrica .....	15
5. Conclusiones .....	19
CAPÍTULO II.— <i>Investigación magnética en Cazalla de la Sierra (Sevilla)</i> .....	21
6. Introducción.....	21
7. Reseña geográfica y geológica.....	22
8. Estudio de los criaderos de hierro de «Nueva Luz» .....	34
9. La investigación magnética de los criaderos .....	45
10. Conclusiones .....	50
CAPÍTULO III.— <i>Investigación radiactiva en San Rafael (Segovia)</i> .....	59
11. Introducción .....	59
12. Reseña geográfica y geológica.....	60
13. Criaderos minerales.....	62
14. Perfiles de radiactividad .....	64
15. Investigación con aparato radioreceptor .....	65
16. Conclusiones .....	66

	<u>Páginas.</u>
CAPÍTULO IV.— <i>La investigación eléctrica de los filones de cobre de la Sierra de Córdoba</i> .....	67
17. Prólogo .....	67
18. Zona de Alcaracejos-Pozoblanco.....	69
19. Zona de Andújar .....	81
20. Zona de Marmolejo .....	102
CAPÍTULO V.— <i>Investigación hidrológica por el método sísmico en Alcora (Castellón de la Plana)</i> ..	107
21. Introducción .....	107
22. Reseña geográfica y geológica.....	108
23. La investigación sísmica.....	114
24. Conclusiones .....	148
CAPÍTULO VI.— <i>Investigación sísmica en Linares-La Carolina (Jaén)</i> .....	151
25. Prólogo .....	151
26. Reseña geográfica y geológica.....	152
27. La investigación sísmica .....	167
<i>Investigación sísmica en la zona de Linares</i> .....	249
28. Prólogo .....	249
29. La investigación sísmica .....	251
CAPÍTULO VII.— <i>Investigación sísmica en La Camocha (Gijón)</i> .....	309
30. Prólogo .....	309
31. Reseña geográfica y geológica.....	315
32. La investigación sísmica.....	325
33. La interpretación geológica de las mediciones sísmicas.....	327
34. Conclusiones .....	425
CAPÍTULO VIII.— <i>Investigación sísmica en Bergueres (Pola de Siero, Asturias)</i> .....	429
35. Prólogo .....	429
36. Reseña geográfica y geológica .....	429
37. La investigación sísmica .....	430
38. Resumen .....	435
CAPÍTULO IX.— <i>Investigación magnética en La Capelada (Coruña)</i> .....	437
39. Prólogo .....	437
40. Reseña geográfica y geológica .....	438

	<u>Páginas.</u>
41. La investigación magnética de los criaderos .....	445
42. Conclusiones .....	449
CAPÍTULO X.— <i>Investigación hidrológica en Villafames (Castellón de La Plana)</i> .....	457
43. Prólogo .....	457
44. Reseña geográfica y geológica.....	458
45. La investigación sísmica .....	468
46. Conclusiones .....	510
CAPÍTULO XI.— <i>Investigación sísmica en la cuenca del Viar (Sevilla)</i> .....	515
47. Prólogo .....	515
48. Reseña geográfica y geológica.....	516
49. La investigación sísmica .....	525
50. Conclusiones .....	569