



CONSULTORES Y CONTRATISTAS DE EXPLORACIONES GEOFISICAS

•

PETROLEO

MINERALES

AGUA SUBTERRANEA

Y

APLICACION A LA INGENIERIA CIVIL

•

SERVICIOS GEOFISICOS, S. A. DE C. V.

AV. JUAREZ 97 DESPACHO 302

TELS. - 18 - 41 - 41 Y 12 - 89 - 70

MEXICO 1, D. F.

COMPAÑIA MEXICANA AEROFOTO, S. A.



ESPECIALIDADES

Cartografía
Catastro urbano y rural.
Cálculo electrónico.
Diseño fotogramétrico electrónico
de obras de Ingeniería.
Estudios preliminares.
Fotointerpretación.
Fotografía aérea: panorámica,
Inflarroja y a color.
Fotografía comercial aérea
Fotomurales.
Levantamientos fotogramétricos.
Localización de obras.
Mosaicos fotográficos.
Programación electrónica.
Topografía

132 empleados especializados.

E Q U I P O

- | | |
|---|--|
| 1 Avión Queen Air A-80 Mat. XB-XAK | 4 Cámaras de Reproducción |
| 1 Avión Riley Rocket. Mat. XB-SAR | 3 Unidades de Telurómetro MRA-3 |
| 1 Avión Beech Craft Mat. XB-VIG | 4 Teodolitos Wild T-2 |
| 2 Aviones Piper Aztec Mat. XB-MOJ y NOO | 2 Niveles automáticos Wild NAK-2 |
| 1 Avión Cessna 185 Mat. XB-TIS | 4 Camionetas doble tracción |
| Unidad Central de Proceso IBM, 1131 | 2 Autógrafos Wild A-7 con Registradora de coordenadas |
| Lectora-perforadora de tarjetas IBM, 1442 | 1 Estereocatálogo Wild A-8 |
| Unidad Impresora, IBM, 1132 | 1 Autógrafo Wild A-9 |
| 1 Cámara Fotogramétrica Zeiss MRK-A | 4 Aviogramas Wild B-8 |
| 1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-9 | 1 Belpex 750, de 7 proyectores |
| 1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-8 | 2 Kelsh K-1, de 4 proyectores c. u. |
| 1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-5 | 2 Multiplex de 8 proyectores c. u. |
| 3 Cámaras Fairchild | |
| 4 Cámaras para fotografía oblicua | |
| 6 Cámaras Rectificadoras | |

DIRECCION
Av. Obrero Mundial Núm. 338 esq. con Pestalozzi.
Teléfonos 43-38-30 con tres líneas directas y 19-87-45.
Cable: AEROFOTO, MEXICO. MEXICO 12 D. F.
Servicios Aéreos: Ave. Santos Dumont Núm. 212.

SCHLUMBERGER

SCHLUMBERGER SURENCO, S. A.

AGENCIA EN MEXICO

Av. Morelos 98, Desp. 306

Tels.: 46-85-25 y 46-13-85

MEXICO 6, D. F.

GEOFISICOS CONSULTORES PARA
PETROLEOS MEXICANOS



*Seismograph Service Corporation
of Mexico*

AVE. JUAREZ 95 - 207 • MEXICO I, D.F.
TELEFONOS : 18-27-25 • 18-56-33

SUBSIDIARIA DE
SEISMOGRAPH SERVICE CORPORATION
6200 East 41st. St. • Box 1590 • Tulsa, Oklahoma, U.S.A.

ESPECIALIZADOS EN :

**SERVICIO DE
GEOFISICA**

Levantamientos :

- Sismológicos
- Gravimétricos
- Magnetométricos
- Procesado de Datos Magnéticos
- LORAC - Levantamiento Electrónico

**SERVICIO DE
REGISTRO DE POZOS**

- Registros para Evaluación de Formaciones
- Registros de Pozos de Producción
- Servicio de Terminación Permanente
- Registro Continuo de Velocidad

Carlos Alemán S.A.

EXPLORACION

y

PERFORACION

Iturbide No. 36 Desp. 201. Tel. 10-15-64

MEXICO 1, D. F.

BOLETIN

de la

Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración

S U M A R I O

Sismograma Sintético del Pozo Longa No. 1, por *M. Gorodetzky y N. Pauletto.*

Método Gráfico para el Cálculo de Tendidos, en la Aplicación de Sismos Múltiples y/o Pozos Múltiples en Areas Difíciles, por los Ings. *José Coffin O. y Juan M. Sarabia.*

Nuevos Socios.

Indice General Vol. I al VI.

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

MESA DIRECTIVA PARA EL PERIODO 1965-1966

Presidente: Alfonso Cornejo Toledo.

Vice-Presidente: Armando Eguía Huerta.

Vice-Presidente Especial: José Coffin Otero.

Secretario: Jorge Lázaro Nájera Villa.

Tesorero: Roberto Oñate Espinosa.

Vocal de Minas: Jorge Suárez Rodríguez.

Vocal de Petróleo: Antonio Cordero Limón.

Vocal de Ingeniería: Mariano Hernández Moedano.

Editor: Santiago Gutiérrez H.

Presidente Saliente: Guillermo Hernández Moedano.

Este Boletín no se hace responsable de las ideas emitidas en los artículos que se publiquen, sino sus respectivos autores.

Este Boletín se publica cada tres meses y se distribuye gratuitamente a los socios.

El precio de suscripción para no socios es de \$ 150.00 m/n al año y
de \$ 50.00 m/n número suelto.

Para todo asunto relacionado con el Boletín: manuscritos, asuntos editoriales, suscripciones, descuentos especiales a bibliotecas públicas o de Universidades, publicaciones, anuncios, etc., dirigirse a:

ING. SANTIAGO GUTIERREZ H.

Av. Juárez No. 97, Despacho 302.

Teléfonos 18-41-41 y 12-89-70

México 1, D. F.

Impreso por Abastecedora de Impresos, S. A. — Dr. Jiménez No. 352 — México 7, D. F.
Teléfono 19-56-75 con 3 líneas.

SISMOGRAMA SINTETICO DEL POZO LONGA No. 1 *

Por los Ings. N. PAULETTO **

M. GORODETZKY ***

R E S U M E N

La Petrofina, S. A. preparó un sismograma sintético del pozo Longa No. 1, localizado en Angola, para verificar el programa de cálculo del Instituto Francés del Petróleo, adaptándolo a la calculadora electrónica Bull-Gamma 30.

Como no se trataba de resolver un problema geológico particular se insistió principalmente sobre los detalles técnicos de la elaboración y de la interpretación.

A pesar de que el problema geológico no se discute en detalle se ha procurado establecer, con el máximo de precisión posible, la correlación entre los horizontes litológicos y los reflejos obtenidos en los sismogramas de los trabajos de exploración.

* Original en Francés. Traducción y Adaptación por los Ings. Antonio García Rojas y Enrique del Valle T., presentada en la III Convención Nacional de Geofísicos de Exploración.

** El Sr. Noel Pauletto se graduó como Ingeniero Electricista en el año de 1947 en la Escuela de Electricidad Industrial de París y en el año de 1949 trabajó en la "Compagnie Générale de Geophysique" como sismólogo y jefe de brigada. En 1954 ingresó a la "Regie Autonome des Petroles", en París, y en 1956 se trasladó a Luanda (Angola) donde permaneció dos años interpretando información geofísica para Petrofina.

En 1958 ingresó como directivo en el Departamento de Exploración de Petrofina, S. A., en Bruselas, ocupando actualmente el cargo de jefe del servicio geofísico de la compañía.

*** Michel Gorodetzky se graduó como Ingeniero Minero en el año de 1955 y como Ingeniero Geólogo en 1956 en la Universidad Católica de Louvain (UCL-Bélgica). Adquirió el grado de Maestro en Geología en la Universidad de California en 1962 recibiendo entrenamiento en Geofísica en el Instituto Francés del Petróleo en el período 1962-1963.

De 1956 a 1960 trabajó como Ingeniero en los Departamentos Geológico y Minero del "Comité Especial de Katanga" (CSK-Congo).

En 1962 ingresó al Departamento Geofísico de Petrofina, S. A., en Bruselas.

I.—PREPARACION DE LOS DATOS Y CALCULO DE LOS SISMOGRAMAS SINTETICOS.

A.—*Datos Base*

El sismograma sintético del pozo Longa No. 1 se preparó a partir de los datos del registro sónico obtenidos con la sonda de 3 pies, tomando entre las profundidades de 300 a 2,445 metros. Ese registro desafortunadamente no tenía la curva de integración del tiempo.

(Figura 1)

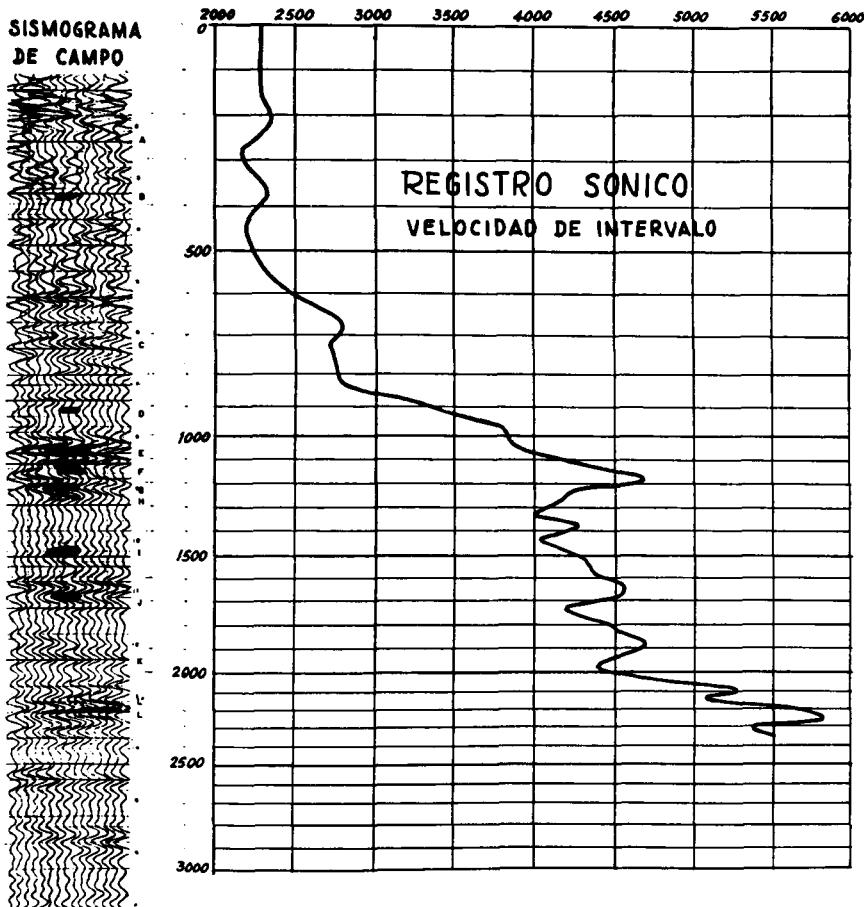


FIGURA No. 1

Para la parte superficial (0 a 300 metros) donde no se disponía del registro de velocidades se utilizó la información obtenida en un pozo de tiro profundo, observado cerca del pozo Longa No. 1, en el cual se observan 5 tramos de velocidades uniformes, según se indica a continuación:

DETERMINACION DE VELOCIDADES SUPERFICIALES
EN LAS CERCANIAS DEL POZO LONGA No. 1

| Capa | Tiempo a la cima del contacto. (seg.) | Velocidad me- dia. (m(seg.) |
|------|--|--------------------------------|
| 1 | 0 | 760 |
| 2 | 0.028 | 1,000 |
| 3 | 0.074 | 1,800 |
| 4 | 0.130 | 2,200 |
| 5 | 0.180 | 2,460 |

Como resultado de lo anterior, los 4 horizontes reflejantes más superficiales, correspondientes a 5 tramos de velocidad constante en la gráfica tiempo-velocidad del pozo de tiro, pueden considerarse hasta cierto punto arbitrarias, puesto que puede haber capas delgadas adyacentes con contrastes importantes de velocidades. Sin embargo, la solución escogida satisface la ley de velocidades para el pozo de tiro.

El coeficiente de reflexión de la superficie se ha escogido en forma arbitraria con un valor de $r = -0.5$, el cual se utiliza frecuentemente en el cálculo de registros sintéticos.

Este tiempo se calculó por medio de la fórmula:

$$t = \int_o^z T_i \, dz = f(z) \quad (1)$$

en donde T_i es el tiempo de recorrido en el intervalo de los detectores de la sonda y Z la profundidad de la sonda (ambos leídos directamente sobre el registro sónico).

La integral anterior se resolvió por dos métodos diferentes:

- 1.—Utilizando el método de integración por puntos, haciendo mediciones en la curva del registro sónico con un intervalo de $Z = 1$ metro.
- 2.—Integrando por medio de un planímetro la curva del registro sónico, en intervalos de 100 metros.

Los dos métodos dieron resultados concordantes y por lo tanto, se consideró que la integración era matemáticamente correcta. Los errores que puedan existir en la curva integrada se deben a las imprecisiones inherentes al registro sónico (picos que salen fuera del papel, diferencias en el diámetro del pozo, etc.).

La curva integrada $t = f(z)$ se comparó con los datos de determinación de velocidades en pozo Longa No. 1 y con datos complementarios que pudieron obtenerse posteriormente.

(Figura 2)

La curva integrada del registro sónico difiere en forma apreciable de la determinación de velocidades hecha por el método convencional. No obstante lo anterior, no se hizo ningún ajuste a fin de evitar la introducción de contrastes inexistentes de velocidades, así como para no modificar la repartición de los contrastes de velocidades en la curva $t = f(z)$, considerándose que el ajuste no mejoraría de manera apreciable la precisión del sismograma sintético.

Como no se disponía de un registro gamma-gamma no se pudo tener en cuenta la variación de densidades para el cálculo de coeficientes de reflexión, por lo cual la fórmula general, que hace intervenir las impedancias acústicas del subsuelo, ha sido reemplazada por la fórmula aproximada en la que no se

LEY DE VELOCIDADES DEL POZO LONGA N° 1

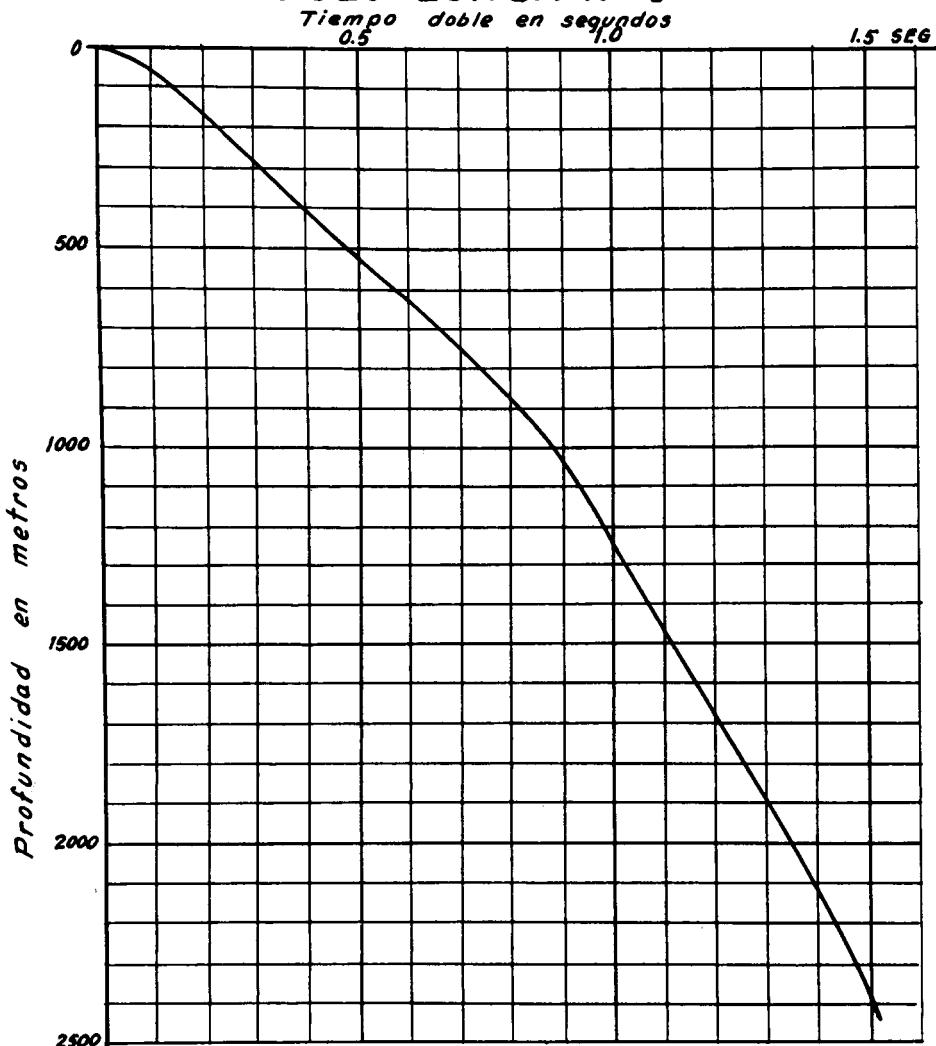


FIGURA N°. 2

hace intervenir sino a las velocidades de propagación, o sea que para calcular el factor de reflexión se adoptó la fórmula aproximada:

$$R = \frac{V_m - (V_{m+1})}{V_m + (V_{m+1})} \quad (2)$$

en lugar de la fórmula exacta:

$$R = \frac{\rho_m V_m - \rho_{m+1} V_{m+1}}{\rho_m V_m + \rho_{m+1} V_{m+1}}$$

en donde ρ es la densidad de las formaciones y V la velocidad de propagación de las ondas sísmicas dentro de las formaciones consideradas.

Esta aproximación no afecta de una manera importante a la precisión de los resultados puesto que las densidades de capas adyacentes son muy parecidas entre sí.

B.—Cálculo de los Coeficientes de Reflexión

El cálculo del sismograma sintético del pozo Longa No. 1 se efectuó por el método de productos matriciales del Instituto Francés del Petróleo (Bibliografía 1), siguiendo un programa adaptado a la máquina electrónica marca Bull del Centro de Cálculo de Petrofina.

Partiendo de los datos $t = f(z)$ y del registro de velocidades se construyó la gráfica $V = f(t)$ en donde t es el tiempo de reflejo. Esta gráfica se trazó para intervalos de tiempo de 2 milisegundos y se indica en la Curva A de la Figura 3.

Los coeficientes de reflexión se calcularon en función del tiempo de reflejo desde la superficie hasta el contacto de velocidades correspondiente, según se indica en la Curva B de la Figura 3.

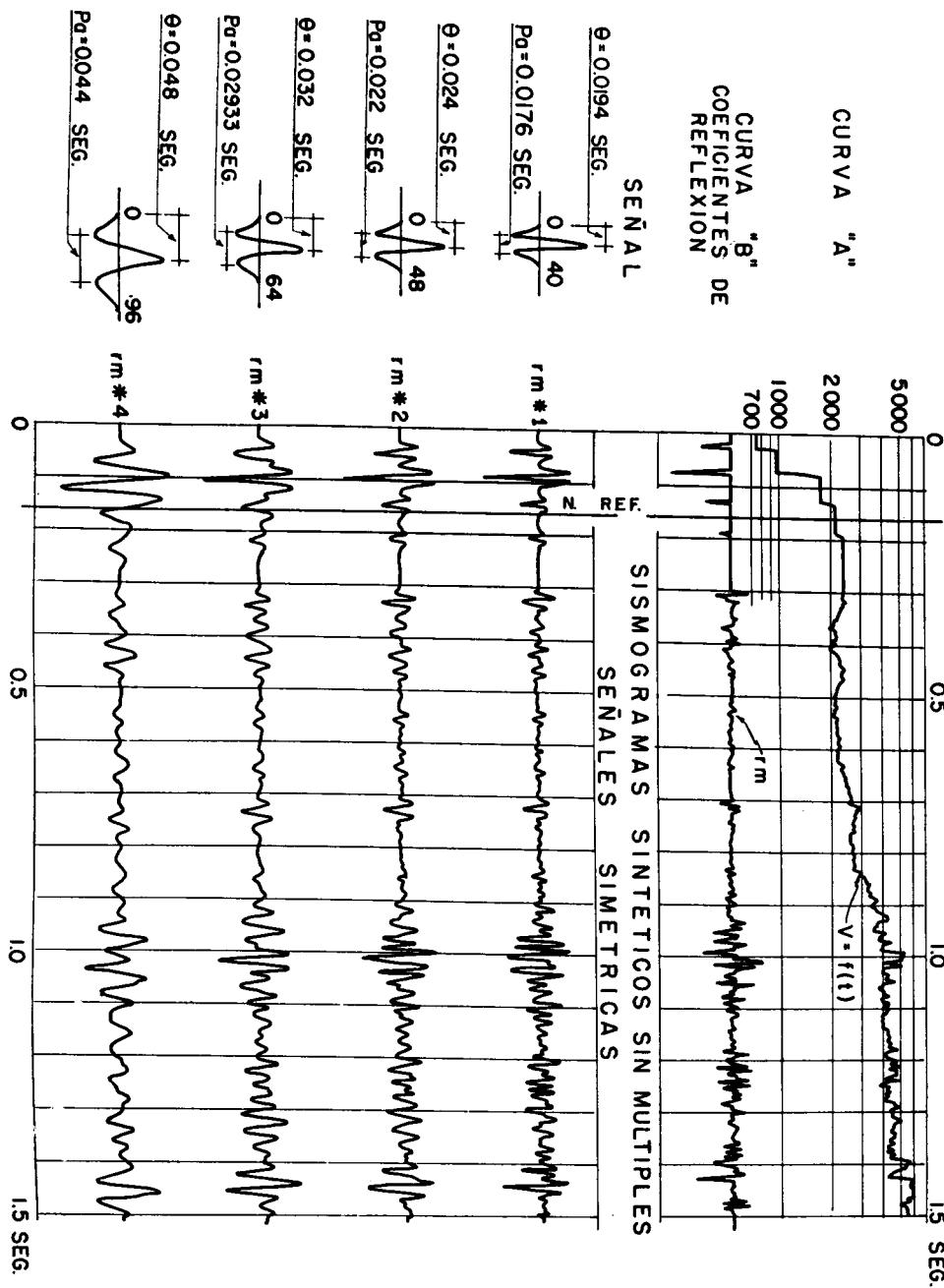


FIGURA No. 3

Considerando que las diferencias de velocidades son pequeñas con relación a su valor absoluto se ha supuesto que

$$r_m = \frac{V_m - V_{m+1}}{V_m + V_{m+1}} = \left[\frac{\Delta V}{2V} \right] \quad (3)$$

$$r_m \simeq \frac{1}{2} d (\log V_m)$$

De acuerdo con la ecuación anterior, la curva que representa los valores de r_m corresponde a la derivada de la curva $\log V = f(t)$ que se indica en la curva superior de las Figuras 3 y 5. Los picos más pronunciados de la curva que representa a los valores de r_m corresponden a los segmentos de mayor pendiente de la gráfica de velocidades $V = f(t)$ que se muestra inmediatamente arriba.

C.—Señales escogidas para el cálculo de los sismogramas sintéticos.

El cálculo de las trazas del sismograma sintético se ha efectuado para 10 señales, que se muestran en las Figuras 3, 4, 5 y 6, y que se escogieron con el objeto de tener en cuenta las condiciones variables de tiro, del acoplamiento detector-terreno y la atenuación en el subsuelo de las componentes de diferentes frecuencias de la señal sísmica.

En la práctica usual, al calcular sismogramas sintéticos se acostumbra emplear únicamente las señales que se acercan más a las frecuencias aparentes de los registros sismológicos.

Sin embargo, para obtener el máximo de información del estudio de un registro sintético, es preferible realizar los cálculos de las trazas con diferentes señales, de duración bien contrastada, escalonando las frecuencias aparentes en una banda de 20 a 60 ciclos por segundo. De esta manera es posible tener en cuenta la influencia de las frecuencias aparentes de la señal aplicada en los resultados del sismograma sintético correspondiente.

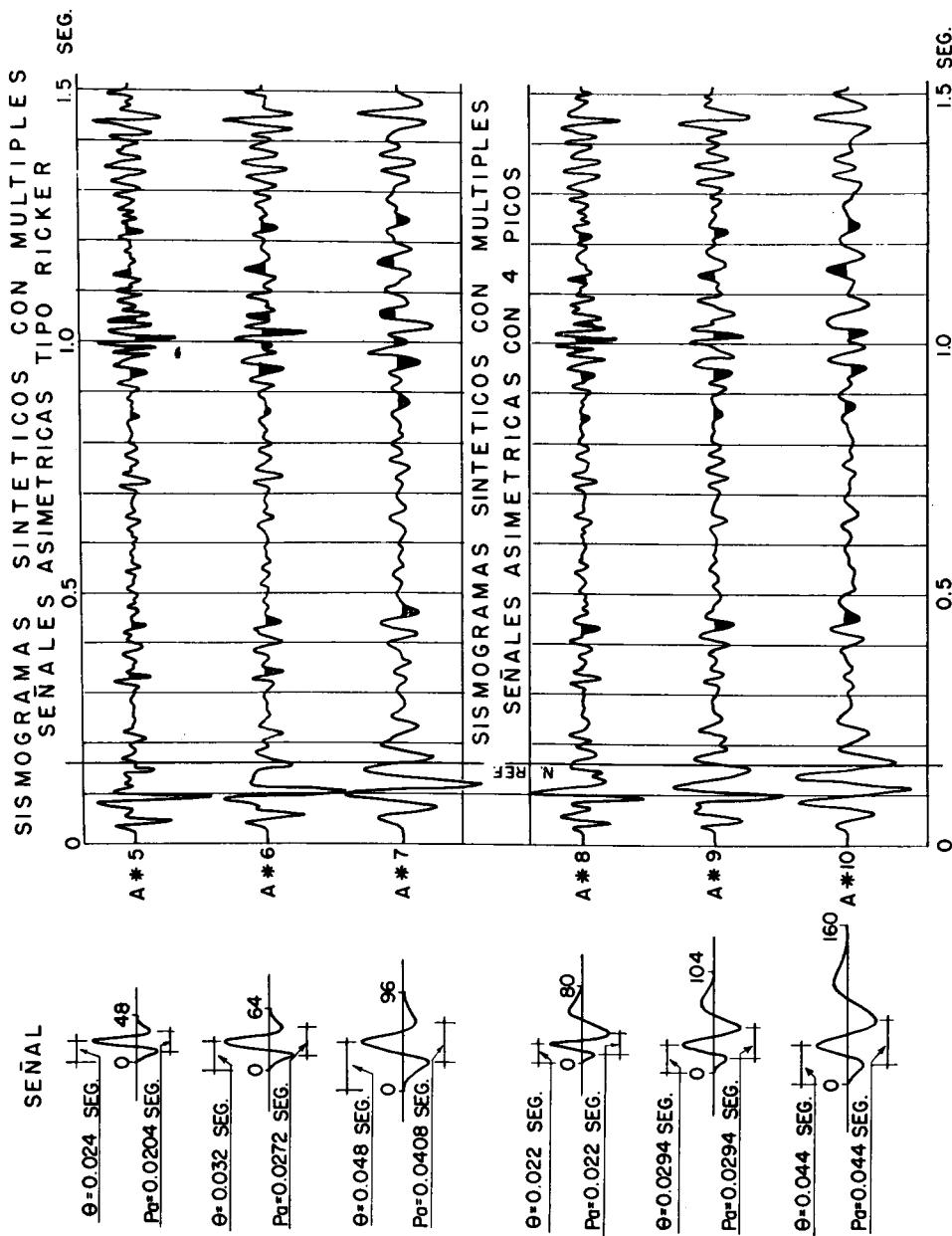


FIGURA No. 4

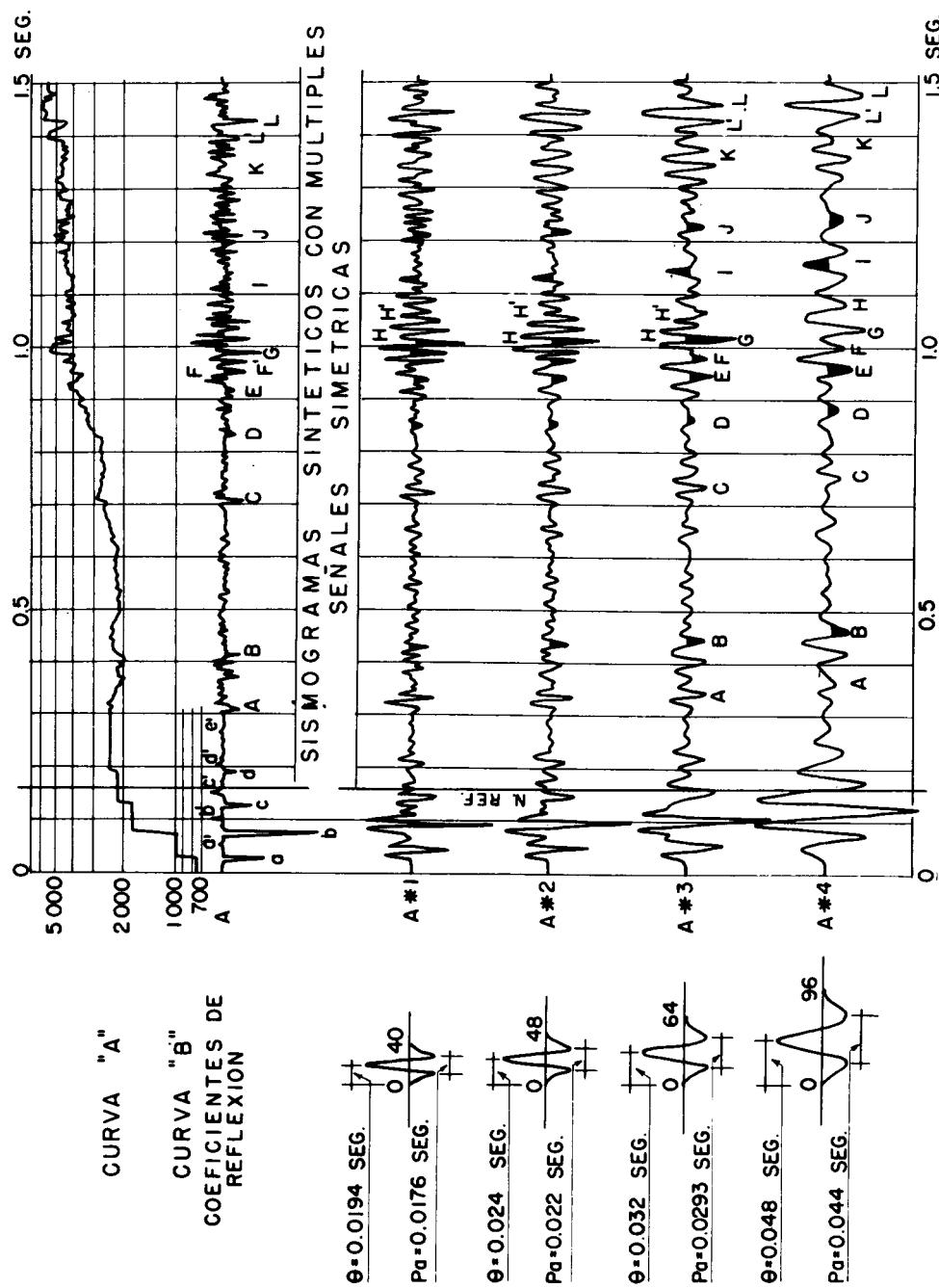


FIGURA No. 5

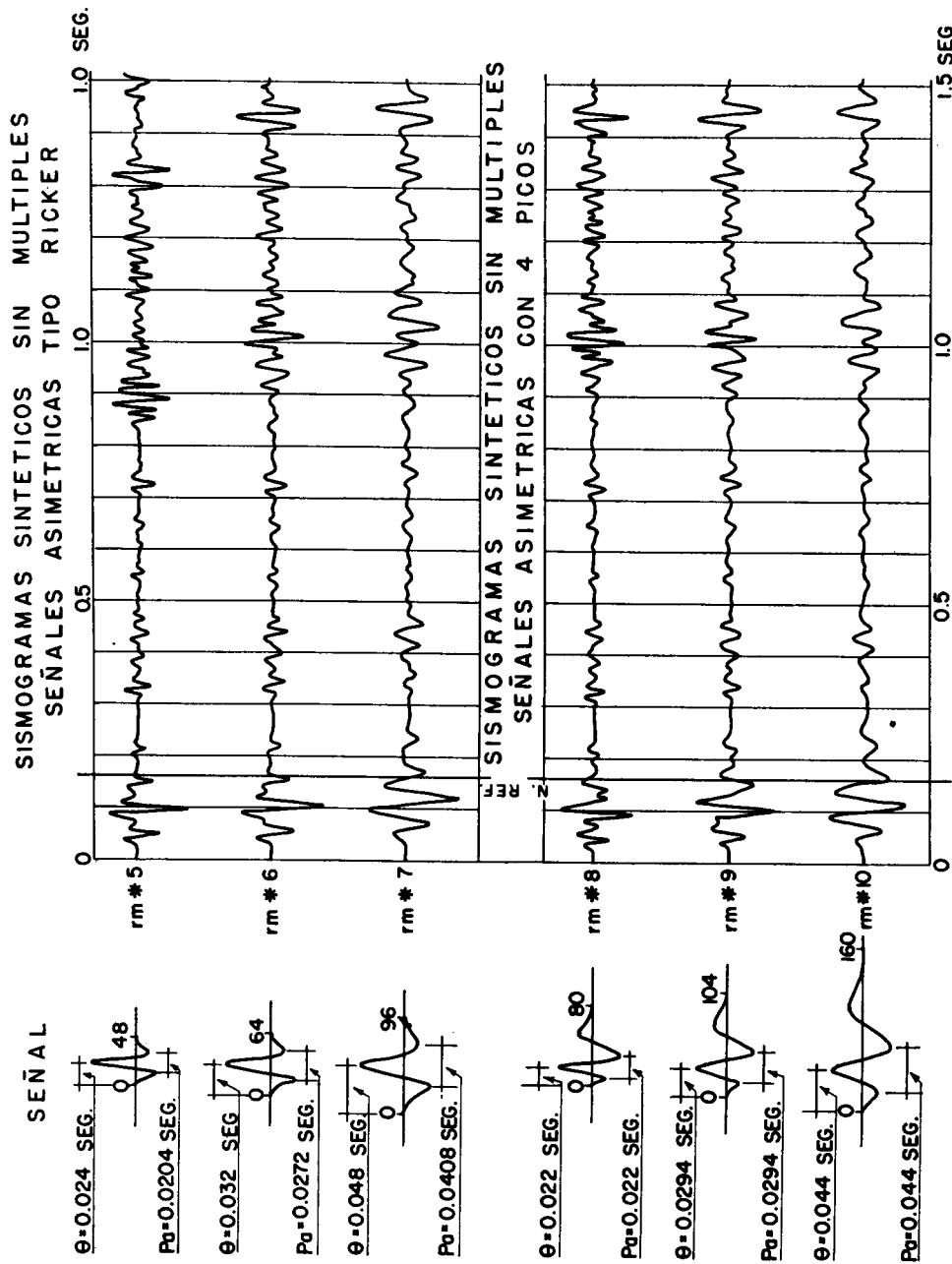


FIGURA No. 6

En una forma general, las frecuencias más altas dan por resultado un sismograma para el cual los reflejos correspondientes a contactos cercanos quedan bien definidos. Con frecuencias más bajas se obtienen reflejos compuestos y es difícil distinguir entre reflectores cercanos.

Si se estudian las figuras de los sismogramas sintéticos y se comparan las trazas correspondientes a las señales de la misma forma, pero calculados con frecuencias aparentes diferentes, se observa que el carácter de las trazas de un registro sismológico sintético varían en forma muy importante con el período de la señal considerada. Por otro lado, para señales de la misma frecuencia aparente pero de forma diferente, se obtienen señales que difieren muy poco cuando se sobreponen unas sobre otras.

Lo anterior muestra que cualquier énfasis que se dé a la importancia de las señales de diferentes frecuencias aparentes, es poco con relación a la información que se obtiene de la comparación de los resultados finales.

Por último, se considera interesante subrayar el hecho de que algunos reflejos son más notables sobre las trazas calculadas con la señal de frecuencia aparente alta, mientras que otras no se distinguen en forma clara sino con las señales de frecuencia aparente baja. Se piensa que en estos casos se trata de un fenómeno de resonancia, en el que cada señal hace resaltar, sobre las trazas calculadas, los reflejos en los cuales la frecuencia aparente se aproxima a la de la señal utilizada. Debe notarse también que el fenómeno de composición entre reflejos vecinos es mucho más marcado cuando la frecuencia aparente de la señal es baja.

II.—INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

A.—*Descripción de las Figuras.*

Las trazas de registro sintético del pozo Longa No. 1 se indican sobre las figuras 3, 4, 5 y 6.

Las figuras 3 y 4 corresponden a las trazas del sismograma sintético sin múltiple, mientras que las placas 5 y 6 muestran las trazas sintéticas con los múltiples intercapas y con los múltiples de superficie.

Para permitir una interpretación fácil de los reflejos sintéticos se ha mostrado en las placas 3 y 5 la curva $V = f(t)$, adoptando una escala loga-

rítmica para las velocidades. La escala de los tiempos muestra el tiempo de reflejo a partir de la superficie del suelo.

Los máximos y mínimos de la curva que representa los valores de r_m corresponden muy aproximadamente a contrastes litológicos de la serie sedimentaria, tomando como referencia el tiempo de reflejo desde la superficie hasta el contraste considerado.

Debe notarse que los tiempos correspondientes a las ondas reflejadas del registro sintético son superiores a la lectura del pico correspondiente a la gráfica que representa el valor de r_m y que esta diferencia corresponde a un valor Θ que representa el desfasamiento del máximo de la amplitud de la señal con relación al tiempo en que ésta se indica. Los reflejos de las trazas del registro sintético se atrasan más cuando más baja es la frecuencia de la señal aplicada.

Un examen rápido de las figuras permite formular las siguientes conclusiones:

- 1.—Las trazas de registro sintético correspondientes a señales simétricas (figuras 3 y 5) y a señales asimétricas del tipo de Ricker, pero de la misma frecuencia aparente (figuras 4 y 6), son prácticamente iguales, según se vio al superponerlas.
- 2.—La semejanza es menos marcada para señales de 3 picos y para señales de 4 picos, y parece que el empleo de las señales de 8, 9 y 10 conduce a una absorción de las componentes de alta frecuencia, que todavía son visibles en las trazas correspondientes a las señales de 3 picos de la misma frecuencia aparente (figuras 4 y 6). Como ejemplo puede notarse que en la traza del registro sintético marcado con el No. A-2 se observan todavía señales de alta frecuencia, las que desaparecen casi totalmente en la traza A-8 de la figura 6.
- 3.—Los sismogramas sintéticos con y sin múltiples son muy poco diferentes entre sí para la distribución de velocidades del pozo Longa No. 1. La participación de los múltiples de superficie parece que se limita a la parte superior del sismograma (correspondiente a tiempos entre 100 y 200 milésimos de segundo).

Aparentemente los múltiples internos tienden a uniformizar la amplitud de las trazas del registro sintético, es decir, los múltiples se encuentran en oposición de fase con relación a los reflejos primarios.

En el caso del pozo Longa No. 1 se puede considerar que los múltiples no dan lugar a señales cuya amplitud sea del mismo orden que la de los reflejos primarios.

B.—*Correlación con los Registros de Campo.*

Para poder comparar los registros del trabajo sismológico de exploración con el registro sintético (figura 7), se redujeron ambos registros a una misma escala de tiempo a fin de poder compararlos. Desde luego que es imposible comparar directamente la amplitud de las señales correspondientes a los dos tipos de sismograma puesto que los registros sismológicos han sido tomados utilizando control automático de volumen.

A las trazas sintéticas se les aplicó una corrección de 118 milésimos de segundo, basada en los datos de la determinación de velocidades en el pozo de tiro cercano, tomándose como plano de referencia el nivel del mar.

Para el registro sismológico se tomó en cuenta el atraso que sufren las señales al pasar por los filtros de los amplificadores, la cual se estimó en 27 milésimos de segundo, que se sumó a la corrección del sismograma, haciéndose las comparaciones a partir del nivel del mar. Al comparar los sismogramas sintéticos con el sismograma del trabajo exploratorio se vio que la traza A-3 es la que da la mejor correlación entre ambos tipos de registro.

Para obtener la mejor superposición fue necesario introducir una corrección adicional del orden de 15 milésimos de segundo. Esta corrección se atribuye a que el defasamiento de la amplitud máxima Θ no es igual para el registro real y para el registro sintético.

La tabla No. 1 condensa los resultados de la comparación del sismograma real con la traza sintética con reflejos múltiples correspondiente al pulso con una frecuencia aparente de 33.5 cps. La medida del tiempo de reflejos se ha hecho sobre los sismogramas sintéticos de las figuras 5 y 6, mientras que las profundidades se han calculado basándose en la ley de velocidades que se muestra en la figura No. 2.

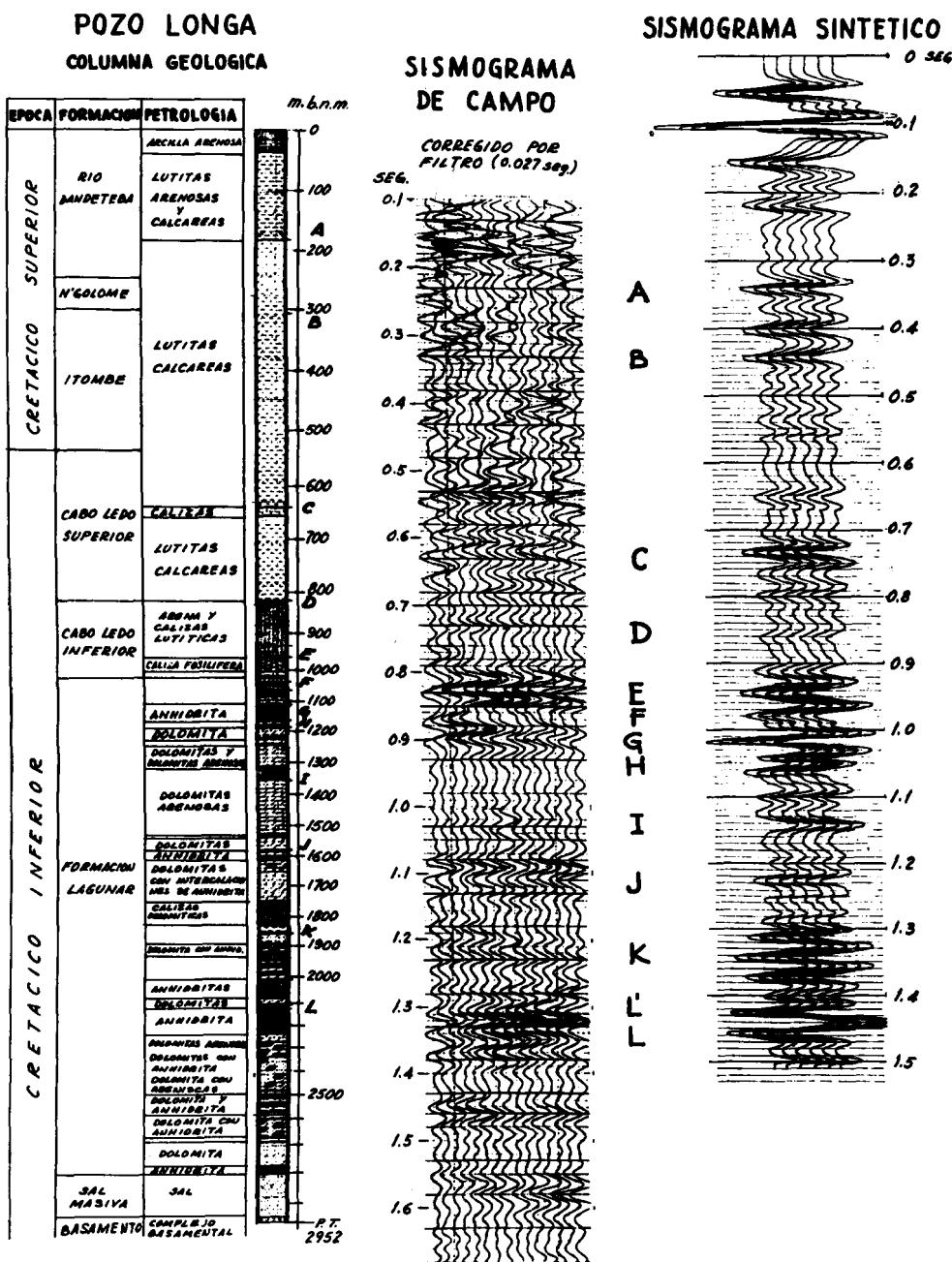


FIGURA No. 7

Tabla I.—Comparación del sismograma de campo con el sismograma sintético del pozo Longa No. 1.

(Se indican solamente los reflejos principales)

| Reflejo | Tiempo en Milésimos de Segundo. | | | Profundidad en Metros | | Tipo de Reflejo |
|---------|------------------------------------|-------|-------|--------------------------|----------|-----------------|
| | SR | SS | TI | RS | b. n. m. | |
| A | 220? | 342 | 310 | 305 | 185 | Múltiple |
| B | 335 | 445 | 415 | 420 | 300 | Primario |
| C | 620 | 735 | 706 | 764 | 644 | Primario |
| D | 750 | 863 | 832 | 940 | 820 | Compuesto ? |
| E | 825 | 946 | 918 | 1 080 | 960 | Simple |
| F | 865 | 980 | 952 | 1 154 | 1 034 | |
| F' | 872 | 995 | 970 | 1 185 | 1 065 | Compuesto |
| G | 895 | 1 018 | 990 | 1 232 | 1 110 | Simple |
| H | | 1 030 | 1 008 | 1 275 | 1 155 | |
| H' | 912 | 1 050 | 1 020 | 1 307 | 1 187 | Compuesto |
| I | 1 020 | 1 142 | 1 110 | 1 490 | 1 370 | Simple ? |
| J | 1 110 | 1 228 | 1 200 | 1 684 | 1 565 | Compuesto |
| K | 1 230 | 1 355 | 1 325 | 1 970 | 1 850 | Compuesto |
| L' | 1 305 | 1 425 | 1 394 | 2 140 | 2 020 | |
| L | 1 335 | 1 458 | 1 428 | 2 220 | 2 100 | Simple |

SR — Tiempo del sismograma real (bajo el nivel del mar)

SS — Tiempo del sismograma sintético (a partir de la superficie del suelo).

TI — Tiempo de la traza impulsional.

RS — Profundidad del registro sónico.

bnm — Profundidad referida al nivel del mar.

Por último, en la columna de observaciones se ha puesto la naturaleza de los reflejos que aparecen en las trazas sintéticas.

La tabla No. 2 indica la identificación geológica de los reflejos sintéticos considerados. Esta parte del trabajo puede considerarse como exacta, teniendo en cuenta los posibles errores de medición, ya que pudieran existir algunas dudas entre la correlación del registro sismológico real y las trazas sintéticas.

Los contrastes de velocidades más importantes se observan en el contacto de las anhidritas con las dolomitas más o menos compactas. Es interesante notar que las intercalaciones de capas delgadas de anhidrita y dolomita dan lugar a reflejos compuestos cuyo carácter, algunas veces muy marcado (grupo de reflejos *f*, *g* y *h*), permanece constante en el espacio pero que varía de manera sorprendente con la frecuencia aparente de la señal aplicada. Puede notarse que los reflejos *F*, *F'*, *h* y *h'* quedan bien definidos para señales de alta frecuencia (1, 2, 5 y 8), mientras que los reflejos *f*, *f'*, *h* y *h'* tienen la tendencia a dar reflejos compuestos con la señal de baja frecuencia (3, 4, 7, 9 y 10).

El fenómeno es todavía más acentuado para los reflejos del grupo I y J. De 1090 a 1110 milisegundos (1445 a 1490 m. de profundidad según el registro sónico) los tres pasos de la anhidrita aparecen claramente marcados solamente en el registro sintético A-1 con un período aparente de 17.6 milésimas de segundo. Todavía se les puede distinguir débilmente en el registro sintético de las trazas A-2, A-3, A-5 y A-8, pero para trazas calculadas con señales de menor frecuencia aparente, aparece un reflejo compuesto que no da idea de la estratificación.

Tabla II — Identificación geológica de los reflejos principales.

| Reflejo | Descripción litológica de las margas | Profundidad b. n. Ref. |
|---------|--|---------------------------|
| A | Contacto entre margas arenosas y margas calcáreas (Cretácico Superior) | 185 ? |
| B | Contraste interno en las margas (Formación Itombe N'Golome) | 300 |
| C | Cima de una intercalación calcárea (Formación Cabo Ledo Superior) | 644 |

Tabla II (Continuación)

| Reflejo | Descripción litológica de las margas | Profundidad b. n. Ref. |
|---------|--|---------------------------|
| D | Base de margas de la Form. Cabo Ledo Sup. | 820 |
| E | Cima de calizas fosilíferas (Formación Cabo Ledo Inferior) | 960 |
| F | Cima de la primera anhidrita | 1 034 |
| F' | Cima de la segunda anhidrita | 1 065 |
| G | Cima de un banco grueso de anhidrita | 1 110 |
| H | Base del mismo banco de anhidrita | 1 155 |
| H' | Base de un banco de anhidrita | 1 187 |
| I | Base de capas delgadas alternadas de dolomita y de anhidrita (3 bancos) | 1 370 |
| J | Contraste marcado de una alternancia de dolomita y de anhidrita (5 a 7 bancos) | 1 565 |
| K | Bancos dolomíticos en la base de calizas oolíticas arenosas | 1 850 |
| L' | Transición de una alternación de anhidrita y dolomita franca | 2 020 |
| L | Cima de un banco grueso de anhidrita (último buen contraste del registro sónico) | 2 100 |

De los 1 180 a 1 240 milisegundos (de 1 655 a 1 670 metros en el registro sónico) se puede distinguir en el registro sónico de 5 a 7 capas de anhidrita que se manifiestan en un grupo de reflejos con 5 picos sobre la traza A-2 del registro sintético, 4 picos sobre la traza A-2, 3 picos sobre la traza A-3 y 2 picos solamente sobre la traza A-4. El reflejo J pertenece a este grupo de reflejos. En la figura 8 se muestran las trazas de los registros sintéticos con y sin múltiples y la diferencia entre esas dos trazas, que corresponde al efecto de los reflejos múltiples, se notar que la alternancia de bancos delgados de anhidrita y dolomita, dan lugar a múltiples internos cuya componente no corresponde nunca al nivel de los reflejos verdaderos. Estos múltiples pueden estar en oposición con los reflejos simples o en fase con ellos, con lo que modifican ligeramente, los valores aparentes de r_m o del registro sintético.

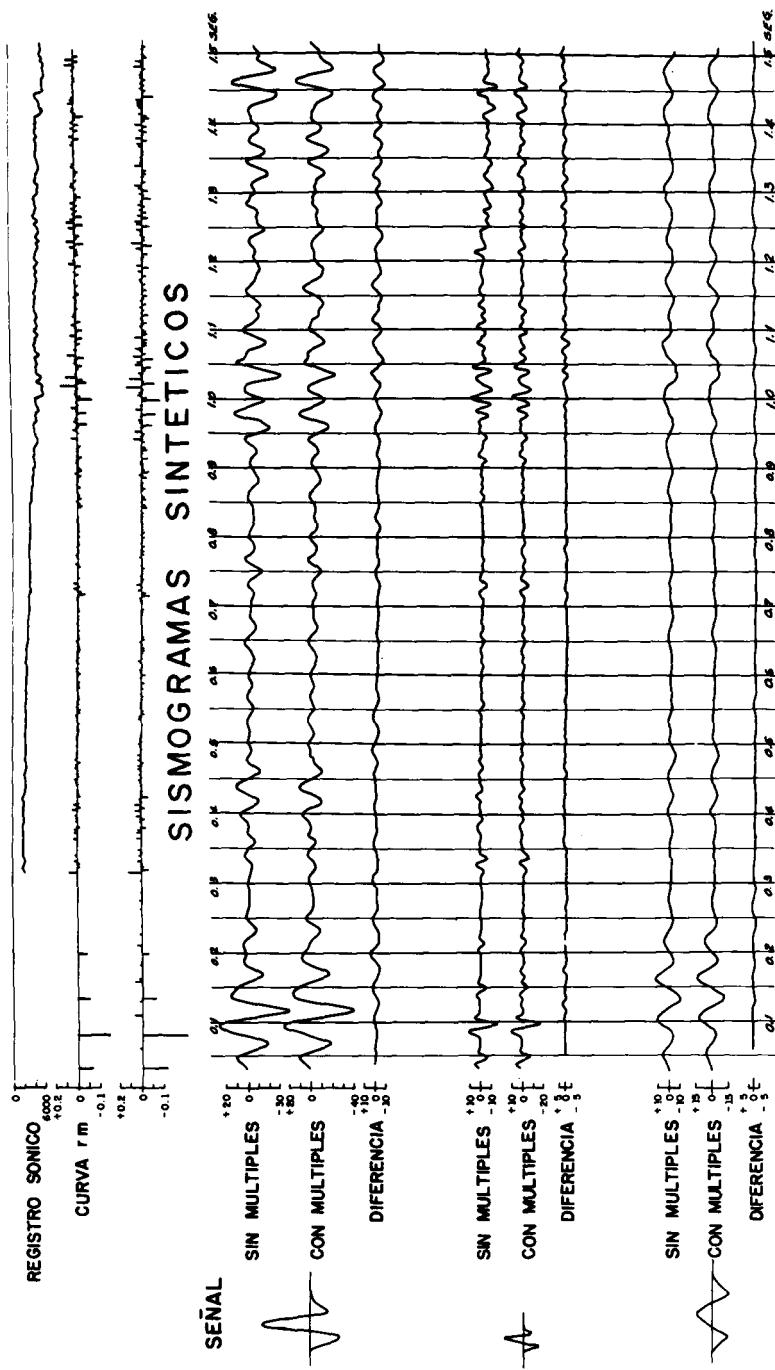


FIGURA No. 8

CONCLUSIONES

En conclusión, se estima que para la elaboración de sismogramas sintéticos, la adaptación del programa de cálculo del Instituto Francés del Petróleo a la calculadora Bull del Centro de Cálculo de la Petrofina, proporciona resultados satisfactorios. Las trazas sintéticas del pozo Longa No. 1, que se asemejan bastante a las trazas reales, permiten identificar los diferentes reflejos del sismograma de campo. Nótese que una vez que se ha hecho la correlación, la procedencia del reflejo de un determinado contraste litológico, se establece sin dificultad. Por lo tanto, la parte delicada de la interpretación se reduce a un problema de correlación. Para la interpretación de futuros sismogramas sintéticos, se propone el uso de sismogramas de campo en donde el ruido deberá ser eliminado en gran parte mediante el empleo de dos procedimientos disponibles en la actualidad, tales como la composición simple de filtrado en abanico (Pie slice). Es tentadora la idea de recomendar el uso casi sistemático del filtrado en abanico, porque este método permite atenuar no sólo el ruido organizado sino también el ruido incoherente con objeto de efectuar sumas de trazas.

La elaboración del sismograma sintético del Longa 1, dio la ocasión de verificar la forma de la generación de múltiplos generados en la superficie y se llegó a la conclusión de que sólo los múltiplos de primer orden de la superficie dan lugar a variaciones en amplitud comparables a los reflejos reales.

La presencia de múltiplos internos no influye apreciablemente sino cuando provienen de profundidades en las que el contraste de velocidades locales corresponde a coeficientes de reflexión del orden de 0.2 a 0.3.

Nótese, en fin, que en lo que concierne a la elaboración de sismogramas sintéticos, el parámetro de mayor importancia es la frecuencia aparente de la señal de convolución, que refleja las condiciones de tiro y los acoplamientos de suelo-detector y suelo-fuente de energía. De una manera general, las frecuencias altas proporcionan sismogramas selectivos, donde los reflejos corresponden a contactos cercanos apareciendo claramente separados. Con frecuencias bajas, se obtienen reflejos compuestos y es difícil distinguir los reflejos cercanos. Este fenómeno es particularmente aparente en el caso de alterna-

ciones de capas delgadas con velocidad claramente contrastada (Alternancias de anhidrita, dolomita y arcillas). Solamente las señales de alta frecuencia conducen a reflejos bien individualizados correspondientes a cada uno de los contrastes litológicos. Por el contrario, las señales de baja frecuencia dan lugar a reflejos compuestos cuyo carácter sin embargo puede ser algunas veces significativo.

Es interesante señalar el hecho de que cada señal de convolución hace destacar los reflectores dando lugar, sobre la traza compulsionada, a una deflexión cuya frecuencia aparente es semejante a la de la señal empleada. Como generalmente es difícil determinar con precisión la frecuencia aparente de la señal aplicable a una región determinada, es posible que se tenga alguna ventaja al realizar la corrección con varias señales de frecuencia aparente contrastada, escalonándose por ejemplo, en la banda de 20 a 60 c.p.s.

Esto permite apreciar la influencia que tiene la longitud de la señal sobre el "carácter" de las trazas sintéticas correspondientes y en consecuencia determinar las características de tiro que deben adoptarse. .

APENDICE — PRINCIPIOS FISICOS PARA LA PREPARACION DE UN SISMOGRAMA SINTETICO

La explosión de una carga de dinamita produce en las capas del terreno cercanas al pozo de tiro una deformación que tiene una pequeña duración, del orden de un milésimo de segundo. Esta deformación se propaga por el subsuelo en forma de ondas elásticas y, debido a los efectos de atenuación, cambia de forma por la reducción de la amplitud de sus componentes de altas frecuencias y se vuelve más ancha cuanto mayor es la distancia recorrida.

Los efectos anteriores han sido estudiados por diferentes autores, principalmente por Ricker (Bibliografía 1).

A la forma de la deformación elástica se le denomina "la señal" y, por su corta duración, se le aplica frecuentemente el nombre de pulso sísmico. Esta señal se propaga por las capas del subsuelo.

Al llegar al contacto de dos capas con velocidades y/o densidades diferentes, parte de la energía es reflejada y parte sigue su camino hacia abajo, según se indica en la figura 2, para el caso de ángulos de incidencia pequeños.

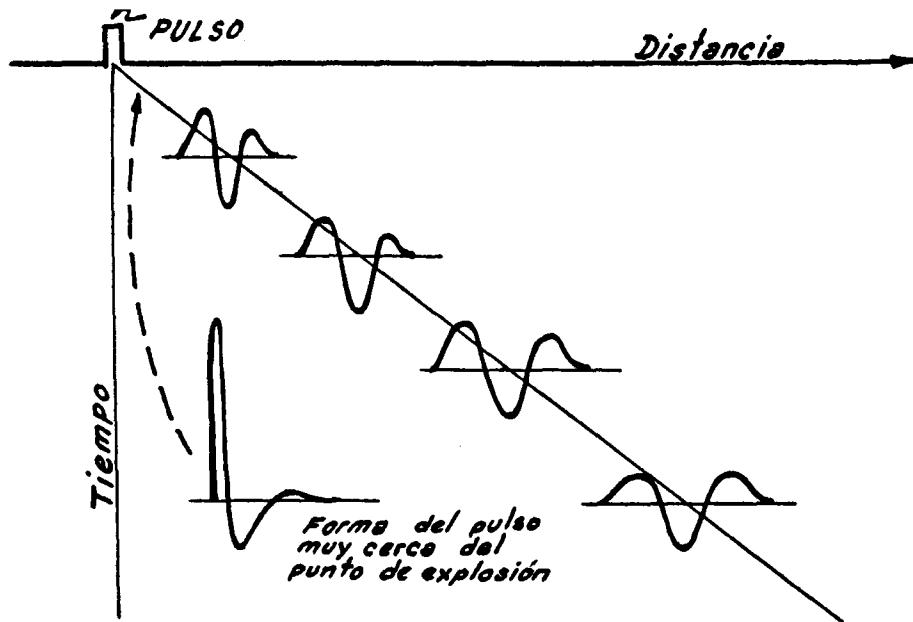


FIGURA No. 1

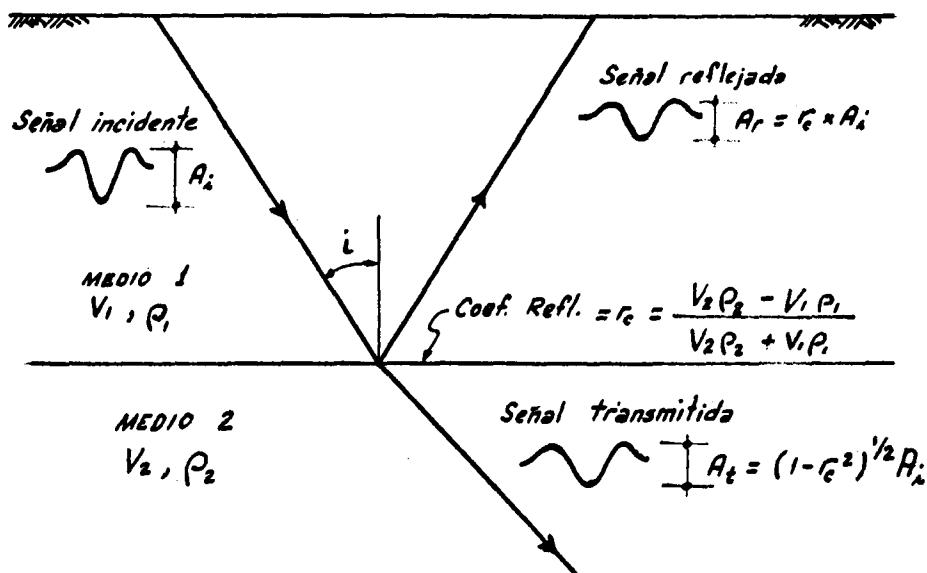


FIGURA No. 2

La relación de amplitudes entre la señal reflejada en el contacto y la señal incidente está dada por la fórmula:

$$\frac{A_r}{A_i} = \frac{V_2 \rho_2 - V_1 \rho_1}{V_2 \rho_2 + V_1 \rho_1} = r_c \quad (1)$$

en donde r_c es el llamado coeficiente de reflexión.

La relación entre la amplitud de la señal transmitida y la señal incidente es:

$$\frac{A_t}{A_i} = (1 - r_c^2)^{1/2}$$

La energía de la onda elástica es proporcional al cuadrado de las amplitudes de la señal y al pasar una onda elástica de un medio a otro, según se indicó en la figura 2, la energía total de la señal incidente es la suma de las energías de las señales reflejadas y de las señales transmitidas.

Cuando una onda longitudinal plana llega al contacto entre dos capas con un ángulo de incidencia $i = 0$, tanto las ondas reflejadas como las transmitidas siguen una misma dirección y la energía contenida en ellas será proporcional a una constante que depende del medio.

En el caso de varias capas se tendrán las condiciones indicadas en la figura 3, en la cual las trayectorias de la señal, que son normales al frente de onda, se han indicado como inclinadas para poder hacer distinguir las trayectorias de las ondas incidentes de las trayectorias de las ondas reflejadas, aún cuando se refieren al caso de incidencia normal ($i = 0^\circ$).

Considerando únicamente los reflejos primarios se observa en la figura 3, y en las fórmulas que en ella aparecen, que la amplitud de una onda plana reflejada de un horizonte n tiene una amplitud

$$A_n = (1 - r_1^2) (1 - r_2^2) \dots [1 - r_{n-1}^2] r_n A_i$$

$$A_n = A_i r_n \pi_1^{(n-1)} (1 - r_n^2)$$

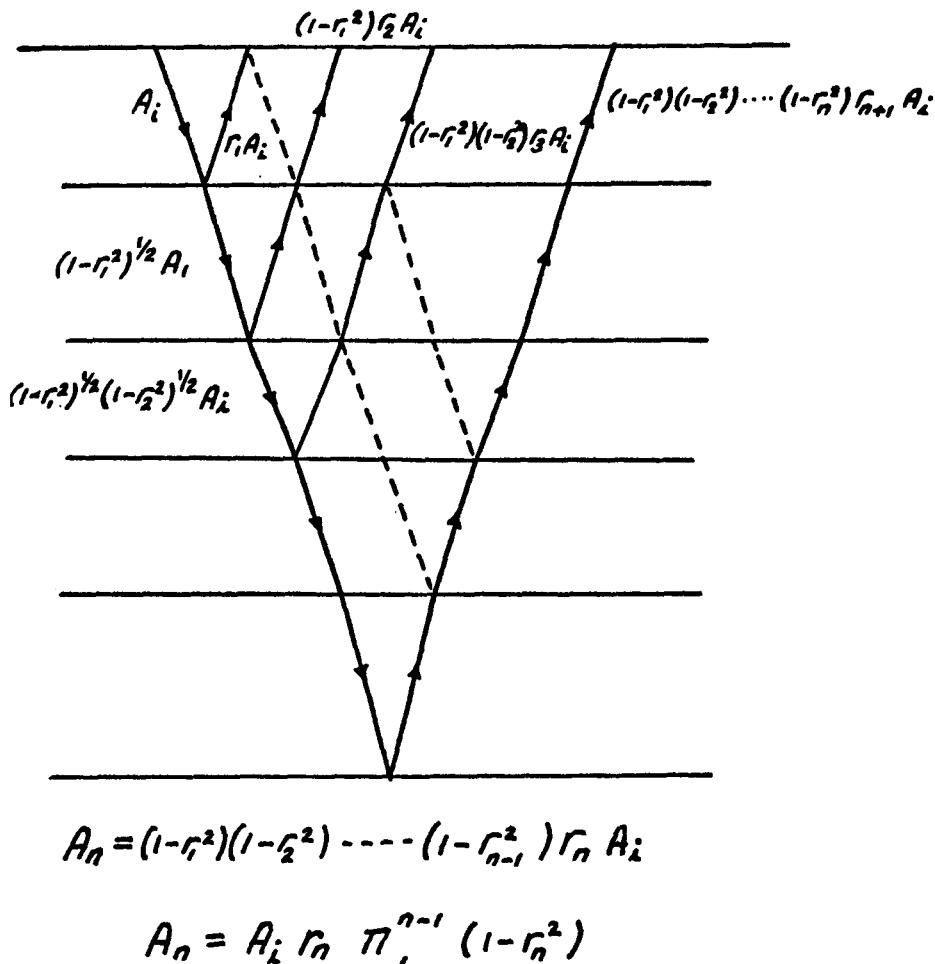


FIGURA No. 3

Como todos los valores de r_n son menores que la unidad, la ecuación anterior corresponde a una función que toma una forma como la que se indica en la figura 4, en donde las amplitudes son decrecientes a medida que aumentan los tiempos de reflejo.

La fórmula anterior indica la atenuación de la señal debida a la presencia de capas reflejantes.

Los registros sónicos muestran que las formaciones del subsuelo tienen variaciones considerables de velocidad en espesores muy delgados, que se refieren por la onda sísmica en un tiempo menor que la duración de la señal, por lo que muchas de las señales reflejadas se superponen dando origen a registros sismológicos en los cuales es prácticamente continua la presencia de señales.

Un sismograma sintético que muestre solamente los reflejos primarios no es otra cosa que la representación del fenómeno indicado en la figura No. 4, teniendo en cuenta todas las variaciones de velocidades.

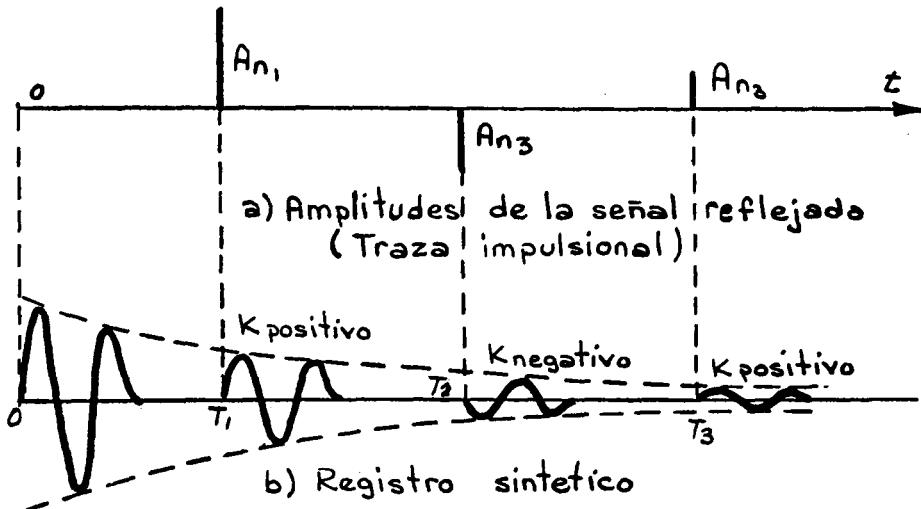


FIGURA No. 4

En la práctica es conveniente que los registros sismológicos de campo y que los registros sintéticos tengan amplitud media aproximadamente uniforme en toda su longitud. En los primeros, esto se logra empleando el control automático de ganancia y en los segundos aplicando un método de cálculo de ganancia, de manera que las señales del registro sintético tengan un contraste en amplitud semejante a los coeficientes de reflexión de cada capa.

En la práctica se logra un efecto semejante trazando los valores del coeficiente de reflexión en lugar de los valores de A_n .

Se ha visto que existen diferencias importantes entre los registros sintéticos sin múltiples y los registros de campo. Esto se debe a la presencia de señales reflejadas entre las diferentes capas de la sección, que se propagan hasta la superficie, y los reflejos múltiples de la superficie, según se indica en forma esquemática en la figura No. 5, para algunos casos posibles.

Este problema ha sido estudiado con suficiente detalle, y para profundizar en él se recomienda la lectura de literatura técnica a que se refiere la bibliografía de este trabajo, que cubre un campo muy amplio y detalles sobre el cálculo y utilización de los sismogramas sintéticos.

Un aspecto de gran importancia no tratado anteriormente es la deformación de la onda elástica debida a la atenuación de las componentes de alta frecuencia en el espectro de la señal. Como en la práctica es difícil determinar los coeficientes de atenuación se recurre a la aproximación práctica de considerar su efecto bajo la base de que la forma típica de los reflejos de buena calidad registrados en una área representan los efectos totales de atenuación, por lo cual, para el cálculo de los registros sintéticos, se hace el cálculo con una señal de una frecuencia aparente semejante a la de los sismogramas de campo.

En los trabajos sismológicos de exploración, la mayor parte de las trazas son tiradas con ángulos de incidencia grandes, especialmente cuando se utiliza el método de punto de reflejo común. Sin embargo, hasta el presente, no se han publicado métodos que traten este problema con suficiente detalle, especialmente en el caso de reflejos múltiples.

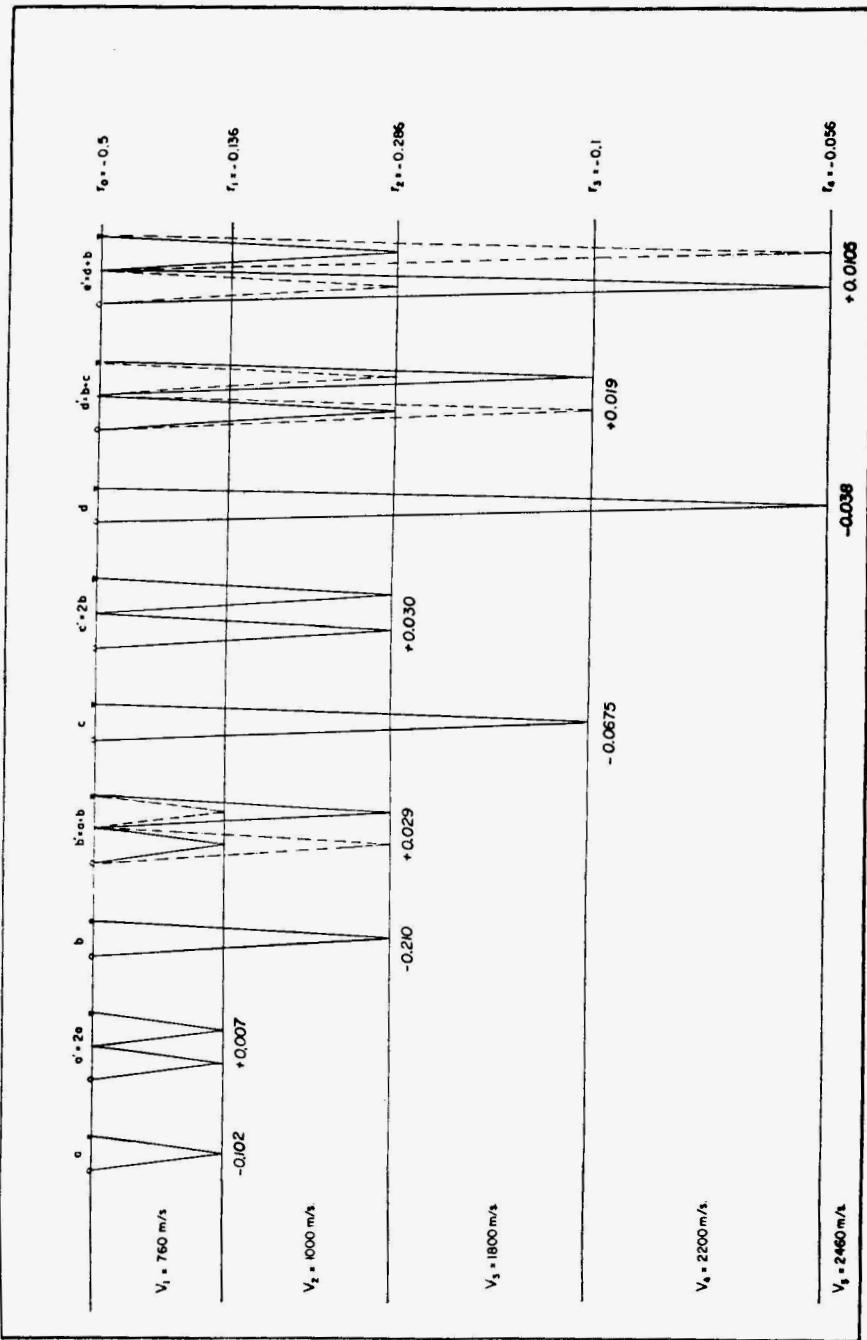


FIGURA No. 5

B I B L I O G R A F I A

- 1.—*The Form and Laws of Propagation of Seismic Wavelets.*—Norman Ricker, Geophysics, Vol. XVIII, No. 1. Enero de 1960.
- 2.—*Calcul Automatique des Sismogrammes Synthétiques en Onde Planes a l'Incidence Normale.*—P. Bois, G. Grau, Ch. Hémon et M. La Porte. Revue de l'Institute Français du Pétrole. Abril de 1962.
- 3.—*The Synthesis of Seismograms from Well Log Data.*—R. A. Peterson, W. R. Fillippone and F. B. Coker. Geophysics, Vol. XX No. 3. July, 1955.
- 4.—*Seismogram Synthesis Including Multiples and Transmission Coefficients.*—P. C. Wuenschel, Geophysics Vol. XXV No. 1, February, 1960.
- 5.—*Symposium on Synthetic Seismograms.*—Geophysical Prospecting Vol. VIII No. 2, June, 1960.
 - An Introduction to Synthetic Seismogram Techniques.*—A. T. Dennison.
 - Attacking the Problems of the Synthetic Seismogram.*—N. A. Anstedy.
 - Sismogrammes synthétiques; Possibilités, Techniques de Réalisation et Limitations.* P. Bois, J. Chauveau, G. Grau, et M. Lavergne.
 - Appendice I. Etude Statistique des Réflexions Triples Théoriques.*—J. Agard.
 - Appendice II. Sismogrammes Marins.*—C. Hémon.
 - Appendice III, Réalisation d'un Sismogramme Synthétique a Multiples dans le cas d'une Explosion Ayant lieu a une Profondeur de p ms.*
 - Appendice IV, Influence des Coefficients de Transmission sur les Sismogrammes sans Multiple.*
 - Film Synthétique avec Réflexions Multiples; Théorie et Calcul Pratique.*—V. Baranov et G. Kinetz.
 - L'Analyse des Films Réels et leur Comparaison avec les Films Synthétiques.*—J. Delaplanche et Y. Ledoux.
- 6.—*Utilisation Pratique des Films Synthétiques dans le Sahara Nord.*—J. Laherrere, Geophysical Prospecting Vol. IX No. 1, March, 1961.

METODO GRAFICO PARA EL CALCULO DE TENDIDOS, EN LA
APLICACION DE SISMOS MULTIPLES Y/O POZOS
MULTIPLES EN AREAS DIFICILES *

Por los Ings. JOSE COFFIN O. y **
JUAN M. SARABIA ***

I N T R O D U C C I O N

Se designa como ruido a toda aquella onda o vibración que interfiere y dificulta el fiel registro e identificación de los reflejos auténticos, entendiéndose por estos a las manifestaciones —en los registros sismológicos— de los contactos geológicos entre las diferentes capas del subsuelo.

Desde el punto de vista de su atenuación, los ruidos pueden dividirse en tres clases:

- a) Aquellos susceptibles de eliminarse o atenuarse antes de ser detectados (ruido de pozo, correcta selección de cargas de dinamita y nivel de explosión, adecuado plantado de detectores, etc.)
- b) Aquellos que ya detectados, pueden eliminarse o atenuarse mediante correcta operación instrumental, principalmente el buen uso de los filtros eléctricos.

* Presentada en la III Convención Nacional de Geofísica de Exploración, efectuada en Monterrey, N. L.

** Superintendencia General de Exploración, Zona Noreste. Petróleos Mexicanos.

*** GSI de México, S. A. de C. V.

- c) Aquellos que teniendo un rango de frecuencias semejante al de la señal, no pueden eliminarse o atenuarse por cualquiera de los procedimientos anteriores.

Este trabajo trata exclusivamente de los ruidos comprendidos dentro de la tercera clasificación.

Las técnicas de campo diseñadas para su reducción y la obtención de registros sismológicos con el menor contenido posible de ruidos siguen siendo tan importantes como siempre. Es a partir de grabaciones originales con un nivel mínimo de calidad que es posible la aplicación exitosa de técnicas modernas para el mejoramiento de los datos obtenidos, en los cuales basar interpretaciones sismológico-geológicas que representen lo más cercanamente posible las condiciones estructurales del subsuelo.

CONSIDERACIONES GENERALES

En Sismología, las vibraciones producidas por la explosión de cargas de dinamita, se presentan hacia los detectores, en el punto de recepción, como impulsos complejos.

Para el estudio y tratamiento de las áreas sismológicamente difíciles, donde el principal problema es el alto nivel de ruido registrado, es necesario analizar estos impulsos complejos reduciéndolos a sus elementos o componentes simples, mediante el Análisis y Transformada de Fourier. Es posible así tratar estos impulsos como una suma de efectos de sus componentes individuales. Teóricamente se requeriría un número infinito de términos; sin embargo, en un caso práctico es suficiente considerar unas cuantas armónicas, no más allá de las de orden undécimo o duodécimo, de las cuales la primera, es decir, la de frecuencia fundamental, es la más importante de la serie y tiene la mayor intensidad; además, el uso juicioso de los filtros eléctricos permite eliminar o atenuar grandemente las armónicas de orden superior.

Por las consideraciones anteriores, es aceptable aplicar las conclusiones de un análisis de ruidos a los impulsos complejos recibidos por los sismo-detectores. En un perfil de ruido se crean las condiciones más favorables para el registro de los diferentes trenes de ruido, y las conclusiones basadas en el cálculo de los parámetros de la onda fundamental se emplean para el cálculo de los tendidos de sismos y/o pozos múltiples. El uso de sismos múltiples, pozos

múltiples o ambas disposiciones combinadas, así como el número de sus elementos, dependerá del valor de la relación señal-ruido existente.

La experiencia demuestra que este sistema ha producido resultados satisfactorios en áreas reportadas como difíciles y trabajadas en años anteriores con el método convencional.

SISMOS MULTIPLES

Su objetivo primordial es aumentar la calidad de los registros sismológicos mejorando el valor de la relación señal-ruido mediante la cancelación o atenuación de los impulsos indeseables. El número de elementos por traza varía grandemente, desde 6 hasta 72 o más, en una gran variedad de disposiciones geométricas. Su grado de efectividad guarda estrecha relación con la dirección de incidencia y las características de los ruidos existentes; desde este punto de vista haremos una breve revisión de estos ruidos:

I.—Ondas que se propagan por la superficie o en un plano paralelo a ella:

- a) Ruido organizado o coherente; se presenta como trenes continuos, manteniendo más o menos sus características principales por mayores distancias que la del tendido; es fácilmente identificable en los sismogramas de un análisis de ruidos, y sus parámetros pueden determinarse con suficiente precisión. Puede proceder de la dirección del pozo de tiro o con incidencia lateral, desde cualquier otra fuente secundaria.
- b) Ruido desorganizado o incoherente; se manifiesta en forma errática, no guardando ninguna relación los impulsos registrados por diferentes detectores del mismo grupo. Procede prácticamente desde cualquier dirección y sus parámetros no pueden determinarse en un análisis de ruidos.

II.—Impulsos con trayectoria preponderantemente vertical u oblicua al plano de los detectores:

- c) Ruidos coherentes, tales como difracciones, reverberaciones, reflejos múltiples, etc., los cuales exhiben altas velocidades apa-

rentes, aunque inferiores a las de los reflejos verdaderos. Es fácil seguir sus alineamientos en los sismogramas de un análisis de ruidos, y sus parámetros pueden determinarse con suficiente precisión.

- d) Ruidos incoherentes; se manifiestan en forma errática; proceden de las múltiples irregularidades del terreno y del subsuelo; sus parámetros no se determinan en un análisis de ruidos.

El efecto de los sismos múltiples sobre los anteriores tipos de ruidos se mencionan a continuación, en forma general. Su capacidad de cancelación depende básicamente de conseguir que los impulsos que se pretende eliminar arriben con diferencias apreciables de tiempo —en términos del período de la onda— a los distintos sismómetros de un mismo grupo. Esto es posible obtenerlo respecto de los ruidos (a), (b) y (d), y sólo en forma parcial respecto de los ruidos coherentes del Tipo II.

Ruidos Coherentes, Tipo I.—Su atenuación, depende de los siguientes factores:

- 1).—Número de detectores por traza, y su disposición geométrica.
- 2).—Dirección de incidencia respecto del tendido de detectores, especialmente en el caso de distribuciones sencillas.
- 3).—Cubierta por grupo, en relación con la longitud de onda del ruido.

El grado de mejoramiento en el valor de la relación señal-ruido se verá más adelante, al discutir detalladamente las Gráficas Sencillas de Respuesta.

Ruidos Incoherentes, Tipos I y II.—Su cancelación obedece a un ordenamiento estadístico, por un factor proporcional a la raíz cuadrada del número de detectores por traza, independientemente de su distribución geométrica.

Ruidos Coherentes, Tipo II.—No sufren suficiente atenuación. Si este tipo de ruido creara condiciones muy desfavorables, sería necesario recurrir a otros métodos para la obtención del deseado mejoramiento en el valor de la relación señal-ruido.

POZOS MULTIPLES

Se emplean en combinación con los sismos múltiples en áreas muy ruidosas, donde el solo uso de estos no es suficiente para obtener la necesaria calidad de los registros sismológicos.

Por lo que respecta al número y distribución de sus elementos, así como a la atenuación producida sobre los distintos tipos de ruidos, se aplica la misma técnica y razonamientos que para el caso de los sismos múltiples, según el teorema de la reciprocidad de Rayleigh-Carson para la propagación de las ondas, que establece que el emisor y el receptor pueden sustituirse mutuamente, en condiciones ordinarias, sin variación alguna.

El combinado mejoramiento en el valor de la relación señal-ruido depende de los siguientes factores:

- 1) Número de elementos y su distribución geométrica (detectores y pozos).
- 2) Tipo de ruido y su dirección de incidencia.
- 3) Cubiertas empleadas (detectores y pozos).
- 4) Posición relativa de los espectros de ruido y de señal.

La estimación del valor numérico del mejoramiento obtenido se verá con más detalle al discutir las Gráficas Combinadas de Respuesta.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

Todas las determinaciones de tendidos de sismos y/o pozos múltiples parten de los cálculos obtenidos de un análisis de ruidos, fijándose así el número, espaciamiento y distribución de sus respectivos elementos. El objetivo fundamental es conseguir un satisfactorio valor mínimo de la relación señal-ruido.

Existen numerosos posibles arreglos de sismos y pozos múltiples en respuesta a la variedad de condiciones de ruido prevalecientes en las áreas donde se ejecutan trabajos sismológicos. De todas las disposiciones, una de las más comunes es la de sismos o pozos uniformemente espaciados y en línea con el

tendido, por constituir una adecuada solución al problema de las áreas moderada a regularmente ruidosas. Sus ventajas y limitaciones son las siguientes:

- 1) Produce suficiente atenuación de los ruidos incoherentes, con excepción de los casos más desfavorables.
- 2) Produce suficiente atenuación de los ruidos coherentes provenientes de la dirección del pozo de tiro.
- 3) Produce suficiente atenuación de los ruidos coherentes laterales, con oblicuidad no mayor de 30°.
- 4) No produce suficiente atenuación de los ruidos coherentes de incidencia vertical.
- 5) Provee el uso más eficiente de un limitado número de elementos (detectores y pozos).
- 6) Permite una operación rápida y fácil en el campo, a un costo menor.

Por las razones anteriores, se escogió este tipo de disposición para la discusión de las Gráficas de Respuesta.

ANALISIS DE RUIDOS

Esta prueba comprende tres fases principales:

- a). Correcto ajuste y operación instrumental.
- b). Buen planeamiento y técnica de campo.
- c). Cálculo e interpretación de la información obtenida.

La adecuada ejecución de las fases anteriores proporciona la siguiente información fundamental:

- 1). Espectro de señal.
- 2). Espectro de ruido.
- 3). Intensidad de cada uno de los impulsos registrados, y determinación de la relación señal-ruido en cada zona de interés en el seismograma.

Es conveniente efectuar varios análisis de ruidos dentro de la misma área, a fin de vigilar posibles cambios en las características del ruido y de la señal que pudieran hacer ineficaces soluciones adoptadas previamente.

GRAFICAS SENCILLAS DE RESPUESTA

Por analogía con la Teoría de Radiación de Antenas, y por simplificación de la fórmula general para el caso de elementos uniformemente espaciados, en línea con el tendido, la respuesta está dada por la expresión:

$$R_e = \frac{\operatorname{Sen} \pi NKd}{N \operatorname{Sen} \pi Kd} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

en la cual:

R_e = Respuesta relativa a la de un elemento.

N = Número de elementos iguales.

d = Espaciamiento entre elementos consecutivos.

K = Número de onda, en ciclos/unidad de longitud.

En el caso de distribuciones geométricas, su respuesta se calcula sumando las respuesta de sus tendidos equivalentes en línea.

Cálculo de las Gráficas.

Las gráficas se trazan en papel doblemente logarítmico, teniendo como ordenadas los valores de respuesta y como abscisas los correspondientes valores de K , y tienen las siguientes características (Lámina I-A y B):

a). Presentan simetría respecto de un eje central.

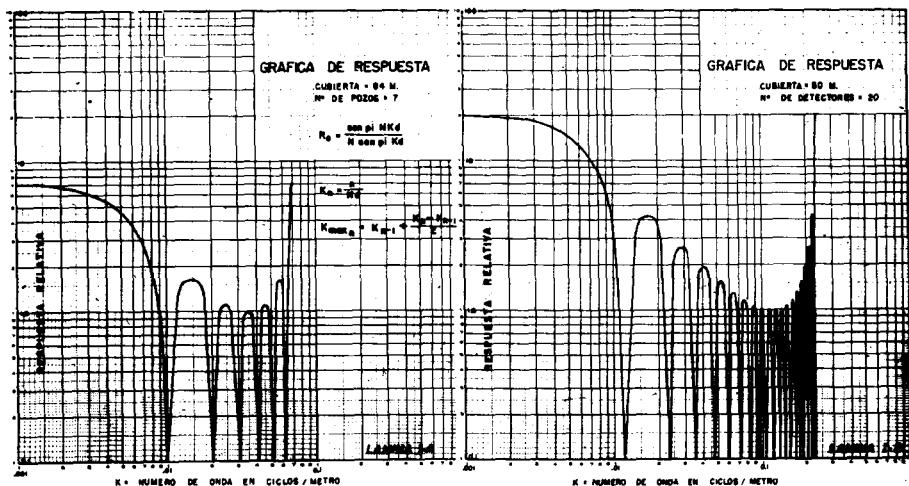
- b). Hay $N - 1$ nodos para un ciclo completo de valores, que se calculan por la expresión:

$$K_n = \frac{n}{Nd} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

donde, $n =$ número entero, entre 1 y $N - 1$

- c). Todos los lóbulos tienen la misma base, igual a:

$$K_1 = \frac{1}{Nd} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$



LAMINA I—A y B

- d). Los máximos de cada lóbulo sucesivo pueden calcularse, en forma bastante aproximada, para sus respectivos valores de K , por la expresión:

$$K_{\max n} = K_{n-1} + \frac{K_n - K_{n-1}}{2} \quad \dots \dots \quad (4)$$

- e). La respuesta adquiere dos valores máximos $R_e = N$ para $K = 0$ y para $K = 1/d$, entre los cuales se desarrolla un ciclo completo de la función.
- f). Los máximos de los lóbulos interiores, así como cualquier otro valor de la respuesta es conveniente calcularlo con la ayuda de tablas en función del producto Kd .

Es aconsejable preparar anticipadamente juegos de gráficas para diferentes cubiertas por grupo y según las combinaciones disponibles de sismos múltiples.

Estimación Numérica del Mejoramiento en el Valor de la Relación Señal-Ruido.

La utilización en este sentido, de las gráficas de respuesta, es para ruidos coherentes provenientes de la dirección del pozo de tiro. Para ruidos con incidencia lateral, el tendido se comporta como otro equivalente con cubierta reducida según el grado de oblicuidad.

La estimación del mejoramiento está íntimamente ligada a la determinación de la cubierta y del número de elementos, en relación con la posición y características de los espectros de ruido y de señal.

El procedimiento es como sigue:

- 1). Se hace una previa selección de gráficas de respuesta, según los datos del análisis de ruidos.
- 2). Se trazan sobre ellas los espectros de ruido y de señal, indicando para cada impulso su intensidad y la distancia al punto de tiro a que fue registrado (Lámina II-A y B).

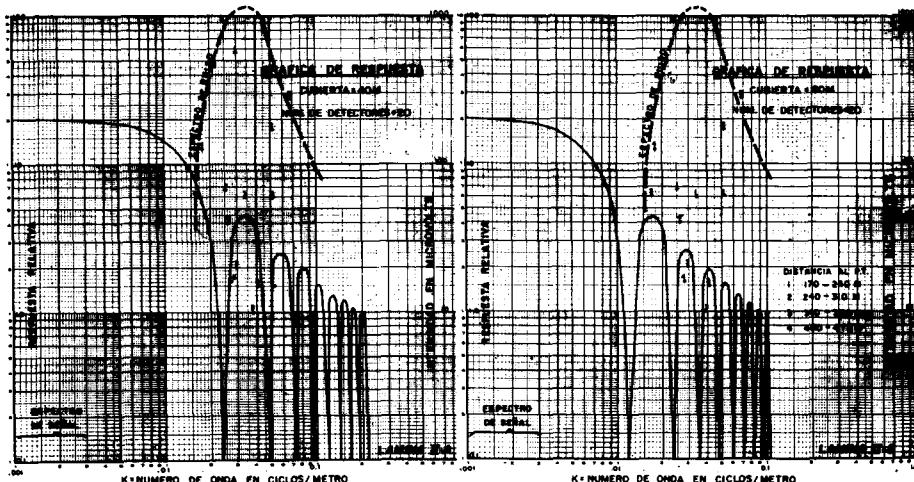
Se observan los siguientes aspectos de interés:

- A). El espectro de señal debe quedar comprendido dentro de la zona de máxima respuesta del primer lóbulo.
- B). El espectro de ruido, especialmente los impulsos más predominantes e intensos, deben quedar frente a lóbulos con la menor respuesta posible.

C). La más eficaz solución será aquella que mejor combine los dos puntos anteriores. Cuando hablamos de la capacidad de los sistemas múltiples para cancelar ruidos, nos referimos a la capacidad de su característica de respuesta para discriminar entre diferentes longitudes de onda; por esta razón, a estos tendidos se les designa frecuentemente como filtros de longitud de onda; a la izquierda del primer nodo queda la "banda de paso", de grandes longitudes de onda, correspondientes al espectro de señal, y a la derecha la banda de atenuación, donde siempre debe procurarse que quede comprendido todo el espectro de ruido.

En el caso de ruidos de gran longitud aparente de onda, es muy importante la posición del primer nodo ($K_1 = 1/Nd$, fórmula 3), buscando la máxima atenuación posible de los ruidos sin deterioro de la señal. Podríamos decir, por analogía, que esta operación equivale a la selección de la "frecuencia de corte" en el caso de los filtros eléctricos de frecuencias.

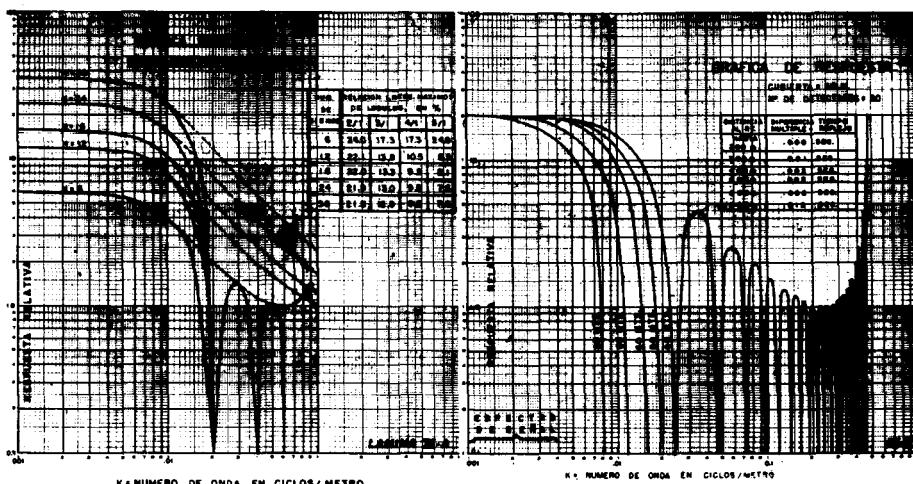
D). La relación entre las ordenadas de dos impulsos cualesquiera de señal y de ruido, dará numéricamente el mejoramiento del tendido. Sin embargo, es preferible efectuar una estimación promedio para



LAMINA II — A y B

los espectros completos de señal y de ruido, especialmente dentro de la zona o zonas de mayor interés de los sismogramas.

- E). De cierto número de elementos en adelante (del orden de 12), la relación entre las ordenadas del primer lóbulo y los subsiguientes no cambia apreciablemente, como lo muestra la Lámina III-A. Mayores valores del mejoramiento solo se obtendrán con el corrimiento de los lóbulos hacia la izquierda, es decir, mediante el aumento de la cubierta por grupo (Lámina III-B); sin embargo, cubiertas más largas de 120 metros principiarán a afectar seriamente al espectro de la señal.
- F). La tabla de la Lámina III-B muestra, para el caso de un múltiple simple, su práctica coincidencia de tiempo con el de un reflejo verdadero, hasta las máximas cubiertas recomendables. Por tanto, no es posible —por este método—, la atenuación de los ruidos de incidencia vertical. El sistema de “Punto de Reflexión Común” supera precisamente esta limitación; con este método, mediante la apropiada selección de distancias horizontales de tiro, es posible controlar las diferencias de tiempo entre ambas trayectorias, propiciando así la atenuación de estos ruidos.



LAMINA III—A y B

Conclusiones.

Suponiendo una línea promedio de respuesta, el mejoramiento obtenible por este tendido varía aproximadamente entre 7 y 14 (17 a 23 Decibeles). Si se considera un valor mínimo satisfactorio de 3 para la relación señal-ruido resultante, su límite de aplicación es para áreas con relaciones señal-ruido en el terreno no inferiores a 1/5.

Desde el punto de vista del mejoramiento obtenible, no es práctico el uso de más de 12 detectores/grupo. Sin embargo, un número mayor se justifica en los siguientes casos:

- 1) Cuando se empleen grandes cubiertas y reducidos espaciamientos entre sismos, por la presencia de amplios espectros de ruidos, con longitudes de onda largas y cortas.
- 2) Cuando se tenga un alto nivel de ruido incoherente.

GRAFICAS COMBINADAS DE RESPUESTA

Por analogía con la Teoría de Radiación de Antenas, la respuesta de una combinación de sistemas es igual al producto de las respuestas parciales. En el caso de sismos y pozos múltiples en línea, su respuesta combinada, por simplificación de la fórmula general para este caso, está dada por la expresión:

$$R_C = R_{\text{sismos}} \times R_{\text{pozos}}$$

$$R_C = \frac{\text{sen pi } N_s K d_s}{N_s \text{ sen pi } K d_s} \times \frac{\text{sen pi } N_p K d_p}{N_p \text{ sen pi } K d_p} \dots \quad (5)$$

en la cual:

R_C = Respuesta relativa a un sismo y un pozo.

N = Número de elementos iguales en cada tendido.

d = Espaciamiento entre elementos consecutivos.

K = Número de onda.



Indices s y p relativos a los tendidos de sismos y pozos respectivamente.

Cálculo de las Gráficas.

Se calculan igualmente que las gráficas sencillas, con las siguientes diferencias:

- a) La gráfica tendrá tantos nodos como la suma de los nodos de las gráficas individuales ($N_s + N_p - 2$), con sus respectivos valores de K .
- b) Los máximos de cada lóbulo se calculan para el punto central entre dos nodos consecutivos, por la expresión (4).
- c) Los valores de respuesta para los máximos anteriores se determinan por el producto de las respuestas individuales, calculadas por parejas, para esos valores de K .
- d) Cada lóbulo queda definido aproximadamente con un mínimo de tres valores; el máximo y dos valores simétricos, aproximadamente a $3/4$ de la altura del primero.
- e) El primer lóbulo adquiere una respuesta máxima relativa, para $K = 0$, de $R_e = N_s \times N_p$.

*Estimación Numérica del Mejoramiento en el valor
de la Relación Señal-Ruido.*

Al igual que en el caso de las gráficas sencillas de respuesta, la determinación del mejoramiento es respecto de ruidos coherentes provenientes de la dirección del pozo de tiro. Para ruidos con incidencia lateral, el tendido se comporta como otro equivalente con cubierta reducida, proporcionalmente al coseno del ángulo de oblicuidad.

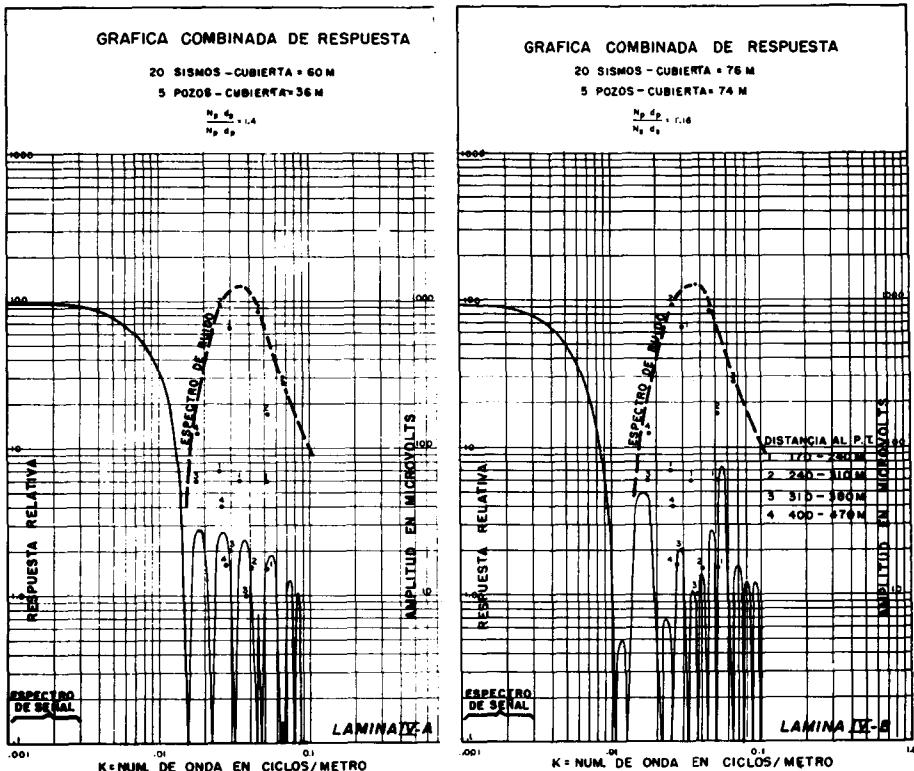
La estimación del mejoramiento depende de varios factores, los cuales deben combinarse de manera de producir la mejor solución posible. Estos factores son:

- 1) Cubiertas y número de elementos de los tendidos de sismos y pozos múltiples.
- 2) Posición y características de los espectros de ruido y de señal.
- 3) Dirección de incidencia de los ruidos considerados.

- 4) Atenuación necesaria y ancho deseado de la banda de máxima cancelación.

Se siguen los mismos pasos que para el caso de las gráficas sencillas, observándose los siguientes puntos de interés (Láminas IV y VI):

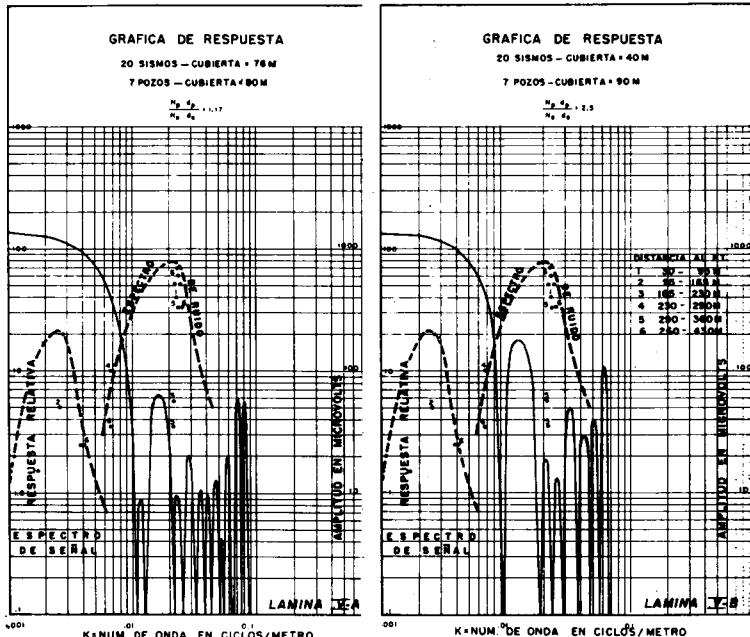
- A) El espectro de señal debe quedar comprendido dentro de la zona de máxima respuesta, fuera de la porción de rápida caída del primer lóbulo
- B) Las cubiertas de los tendidos de sismos y pozos múltiples marcan las posiciones de los nodos sobre la gráfica, lo cual puede ocurrir en una gran variedad de combinaciones. Como los nodos representan puntos de respuesta cero, es sumamente importante su posición respecto de los ruidos más intensos o de posibles concentraciones de estos ruidos.



LAMINA IV — A y B

- C) Es posible producir gráficas con bandas angostas de gran atenuación, o con bandas más amplias de menor atenuación (Láminas IV y V). La elección dependerá de las características del espectro de ruidos y del valor de la relación señal-ruido. Siempre que las condiciones lo permitan, es preferible la segunda solución.
- D) En el caso de ruidos de gran longitud de onda aparente, es muy importante la posición de los dos primeros nodos, lo cual depende exclusivamente de los respectivos productos $N_s d_s$ y $N_p d_p$ (Fórmula 2).
- E) Para conseguir una amplia banda de máxima cancelación, es necesario hacer coincidir (en sus valores de K) los máximos de un tendido con los nodos del otro, lo cual es posible conseguirlo en forma bastante aproximada para el segundo y tercer lóbulo. Utilizando las fórmulas (2) y (4) se obtienen las siguientes relaciones:

$$\frac{N_p d_p}{N_s d_s} = 1.5 \dots \dots \dots \quad (6a)$$



LAMINA V—A y B

$$\frac{N_s \cdot d_s}{N_p \cdot d_p} = 1.5 \dots \dots \dots \dots \quad (6b)$$

$$\frac{N_p \cdot d_p}{N_s \cdot d_s} = 1.33. \dots \dots \dots \dots \quad (7a)$$

$$\frac{N_s \cdot d_s}{N_p \cdot d_p} = 1.33. \dots \dots \dots \dots \quad (7b)$$

Las expresiones (6a) y (6b) se obtienen haciendo coincidir el primer nodo y el segundo máximo de una y otra función. Las expresiones (7a) y (7b) se obtienen igualando el segundo nodo y el segundo máximo de ambas funciones.

Las expresiones (6a) y (7a) corresponden a cubiertas mayores de pozos que de sismos. Las expresiones (6b) y (7b) corresponden al caso inverso. Un procedimiento para fijar las características de los tendidos de sismos y pozos múltiples, sería el siguiente:

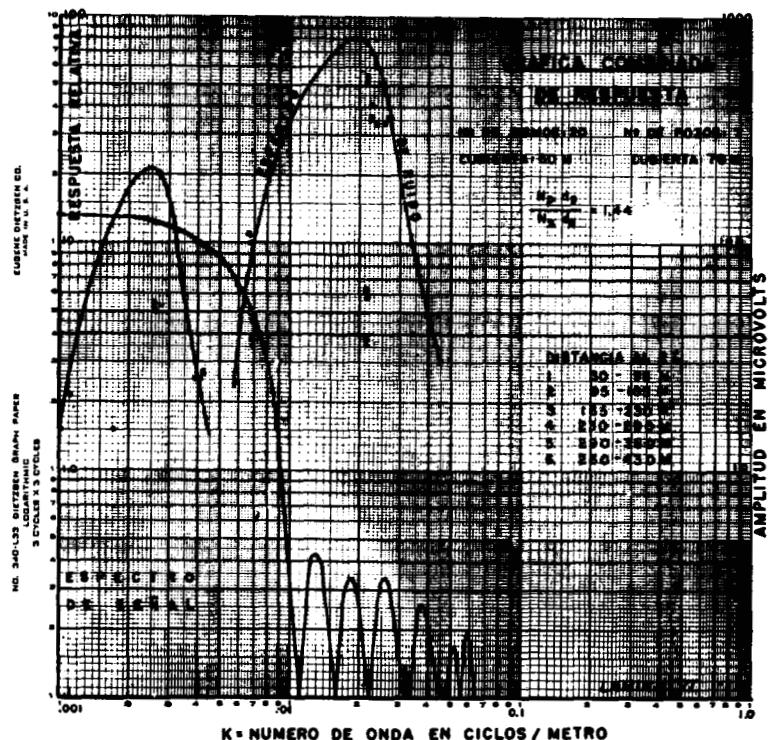
Primeramente se fija el producto $N_s \cdot d_s$ según las longitudes de los cables para las diferentes combinaciones disponibles de sismos múltiples; a continuación se determina el producto $N_p \cdot d_p$ por alguna de las expresiones anteriores. Un ejemplo de aplicación se muestra en la lámina IV-A, en la cual

$$\frac{N_s \cdot d_s}{N_p \cdot d_p} = 1.4$$

- F) En el caso de amplios espectros de ruido, es aconsejable el empleo de tendidos con 5 o más pozos de tiro que proporcionen los necesarios puntos de control sobre la correspondiente zona de la gráfica combinada de respuesta. En general, se necesitarán más pozos por estación si se usan las expresiones (6a) y (7a) en lugar de las (6b) y (7b). El empleo de las primeras expresiones estará indicado para los casos en que sea necesario extender la banda de máxima cancelación para incluir los ruidos de gran longitud de onda. Un ejemplo comparativo se presenta entre las Láminas IV-A y VI, ambas con la misma cubierta y número de sismos; en la primera se aplica la expresión (7b) y en la segunda la (7a), siendo evi-

dente el corrimiento de la banda de cancelación hacia la zona de mayores longitudes aparente de onda. Se observará también en ambas gráficas la uniformidad de sus bandas de máxima atenuación, y la similitud entre los valores de sus respectivas expresiones.

- G) La relación entre las ordenadas de dos impulsos cualesquiera de señal y de ruido dará numéricamente el mejoramiento producido por el tendido combinado. Sin embargo, es conveniente efectuar una estimación promedio para los espectros completos de señal y de ruido, especialmente dentro de la zona o zonas de mayor interés de los sismogramas.
- H) Debido a las relaciones más o menos fijas entre las respuestas del primer lóbulo y los subsiguientes, como se explica para el caso de las gráficas sencillas, hay un límite al máximo mejoramiento obtenible por este sistema, independientemente del número de elementos utilizados.



LAMINA VI

Conclusiones.

Los mejores resultados se obtienen con una buena combinación de cubiertas que produzcan lóbulos de respuesta reducida en toda la banda que se pretende cancelar.

La posición de la banda de atenuación se determina en función de la relación: $N_p \cdot d_p / N_s \cdot d_s$.

Valores de 1.5 a 1.3 fijan la posición de esta banda inmediatamente después del primer lóbulo (Láminas IV-A y VI); valores inferiores desplazan su posición hacia la derecha, frente a lóbulos posteriores (Láminas IV-B y V-A).

El empleo de un mayor número de elementos generalmente significa más pozos de tiro, puesto que los detectores habitualmente se usan en número máximo compatible con resultados eficaces. Un mayor número de pozos permite la obtención de bandas más anchas de atenuación máxima.

No puede precisarse numéricamente el mejoramiento producido por un tendido combinado de este tipo; depende de varios factores, principalmente del ancho y de la posición de la banda de atenuación máxima, pudiendo adquirir valores muy altos para bandas estrechas. Sin embargo, debido a las cambiantes características de los ruidos dentro de una misma área, es conveniente el empleo de bandas anchas (en términos de longitudes aparentes de onda) de atenuación máxima.

Para este último caso y suponiendo una línea promedio de respuesta, el valor del mejoramiento estará comprendido entre 50 y 75. Si se considera un valor mínimo satisfactorio de 3 para la relación señal-ruido resultante, puede concluirse que estos tendidos combinados son aplicables —en general— en áreas con relaciones señal-ruido en el terreno no inferiores a 1/25. Sin embargo, una conclusión segura sólo podrá alcanzarse hasta conocer las características completas de los espectros de ruido y de señal.

Respecto al número de detectores del tendido combinado, se aplican los mismos razonamientos que para el tendido sencillo discutido anteriormente. El número de pozos por estación depende más de la posición y del ancho necesario de la banda de cancelación que de cualquier otro factor; usualmente 5 a 7 pozos serán suficientes para resolver adecuadamente la mayor parte de los problemas, dentro de las condiciones para las cuales este sistema ha sido diseñado.

Una comparación entre las características de los tendidos sencillos y combinados indica que el empleo de estos últimos incrementa en 5 veces el poder resolutivo del Método Sismológico de Reflexión.

ESTRUCTURA DE ANAHUAC, N. L.

R e s u m e n

Esta estructura se localiza aproximadamente a 50 Km. al suroeste de la Ciudad de Nuevo Laredo, Tamps. Su topografía es algo irregular. La mayor parte del área está cubierta por una delgada capa de tierra arenó-arcillosa, encontrándose grava superficial en las partes altas y en una faja NW-SE de 2 kilómetros de ancho que cruza el extremo occidental de la línea 159. Aflora la formación Taylor del Cretácico Superior. A la fecha se han perforado dos pozos, Anáhuac No. 1 y No. 2, habiéndose registrado buenas indicaciones de gas en el primero; se tienen también indicaciones de la existencia de una zona arrecifal, dentro de la formación Cupido, en el pozo Anáhuac No. 2 (Placa X).

El objetivo del empleo del sistema de sismos y pozos múltiples fue mejorar la calidad de la información obtenida anteriormente por el método convencional, buscando preferentemente la obtención de información profunda, del orden de 3,000 metros. La primera parte se cumplió satisfactoriamente, como lo muestran las Láminas VII y VIII. El objetivo principal, el registro de información profunda, sólo pudo cumplirse parcialmente, debido probablemente a condiciones desfavorables del subsuelo —en esos niveles— y también a que el problema del ruido no pudo ser completamente superado.

Discusión de Resultados:

Se efectuó inicialmente un análisis de ruidos que proporcionó la siguiente información:

Relación señal-ruido, entre 1/3 y 1/15.

Espectro de señal, con longitudes aparentes de onda entre 250 metros e infinito.

Espectro de ruido, con longitudes aparentes de onda entre 19 y 56 metros.

Se estudiaron varios tendidos combinados, de los cuales se muestran dos en las Láminas IV-A y IV-B; de todos, el más conveniente es el IV-A por las siguientes razones:

- a) Produce atenuación uniforme sobre todo el ancho de la banda deseada.
- b) Produce un mejoramiento del orden de 70, para una relación señal-ruido, de 4.7 en el caso más desfavorable.
- c) Utiliza el número mínimo de pozos por estación, compatible con resultados eficaces.

La línea No. 195 (Lámina VII) muestra comparativamente los resultados obtenidos. Esta línea fue seleccionada entre aquellas que ofrecen un contraste promedio de calidad, el cual se manifiesta de dos maneras; es mejor la calidad de los impulsos registrados, y es mayor la información obtenida, disminuyendo la extensión de las porciones sin datos; también, el trazo de la falla es más seguro.

Al proseguirse el desarrollo del trabajo, ocurrió un desmejoramiento en la calidad de los datos. Se efectuó un segundo análisis de ruidos que mostró el siguiente cambio en las características del ruido y de la señal;

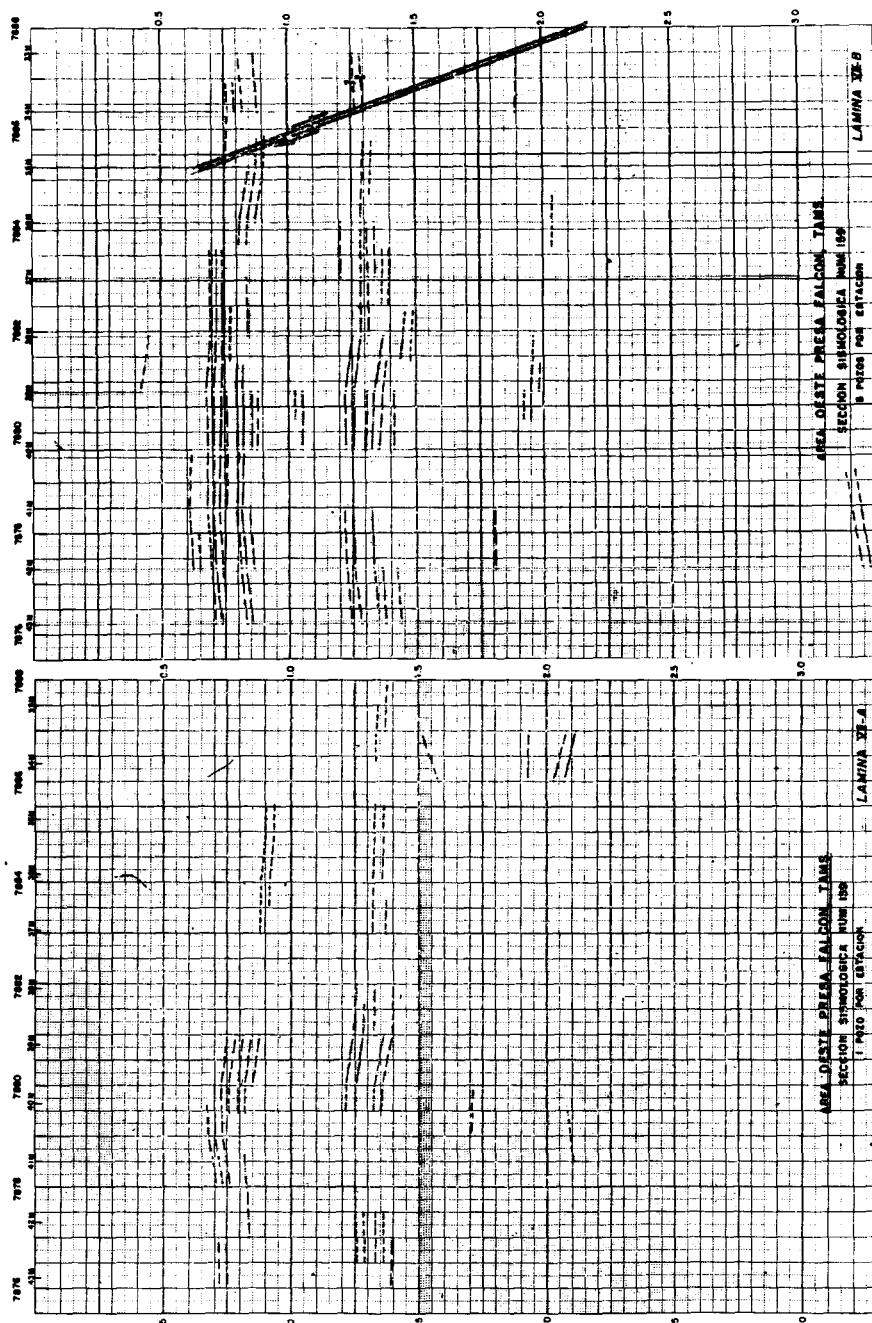
Relación señal-ruido, entre 1/5 y 1/25.

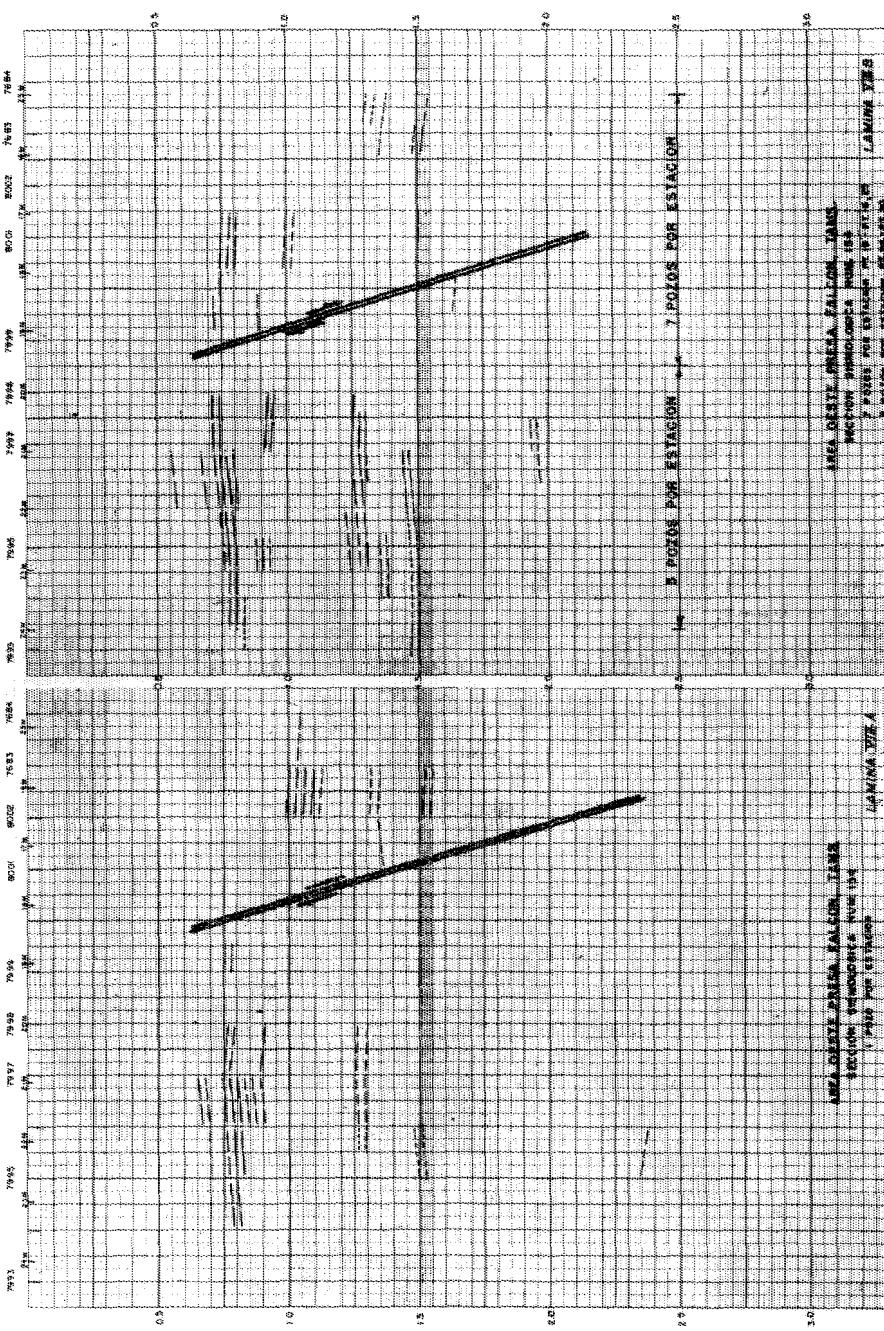
Espectro de señal, con longitudes aparentes de onda entre 300 metros e infinito.

Espectro de ruido, con longitudes aparentes de onda entre 38 y 140 metros, con los ruidos más intensos concentrados entre 38 y 48 metros.

Al calcularse las nuevas características del tendido combinado, fue necesario considerar la longitud de los cables, arreglados para una máxima cubierta de 60 metros por grupo. En las Láminas V-A-B y VI se muestran tres posibles soluciones, de las cuales la tercera es la mejor, por las siguientes razones:

- a) Produce suficiente atenuación sobre toda la banda deseada, con excepción de los ruidos de mayor longitud de onda. Para atenuar más estos ruidos, sería necesario emplear mayores cubiertas de sismos y pozos.





LAMINA VIII—A y B

- b) Produce un mejoramiento del orden de 65, para una relación señal-ruido de 2.6 en el caso más desfavorable.
- c) Utiliza el número mínimo de pozos por estación, compatible con resultados eficaces (para una máxima cubierta disponible de sismos/grupo de 60 metros).

La línea No. 154 (Lámina VIII) muestra comparativamente los resultados obtenidos. Esta línea se seleccionó entre las que exhiben menor contraste de calidad; sin embargo, es visible un moderado aumento en la cantidad y en la calidad de los reflejos obtenidos; también el trazo de la falla es más seguro.

Los sismogramas de la Placa IX ilustran las características y contrastes de calidad mostrados por las láminas-secciones VIII y VII respectivamente.

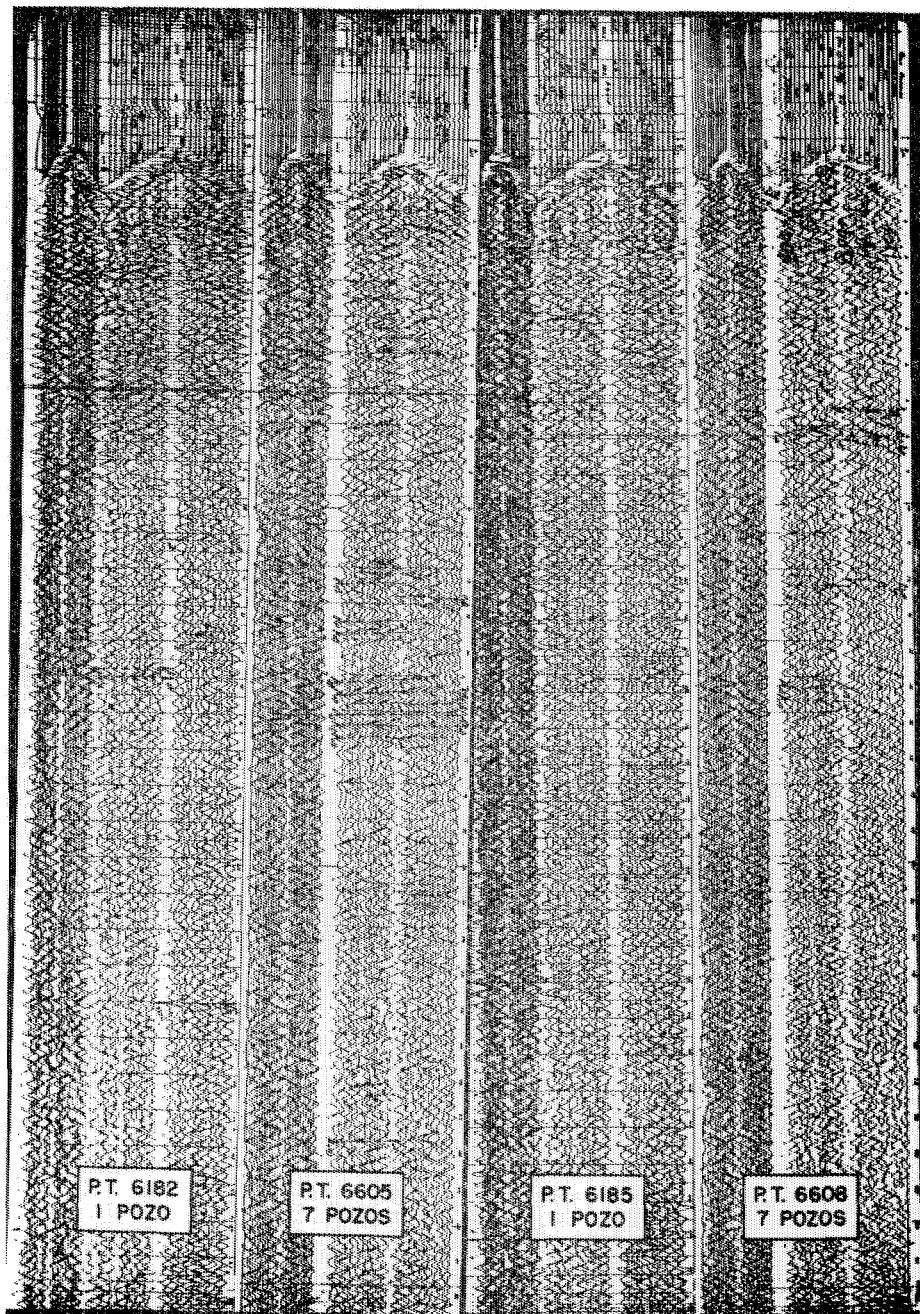
Conclusiones Finales.

Es fundamental efectuar inicialmente todas las pruebas necesarias, a fin de hacer una correcta evaluación del problema del ruido, y poder así aplicar soluciones eficaces con el mínimo posible de elementos (detectores y pozos).

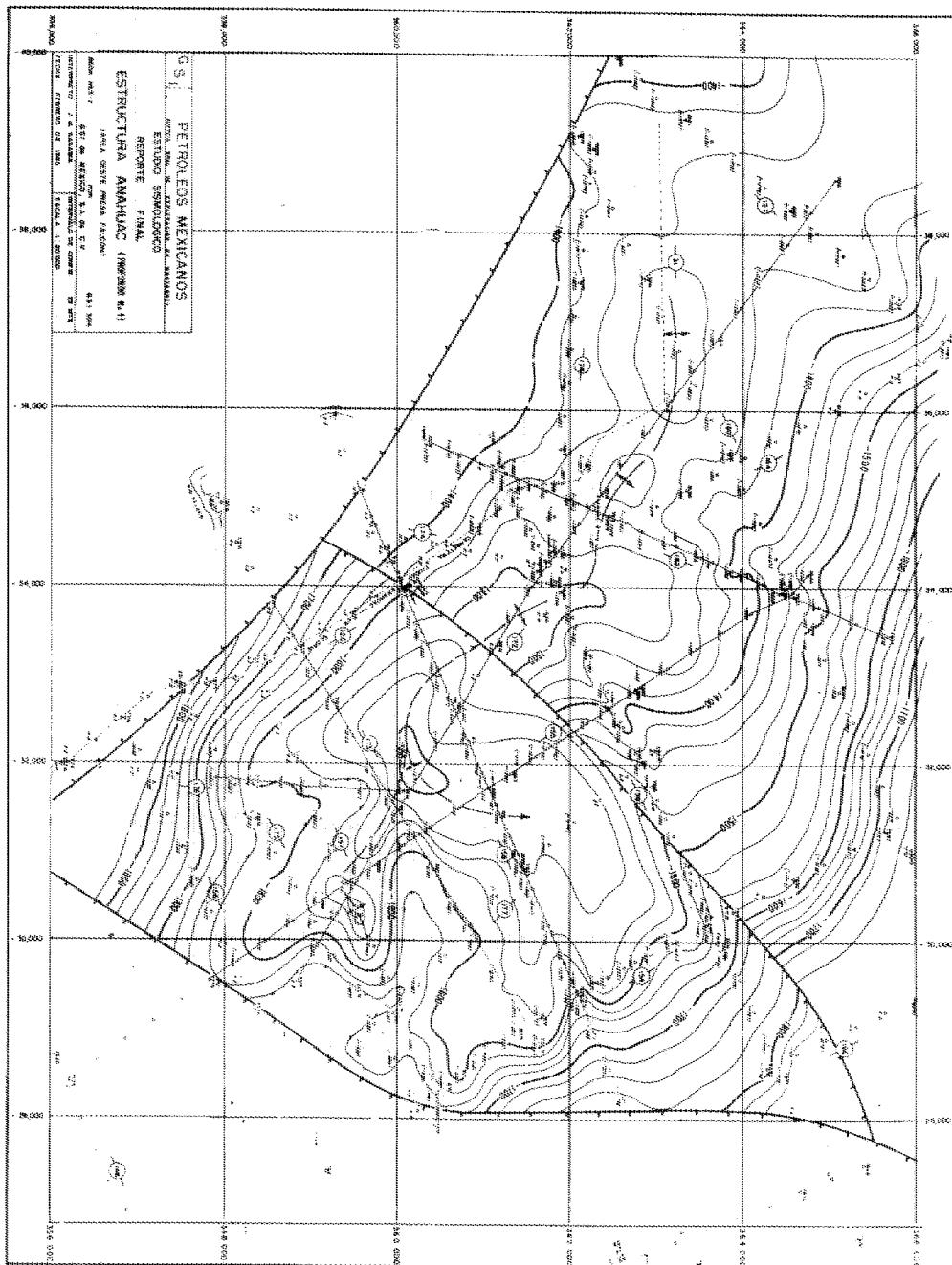
El óptimo valor para las expresiones (6) y (7) es aproximadamente 1.4. Las Láminas IV-A y VI muestran dos buenas soluciones para un tendido de detectores, frecuente en esta zona, de 60 metros/grupo.

Mayor número de detectores y/o pozos no significa necesariamente un incremento en el valor del mejoramiento, sino más bien un aumento en el ancho de la banda de máxima atenuación, si el mayor número de elementos se combina con el empleo de cubiertas más largas de sismos y/o pozos.

El límite máximo del mejoramiento obtenible es del orden de 75, para una banda uniforme de atenuación. Ruidos con longitudes aparentes de onda de 120-140 metros, o mayores, no pueden ser atenuados efectivamente por este sistema, sin peligro de perjudicar seriamente al espectro de señal.



PLACA IX



PLACA X

Todos los factores considerados, el método de sismos y pozos múltiples, aisladamente o en combinación, constituye un recurso valioso a la disposición del sismólogo, dentro de las condiciones y limitaciones para las que ha sido diseñado.

REFERENCIAS

GRAEBNER, R. J.—“A Noise Analysis Procedure”.

SMITH, M. K.—“Noise Analysis and Multiple Seismometer Theory”.

EMBREE, P.—“Tables and Techniques for Computing Array Wave Number Responses”.

GARCIA ROJAS, A.—“Notas sobre el empleo de sismo-detectores múltiples”.

OLHOVICH, V. A.—“Las causas de Ruido en Trabajos Sismológicos de Reflexión y Refracción”.

BASURTO, J. G.—“Uso de Detectores Múltiples en la Exploración Sismológica”.

TERMAN, F. E.—“Radio Engineering”.

SARABIA, J. M.—“Informe Final, Área Oeste Presa Falcón, Estructura de Anáhuac, N. L.”.

NUEVOS SOCIOS

David Fredín McCormack.
Fredín, S. A.
Apartado Postal 53958.
México, D. F.

Guthberto Sevilla Bazán.
José Borunda 1435 — A-1.
Ciudad Juárez, Chihuahua.

Raymundo Aguilera Ibarra.
Oaxaca 120.
San Luis Potosí, S. L. P.

Patricio Díaz Frías Jesús.
Superintendencia Exploración.
Poza Rica, Ver.

Jorge Garnica Robledo.
Av. Juárez 95 - 207.
México 1, D. F.

Salvador Hernández González.
Laguna de Tamiahua No. 88-8-A.
México 17, D. F.

James Long Kennedy.
1300 Rodeo Road, Arcadia.
California 91006, U. S. A.

Carlos López Ramírez.
Superintendencia Exploración.
Poza Rica, Ver.

NUEVOS SOCIOS

Anastasio Villalobos Castrejón.
Superintendencia Exploración.
Poza Rica, Ver.

Herman Ackerman August.
918 South Frisco.
Tulsa, Oklahoma. U. S. A.

Harold A. Sears.
5803 Glenmont Drive.
Houston, Texas 77036.

Antonio Torres Gallardo.
Morelos 1100.
San Luis Potosí, S. L. P.

Francisco Valencia Tapia.
Juan Sarabia No. 67-8.
México 16, D. F.

Héctor Miguel Barreda García.
Av. Pino Suárez y C. Zalazar.
Monterrey, N. L.

Ing. Carlos Eleazar Cantú Salinas.
Edificio Maracán Desp. 107.
Av. Juárez y Allende.
Monterrey, N. L.

Ing. Freddy Soria Galvarro Rosales.
1335 West Gray.
Houston, Texas 77019.
U. S. A.

NUEVOS SOCIOS

Ing. Fortino Cuervo Patiño.
Juárez No. 404.

Col. Manuel Avila Camacho.
Poza Rica, Ver.

Ing. Hernán Céspedes Arce.
Casilla No. 1194.
La Paz, Bolivia.
Sud-América.

Ing. Fredy Torrico Rodríguez.
Correo Central.
La Paz, Bolivia.

Sergio García, García.
Prol. Alamo No. 613.
México 15, D. F.

Alberto Rodríguez Villagómez.
Ing. Carlos Daza No. 224-3.
México 14, D. F.

Moisés Salazar Pérez.
Indios Verdes No. 81.
México 9, D. F.

Armando Pérez Sánchez.
Retorno No. 4 de Manuel Rivera.
Cambas No. 43.
México 2, D. F.

LA CONVENCION DE LA "SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS"
SERA DEL 6 AL 10 DE NOVIEMBRE DE 1966.

La 36a. Convención Anual Internacional de la "Society of Exploration Geophysicists" tendrá verificativo en el Hotel "Shamrock Hilton" de la ciudad de Houston, del 6 al 10 de Noviembre de 1966, en lugar del 13 al 17 de Noviembre del mismo año, como se había venido anunciando.

El Comité Organizador quedó constituido en la forma siguiente:

Presidente General, Chester Sappington, Vice-Presidente de Ray Geophysical Division of Mandrel.

Finanzas y Vice-Presidente, Ben R. Howard, Mobil Oil Co.

Investigación, Dr. F. A. Van Melle, Shell Development Co.

Programas, Dr. Franklyn K. Levin, Humble Oil & Refining Co.

Programas de Minas, H. V. W. Donohoo, Texas Gulf Sulphur Co.

Exhibidores, Robert C. Herron, Gulf Oil Corp.

Alojamiento, T. P. Ellsworth, Consultor.

Publicidad, Robert B. Baum, Seismograph Service Corp. and Bettye Athanasiou, Geo Space Corp.

Publicaciones, Jack C. Weyand, Sidney Schafer and Co.

Registro, Bird G. Swan, Continental Oil Co.

Recepción, H. L. Richardson, Chevron Oil Co., Geophysical Division.

Eventos Especiales, Curtis C. Bratt, Phillips Petroleum Co.

Festejos, C. Hugh Broussard, Independent Exploration Co.

Programa de Damas, Mrs. Vernal D. Clark.

Para mayor información por favor sírvase dirigirse a:

Bettye Athanasiou-Co., Presidente de Publicidad

Geo Space Corporation

5803 Glenmont Drive

Houston, Texas 77036

MO 6 - 1611

BOLETIN DE LA ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS
DE EXPLORACION

INDICE GENERAL

VOLUMENES I AL VI.

VOLUMEN I

| Número 1 | Pág. |
|---|------|
| “Aparatos sismológicos con grabación magnética”. | 7 |
| <i>Ing. A. García Rojas.</i> | |
| “Continuous Velocity Logging y sus aplicaciones al Servicio de la Industria Petrolera”. | 38 |
| <i>Ing. R. L. Garduño A.</i> | |
| “Determinación de la Superficie de contacto de una capa de alta velocidad alrededor de un pozo profundo”. | 65 |
| <i>Ing. V. A. Olhovich.</i> | |
| “Determinación de la latitud por observación de distancias cenitales de la polar”. | 68 |
| <i>Dr. Honorato de Castro.</i> | |
| “Instrucciones para determinar la latitud por alturas sucesivas de la polar”. | 73 |
| <i>Dr. Honorato de Castro.</i> | |

| Número 2 | Pág. |
|---|-------------------------------------|
| “Método azimutal de observaciones sísmicas”. | 89 |
| | <i>E. I. Galperin.</i> |
| | <i>Ing. J. L. A. Orozco.</i> |
| Apéndice: | |
| “Recientes progresos en Equipo Registrador de Datos Sísmicos”. | 169 |
| | <i>Hal J. Jones.</i> |
| “Aplicación del Registro Magnético en Sismología”. | 186 |
| | <i>Ing. Antonio C. Limón</i> |
| “Un ejemplo de la influencia de los filtros sobre los reflejos sísmicos”. | 200 |
| | <i>Ing. Francis Van Goor.</i> |
| Número 3 | |
| “Instructivo para observación Sismológica”. | 209 |
| | <i>Ing. Antonio Cordero L.</i> |
| “Macroismos y Geología”. | 287 |
| | <i>Ing. Manuel Alvarez, Jr.</i> |
| “Desviaciones de la Vertical”. | 299 |
| | <i>Dr. Honorato de Castro.</i> |
| Número 4 | |
| “Velocidades Sísmicas en el área de Tampico”. | 315 |
| | <i>Ing. Jesús Basurto García.</i> |
| | <i>Ing. Alfonso Muriedas Pavón.</i> |
| “Traducción de un Artículo sobre Isostacia publicado en una revista inglesa que trata sobre “The Figure of the Earth and Isostasy”. | 329 |
| | <i>Dr. Honorato de Castro.</i> |
| “Interpretaciones Gravimétricas”. | 342 |
| | <i>Ing. V. A. Olhovich.</i> |

| | Pág. |
|--|------|
| “Delay Line Filtering” <i>Ing. Antonio C. Limón.</i> | 352 |
| “Medición continua de Echados en pozos Petroleros”. <i>Ing. Luis Morones C.</i> | 360 |

VOLUMEN II

Número 1

| | |
|--|---|
| “Aspecto sobre el uso de sismodetectores múltiples”. <i>Ing. Antonio C. Limón</i> | 3 |
|--|---|

| | |
|--|----|
| “El comportamiento sismológico del Atolón conocido con el nombre de Faja de Oro”, Estado de Veracruz, México. <i>Ing. Armando Eguía H.</i> <i>Ing. Juventino Islas L.</i> | 19 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| “Foro Abierto”. <i>Ing. Mariano Hernández M.</i> | 42 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| “Un ejemplo de Reflejos Múltiples”. <i>Ing. V. A. Olhovich.</i> | 43 |
|--|----|

Comentarios.

| | |
|--|----|
| “Un método gráfico preciso para interpretación de líneas sísmicas de refracción”. <i>Prof. Dr. Hans Ertel.</i> | 47 |
|--|----|

Número 2

| | |
|---|----|
| “Fórmula aproximada de la función Pi de Gauss válida tanto para números elevados como pequeños”. <i>Prof. Dr. Hans Ertel.</i> | 69 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| “Nueva fórmula aproximada para la función Pi de Gauss y aplica- ción especialmente al cálculo de probabilidades”. <i>Prof. Dr. Hans Ertel.</i> | 77 |
|--|----|

| | Pág. |
|---|------|
| “Influjo de la Luna y el Sol sobre la Pesantez”. | 87 |
| <i>Dr. Honorato de Castro.</i> | |
| “Nomograma para el cálculo de la Influencia del Sol y de la Luna en trabajos gravimétricos para la República Mexicana”. | 103 |
| <i>Ing. V. A. Olhovich.</i> | |
| Notas sobre dos nuevos métodos de Exploración Sísmica. | 107 |
| <i>Ing. Santos Figueiroa.</i> | |
| “Foro Abierto”. | |
| “Teoría del Nivel”. | 113 |
| <i>Dr. Honorato de Castro.</i> | |
| Número 3 | |
| “Teoría de los sismodetectores de bobina móvil”. | 121 |
| <i>Ing. Antonio García Rojas</i> | |
| “Historia del campo “La Venta”. | 139 |
| <i>Ing. A. Villagómez Aguilera.</i> | |
| “Determinación gravimétrica del elipsoide que más se ajusta a la realidad mexicana”. | 173 |
| <i>Dr. Honorato de Castro.</i> | |
| “Foro Abierto”. | |
| “Usos y peligro de los filtros de paso de banda angosta”. | 179 |
| <i>Ing. Felipe Neri España.</i> | |
| Número 4 | |
| “El calculador óptico”. | 189 |
| <i>R. W. Baltosser y S. W. Wilcox</i> Traducido del Inglés por el <i>Ing. V. A. Olhovich.</i> | |

| | Pág. |
|---|------|
| “Necesidad de refinar el marcado e interpretación del sismograma en sismología de reflexión”. | 213 |
| <i>Ing. Mariano Hernández M.</i> | |
| “Masa y densidad media de la Tierra”. | 225 |
| <i>Dr. Honorato de Castro.</i> | |
| “Características físicas del interior de la Tierra”. | 227 |
| <i>Dr. Honorato de Castro.</i> | |
| “Foro Abierto” | |
| “Tiempo de retraso”. | 231 |
| <i>Ing. Felipe Neri España.</i> | |

VOLUMEN III

Número 1

| | |
|--|----|
| “Los principios, diseño y operación de un magnetómetro de libre precesión del protón”. | 3 |
| <i>W. E. Bell y J. M. Drake</i> Traducido del Inglés por el <i>Ing. Enrique del Valle T.</i> | |
| “Principios que se utilizan en el magnetómetro de precesión libre nuclear”. | 25 |
| <i>Ing. Enrique del Valle T.</i> | |
| “La difracción como medio de interpretación sismológica”. | 45 |
| <i>Ing. Armando Eguía Huerta.</i> <i>Ing. J. L. A. Orozco.</i> | |
| “Foro Abierto”. | |
| “Desventajas en el empleo de filtros de paso de banda ancha”. | 61 |
| <i>Ing. Antonio Cordero Limón.</i> | |

| Número | | Pág. |
|--------|--|------|
| 2 | | |
| | “Notas sobre el empleo de sismodetectores múltiples”. | 85 |
| | <i>Ing. Antonio García Rojas.</i> | |
| | “Aplicación de sismos múltiples en áreas difíciles de la Zona Noreste”. | 115 |
| | <i>Ing. José Coffin Otero.</i> | |
| | “Foro Abierto”. | |
| | “El método de los mínimos cuadrados”. | 129 |
| | <i>Ing. Felipe Neri España.</i> | |
| 3 | | |
| | “Trampas estratigráficas y sus manifestaciones desde el punto de vista Sismológico”. | 143 |
| | <i>Ing. Alfonso Muriedas Pavón.</i> | |
| | <i>Ing. David Juárez Temoltzin.</i> | |
| | “Importancia de los horizontes con echado discordante detectados sistemáticamente dentro del Terciario en el Noreste de México”. | 161 |
| | <i>Ing. Miguel Salmón H.</i> | |
| | “Foro Abierto”. | |
| | “Distancia real observada sobre el horizonte reflejante en las secciones migradas”. | 189 |
| | <i>Ing. Martín A. Cordero Baca.</i> | |
| 4 | | |
| | “La Geofísica y el descubrimiento de nuevos campos petroleros en la Zona Sur”. | 201 |
| | <i>Ing. Alfonso Cornejo Toledo.</i> | |
| | “Fundamentos de la exploración sísmica por el método de reflexión”. | 215 |
| | <i>Ing. Francis Van Goor.</i> | |

| | |
|--|------|
| “Foro Abierto”. | Pág. |
| “Comentarios sobre el uso de filtros”. | 247 |
| <i>Ing. V. A. Olhovich.</i> | |
| “Un criterio a seguir al determinar las velocidades de intervalo”. | 251 |
| <i>Ing. Felipe Neri España.</i> | |
| “Análisis cualitativo de las velocidades sísmicas y de los registros eléctricos de los pozos Constitucionales No. 105 y Limón No. 191. | 268 |
| <i>Ing. Mario T. Trujillo.</i> | |
| “Método General para la construcción de diagramas de trayectorias y frentes de onda para cualquier distribución de velocidades”. | 274 |
| <i>Ing. V. A. Olhovich.</i> | |

VOLUMEN IV

Número 1

| | |
|---|---|
| “Pruebas de pozos múltiples en el área de San Lorenzo, Tamps.”. | 3 |
|---|---|

Ing. Antonio Deza Suárez.

| | |
|--|----|
| “Análisis de ruido en el área de San Lorenzo, Tamps.”. | 21 |
|--|----|

Ing. Antonio Deza Suárez.

| | |
|---|----|
| “Análisis de ruido en el área Asunción-Tuxpan, Ver.”. | 31 |
|---|----|

*Ing. Antonio C. Limón.
Ing. David Juárez T.*

Número 2

| | |
|--|----|
| “Notas sobre el empleo de sismodetectores múltiples. 2a. Parte: Detectores de diferentes sensibilidades situados en línea o distribuidos en una área”. | 47 |
|--|----|

*Ing. Antonio García Rojas
Ing. J. Basurto García.*

| | |
|--|---------------------------------------|
| “Algunas perturbaciones que oscurecen los registros sismológicos de reflexión”. | 85 |
| | <i>Ing. Antonio García Rojas</i> |
| | <i>Ing. R. Ochoa E.</i> |
| | <i>Ing. Enrique del Valle T.</i> |
| | <i>Ing. Jesús Basurto García.</i> |
| Número 3 | |
| “Efecto direccional de las cargas distribuidas linealmente y su empleo en la exploración sísmica”. | 105 |
| | <i>Ing. Daniel Gutiérrez G.</i> |
| “El acoplamiento de la energía explosiva de la roca”. | 145 |
| | <i>R. Nicholls.</i> |
| | Traducido por el |
| | <i>Ing. Daniel Gutiérrez G.</i> |
| “Método gráfico para analizar registros de velocidad”. | 173 |
| | <i>C. R. Davis.</i> |
| | Traducción: <i>Ing. Jorge R. Lazo</i> |
| Número 4 | |
| “Las causas de ruido en trabajos sismológicos de reflexión y refracción”. | 205 |
| | <i>Ing. V. A. Olhovich.</i> |
| “Técnicas de registro sismológico”. | 237 |
| | <i>Ing. A. C. Limón</i> |
| “Nota sobre la composición de un número de ondas senoidales de igual período y amplitud”. | 263 |
| | <i>Ing. Daniel Gutiérrez G.</i> |
| “Ingeniería Civil, Geología y Geofísica”. | 271 |
| | <i>Ing. Gustavo Bello Orta.</i> |

| | Pág. |
|--|------|
| “Foro Abierto”. | |
| “Una variante en el diseño de una cubierta de sismodetectores múltiples y como consecuencia de determinación del filtro adecuado para una cubierta ya construída”. | 275 |
| <i>Ing. Mariano Hernández M.</i> | |
| VOLUMEN V | |
| Número 1 | |
| “Descubrimiento del tercer tramo del arrecife de la Faja de Oro dentro del Golfo de México”. | 3 |
| <i>Ing. Santos Figueiroa H.</i> | |
| “Características teóricas de algunos tipos de ruidos y métodos para su reconocimiento y eliminación”. | 23 |
| <i>Ing. Daniel Gutiérrez G.</i> | |
| Número 2 | |
| “Correlación estadística aplicada a la interpretación sismológica”. | 97 |
| <i>Ing. J. L. A. Orozco J.</i> | |
| “Foro Abierto”. | |
| “Determinación de la cubierta óptima de sismodetectores múltiples”. | 143 |
| <i>Ing. Mariano Hernández M.</i> | |
| Número 3 | |
| “Uso de detectores múltiples en la exploración sismológica” | 155 |
| <i>Ing. Jesús Basurto G.</i> | |
| “Correlación Sismológica y Geológica”. | 187 |
| <i>Ing. Armando Eguía H.</i> | |

Número 4 Pág.

“La transformada de Fourier y su aplicación en el estudio de equipos sismológicos”.

209

Ing. Antonio García Rojas.

Ing. Daniel Gutiérrez G.

“Comparación entre trabajos sismológicos antiguos y recientes en el Distrito Noreste. Afinamiento de las interpretaciones por el uso de técnicas más perfeccionadas y la coordinación de datos sismológicos y geológicos”.

247

Ing. José Coffin Otero.

Ing. Miguel Salmón H.

VOLUMEN VI

Número 1

“Cálculo matemático de leyes de velocidad Método “Sigma” (Σ). 3

Ing. Ernesto Elorduy T.

Srita. Guadalupe Pérez R.

“Una aplicación Geofísica a la Ingeniería Civil”. 53

Ing. Gustavo Bello Orta.

Número 2

“Principios de Filtrado Digital”. 81

Sr. E. A. Robinson

Sr. S. Treitel.

“El teorema de la superposición y el filtrado en el dominio del Tiempo”. 113

Ing. Antonio García Rojas

| | Pág. |
|---|------|
| Número 3 | |
| “Principios teórico-básicos de modernos sistemas de control automático para equipos sísmicos”. | 145 |
| <i>Ing. A. J. Hermont.</i> | |
| “Foro Abierto”. | |
| “Carta al editor: Una aplicación ejemplar del álgebra de los sistemas”. | 211 |
| <i>Ing. Felipe Neri España.</i> | |
| Número 4 | |
| “Sistematización de la interpretación gravimétrica, haciendo uso de las calculadoras electrónicas”. | 219 |
| <i>Ing. Luis Morones C.</i> | |
| “Normas de operación para trabajos sísmicos marinos”. | 239 |
| <i>Ing. A. Cordero Limón.</i> | |

IV CONVENTION

de la

ASOCIACION MEXICANA

DE GEOFISICOS

DE EXPLORACION

en

Coatzacoalcos, Ver.



NOVIEMBRE DE 1967



Te Invitamos Calurosamente

A SUMARTE AL GRAN PROGRAMA
DE CELEBRACIONES POR LOS **50 Años**
DE NUESTRA GLORIOSA ESCUELA.

Es necesario que nos facilites la comunicación contigo
envíandonos cuanto antes tu dirección.

CONTAMOS DE ANTEMANO
CON TU PRESENCIA Y
COLABORACION ENTHUIASTA



COMISION CINCUENTENARIO ESIME

Culiacán No. 115 México 11, D. F. Tel. 33-17-90

EXPLORACIONES:

GEOHIDROLOGICAS

PETROLERAS

GEOFISICAS

MINERAS

ESTUDIOS:

CORROSION SUBTERRANEA

MECANICA DE SUELOS

AGUA SUBTERRANEA

REG. ELEC. EN POZOS

TOPOGRAFICOS



FABRICACION Y VENTA DE EQUIPOS:

RELACION DE CAIDAS DE POTENCIALES

REGISTROS ELECTRICOS DE POZOS

RESISTIVIDAD ELECTRICA

POLARIZACION INDUCIDA

SOLICITE INFORMES A: SAN JUAN DE LETRAN 475-B-103

CIUDAD TLATELOLCO — MEXICO 3, D. F.

EXPLORACIONES,

— S. A. —



Iturbide No. 36 Desp. 201

Tel. 10-15-64

MEXICO, D. F.

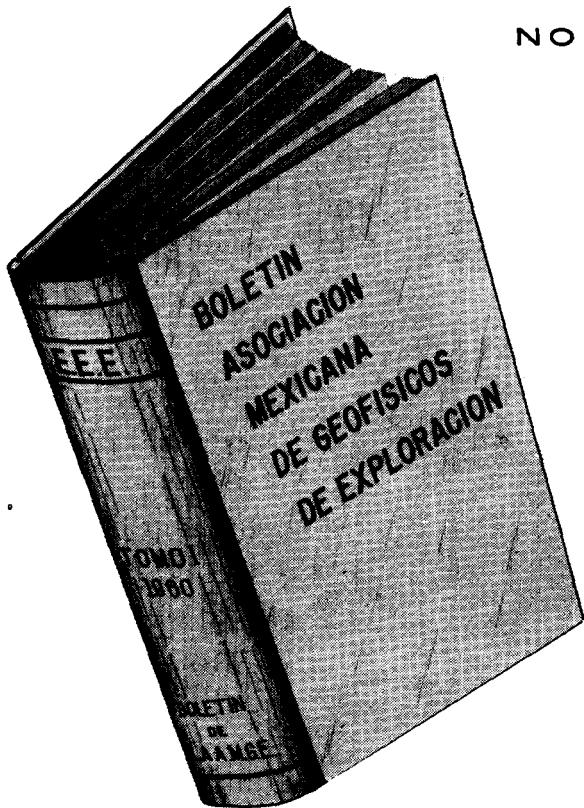


S O C I O S

\$ 100.00

N O S O C I O S

\$ 150.00



ADQUIERA UD. LOS VOLUMENES NUMEROS I - II - III -
IV - V Y VI CORRESPONDIENTES A LOS AÑOS DE 1960 -
1961 - 1962 - 1963 - 1964 Y 1965 EMPASTADOS EN KERATOL
CON SUS INICIALES GRABADAS EN ORO.

PEDIDOS A LA
ASOC. MEX. DE GEOF. DE EXPL.

PERFORACIONES, S. A.

**CONTRATISTA DE PERFORACION
EXPLORATORIA DESDE 1950 PARA**

PETROLEOS MEXICANOS

SECRETARIA DE MARINA

CONSTRUCTORA MALTA, S. A.

NATIONAL SOIL SERVICES, CO.

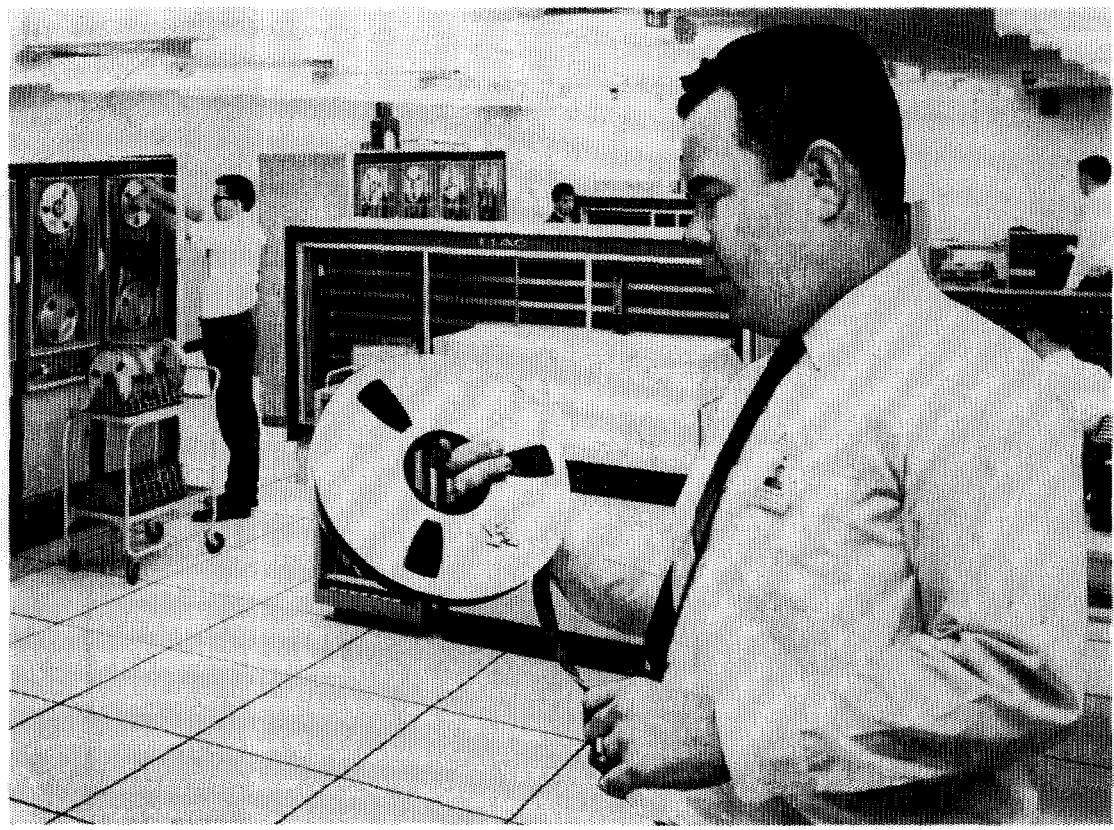
**CIA. FUNDIDORA DE FIERRO Y
ACERO DE MONTERREY, S. A.**

Y PARTICULARES

AVENIDA JUAREZ No. 119 - 5o. PISO

Teléfonos: 21-37-25 y 21-36-42

MEXICO 1, D. F.



**Su trabajo: PRODUCCION SISMICA!
Procesos solicitados: PROGRAMAS AEN-O, DCN-1, DPG-O**

La cinta que Carlos Bissell se prepara a montar en un centro GSI de procesamiento, contiene registros de una de las líneas principales de su levantamiento marino. La oficina de interpretación necesita una sección después de que los sismogramas han sido editados (eliminadas trazas ruidosas, cambio de polaridad, etc.), corregidos por desplazamiento horizontal, desconvueltos y reunidas las trazas de profundidad común. Usted tiene prisa por ver los resultados en el informe semanal. Ahora es el momento en que Carlos tiene que producir.

¿Qué le ayuda a Carlos a producir? Primero, él conoce su trabajo. Ha sido entrenado para ello y tiene más de cinco años de experiencia en producción sismica, 12 meses de esta aquí mismo, en este centro. Segundo, trabaja con equipo digital de alta velocidad, probado en producción y específicamente diseñado para procesar datos sísmicos. Tercero, tiene a su mando una biblioteca completa de alta eficiencia, programas de producción para aprovechar la potencia elaboradora del TIAC. Sobre todo, él está respaldado por hombres de la mayor, experiencia digital en producción sismica—

Programadores, geofísicos de área, sismólogos, investigadores y gerentes de operaciones.

Con todo este apoyo, Carlos tiene qué producir. Es su levantamiento y Ud. quiere su información geofísica libre de ruido y múltiples, y desconvuelta.

GSI está entregando producción sismica digital en todo el mundo. Carlos podría hacer este mismo trabajo al igual que otros en centros de procesación sismica digital pertenecientes a GSI en Dallas, Nueva Orleans, Midland, Houston, Londres, Calgary y en otros que se abrirán próximamente.

GSI significa producción geofísica, sismica digital o analógica, gravimetría, magnetometría, acumulación de datos de campo, procesamiento o interpretación.

Estamos obligados a ello. Es nuestro trabajo.

GSI

de Mexico S. A. de C. V.

AVENIDA JUAREZ 119, DESPACHO 42.

MEXICO CITY, D. F.

