

APLICACION DE METODOS SISMICOS EN LA EXPLORACION DEL CARBON

Geol. *José Regueiro*
Colorado, School of Mines
Golden, Colorado, E.U.A.

INTRODUCCION

Las técnicas de la geofísica aplicada hacen uso de las propiedades físicas de la tierra para investigar características, de pequeñas magnitudes y poca profundidad, de la corteza terrestre. Ellas han sido utilizadas durante varios cientos de años en la exploración de minerales metálicos y desde principios de este siglo en la exploración de gas y petróleo. Entre los años 1920 y 1930, los métodos sísmicos de refracción y reflexión comenzaron a ser utilizados en la exploración del carbón, principalmente en la República Federal Alemana. En los años siguientes, y debido al bajo costo de los productos derivados del petróleo, el desarrollo de estos métodos se encaminó casi por completo hacia la exploración de gas y petróleo. A partir de la crisis petrolera de 1973 ha habido, a nivel mundial, un nuevo y mayor interés por el carbón.

Algunas técnicas geofísicas son capaces no sólo de delinear los bordes de los mantos de carbón, sino también de caracterizar estructuras geológicas, tales como fallas, plegamientos, canales de arena, etc. y las cuales puedan causar que el manto de carbón siendo minado, se reduzca y en muchos casos desaparezca por completo.

En general, es más barato y rápido el realizar un levantamiento en un área utilizando técnicas geofísicas que el investigarla usando un mallado denso de perforaciones. Con esto no quiero decir que no se debe utilizar pozos exploratorios, ya que tan sólo ellos pueden confirmar la existencia y calidad del carbón.

En esta presentación nos concretaremos al uso de métodos sísmicos, y específicamente de los métodos de reflexión de superficie y de los métodos de onda sísmica de manto (In-Seam Seismology).

METODO DE REFLEXION

La propiedad física, tanto del carbón como de la roca que lo rodea, y que hace que los métodos sísmicos se puedan utilizar, es la llamada "impedancia acústica", esto es, el producto de la densidad por la velocidad de ondas sísmicas en el material en el cual se propagan dichas ondas. En general, el carbón presenta menor densidad y velocidad que el de las formaciones adyacentes. Por este motivo el contraste de impedancias entre el carbón y las rocas que

lo rodean es del orden del 35 al 50%, lo cual hace del carbón un buen reflector de energía sísmica.

Técnicas sísmicas de superficie fueron desarrolladas por la industria petrolera en su búsqueda de grandes estructuras geológicas, a profundidades de 1.000 a 10.000 metros. En los últimos años, y debido a la escasez de estructuras mayores, la industria petrolera ha puesto su atención en estructuras más pequeñas y a menor profundidad. Es de este trabajo que la industria del carbón se ha beneficiado, ya que estas últimas técnicas pueden ser aplicadas, con algunas modificaciones, en la exploración de estructuras de pequeña escala en depósitos carboníferos.

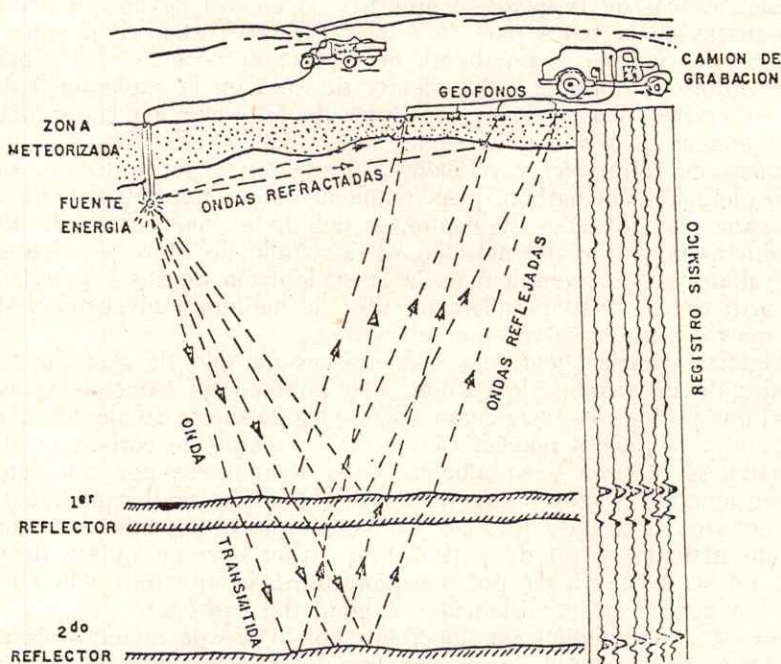


FIGURA 1-DISPOSICION TIPICA DE UN LEVANTAMIENTO SISMICO DE REFLEXION

La Fig. 1 muestra una disposición típica para un levantamiento sísmico, así como el fenómeno en cuestión: 1) Energía es puesta en el subsuelo, utilizando una fuente tal como la dinamita, etc. 2) Esta energía se propaga y al encontrarse con un reflector, en este caso un manto de carbón, cierta cantidad de energía se refleja y el resto se transmite hacia zonas más profundas, y así sucesivamente. 3) Esta energía, ya sea reflejada o transmitida directamente, es gene-

ralmente recogida en forma de desplazamiento por los detectores (geófonos) situados en la superficie, y transmitida en forma eléctrica a los instrumentos de grabación. 4) Esta información es almacenada en cinta magnética para su posterior procesamiento y elaboración de la sección final.

Las diferencias entre los métodos de reflexión para petróleo y aquellos utilizados en la exploración del carbón pueden resumirse de la siguiente manera: en carbón, debido a su poca profundidad y espesor, se necesita un mayor poder de resolución. Esto implica el uso y recuperación de frecuencias más altas a las tradicionalmente utilizadas en la exploración del petróleo (10-60 Hz). Por este motivo es necesario el implementar los parámetros de campo de la siguiente manera:

- Uso de fuentes de energía sísmica con mayor contenido de frecuencias altas.
- Separaciones cortas entre detectores.
- Separaciones cortas entre disparos.
- Utilización de un solo detector (geófono) por grupo.
- Uso de geófonos de alta frecuencia (30 Hz).
- Mejor acoplamiento de fuentes y detectores. Si es posible, por debajo de la zona de meteorismo.
- Intervalos de muestreo, en tiempo, menores de 2 ms. Es usual utilizar intervalos de 5 ms.

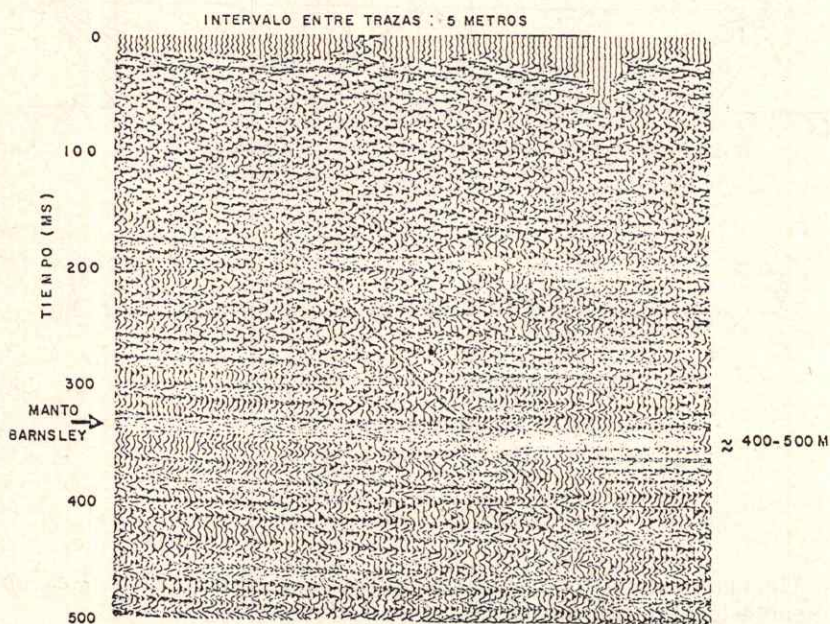


FIGURA 2.-SECCION SISMICA DE ALTA RESOLUCION
YORKSHIRE REINO, REINO UNIDO (NATIONAL COAL BOARD)

La Fig. 2 muestra un ejemplo de los resultados que pueden obtenerse con este método, en este caso en la región de Yorkshire, en el Reino Unido. Reflexiones del llamado manto principal "Barnsley" pueden observarse a los 330 milisegundos (≈ 400 metros de profundidad). Nótese también la presencia de fallamiento en esta sección.

MÉTODOS DE ONDA SÍSMICA DE MANTO (In-Seam Seismic Methods)

Cuando existe una formación con velocidad sísmica baja y ésta se encuentra entre dos capas con mayores velocidades, una gran cantidad de la energía producida por una fuente sísmica en la capa de menor velocidad será reflejada y refractada en múltiples ocasiones, interfiriendo unas con otras en forma constructiva, para formar la llamada onda de manto u onda guiada (Fig. 3). Este tipo de onda se propaga en dirección paralela a los contactos entre las formaciones.

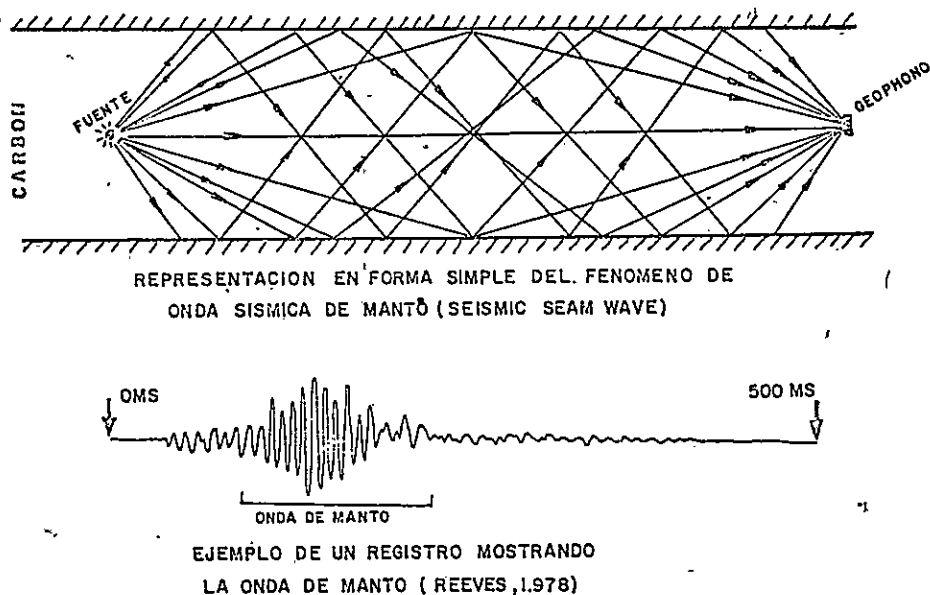
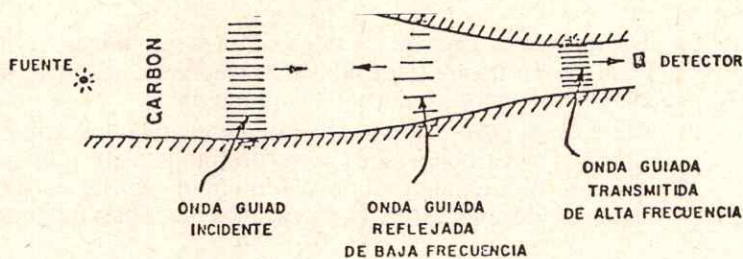


FIGURA 3.- ONDA SÍSMICA DE MANTO.

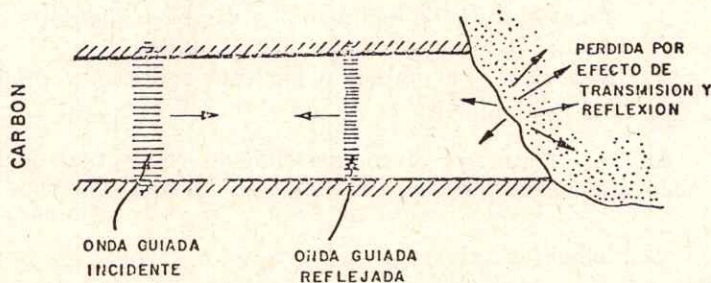
Un manto de carbón, en una secuencia roca-carbón-roca, es un ejemplo de tal guía de onda.

Actualmente existen dos tipos de levantamientos sísmicos que utilizan ondas de manto:

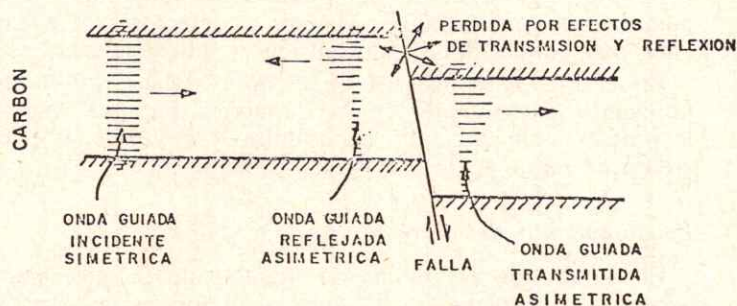
ACUÑAMIENTO



CANAL DE ARENA



FALLA MENOR



FALLA MAYOR

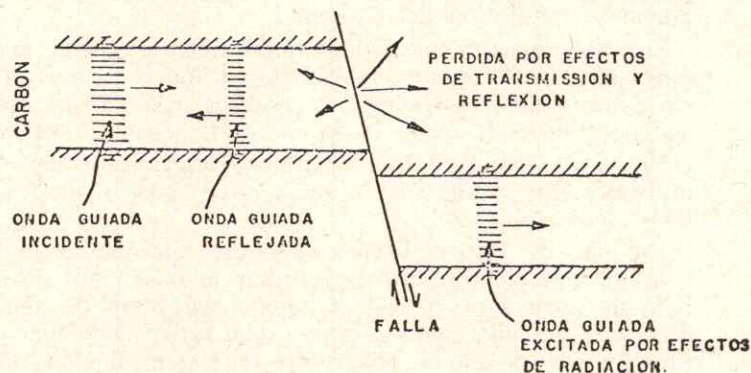


FIGURA 4.-COMPORTAMIENTO CONCEPTUAL DE ONDA GUIADA EN PRESENCIA DE DISCONTINUIDADES (SUHLER, 1978)

1. *De galería a galería.* Este se utiliza en minas subterráneas y su propósito es el de ubicar estructuras pequeñas que puedan paralizar el avance de la minería.
2. *De pozo a pozo.* Presenta grandes ventajas en aquellas áreas donde los carbones son poco profundos. Su principal objetivo es el de comprobar continuidad de los carbones, así como el de ayudar en la correlación de diferentes mantos.

En ambos levantamientos se utilizan dos técnicas:

1. *Transmisión.* Se estudian los cambios que sufre la onda de manto al pasar por una discontinuidad.
2. *Reflexión.* Se graban y analizan reflexiones producidas por discontinuidades.

La Fig. 4 muestra el comportamiento conceptual de la onda de manto al encontrarse con ciertos tipos de obstrucciones.

Levantamientos subterráneos

La Fig. 5 muestra un diagrama, visto en planta, de un levantamiento típico subterráneo. Fuentes y detectores se colocan de manera que ambos datos, transmisión y reflexión, sean obtenidos.

En la Fig. 6 se observa un ejemplo de los resultados obtenidos utilizando este método en la República Federal Alemana. Nótese la presencia de una falla con rumbo N-S, y la cual es identificada en forma clara en los registros sísmicos.

Levantamiento de pozo a pozo

El estudio de las ondas de manto que se propagan entre dos perforaciones puede ser de mucho interés en las etapas de exploración y producción del carbón.

Su uso, como se mencionó anteriormente, puede ayudar en la correlación de diferentes mantos de carbón presentes en la secuencia estratigráfica, así como a identificar y localizar estructuras, y las cuales no sean obvias en la interpretación de los datos de pozos.

En teoría, ambos métodos, transmisión y reflexión, pueden ser utilizados. En la Fig. 7 se observa una posible disposición de fuentes y detectores.

En julio de 1979 se llevó a cabo un experimento en la zona del Guasare con el propósito de estudiar la posibilidad de usar el método de pozo a pozo en esta región, así como de averiguar si el manto IV actuaba como guía de onda. Cabe mencionar que en este experimento no sólo se obtuvieron buenos resultados, sino también, que fue el primero en su estilo en producir resultados tan provechosos, comprobando así que el método puede ser utilizado con los fines antes mencionados.

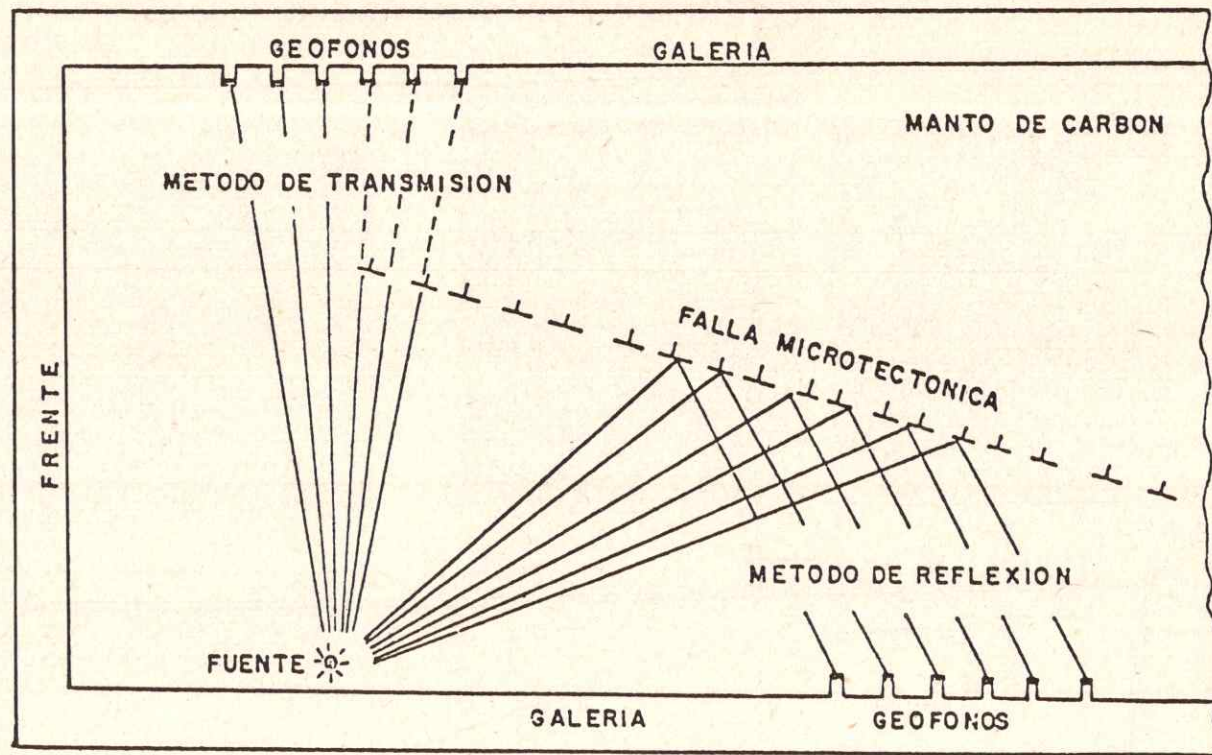


FIGURA 5.- DISPOSICION DE FUENTE Y DETECTORES PARA UN LEVANTAMIENTO SISMICO EN UNA MINA SUBTERRANEA.

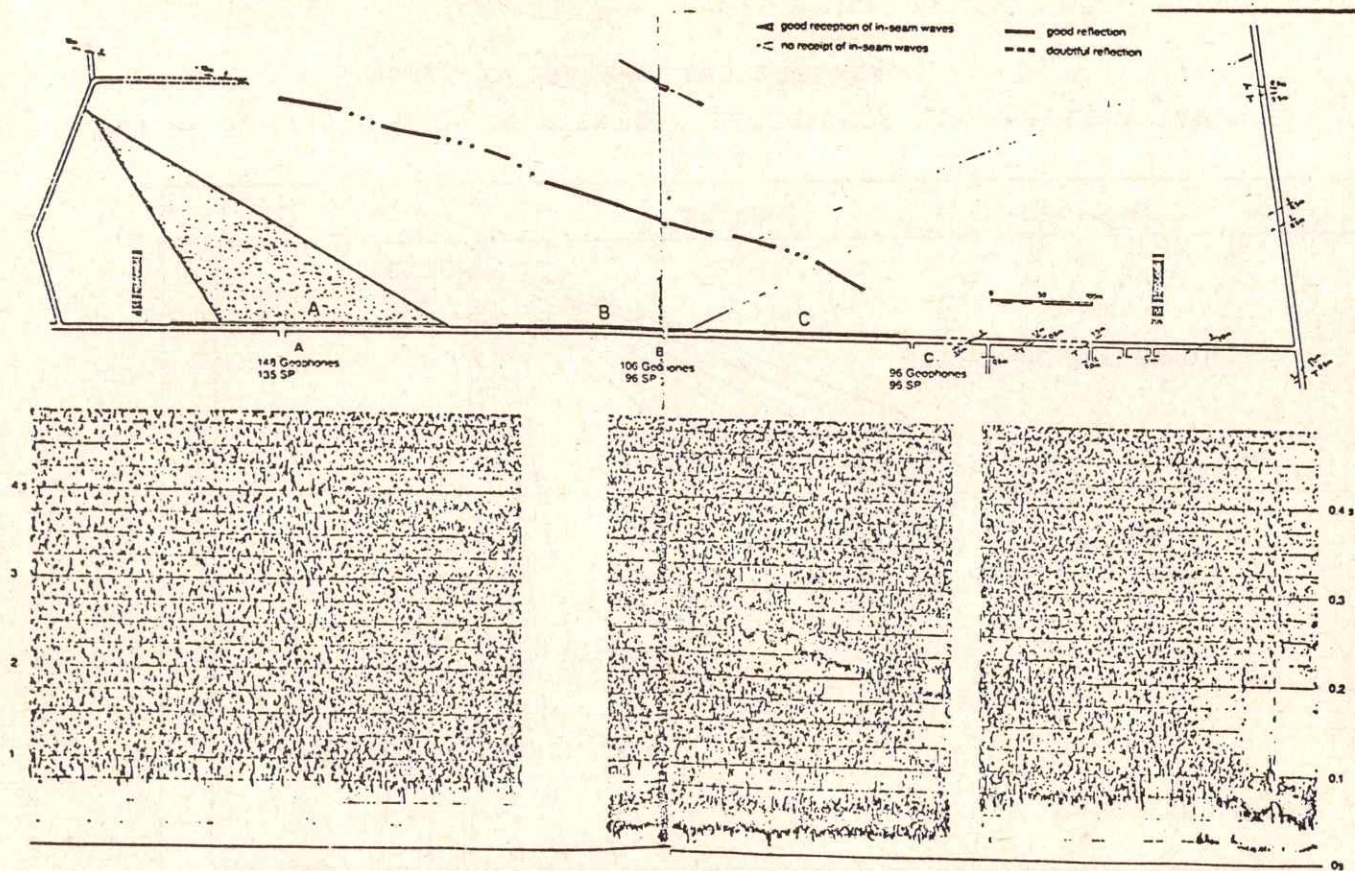


FIGURA 6.- EJEMPLO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS UTILIZANDO EL METODO DE GALERIA A GALERIA.

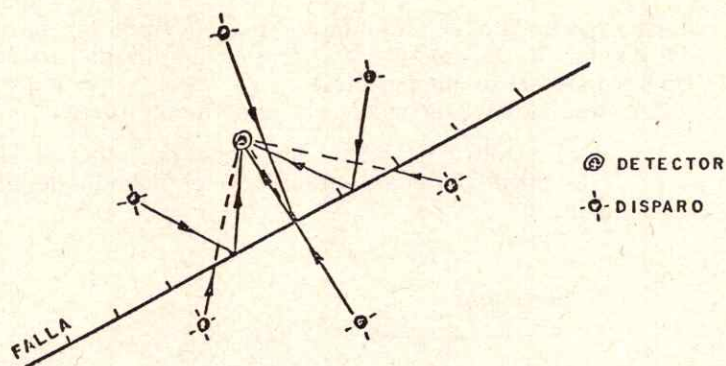


FIGURA 7. DISPOSICION DE FUENTES (DISPAROS) Y DETECTORES PARA UN LEVANTAMIENTO SISMICO DE POZO A POZO.

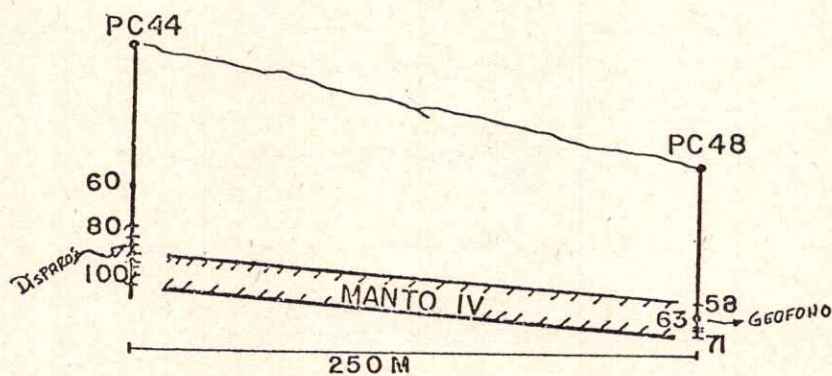


FIGURA 8.- SECCION SIMPLIFICADA MOSTRANDO DISPOSICION DEL EXPERIMENTO

El experimento en cuestión se realizó entre los pozos PC-48 y PC-44. La Fig. 8 muestra la disposición utilizada, así como alguno de los parámetros importantes.

Los resultados, prácticos, más importantes fueron:

1. Si el manto IV actúa como guía de onda en esta zona, y ésta puede obtenerse utilizando el método de pozo a pozo (Fig. 9).

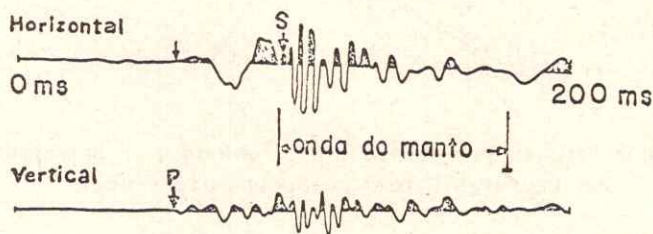


FIGURA 9.-REGISTRO MOSTRANDO ONDA
GUIADA POR EL MANTO IV

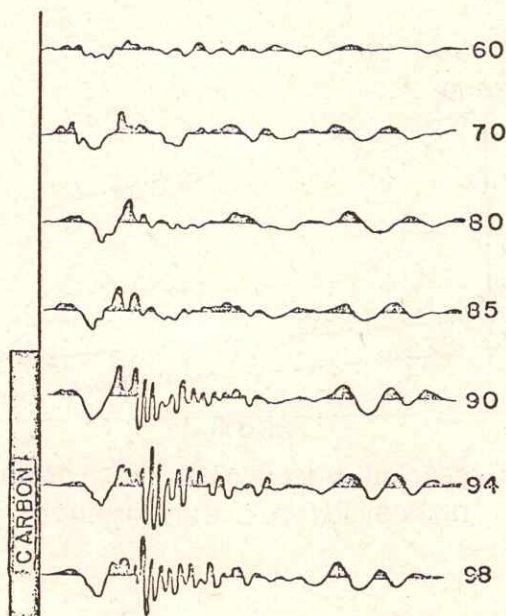


FIGURA 10.-REGISTROS SISMICOS EN FUNCION DE
PROFUNDIDAD DE DISPARO

2. La energía se propaga casi por completo dentro del manto de carbón. Esto lo demuestra la serie de registros obtenidos de detonaciones a varias profundidades, tanto dentro como fuera del manto IV (Fig. 10). Esto lleva consigo la posibilidad de utilizar el método como medio de correlación.

CONCLUSIONES

1. Métodos sísmicos de reflexión de alta resolución, bien utilizados, podrían ser un instrumento muy útil en cuanto al mapeo de estructuras poco profundas, así como para determinar las mejores ubicaciones de los pozos exploratorios a ser perforados.
2. El método de onda sísmica de manto puede ser de gran ayuda en la correlación de diferentes mantos de carbón en la sección estratigráfica, así como para la detección y localización de discontinuidades que puedan ocurrir entre perforaciones.