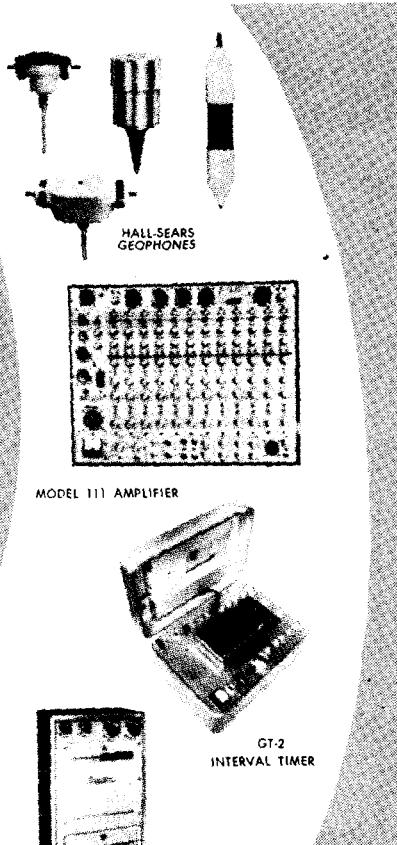


**La mejor
línea completa
de detectores sísmicos
que la industria
tiene además
de instrumentos
enteramente integrados
para registro en el campo
y reducción
de los datos**

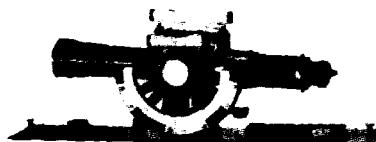




ROSSBACH DE MEXICO, S. A.

FABRICANTES DE INSTRUMENTOS DE PRECISION

Aliada Rossbach tipo
"Geológica"



Modelo 620

Sobre Pedido:

aproximación de 20 segundos

- Tránsito Rossbach Mod. 510R aproximación 1 minuto
- Tránsito Rossbach Mod. 512R aproximación 1 minuto
- Plancheta Rossbach Mod. 600R
- Limnógrafo Rossbach
- Pluviógrafo Rossbach
- Estadales Philadelphia
- Nivel fijo 18" Mca. Rossbach Mod. 191R
- Molinete Eléctrico Rossbach
- Molinete Mecánico Rossbach
- Veletas Embaladas
- Niveles Automáticos
- Tránsitos de 1 segundo

Representantes de Otto Fennel & Son

Representantes de Miller Innsbruck

Representantes de Meopta - Praha

APARATOS PARA OBSERVACIONES METEOROLOGICAS E HIDROMETRICAS DE LA
AFAMADA CASA NEGRETTI & ZAMBRA. LONDRES

ROSSBACH DE MEXICO, S. A.

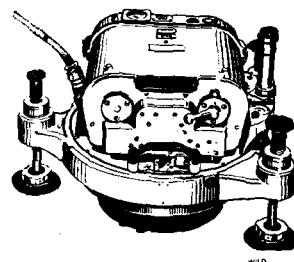
OFICINAS: Diagonal San Antonio 1015 - Tel.: 23-39-72

FABRICA: Calz. Ixtapalapa-Puebla 1629 - Tel.: 39-20-09

COMPAÑIA MEXICANA AEROFOTO, S. A.

LOS SIGUIENTES ELEMENTOS RESPALDAN

NUESTROS 31 AÑOS DE OPERACION.



WILD

EQUIPO DE RESTITUCION PARA PLANOS
TOPOGRAFICOS:

- 1 Autógrafo WILD A-7
- 1 Autógrafo WILD A-8
- 1 Autógrafo WILD A-9
(Para fotografías granangulares
y supergranangulares)
- 4 Aviágrafos WILD B-8
- 3 Aparatos de Restitución KELSH
- 1 Múltiplex con 8 proyectores

- 1 Cámara fotogramétrica WILD RC-8
- 1 Cámara fotogramétrica WILD RC-5
- 1 Cámara supergranangular WILD RC-9
- 3 Cámaras fotogramétricas FAIRCHILD
- 1 Cámara fotogramétrica para fotografía
infra roja y a colores.

AVIONES DE ALTURA:

- F-15 Northrop, matrícula XB-FUJ
- Boeing B-17G, matrícula XB-BOE

Douglas Dauntless, matrícula XB-QUC
North American, O-47-B matrícula
XB-YUW

AVIONES DE MEDIANA ALTURA:

- Strato Helio, matrícula XB-YOI
- Beechcraft, matrícula XB-VIG
- Beechcraft, matrícula XB-RAU
- Cessna 190, matrícula XB-KUC

Además equipo completo de laboratorio, mapas para mosaicos, fotografías panorámicas y fotografías
rectificadas de reproducción

120 empleados especializados en los distintos aspectos de la fotogrametría

DIRECCION:

Av. Obrero Mundial Núm. 338, Esq. con Pestalozzi
Teléfono: 43-38-30 con tres líneas directas

Méjico 12, D. F.

Talleres de Aviación y Hangares

Lindero Sur, Aeropuerto Central

Tels.: 22-22-58 y 22-29-64



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.

Tanto en
Instrumentacion
como en
Interpretacion
la compañia
geofisica UNITED
lleva la delantera
en el Mundo al
ofrecer los ultimos
adelantos en toda clase
de servicios geofisicos.



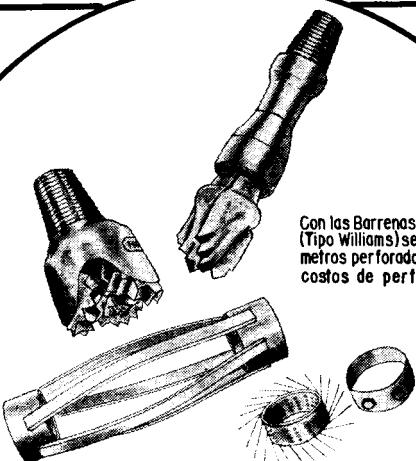
UNITED GEOPHYSICAL CORPORATION

SEISMOGRAPH • GRAVIMETER • MAGNETOMETER

P. O. Box M, 2650 E. Foothill Blvd., Pasadena, California
Suite 1804, Bank of the Southwest Bldg., 900 Travis St.
Houston 2, Texas
1908 Liberty Bank Bldg., Oklahoma City, Oklahoma
1202 Petroleum Life Bldg., Midland, Texas
5902 E. Admiral Place, Tulsa, Oklahoma
1700 Broadway, Room 504, Denver 2, Colorado
345 Mt. Lebanon Blvd., Pittsburgh 24, Pennsylvania
Suite 8, 534 Sixth Ave. S. W., Calgary, Alberta, Canada
P. O. Box 1861, Anchorage, Alaska

194 rue de Rivoli, Paris 1er, France
Av. Pres. Vargas, 435, 19º andar, Rio de Janeiro, Brazil
Casilla 26-D, Punta Arenas, Magallanes, Chile
Apartado Interno 9, General Roca, Province of Rio Negro, Argentina
P. O. Box 258, Tripoli, Libya
Calle Triana No. 140, Las Palmas, Gran Canaria, Isles Canarias
P. O. Box 289, Benin City, Nigeria
P. O. Box 939 M, Brisbane, Australia
Avda. Generalissimo, 53-5º Bis, Madrid 16, Spain

FABRIMEX, S. A. DE C.V.



Con las Barrenas FABRIMEX (Tipo Williams) se obtienen más metros perforados y menores costos de perforación.

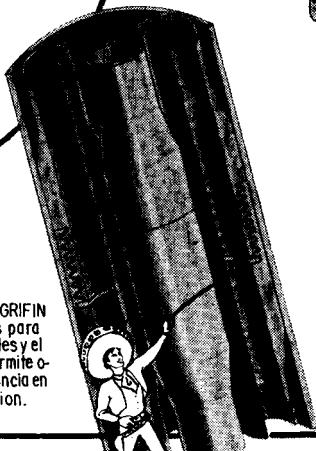
EVITE problemas en las cementaciones primarias utilizando CENTRADORES, RASPADORES Y COLLARINES TOPE TIPO FABRIMEX.



Los PRODUCTOS QUÍMICOS FABRI-NUTRO son una garantía para evitar los problemas de corrosión, parafinamiento, incrustaciones de carbonatos, etc.

Las JUNTAS FABRI-GRIFIN "DS" están diseñadas para terminaciones múltiples y el sello de teflón les permite operar con gran eficiencia en pozos de alta presión.

Con los SELLOS DE TEFLON colocados en el interior de los coples API de las tuberías de producción se eliminan, en su totalidad, las fugas de fluidos.



FABRICACION NACIONAL DE EQUIPO PARA LA INDUSTRIA PETROLERA

FCO. NOVOA Nº 105 MEXICO 14 D.F. TELS: 17-44-10 17-73-51 17-93-79

SUCURSAL EN VERACRUZ Km.435 CARRETERA JALAPA VERACRUZ.

APARTADO POSTAL 659, VERACRUZ, VER.

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

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

MESA DIRECTIVA PARA EL PERIODO 1963-1964

Presidente: Guillermo Hernández Moedano.

Vice-Presidente: Jesús Basurto García.

Secretario: Alfonso Cornejo Toledo.

Tesorero: Alfonso Hernández Osuna.

Vocal de Petróleo: Armando Eguía Huerta.

Vocal de Minas: Ernesto López Ramos.

Vocal de Ingeniería Civil: Enrique del Valle T.

Editor: Vladimir A. Olhovich.

Presidente Directivo Anterior: Santos Figueroa Huerta.

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. VLADIMIR A. OLHOVICH

Av. Juárez No. 97 Despacho 302.

Teléfonos 18-41-41 y 12-89-70

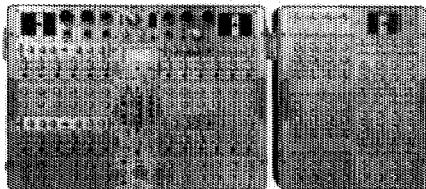
México 1, D. F.

SIE entregará el sistema sísmico Número 1000 durante el año

Durante este año la SIE producirá y entregará el unmil sistema sísmico que ha fabricado desde que la compañía empezó a operar hace 18 años. Nadie sabe cuál sistema será el #1000 debido a que los records del pasado no están completos, por lo tanto es posible que el total ya haya pasado 1000 unidades.

Lo importante es que SIE se mantiene al frente en el ramo de instrumentos sísmicos. La calidad superior y la mejora continua del rendimiento de los instrumentos de la SIE ha sido gran influencia en el establecimiento de muchos de los conceptos que hoy día existen en instrumentos sísmicos. Entre los "primeros" de SIE, se encuentran:

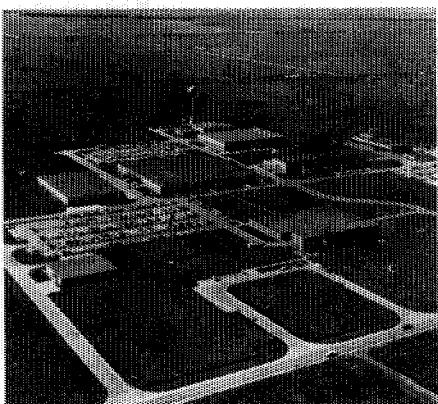
1. El sistema P-11, completamente portátil, integrable e independiente.
2. MR-4—el primer sistema de registro magnético FM (frecuencia modulada) aceptado por la industria.
3. PMR-6—el primer sistema portátil del registro magnético.
4. MS-12—el primer sistema para reducir datos sísmicos y procesar las cintas AM y FM.
5. PMR-20—el primer sistema portátil de registro magnético FM completamente transistorizado.
6. PT-100 con GCU-3—el primer sistema sísmico transistorizado, libre de distorsión, que incorpora medios para controlar el programa de ganancia.
7. TRO-6—la primera cámara registradora transistorizada capaz de proveer cinco tipos distintos de presentaciones, con un solo banco de galvanómetros.



PT-100—sistema amplificador transistorizado libre de distorsión.

La Mayor parte de los geofísicos consideran los instrumentos sísmicos de SIE "el standard de la industria." La producción corriente de SIE incluye una línea completa de registradores y analizadores sísmicos, capaz de acoplar los mas vastos requisitos de exploración geofísica.

Investigaciones y desarrollo. En total, SIE ha invertido en investigaciones y desarrollo de instrumentos geofísicos desde el 1947 mas de dos millones de dólares. Actualmente hay 25 personas en el departamento de Ingeniería de SIE, las cuales representan 130 años total de experiencia en la compañía y 45 años total de experiencia en ingeniería geofísica.



CENTRO DE DRESSER ELECTRONICS EN LOS SUBURBIOS DE HOUSTON

Cuando quiera el mejor instrumento sísmico, ya sea de nuestra producción corriente, o de diseño especial para satisfacer cualquier problema especial, llame enseguida a la SIE, la compañía que ha establecido el "standard" desde hace 18 años. La dirección es DRESSER SIE, 10201 Westheimer Road (P. O. Box 36230), Houston 42, Texas. CABLE: SIECO HOUSTON. TELEX: 713 571 2412. Teléfonos: SUNset 2-2000, o directamente al Departamento de Geofísica SUNset 2-5749 (Ventas) y SUNset 2-2893 (Departamento de Servicio).

Carlos Alemán 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

Descubrimiento del Tercer Tramo del Arrecife de la “Faja de Oro” dentro del Golfo de México, por el Ing. *Santos Figueroa H.*

Características Teóricas de Algunos Tipos de Ruido y Métodos para su Reconocimiento y Eliminación por el Ing. *Daniel Gutiérrez G.*

N O T A

Reseña de la II Convención Nacional de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración Efectuada los Días del 20 al 24 de Noviembre de 1963, en Tampico, Tamps.

Nuevos Socios.

DESCUBRIMIENTO DEL TERCER TRAMO DEL ARRECIFE DE LA “FAJA DE ORO” DENTRO DEL GOLFO DE MEXICO *

Por el Ing. Santos Figueroa H. **

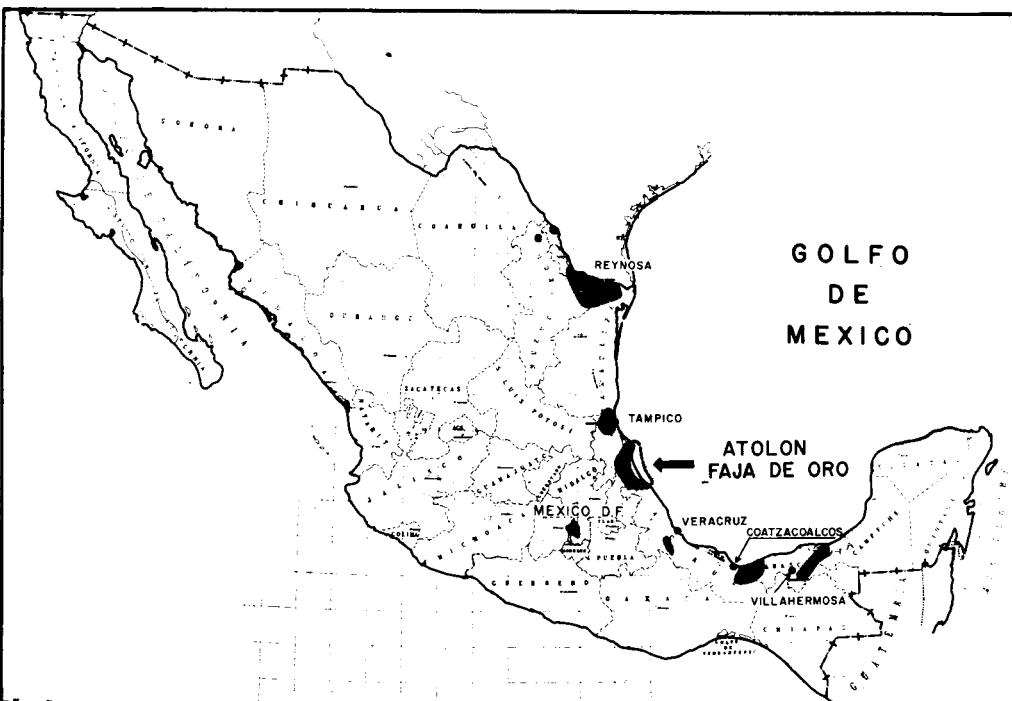
Seguramente que en la historia del descubrimiento de campos petroleros, la Faja de Oro Mexicana ha tenido un papel espectacular, pues fue uno de los yacimientos de mayor producción a principios del siglo, y su descubrimiento y desarrollo aún no terminan.

La Faja de Oro es un tren arrecifal que subyace en el Estado de Veracruz, República Mexicana (Fig. 1). Sus numerosos campos se alinean en un eje curvado con su parte cóncava hacia el oriente y sus extremos penetrando en el Golfo de México. Conforme hoy se le conoce, La Faja de Oro, es la cresta del borde de un gran atolón de forma elíptica (Fig. 2). Las dimensiones de los ejes del atolón pueden ser de unos 70 por 140 kilómetros. El atolón está formado por biostromas, calizas de edad cretácica con espesores del orden de los 2,200 metros (Fig. 3).

El crecimiento predominante e irregular del arrecife en la periferia del atolón, así como la acción marina y la erosión, produjeron el relieve topográfico del arrecife que dio lugar a que se formaran las trampas que actualmente contienen las acumulaciones de aceite. Estas acumulaciones están situadas en localidades con cierres que van desde unos cuantos metros hasta 250 metros, en áreas de no más de 2 a 3 kilómetros de ancho, a lo largo de la cresta arrecifal. La roca almacenante denominada Formación Abra, está cons-

* Presentado en la Trigésima-tercera Convención de la Society of Exploration Geophysicists en Nueva Orleans, La., Octubre 20-24, 1963 y en la Convención de Geofísicos en Tampico (21-23 de Noviembre, 1963).

** Gerencia de Exploración, Petróleos Mexicanos.



**FIG.-1
ZONAS PRODUCTORAS DE GAS
Y DE ACEITE EN LA REPUBLICA MEXICANA**

tituida por calizas arrecifales del Cretácico Medio, cavernosas y de alta permeabilidad, cubiertas en discordancia por formaciones del Cretácico Superior, hasta el Oligoceno Inferior.

El descubrimiento de la Faja de Oro se ha hecho en varias etapas. Para localizar los yacimientos de los tres tramos a los que se ha denominado: Parte Norte de la Faja de Oro, Extensión Sur y Extensión Marina, han participado todas las formas de exploración y se han empleado los métodos que han estado en uso en cada tiempo.

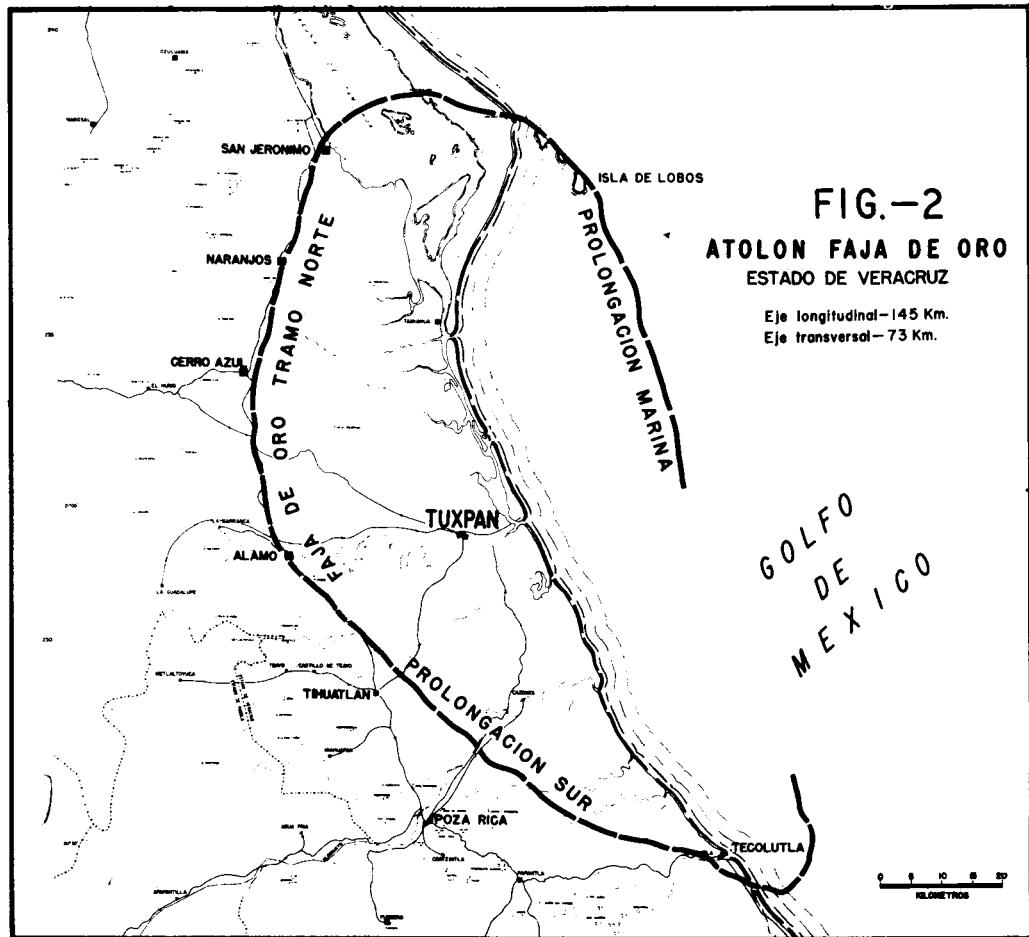
De esta manera, en la última parte del siglo pasado, se inició en México la producción incipiente de petróleo, en norias cavadas cerca de las chapoloteras y con la perforación elemental de pozos de barrenia, sin que interviniera en la localización de esos pozos la aplicación de técnica alguna.

Después, a principios de este siglo ya existía una actividad exploratoria organizada y los conocimientos de Geología empezaron a usarse en la búsqueda de anticlinales y domos salinos.

Sin embargo, esos conocimientos sólo se emplearon como teoría para explicar el hallazgo de los fabulosos pozos productores mexicanos, pues el des-

FIG.-2
ATOLON FAJA DE ORO
ESTADO DE VERACRUZ

Eje longitudinal—145 Km.
Eje transversal—73 Km.



SECCION ESQUEMATICA A TRAVES DEL ATOLON "FAJA DE ORO"

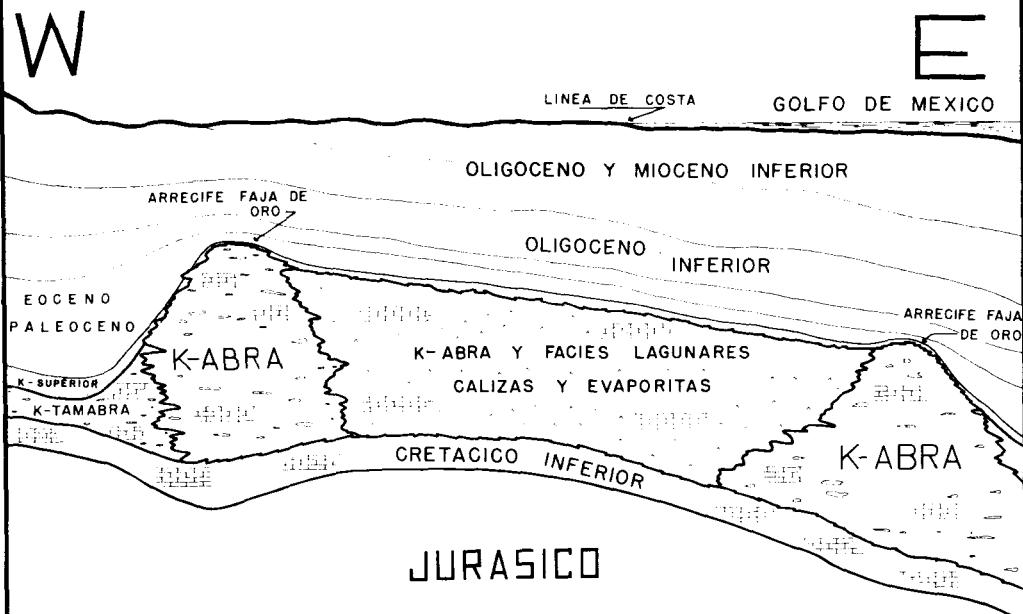


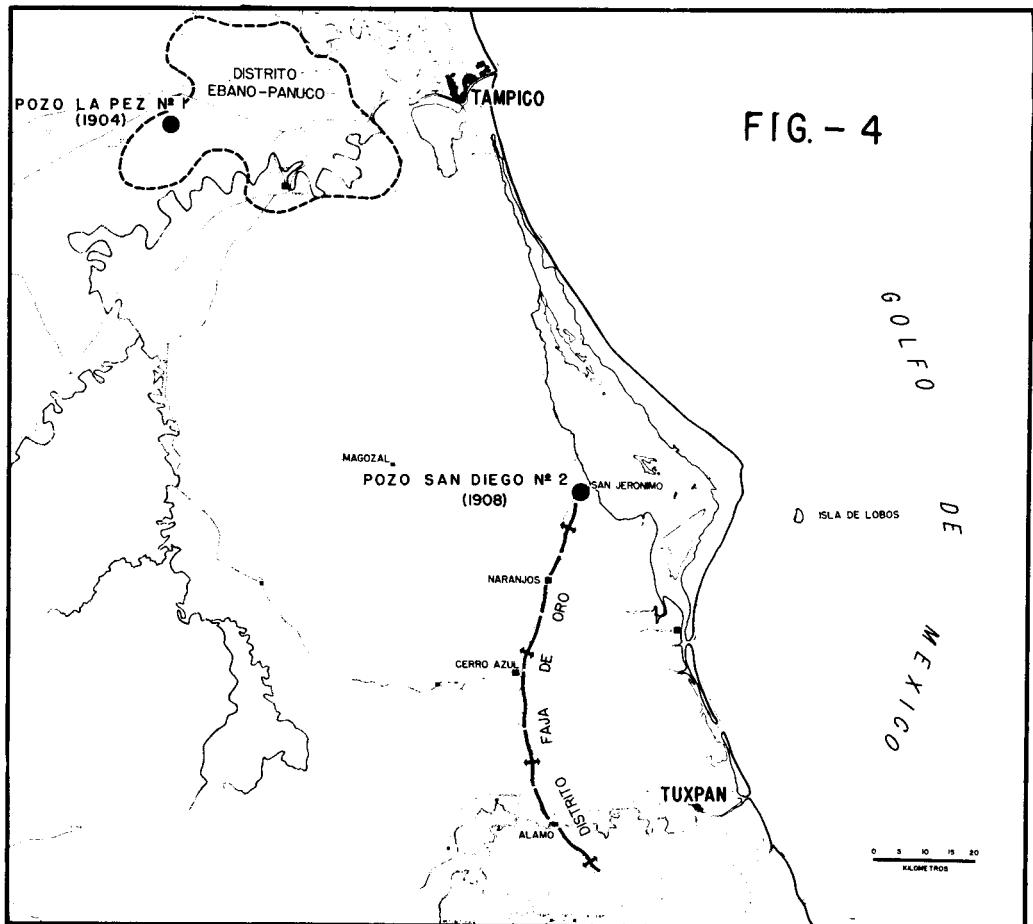
FIG.-3

cubrimiento de los fértiles yacimientos de Pánuco-Ebano en primer término, y de la Faja de Oro en segundo, se adelantó a la aplicación de los conceptos de Geología, y desde luego a los de Geofísica. Usando como técnica únicamente la perforación cerca de las chapopoteras, México se inició como productor de petróleo en 1904, año en que el pozo La Pez No. 1 descubrió el yacimiento de Pánuco-Ebano (Fig. 4).

Posteriormente, el pozo descubridor de la Faja de Oro se terminó en 1908 en San Diego de la Mar, unos 70 kilómetros al sur de Tampico. El pozo encontró un yacimiento de tipo entonces desconocido, pero muy prolífico. El

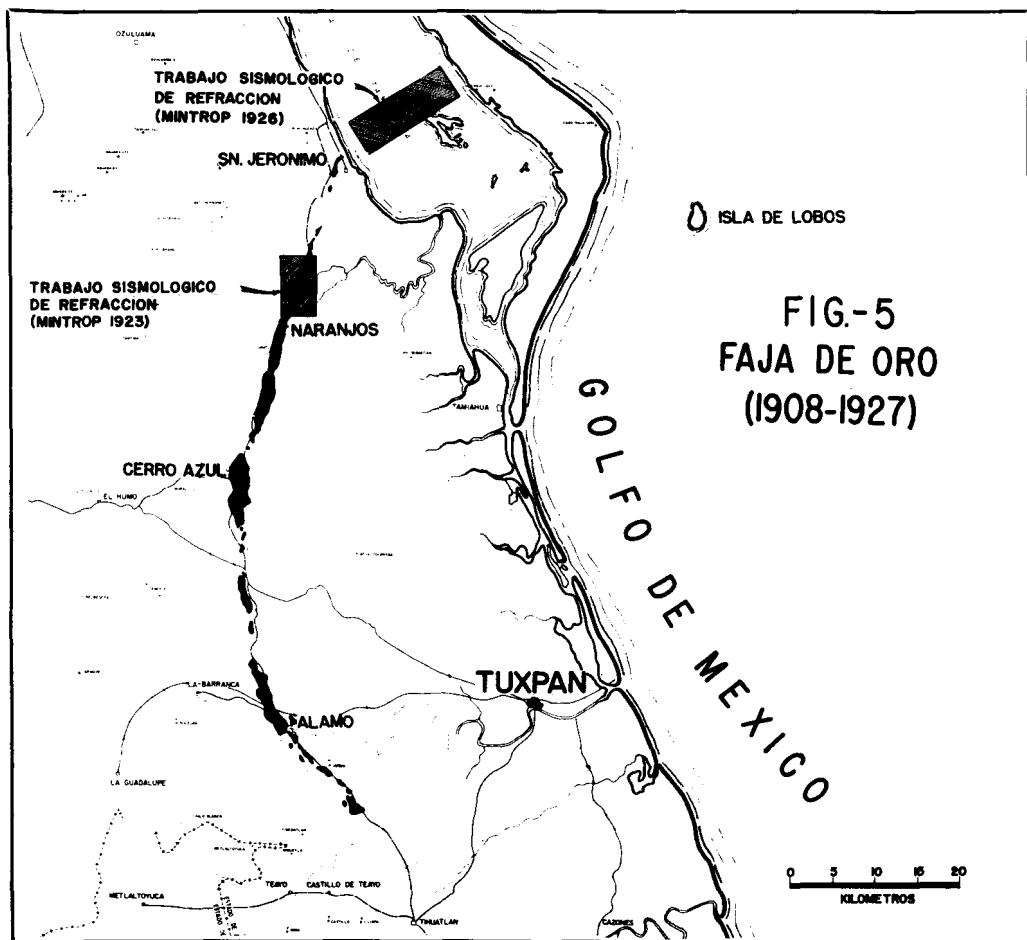
segundo pozo, que se llamó San Diego de la Mar No. 3, se incendió al estarse perforando y ardió 60 días, derramando petróleo en una proporción que se estimó en 250,000 barriles por día, hasta que se agotó el yacimiento.

A estos sensacionales descubrimientos trató de buscárseles una explicación geológica, y los geólogos de esos días pusieron todo su empeño en determinar el tipo de estructura del subsuelo. Suponiendo que se trataba de anticlinales, se perforaron cerca de las chapopoteras, pozos que fueron descubriendo con relativa facilidad una serie de yacimientos alineados.



Aún después de que se descubrieron los principales campos de la Faja de Oro, no se tenía una explicación geológica que convenciera, y de esta manera el doctor De Golyer opinaba: "Para fines de 1914 los campos de Dos Bocas, Juan Casiano, Los Naranjos, Potrero del Llano y Alamo, se habían encontrado todos sobre un alineamiento en curva que no se comprendía, pero que parecía tener un significado especial" (Fig. 5).

Por 1923, hicieron su aparición en México los métodos geofísicos de exploración. La balanza de torsión empezó a emplearse para reconocimientos sistemáticos y por otra parte el doctor L. Mintrop inició las primeras explora-



ciones sismológicas. Por razón natural, estos trabajos estuvieron encaminados a investigar la Faja de Oro, que por entonces ya había empezado a declinar y estaba totalmente perforada en su extensión norte, desde Dos Bocas hasta Alamo. El trabajo del Dr. Mintrop se hizo con varias líneas de refracción que se tiraron sobre el yacimiento de Naranjos.

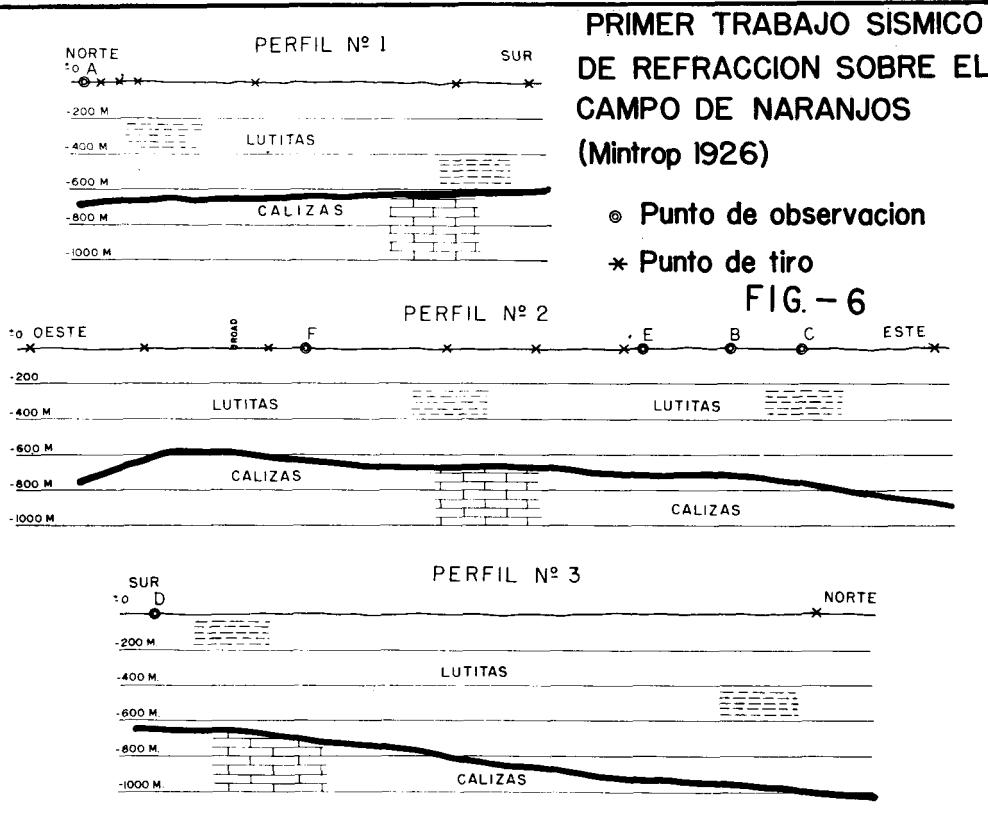
Los datos aportados por las líneas de refracción de Mintrop, dieron naturalmente sólo los resultados que eran de esperarse en las exploraciones sismológicas iniciales, pero de cualquier modo ya reflejaron la forma y la posición del arrecife, y el método hubiera sido útil para continuar el estudio de la Faja de Oro, si otras circunstancias no hubieran detenido la exploración (Fig. 6).

Además de las probables dificultades en el control de terrenos, los tres motivos siguientes hicieron efecto desfavorable en el interés puesto en la Faja de Oro:

- 1o.—El fracaso de todos los pozos improductivos que se perforaron en busca de nuevas acumulaciones.
- 2o.—La invasión de agua salada casi simultáneamente en todos los yacimientos, por el año de 1923.
- 3o.—La tesis geológica de que el yacimiento era una larga barrera arrecifal con su parte central estructuralmente muy alta y sus extremos buzando hacia el norte y hacia el sur. En efecto, la profundidad del arrecife en su parte central de Cerro Azul es de 400 metros bajo el nivel del mar, mientras que en San Diego de la Mar es de 600, y en Alamo de 700 metros.

Como consecuencia de esa tesis se sustentó la idea de que el aceite, por motivo de la alta permeabilidad de la roca almacenante, había migrado hacia la parte alta central del arrecife (Cerro Azul), sin permitir la acumulación de hidrocarburos más allá de los límites ya probados en sus extremos.

Siendo los pozos perforados realmente la única forma exploratoria empleada en la localización de la parte norte de la Faja de Oro, al quedar interrumpida la perforación intensa, quedó así también detenido el único método de investigación puesto en juego en ese tramo. Aún así, todavía en 1926



se llevó a cabo un trabajo de refracción que puede considerarse como el primer levantamiento sismológico completo realizado en México. Este trabajo no descubrió acumulaciones adicionales (Fig. 7).

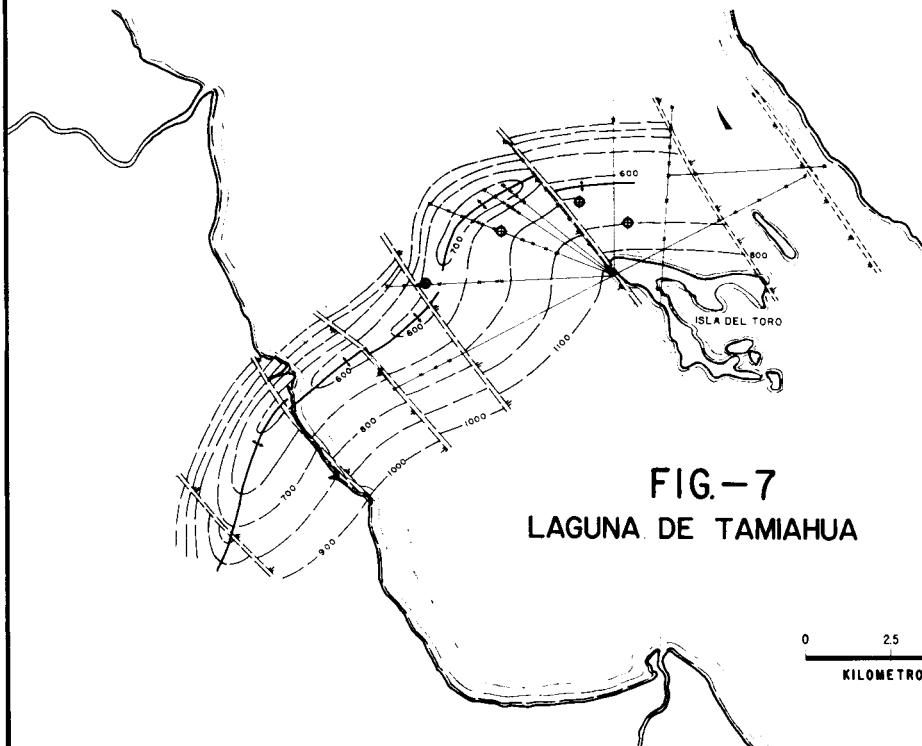
La exploración geofísica se reanudó hasta 1940, cuando ya se contaba con la sismología de reflexión. En ese año se decidió utilizar esta técnica hacia el sur de Alamo, en la localidad de Horcón. Con tal propósito se empleó por primera vez sobre la Faja de Oro, el método de sismología de reflexión. Las exploraciones, aunque fueron incompletas por razón de la instrumentación elemental, de los malos pozos de tiro, y de la baja densidad de trabajo, mostraron no obstante tramos de horizontes correlacionables cerca de la cima del Abra, y acusaron la presencia de un pequeño cierre. En este alto, de proporciones reducidas, se perforaron dos pozos que resultaron con agua

salada y posteriormente, por 1952, se encontró una pequeña acumulación de aceite.

Por el mismo tiempo, utilizando ya los gravímetros de diseño actual, se llevó a cabo una exploración gravimétrica extensa, que cubrió la parte ya descubierta de la Faja de Oro, y el área donde años después se encontró la extensión sur.

Los datos gravimétricos fueron tratados con todo cuidado y corregidos regionalmente. Los efectos residuales parecen concordar con bastante aproxi-

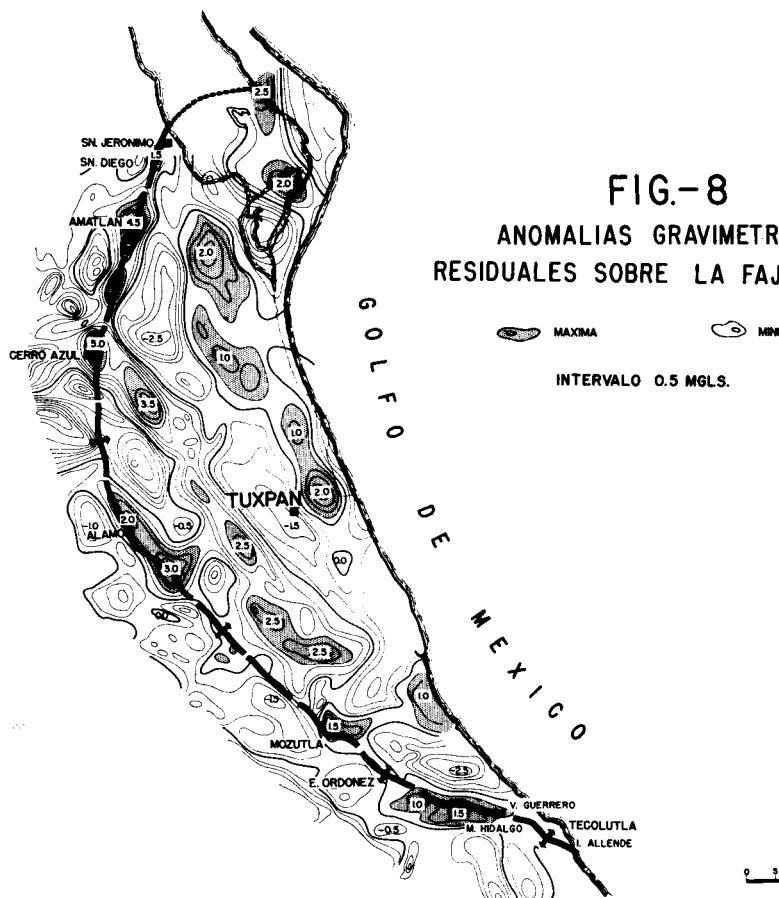
LEVANTAMIENTO SISMOLOGICO DE REFRACTION EN LA LAGUNA DE TAMIAHUA (MINTROP-1926) AREA NO PRODUCTORA DE LA "FAJA DE ORO"



mación, solo en el norte, con los altos de San Diego de la Mar y Amatlán y ligeramente con Cerro Azul, pero hacia el sur no existe correspondencia de los máximos gravimétricos con otros yacimientos (Fig. 8).

En forma regional los valores gravimétricos dan una idea de la presencia de la enorme plataforma arrecifal también sólo en la parte norte. Hacia el sur la información gravimétrica se vuelve inexpressiva, y no se notan anomalías residuales que correspondan a los crecimientos arrecifales locales, ni cambios apreciables de gradiente en el límite de la plataforma de biostromas.

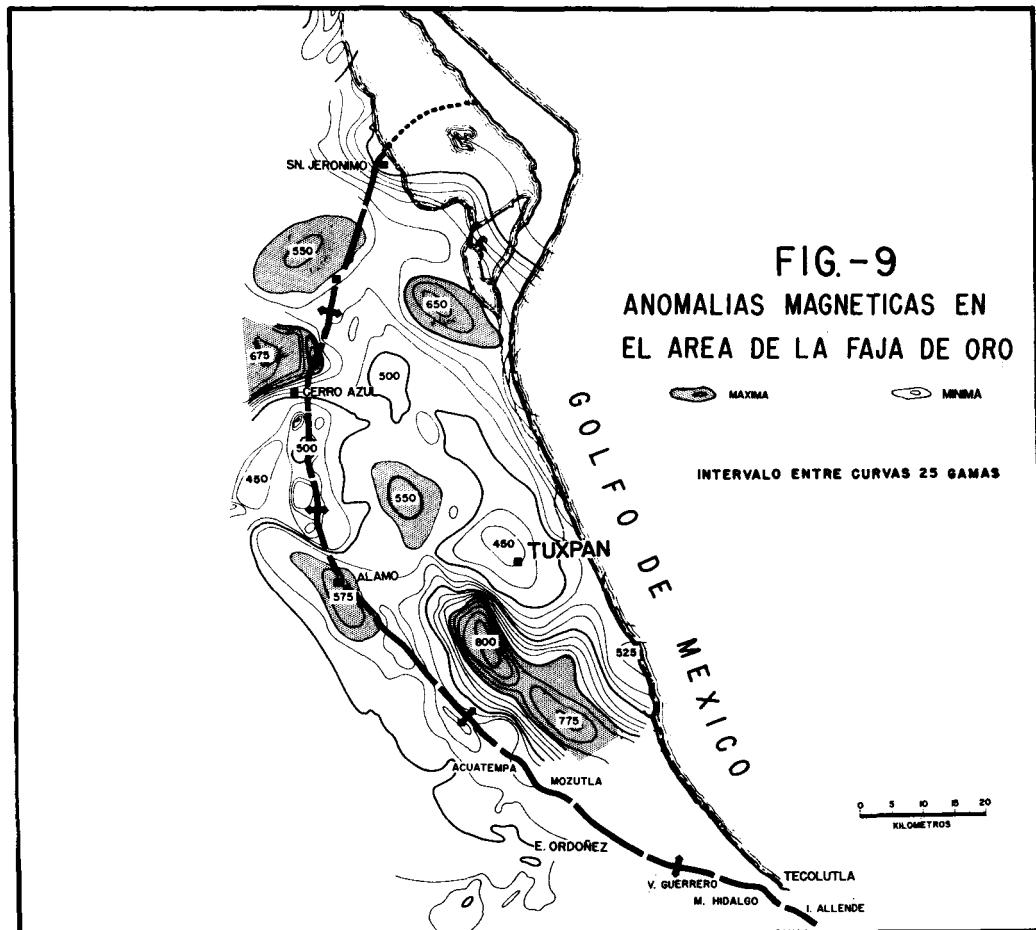
FIG.-8
ANOMALIAS GRAVIMETRICAS
RESIDUALES SOBRE LA FAJA DE ORO



Pensando en que las rocas del basamento hubieran influido local o regionalmente en la formación del arrecife, se llevó a cabo una exploración magnética que no dió mejores conclusiones que la gravimetría (Fig. 9).

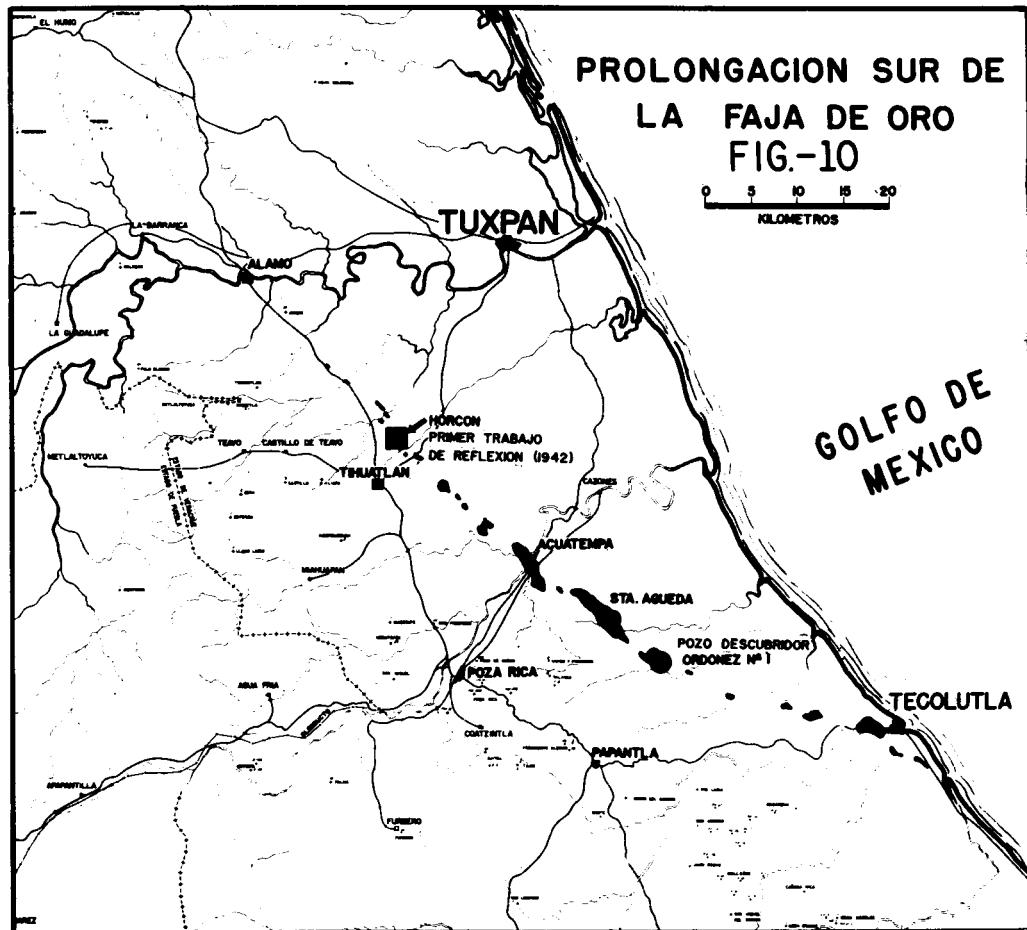
En 1948 se continuaron las exploraciones con sismología de reflexión, utilizando instrumentos, pozos de tiro y técnicas mejoradas. Estos trabajos concluyeron con el descubrimiento del campo "Ezequiel Ordóñez" en 1952, que vino a demostrar que la Faja de Oro se extendía hacia el sur y que otros cierres y acumulaciones importantes podían encontrarse en esa extensión.

FIG.-9
ANOMALIAS MAGNETICAS EN
EL AREA DE LA FAJA DE ORO



Otros pozos productivos entre Alamo y Tecolutla, siguieron al descubridor "Ezequiel Ordóñez No. 1" y en corto tiempo se localizó una serie de acumulaciones en una extensión de 85 kilómetros, en la que los principales campos son, de norte a sur, Acuatempa, Santa Agueda, Ezequiel Ordóñez, Vicente Guerrero, Miguel Hidalgo y Tecolutla (Fig. 10).

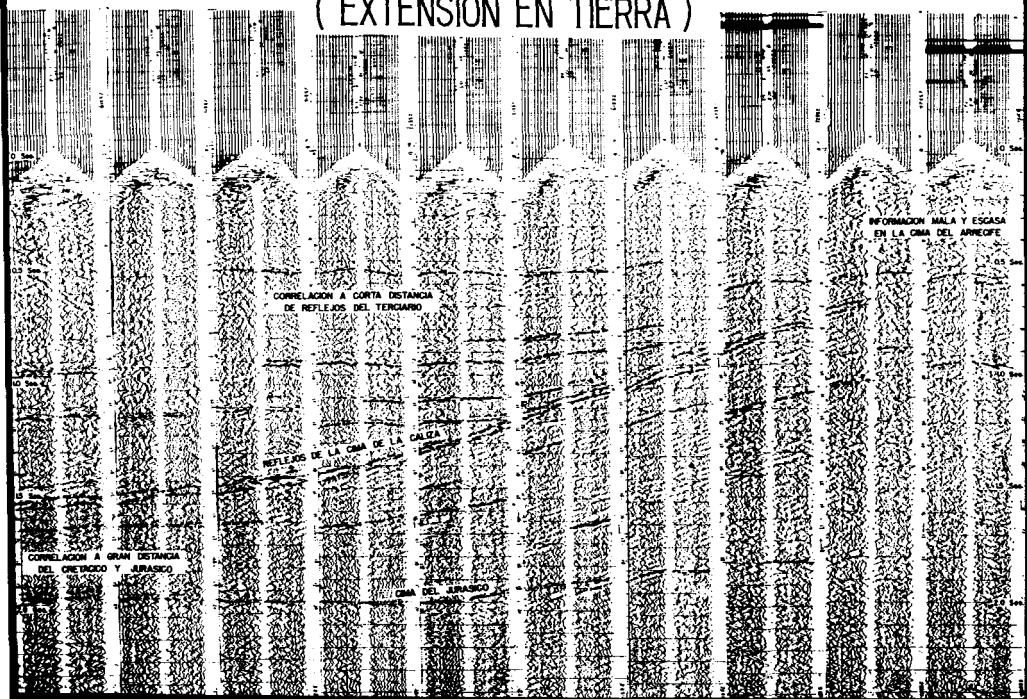
La técnica sismológica desarrollada en la extensión sur de la Faja de Oro, siguió procedimientos de campo y de interpretación particulares, pues el método usual de perfil continuo y polígonos cerrados, no pudo aplicarse sobre



la cresta arrecifal en donde sólo se registró una gran cantidad de echados fuertes, separados, y aparentemente erráticos. Las secciones transversales al eje arrecifal fueron de principal importancia y prácticamente de su análisis se dedujeron los resultados, tanto de la posición del borde del atolón, como de la localización de los cierres sobre la cresta. Algunas consideraciones que se tomaron en cuenta en las interpretaciones, son las siguientes: (Fig. 11).

1.—En las secciones transversales fue posible identificar horizontes del Cretácico y de la cima del Jurásico, en la parte exterior del atolón.

FIG.- 11
SISMOGRAMAS TÍPICOS DE BUENA CALIDAD
EN UNA SECCION A TRAVES DE LA FAJA DE ORO
(EXTENSION EN TIERRA)



2.—La presencia del borde arrecifal se dedujo de la interrupción de estos horizontes y de la presencia de echados erráticos.

3.—Del lado interior del eje arrecifal se reconocieron los horizontes sismológicos del Terciario que corresponden a las formaciones que cubren el atolón, horizontes que son identificables en el área.

4.—Los cierres de polígonos sobre la cresta del arrecife, que trataron de usarse para comprobar la correlación de horizontes fantasma, resultaron impracticables, pues en esa parte, llena de echados de todas posiciones y magnitudes, no fue posible correr horizontes fantasma ni reconocer horizontes índice.

5.—Por eliminación, las áreas donde desaparecen los reflejos continuos y aparecen echados erráticos, se interpretaron en correspondencia con la cima del Abra.

6.—Se recurrió entonces a trazar en las secciones perpendiculares al borde del arrecife, horizontes envolventes de los malos resultados y a calcular cuidadosamente su profundidad en cada punto transversal (Fig. 12).

7.—Naturalmente se verificaron con exactitud las correcciones topográficas por tratarse de un área muy accidentada y se desplazaron los echados que no resultaron absurdos.

8.—Las secciones longitudinales al arrecife, de las que dependió la posibilidad de determinar los flancos de los altos independiente y sus cierres a lo largo del eje, fueron generalmente de muy mala calidad y sólo sirvieron como auxiliares en la comprobación de dichos flancos.

De este modo, el descubrimiento y desarrollo de la extensión sur de la Faja de Oro, después de haber sido estudiada con sismología, produjo la serie de descubrimientos ya mencionada, con una reserva de 350 millones de barriles, y con un éxito en la perforación de pozos de exploración, de 65%.

Cronológicamente, por 1955, después de que se descubrió dicha extensión sur, se hicieron trabajos sismológicos dentro de la Laguna de Tamiahua, en busca de la prolongación norte del mismo alineamiento. Los resultados de esta exploración fueron pobres y varios pozos que se perforaron con base en este trabajo resultaron con agua salada. Sin embargo, estos pozos comproba-

**SECCION SISMOLOGICA TIPICA CRUZANDO
LA CIMA DEL ARRECIFE FAJA DE ORO
DESPUES DE ELIMINAR LA INFORMACION ERRATICA**

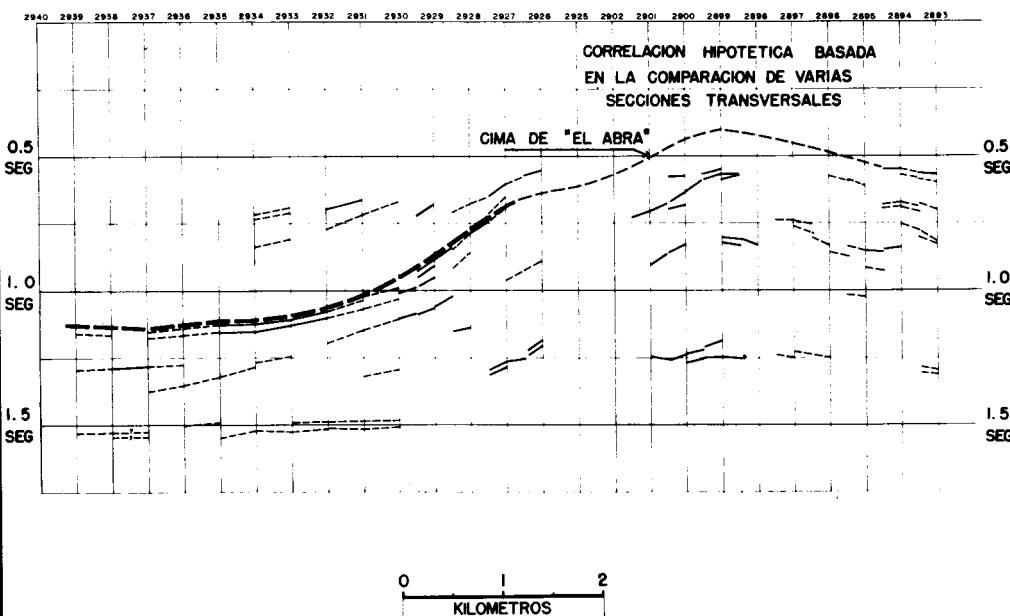


FIG.- 12

ron el paso del arrecife y es probable que en el futuro, con mejores estudios, se pueda encontrar producción comercial (Fig. 13).

En 1957 se llevaron a cabo trabajos sismológicos de exploración marina para investigar si los extremos norte y sur de la Faja de Oro, se extendían dentro del Golfo de México. Hasta entonces la Faja de Oro descubierta en tierra bien podía ser un arrecife de barrera. Pero razones no solo de orientación de los extremos norte y sur del arrecife, otros datos como fueron los resultados de los pozos Agua Colorada No. 1, San Sebastián 101, Raya Oscura No. 3, Cazones No. 2 y Tuxpan No. 3, localizados hacia el interior de la plataforma, hicieron anticipar la existencia del atolón. Estos cinco pozos cruzaron dicha

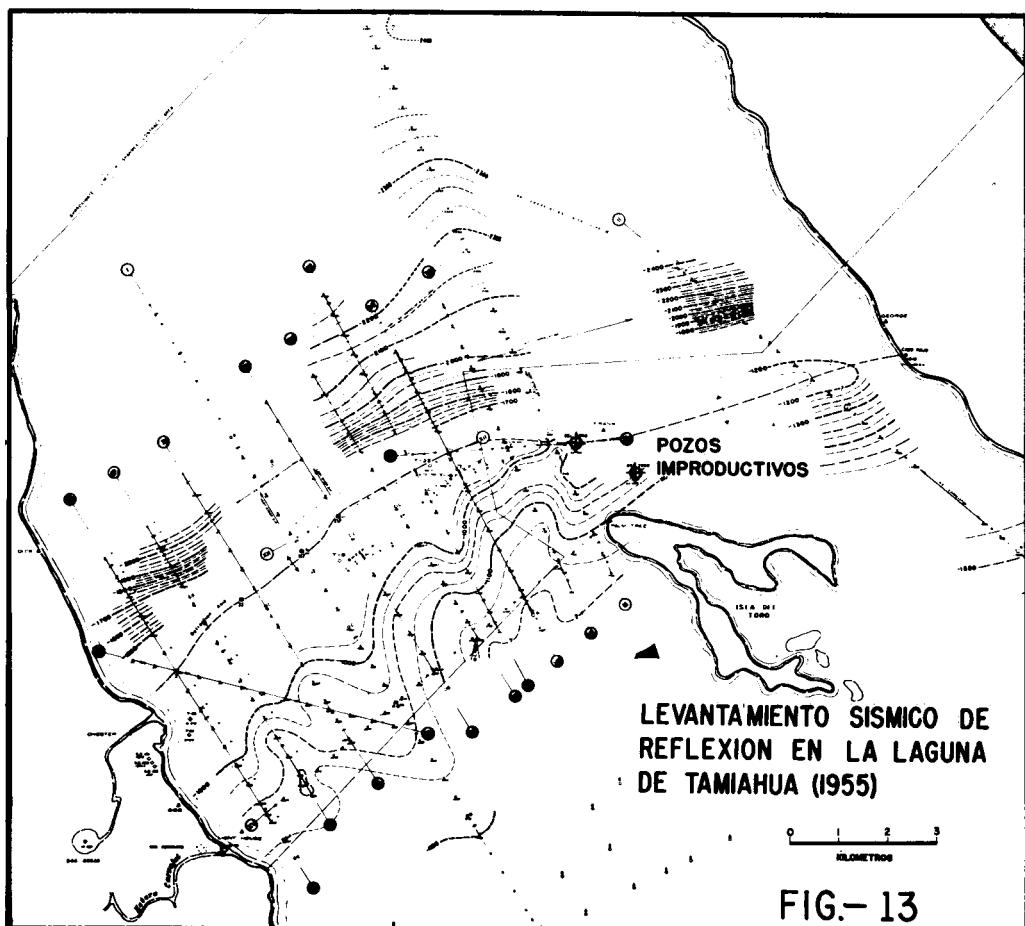


FIG.- 13

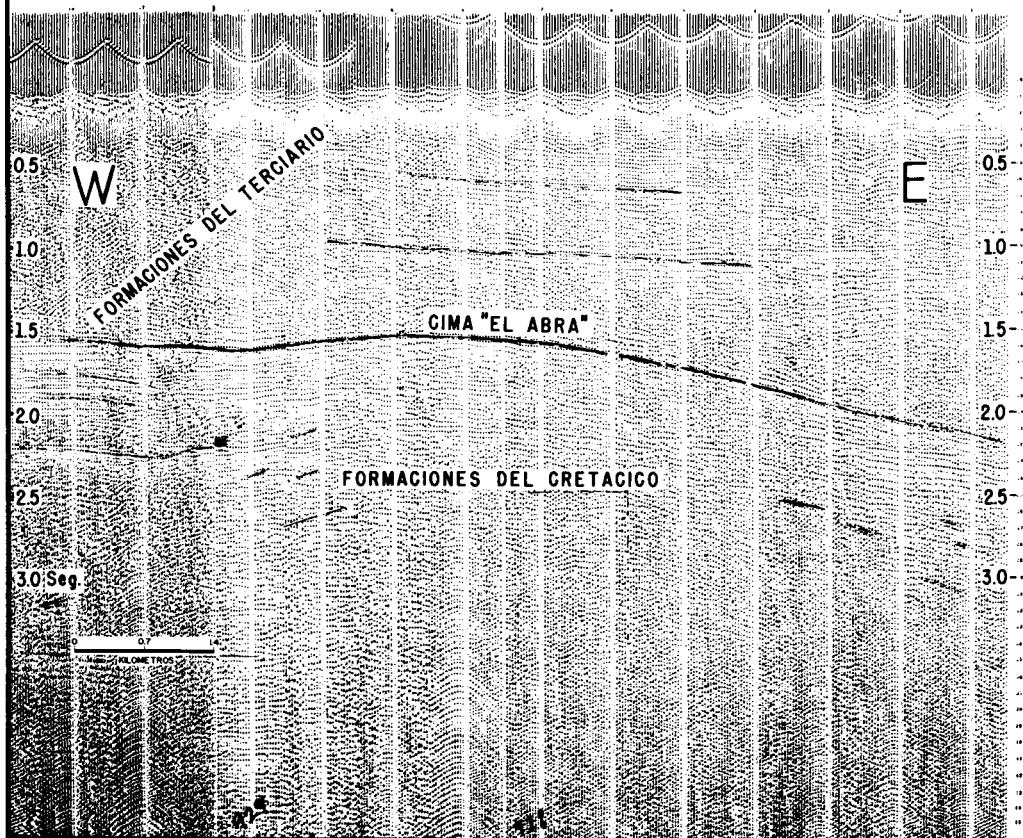
plataforma y llegaron al Jurásico, encontrando facies lagunares en la formación Abra.

Aunque las exploraciones marinas se hicieron ya con el uso de grabación magnética, las técnicas de procesado en el laboratorio no estaban todavía desarrolladas, y muchos de los efectos indeseables inherentes a las exploraciones marinas tuvieron que considerarse junto con los datos utilizables, a costa de una interpretación difícil. Los sismogramas estuvieron invadidos por los efectos de reverberación y difracción, pero con la experiencia de las interpreta-

ciones de tierra, pudo encontrarse una nueva serie de altos, como prolongación del extremo norte del arrecife.

El estudio de las partes culminantes del arrecife, volvió a ser objeto del mismo procedimiento de interpretación, mediante horizontes envolventes en las áreas de malos resultados, en la misma forma que se hizo en tierra (Fig. 14). En esta ocasión, a pesar de las interferencias propias del agua, los horizontes, en las partes correlacionadas, pudieron seguirse mejor en vista de que no existen los problemas de correcciones topográficas, de variaciones de

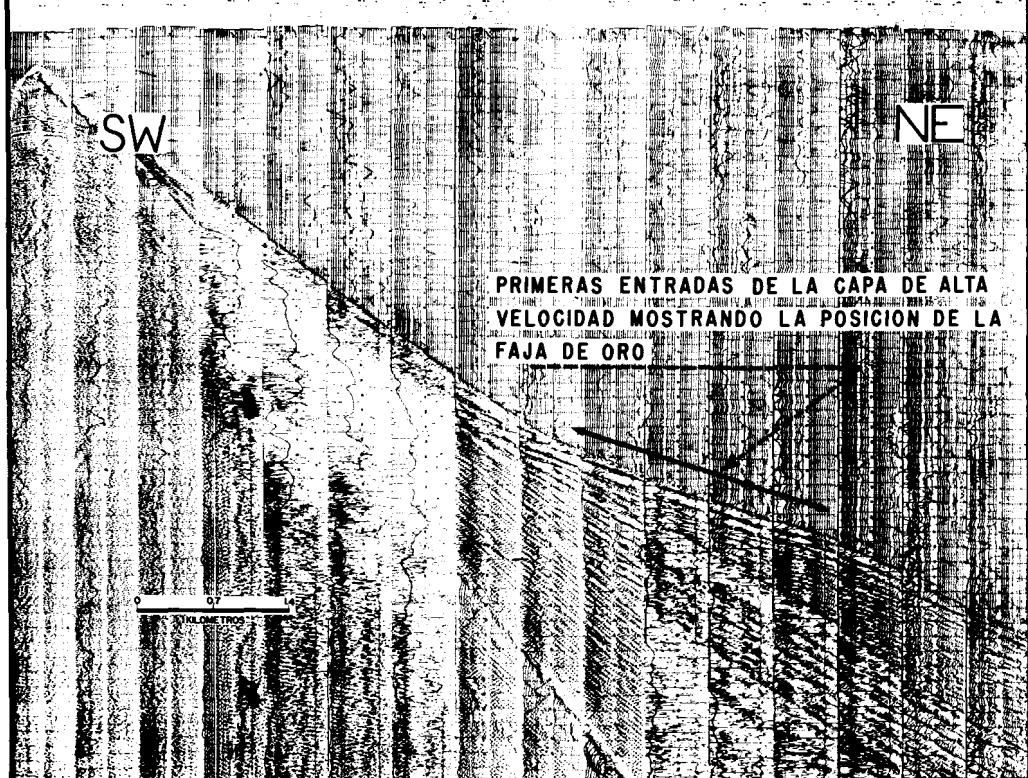
SECCION SISMICA DE REFLEXION W-E A TRAVES DE LA FAJA DE ORO (EXTENSION MARINA) FIG.-14



velocidades superficiales y de líneas sinuosas, como sucede en la parte accidentada de tierra.

En casi todas las secciones transversales al borde del atolón, pudo apreciarse el límite de la plataforma cretácica formada por el arrecife, pero por motivo de la influencia no controlada de los efectos de difracción, fue necesario buscar información complementaria y con ese efecto se observaron varias líneas de refracción que comprobaron el paso del borde del arrecife, en algunos puntos clave (Fig. 15).

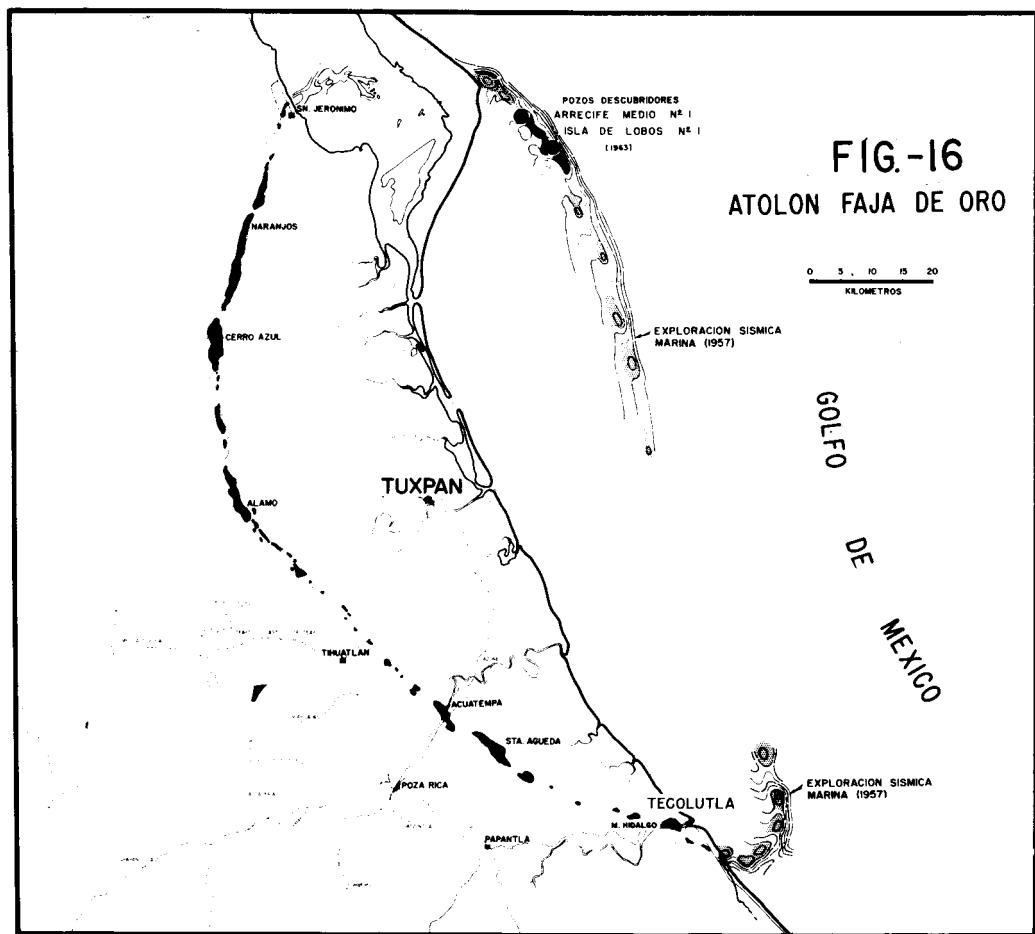
**LINEA DE REFRACTION A TRAVES DE LA
FAJA DE ORO (EXTENSION MARINA) FIG.-15**



De este modo el resultado de las interpretaciones en el tramo marino que se observó en la parte norte, acusó la presencia de varios cierres independientes.

En la parte sur los efectos de difracción y reverberación fueron predominantes y la interpretación resultó más problemática. El trabajo muestra, con reservas, el eje de la cresta arrecifal que se extiende dentro del Golfo de México y se arquea hacia arriba, con tendencia a cerrarse con la rama norte (Fig. 16).

FIG.-16
ATOLON FAJA DE ORO



En los últimos meses se han probado tres de las estructuras marinas determinadas con sismología. Los tres pozos perforados encontraron sin lugar a dudas la cresta arrecifal del borde oriental del atolón. De estos tres pozos, de norte a sur, el Cabo Rojo No. 1 resultó con agua salada. El arrecife Medio No. 1, encontró la formación Abra a 2,054 metros bajo el nivel del mar, y se le ha calculado una producción diaria de 750 barriles de aceite de 24 grados API. El pozo Isla de Lobos No. 1 es productor de 1,100 barriles de aceite de 40 grados API y encontró la formación Abra a 2.096 metro bajo el nivel del mar.

La información de los pozos marinos anteriores ha comprobado la existencia del atolón, y la sismología está completando, a los 55 años de haberse descubierto la Faja de Oro, el estudio de uno de los yacimientos petroleros que son más famosos en el mundo, por la cuantía de su producción y por el tipo de fenómeno geológico que lo constituye.

CARACTERISTICAS TEORICAS DE ALGUNOS TIPOS DE RUIDO Y METODOS PARA SU RECONOCIMIENTO Y ELIMINACION *

Por el Ing. D. Gutiérrez G. **

RESUMEN

Se estudian las características teóricas de diferentes tipos de ondas interferentes presentes en el sismograma, y se describen los métodos teóricos y prácticos para atenuarlas. Los ruidos que se examinan son: Reflejos Múltiples, Reflejos Fantasmas, Difracciones, y Reverberaciones Marinas.

En sismología es conveniente definir la señal como toda onda que contiene información, o como toda componente de una onda que deseamos separar. Esta información constituye el dato fundamental que se emplea para desarrollar la interpretación geológica que se busca. El ruido consiste entonces de todas las señales restantes que aparecen en el registro.

En la figura 1 se muestra esquemáticamente una situación geológica sencilla, en la que se ven la superficie del terreno y una discontinuidad elástica inclinada con el ángulo α . Aparecen dibujadas en ella un número de trayectorias directas y reflejadas que van desde el punto de tiro a distintas posiciones receptoras, sobre entendiéndose que habría trayectorias similares para cada uno de los detectores que forman la estación sismográfica.

En la figura 2 se ilustra el sismograma teórico que se obtendría al considerar las ondas longitudinales, transversales y superficiales que se generan al detonar una carga explosiva cerca de la superficie del terreno, así

* Presentado en la Convención de Geofísicos en Tampico (21 - 23 de noviembre, 1963).

** Gerencia de Exploración, Petróleos Mexicanos.

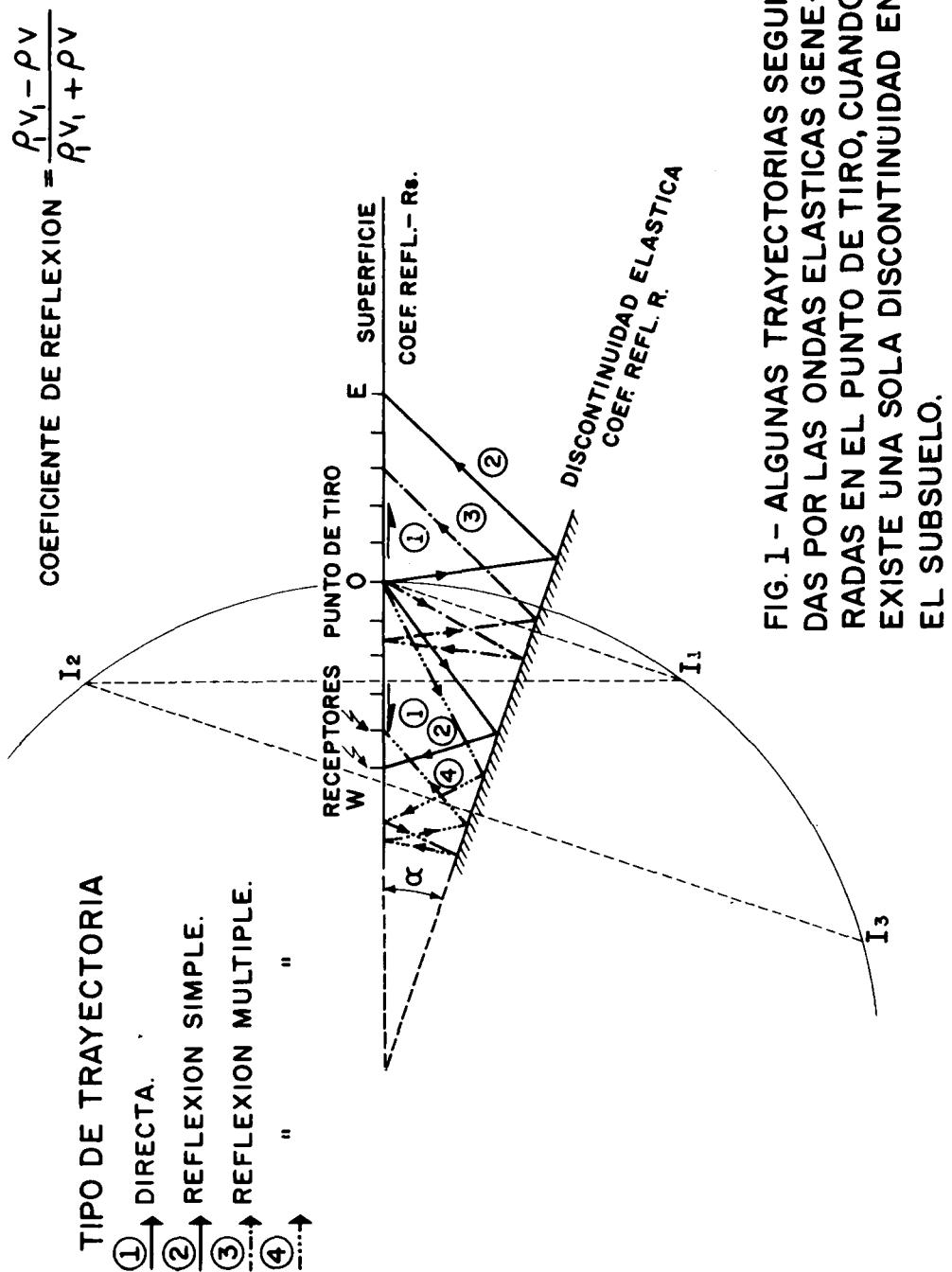


FIG. 1 - ALGUNAS TRAYECTORIAS SEGUIDAS POR LAS ONDAS ELASTICAS GENERADAS EN EL PUNTO DE TIRO, CUANDO EXISTE UNA SOLA DISCONTINUIDAD EN EL SUBSUELO.

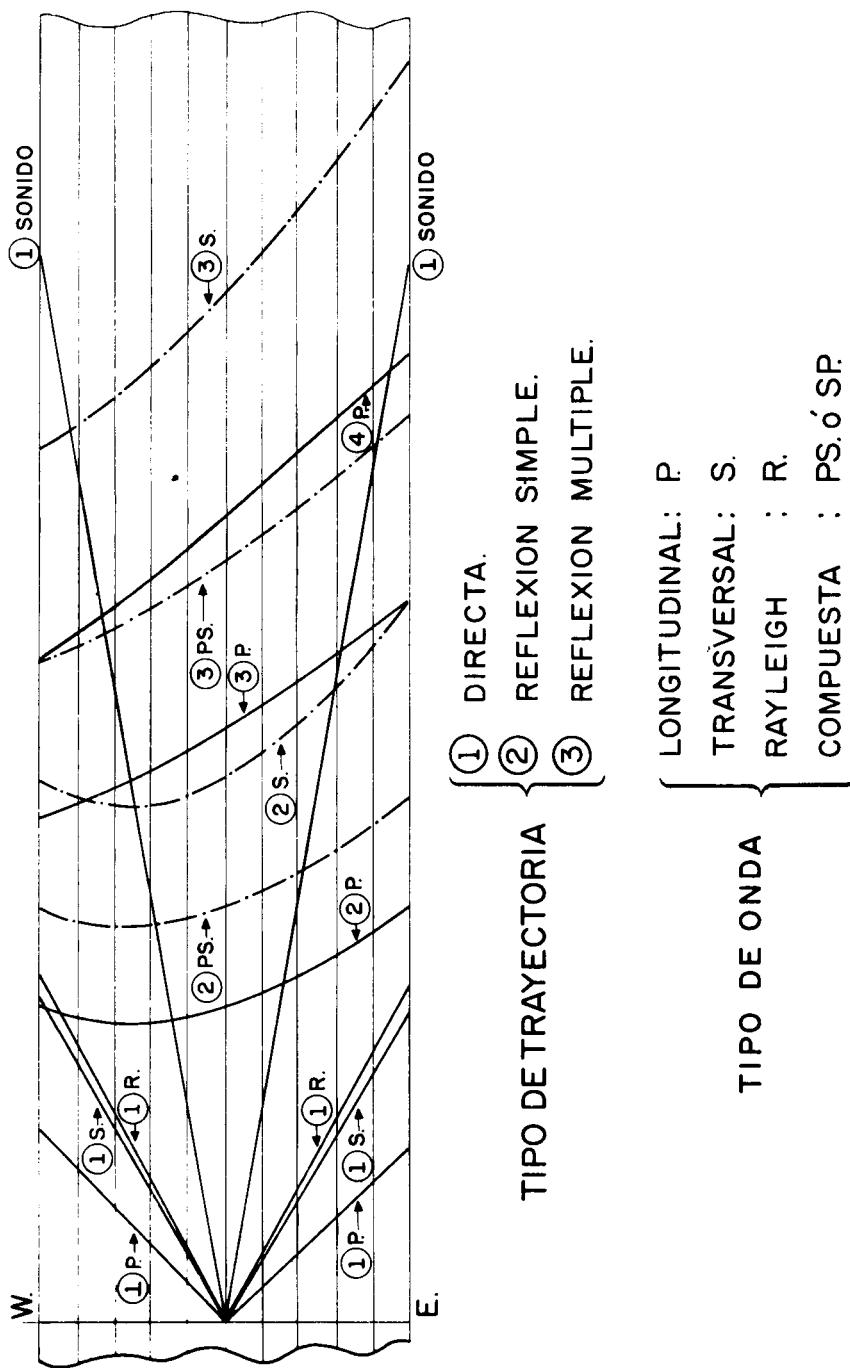


FIG. 2.—SISMOGRAMA TEORICO PARA UNA SOLA DISCONTINUIDAD ELASTICA EN EL SUBSUELO.

como los diferentes tipos de trayectorias que ellas seguirían, bajo el supuesto de que la estación registradora fuera lo suficientemente corta para que no se registrara la onda refractada.

En la figura 3 se presenta la interpretación del sismograma teórico de la figura 2. Aparecen en trazo lleno los segmentos designados con (2)P, (3)P, (4)P que son respectivamente el reflejo primario y los múltiples primero y segundo. Los restantes segmentos, trazados con línea cortada corresponden a reflexiones de las ondas transversales y convertidas o compuestas que posiblemente no serían fáciles de identificar en un sismograma real, particularmente debido al empleo que normalmente se hace de receptores de componente vertical, y a ser cortas las distancias entre el punto de tiro y los receptores.

Se concluye de las figuras 2 y 3 que la única señal que tiene significado estructural en la interpretación convencional es la designada con (2)P, y que el resto de las señales en el sismograma o en la sección constituyen RUIDO.

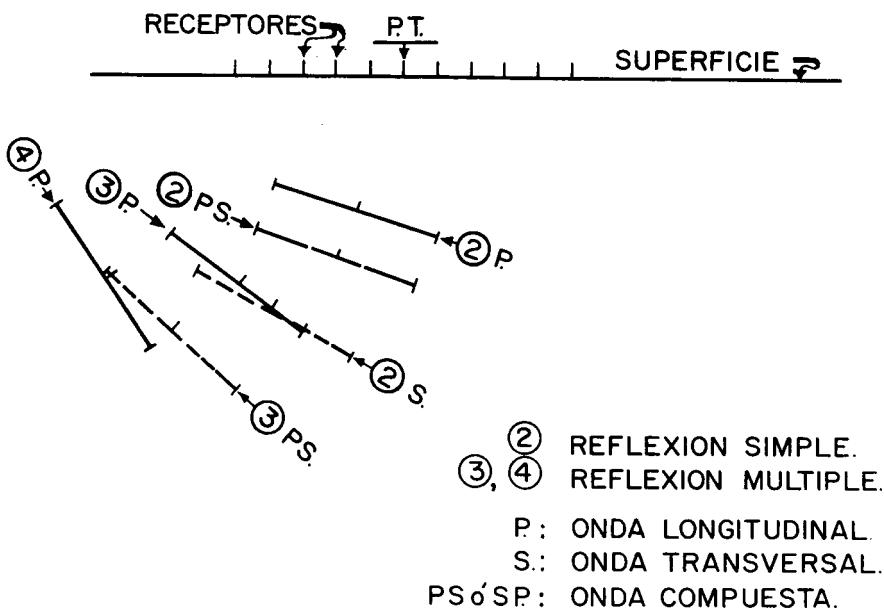


FIG. 3.—INTERPRETACION DEL SISMOGRAMA TEORICO DE LA FIGURA 2.

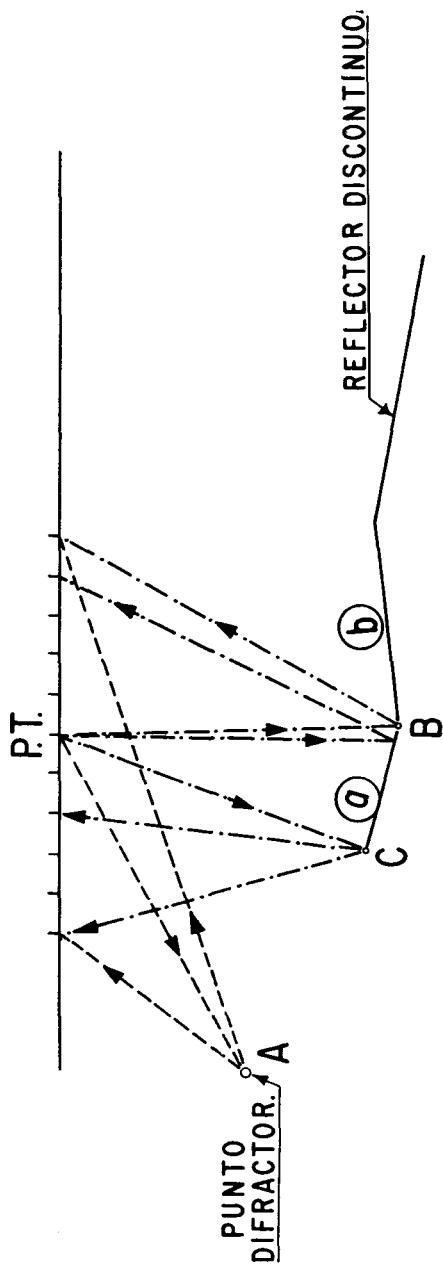
En la figura 4 se muestra el caso en que la discontinuidad reflectora fuera una superficie irregular. El sismograma teórico que se obtendría considerando solamente las ondas longitudinales aparece en la parte inferior de la misma figura 4; viéndose en él los reflejos originados en los tramos planos *a* y *b* del reflector, y además las difracciones producidas en los ángulos *B* y *C*. Se trazó también la difracción causada por una pequeña zona o punto *A* de buenas propiedades reflectoras.

La gráfica tiempo-distancia para una difracción (reflexión desde un punto) es una hipérbola, solo que con mayor curvatura que la de una reflexión desde una superficie plana a igual tiempo de reflejo. Es fácil imaginar que si hubiera distribuidas un gran número de pequeñas discontinuidades planas y puntos de esta naturaleza en el espacio energizado por el tiro, este mecanismo podría explicar, por lo menos parcialmente, el ruido de fondo, o disperso (o incoherente) que se presenta en los sismogramas. Otras causas de ruido pueden ser las vibraciones causadas por el viento o los microsismos naturales o artificiales.

Resumiendo las observaciones hechas sobre las ilustraciones anteriores, se puede decir que el ruido interferente que se halla generalmente en los registros sísmicos puede considerarse compuesto por:

- 1.—Ondas elásticas que viajan por la superficie del terreno o muy cerca de ella, y a veces ondas propagadas por el aire.
- 2.—Reflexiones múltiples.
- 3.—Reflexiones desde discontinuidades de pequeña extensión.

Pueden agregarse también las refracciones múltiples que podrían originarse entre la superficie del terreno o la base de la capa interpermeada y alguna capa de alta velocidad cercana a la superficie, tal como se ilustra en la figura 5. Se muestra en ella las características más importantes de las refracciones múltiples y que a veces podrían servir como criterios para su identificación. La característica más sobresaliente es el paralelismo de los tramos de la gráfica tiempo-distancia. Otro carácter importante son los corrimientos paralelos de los mismos.



EL RUIDO DE FONDO O DISPERSO EN LOS SISMOGRAMAS PODRIA DEBERSE A LAS REFLEXIONES Y DIFRACCIONES CAUSADAS POR NUMEROSES PEQUEÑAS DISCONTINUIDADES DE ESTA NATURALEZA, DISTRIBUIDA EN EL VOLUMEN DE LA TIERRA EXCITADO POR EL TIRO.

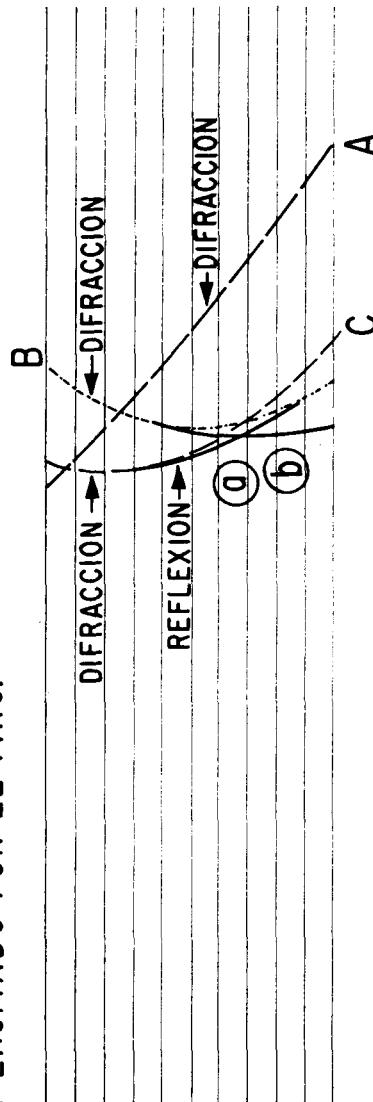
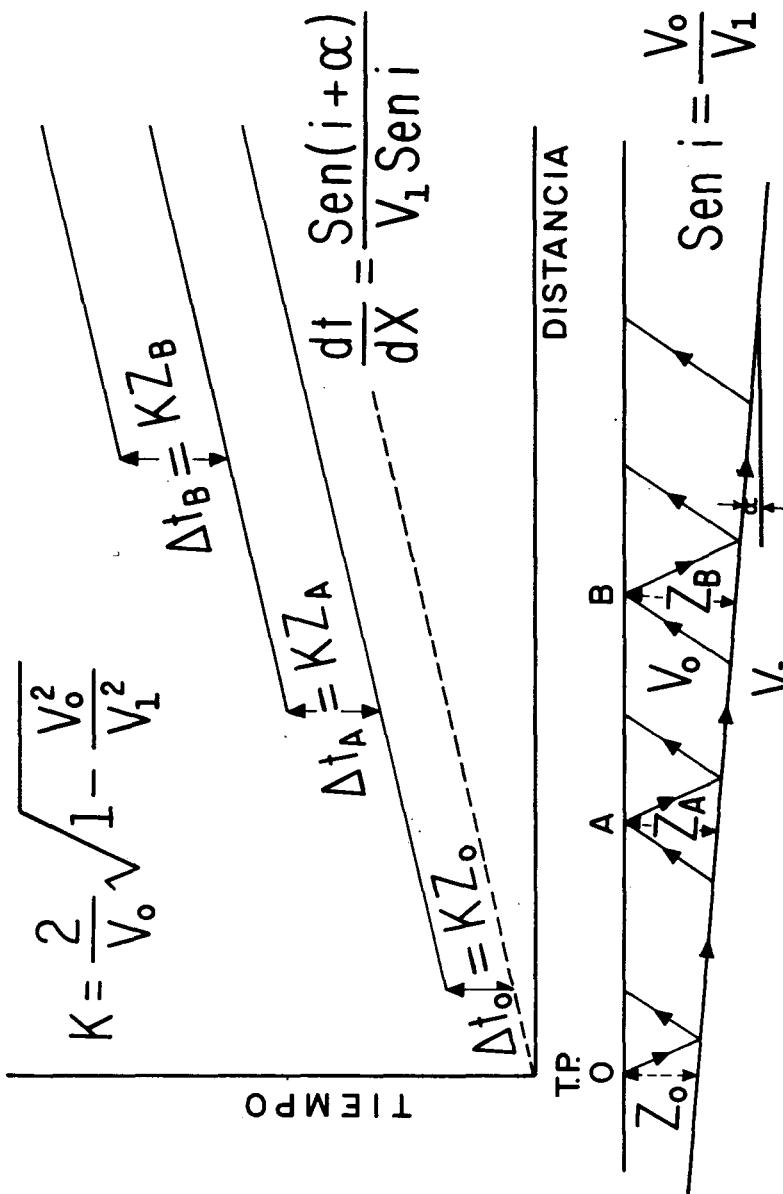


FIG. 4.—REFLEXION EN EL CASO DE UN REFLECTOR DISCONTINUO, Y DE UN PUNTO DE DIFRACCION.



A Y B : LOCALIDADES CON BUENAS PROPIEDADES REFLECTORAS.

FIG. 5.—REFRACCIONES MULTIPLES.

En la figura 6 se presenta una lista de los procedimientos que normalmente se usan para eliminar o atenuar los tipos de ruido que arriba se incluyeron bajo los números 1 y 3. Los métodos son:

- 1.—La profundización del pozo de tiro y el confinamiento de la carga.
- 2.—El empleo de filtros eléctricos selectivos, cuya eficacia se basa en que, al predominar las componentes de baja frecuencia en el es-

I- ONDAS SUPERFICIALES.

- 1 - PROFUNDIZAR EL POZO DE TIRO.
- 2 - FILTROS.
- 3 - DETECTORES Y POZOS MULTIPLES.

II- RUIDO DISPERSO O INCOHERENTE.

DETECTORES Y POZOS MULTIPLES.

Este tipo de ruido es inversamente proporcional a $\sqrt{M \cdot N}$, donde:

M=Número de Detectores.

N=Número de Pozos.

FIG. 6.—MEDIOS PARA LA ELIMINACION O ATENUACION DE ALGUNOS TIPOS DE RUIDO.

pectro de las ondas superficiales, es posible dejar fuera de la banda de paso del filtro una gran parte de ellas.

3.—El empleo de receptores múltiples, o la combinación de ambos.

A los anteriores se podría añadir el procedimiento de alejar el punto de tiro de la estación receptora para evitar que las ondas superficiales interfieran con los eventos interesantes; sin embargo, este método se usa poco en la práctica, debido a que no es fácil de combinarlo con la técnica del perfil continuo.

Los detectores múltiples funcionan como filtros de velocidad aparente, y mediante un diseño adecuado es posible atenuar considerablemente las ondas interferentes. Solos, o combinados con los pozos múltiples presentan la ventaja adicional de que también actúan estadísticamente sobre el ruido disperso o incoherente, porque el nivel de éste resulta dividido entre la raíz cuadrada del producto del número de detectores por el número de pozos, lo cual indica la conveniencia de usar un número elevado de pozos y detectores cuando el nivel de ruido disperso es alto.

Como ilustración del Punto 1, se presenta la figura 7, que es un ejemplo de la reducción del ruido superficial cuando se aumenta la profundidad del tiro. Las trazas 1 a 13 corresponden a detectores espaciados cada 3 metros en el intervalo entre 180 y 213 metros. Las trazas 13 a 24 representan los detectores colocados a intervalos normales de 30 metros. Los tiros se hicieron cada tres metros, desde 1 hasta 25; y el espesor que se determinó para la capa intemperizada fue de aproximadamente 5 metros. Se usaron filtros 20-120 cps. Se nota que el ruido superficial prácticamente ya no se distingue en los tiros realizados a las profundidades de 22 ó 25 metros.

En la figura 8 se ilustra el efecto de los filtros eléctricos sobre ondas interferentes de baja y alta frecuencia. Son reproducciones hechas con diferentes filtros, de un sismograma registrado en cinta magnética. Los números anotados a la derecha son las frecuencias centrales de la banda de paso, la cual era de aproximadamente 10 ciclos.

El sismograma I es el registro original tomado con banda ancha. Los primeros ímpetus se muestra en A, propagándose a la velocidad de 7,200

pies/seg. = 2,160 m/s. Se ven dos ondas interferentes de baja frecuencia que cruzan el registro en *B* y *C*. Superpuestas sobre las trazas pueden verse indicaciones de energía de una frecuencia de alrededor de 100 cps. En *D* y *E* se ven indicaciones de alineamiento correspondientes a ondas reflejadas.

En el registro II se muestran los componentes de baja frecuencia, que comprenden las ondas longitudinales *B* de 21 cps., viajando con una velocidad de alrededor de 2,100 pies/seg. = 630 m/s, y la onda de aire *C* con frecuencia de 19 cps, propagada con la velocidad de 1,090 pies/seg. = 330 m/s.

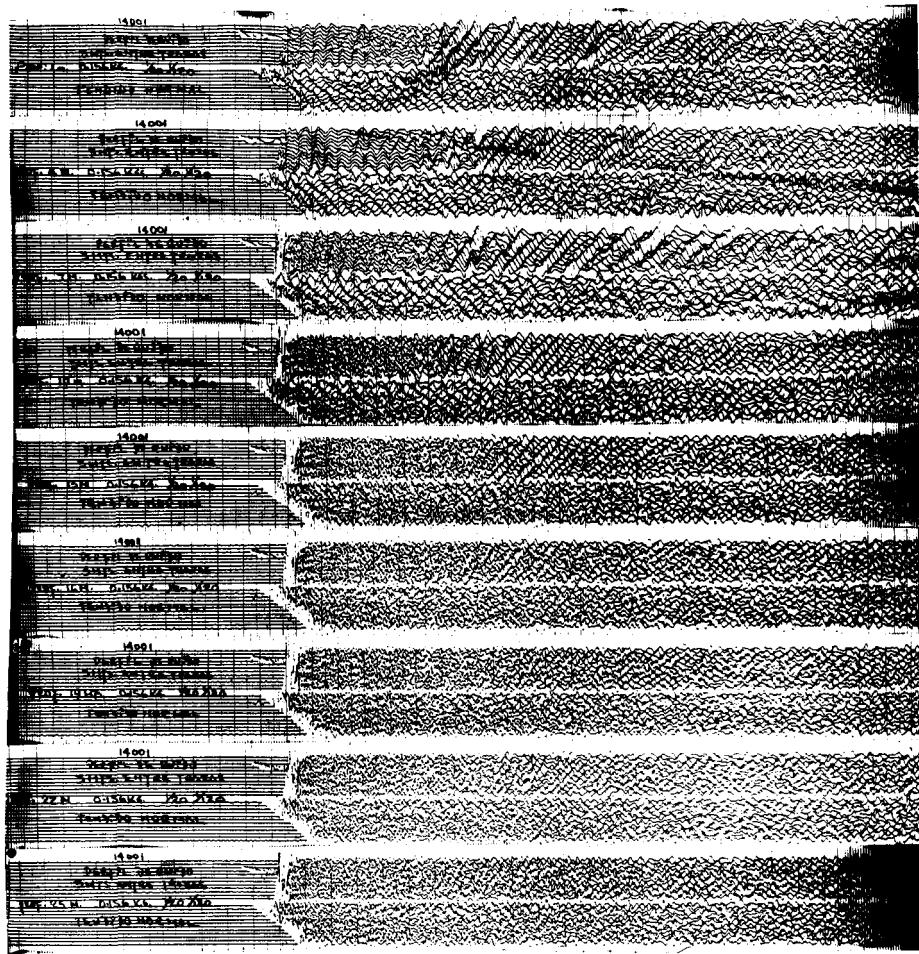


FIG. 7.—DISMINUCION DEL RUIDO SUPERFICIAL AL PROFUNDIZAR EL TIRO.

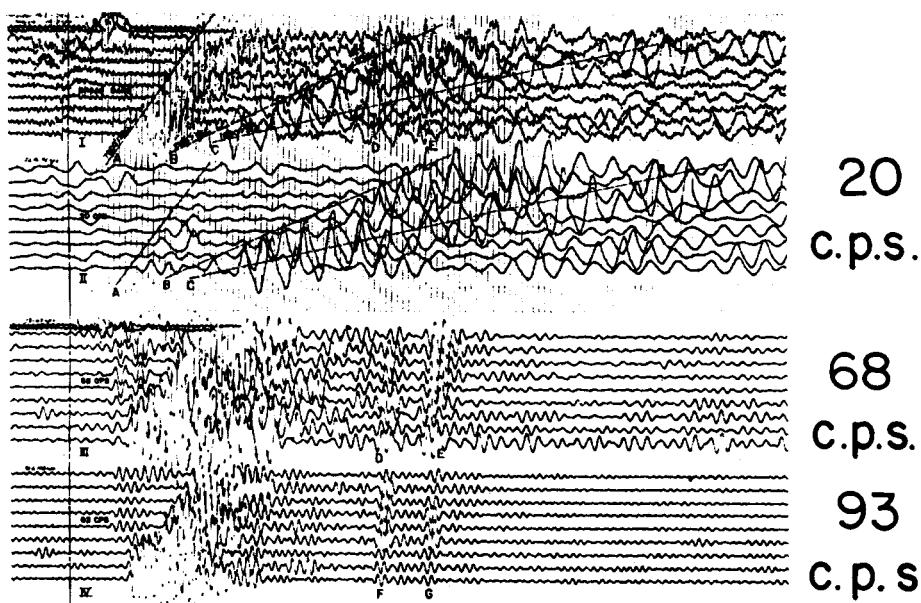


FIG. 8.—EFECTO DE LOS FILTROS SOBRE LAS ONDAS INTERFERENTES.
(JAKOSKY, 1952, GEOPHYSICS).

El registro III muestra con toda claridad las reflexiones del rango de profundidades que se deseaba estudiar, y son las componentes de frecuencia alrededor de 68 cps.

El registro IV muestra las componentes de frecuencia alrededor de 93 cps.

Es de interés notar que los primeros ímpetus no son discernibles en el registro II, que es la reproducción de baja frecuencia, mientras que se ven muy bien en el registro I que es el original tomado con la banda ancha. Los primeros ímpetus son las ondas refractadas por la primera capa consolidada, y en el caso presente incluyen un alto porcentaje de componentes de alta frecuencia.

La teoría de receptores y pozos múltiples ha sido tratada en numerosos artículos publicados en Boletines y revistas extranjeras y nacionales, pudiéndose citar los trabajos de los ingenieros A. G. Rojas y J. Basurto, y el de A. Limón entre los más recientes. (Véase Bibliografía al final de este artículo).

REFLEJOS MULTIPLES

Los reflejos múltiples constituyen una importante fuente de ruido en los sismogramas. Se ha llegado a esta conclusión a través de la experiencia cada vez más amplia que se adquiere sobre los sismogramas sintéticos y de su comparación con los registros de campo, pues una gran parte de las señales que se ven en estos últimos pueden ser interpretadas como reflejos primarios y múltiples, originados por los cambios de velocidad que existen en la columna geológica tales como se observan en los registros continuos de velocidad.

En la figura 9, tomada de un artículo del Sr. C. H. Johnson que fue publicado en Geophysics el año 1948, se muestra una sucesión de sismogramas en los que se identifican claramente una serie de reflejos múltiples. Los registros fueron tomados en Butt County, California, donde se conocía la existencia de una colada basáltica sepultada. Es obvia la periodicidad de los eventos reflejados, y las inversiones sucesivas de la polaridad. Este ejemplo ilustra a la vez las reflexiones múltiples entre la base de la capa intemperizada y el basalto, y los múltiples entre las capas superyacentes y el basalto, y sugiere

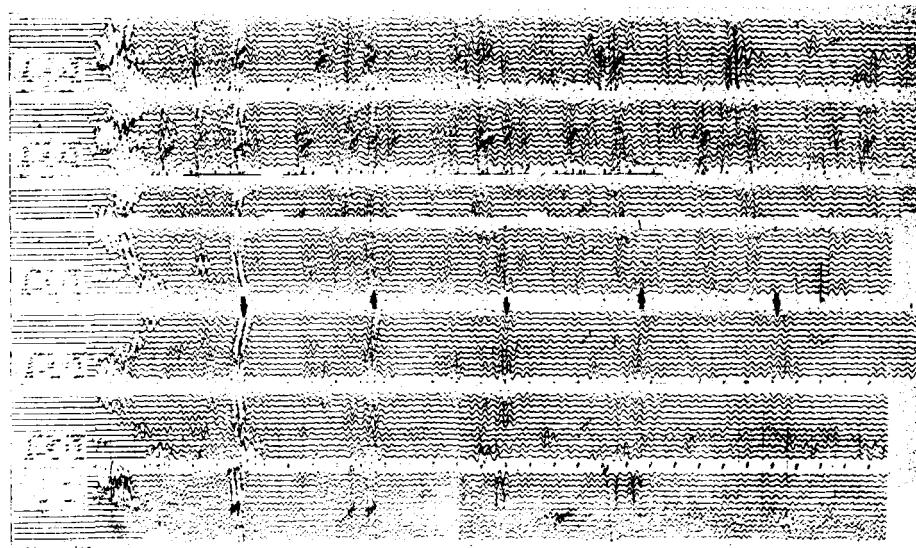


FIG. 9.—EJEMPLOS DE REGISTROS CON REFLEJOS MULTIPLES.
(JOHNSON, 1948, GEOPHYSICS).

que en algunas partes todo el sismograma, incluyendo los espacios entre los reflejos múltiples del basalto, puede consistir de nada más que reflejos múltiples (internos) entre la secuencia de capas y el basalto. (Véase el segundo sismograma de arriba). En esta figura las flechas negras designan el valle más intenso del reflejo del basalto, y sus repeticiones como picos y valles alternados en los primeros cuatro múltiples.

Otro ejemplo interesante de reflejos múltiples es el que se presenta en la figura 10, tomada también de Geophysics. Es el perfil sísmico de una línea en la que se observaron reflejos múltiples en el lado oriental del Valle de San Joaquín, en California. El pozo que aparece en el lado derecho de la línea encontró el basamento a la profundidad de 2,750 pies = 825 metros bajo el nivel del mar, tal como se indica.

Se observaron numerosos eventos de buena calidad en tiempos mayores que el del reflejo del Basamento. La posibilidad de que esos eventos representaran discontinuidades elásticas dentro de éste fue desechada porque la velocidad determinada por medio de perfiles de velocidad era mucho menor que

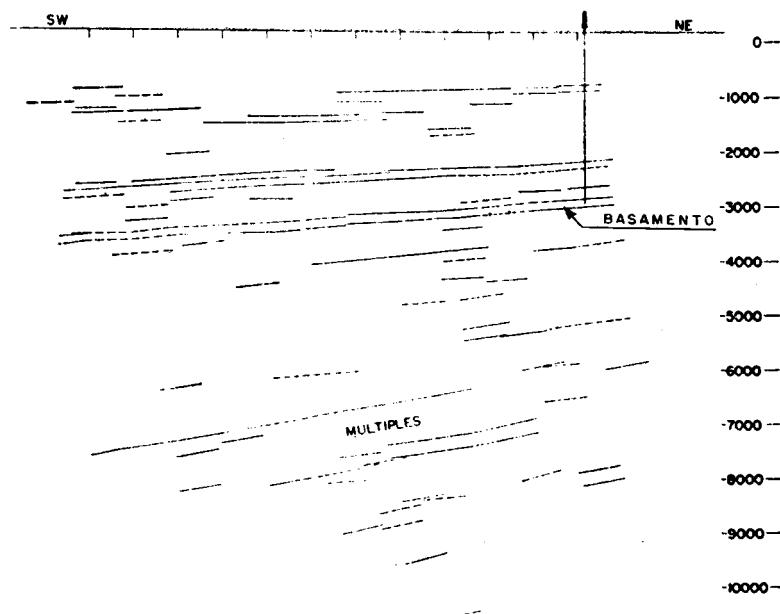


FIG. 10.—PERFIL CON MULTIPLES (WATERMAN, 1948, GEOPHYSICS).

la velocidad del Basamento. Los intervalos entre los eventos sugieren que no todos ellos sean reflejos múltiples entre el basamento y la superficie, o entre el basamento y la base de la capa intemperizada, sino que cuando menos algunos pudieran ser reflejos múltiples entre el basamento y el importante reflector sedimentario cercano. Es de notar la inclinación creciente (con el tiempo) de los horizontes múltiples.

Después de estas ilustraciones preliminares que constituyen evidencia experimental de que los reflejos múltiples se presentan realmente por lo menos en los casos en que existen las condiciones favorables para su generación, es decir, discontinuidades elásticas planas (superficies "especulares") separando capas geológicas con importantes diferencias de impedancia acústica (cambios de velocidad y densidad importantes). Véase la figura 11 en la que está resumida la teoría geométrica de las reflexiones múltiples simples (también llamados "múltiples superficiales" o "externos"), es decir las que se originan entre un reflector profundo y la superficie del terreno o la base de la capa intemperizada. En esta figura se muestran la superficie del terreno, una discontinuidad reflectora inclinada, el ángulo α con respecto a la horizontal, el punto de tiro S y un receptor ubicado en el punto R a la distancia X . Aparecen con diferentes trazos las trayectorias correspondientes al reflejo primario (línea de punto y guión), el primer múltiple (punto-punto-guión). El segundo múltiple (guión-guión), y el tercer múltiple (línea continua). Estas trayectorias fueron trazadas con el auxilio de las imágenes construidas sucesivamente sobre el reflector y la superficie. Es fácil ver que las imágenes del punto de tiro, I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , I_5 , etc., quedan situadas sobre la circunferencia trazada desde O como centro, con radio $OS = R = h / \sin \alpha$, y además que la separación angular entre las imágenes es de 2α . Al estar colocado el receptor sobre la superficie, solo puede recibir la energía reflejada procedente de abajo, y por lo tanto, solo son efectivas las imágenes situadas abajo de la superficie. Es evidente entonces que el número de reflexiones posibles estará dado por el cociente que resulte de dividir la semicircunferencia π entre 2α , y que al descontar el reflejo primario, deberá ser:

$$\text{Número de múltiples posibles} = \frac{\pi}{2\alpha} - 1.$$

Si α tiende a cero, teóricamente crecería al infinito el número de múltiples.

Estudiando la construcción de la figura 11, es fácil ver que la longitud de una trayectoria reflejada de cualquier orden de multiplicidad es equiva-

Ecuación de la curva $T - X$:

$$T_n = \frac{1}{V} \sqrt{X^2 \pm 2V T_p X \frac{\sin^2(n+1)\alpha}{\sin \alpha} + V^2 T_p^2 \frac{\sin^2(n+1)\alpha}{\sin \alpha}}$$

Para $\alpha = 0$,

$$(T_n)_{\alpha=0} = \sqrt{\frac{X^2}{V^2} + [(n+1) T_p]}$$

Para incidencia normal

$$X = 0,$$

$$\frac{U_{n_0}}{U_{p_0}} = \frac{\sin \alpha}{\sin(n+1)\alpha}$$

donde

U_{n_0} = Vel. aparente del múltiple n

U_{p_0} = Vel. aparente del primario.

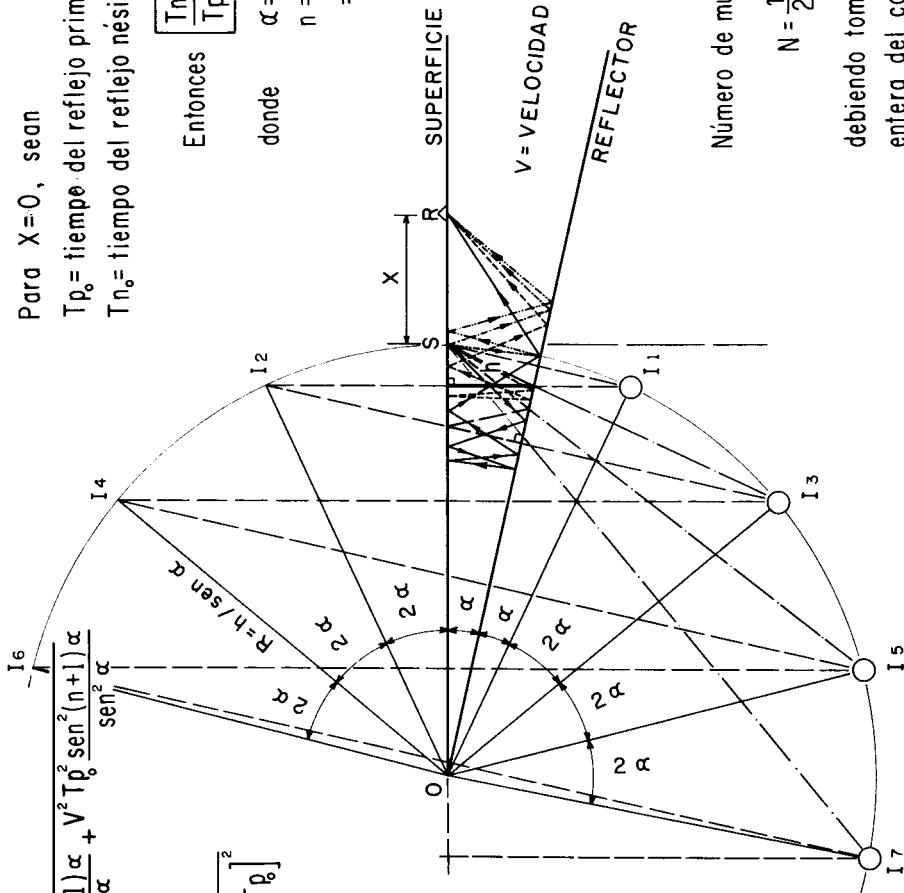
Para $X = 0$, sean

T_p = tiempo del reflejo primario
 T_{n_0} = tiempo del reflejo nésimo

$$\frac{T_{n_0}}{T_{p_0}} = \frac{\sin(n+1)\alpha}{\sin \alpha}$$

Entonces

donde
 α = inclinación del reflector
 n = orden del múltiple
 = num. de reflexiones en la superficie



TRAYECTORIAS
 Primario. —— Reflector
 1º Múltiple. —— 2º
 " " —— 3º
 Número de múltiples posibles = N

$$N = \frac{\pi}{2\alpha} - 1$$

debiendo tomarse solo la parte entera del cociente

FIG. 11.—TEORÍA DE REFLEXIONES MULTIPLES.

lente a la distancia entre el punto imagen correspondiente y el punto receptor. Así por ejemplo, la longitud total de la trayectoria del tercer múltiple sería equivalente a la distancia $\overline{I_7 — R}$, y si hubiera un receptor que coincidiera en posición con el punto de tiro S , la trayectoria sería equivalente a la longitud $\overline{I_7 — S}$.

Deducción de la ecuación Tiempo-Distancia.—Designando por T_{30} el tiempo de reflejo para incidencia normal, $X = O$. del 3er. múltiple, y de acuerdo con lo anterior, se puede escribir:

$$T_{30} = I_7 \cdot S/V$$

pero

$$I_7 \cdot S = 2R \cdot \sin 4\alpha$$

por lo tanto

$$T_{30} = 2R \cdot \sin 4\alpha / V$$

De otra parte, se puede escribir análogamente para el primario:

$$T_{po} = 2R \cdot \sin \alpha / V$$

Dividiendo una por otra estas dos últimas relaciones, se obtiene:

$$T_{30}/T_{po} = \sin 4\alpha / \sin \alpha$$

que es la relación fundamental entre los tiempos de reflejo de un múltiple y del primario, para incidencia normal. Esta relación básica está encerrada en un marco en el lado derecho de la figura 11. La fórmula anotada en la parte

superior izquierda de la misma figura, es la ecuación de la gráfica $T - X$ para un múltiple cualquiera, y se obtiene aplicando la ley del coseno al triángulo formado por los puntos S , I_7 y R , resultando:

$$\overline{(I_7 R)^2} = (V \cdot T_3)^2 = \overline{(I_7 S)^2} + X^2 + 2 \cdot X \cdot \overline{(I_7 S)} \cdot \operatorname{sen} 4 \alpha$$

pero

$$\overline{(I_7 S)} = 2 R \operatorname{sen} 4 \alpha = 2 (V T_{po}/2 \operatorname{sen} \alpha) \operatorname{sen} 4 \alpha = V T_{po} \operatorname{sen} 4 \alpha / \operatorname{sen} \alpha$$

$$\text{porque } R = h / \operatorname{sen} \alpha \text{ y } h = V T_{po}/2$$

entonces

$$(V T_3)^2 = V^2 T_{po}^2 \operatorname{sen}^2 4 \alpha / \operatorname{sen}^2 \alpha + X^2 + 2 X \cdot V T_{po} \operatorname{sen}^2 4 \alpha / \operatorname{sen} \alpha$$

de donde se obtiene:

$$T_3 = (X^2 \pm 2 X V T_{po} \operatorname{sen}^2 4 \alpha / \operatorname{sen} \alpha + V^2 T_{po}^2 \operatorname{sen}^2 4 \alpha / \operatorname{sen}^2 \alpha)^{1/2} / V$$

que es la ecuación de una hipérbola en coordenadas T , X , y es la fórmula anotada en la figura 11.

Si el receptor hubiera estado situado pendiente arriba en lugar de pendiente abajo respecto del punto de tiro, habría sido necesario usar el signo negativo para el 2o. término dentro del radical.

Haciendo disminuir el ángulo α más y más, se podría reemplazar el seno por el arco, con lo que resultaría:

$$\operatorname{sen}^2 4\alpha / \operatorname{sen} \alpha \cong (4 \alpha)^2 / \alpha = 16 \alpha, \text{ que se anula para } \alpha = 0, \text{ y}$$

$$\operatorname{sen}^2 4\alpha / \operatorname{sen}^2 \alpha = (4 \alpha)^2 / (\alpha)^2 = (4)^2, \text{ cuando } \alpha = 0,$$

obteniéndose así la segunda expresión anotada en el centro y a la izquierda de la figura 11.

Es de notar que cuando $\alpha = 0$, el radio del círculo de las imágenes se vuelve infinito, quedando éstas situadas sobre la vertical que pasa por el punto de tiro.

La velocidad aparente para cualquier posición receptora se obtiene diferenciando la fórmula del tiempo con respecto a X . Resulta así:

$$\frac{dT_n}{dX} = \frac{1}{U_n} = \frac{1}{V} \sqrt{\frac{X^2 \pm 2 VT_{po} X \frac{\operatorname{sen}^2(n+1)\alpha}{\operatorname{sen}\alpha}}{\frac{\operatorname{sen}^2(n+1)\alpha}{\operatorname{sen}\alpha} + V^2 T_{po}^2 \frac{\operatorname{sen}^2(n+1)\alpha}{\operatorname{sen}^2\alpha}}}$$

que para incidencia normal, es decir $X = 0$, se convierte en

$$U_{no} = (U_n)_{x=0} = (V^2 T_{po} \operatorname{sen}(n+1)\alpha / \operatorname{sen}\alpha) / [VT_{po} \operatorname{sen}^2(n+1)\alpha / \operatorname{sen}\alpha]$$

y finalmente:

$$U_{no} = V / \operatorname{sen}(n+1)\alpha$$

Para el reflejo primario es $n = 0$, con lo que

$$U_{po} = V / \operatorname{sen}\alpha$$

Dividiendo una por otra las dos últimas expresiones, resulta:

$$U_{no}/U_{po} = \operatorname{sen}\alpha / \operatorname{sen}(n+1)\alpha$$

que es la tercera relación anotada en la parte izquierda de la figura 11. Esta fórmula y la figura 11 explican claramente la disminución de la velocidad aparente de los múltiples sucesivos en el sismograma, y su equivalente, la inclinación creciente de los mismos en la sección.

En la figura 12 se han anotado los caracteres más importantes de las reflexiones múltiples simples que se deducen de la figura anterior y que en algunos casos podrían ser útiles para su identificación en los sismogramas. Las características más importantes son la primera y la tercera. En los sismogramas convencionales es muy difícil determinar el carácter referente a la amplitud y polaridad, sobre todo por el efecto que tiene el control automático de ganancia sobre las relaciones de amplitud, debido a su característica no lineal. También la polaridad es difícil de ver a causa de que las trazas están en movimiento permanente sea por la excitación de señales anteriores, o por ruido.

En la figura 13 se muestra la relación que existe entre el sobretiempo del primario y el de sucesivos reflejos múltiples, cuando la capa reflectora es horizontal. La relación indicada en la figura se deduce de la expresión del tiempo para $\alpha = 0$ señalada en la figura 11, pudiéndose escribir:

$$\begin{aligned} T_n &= \left[X^2/V^2 + \left\{ (n+1) T_{po} \right\}^2 \right]^{1/2} \\ &= [(n+1) T_{po}] \left[1 + \frac{X^2}{V^2 [(n+1) T_{po}]} \right]^{1/2} \\ &\approx (n+1) T_{po} + \frac{X^2}{2 V^2 [(n+1) T_{po}]} \end{aligned}$$

que se obtiene escribiendo solamente los dos primeros términos del desarrollo del binomio, bajo el supuesto de que el tercero es ya despreciable a causa de que $X \ll V (n+1) T_{po}$. Pasando a la izquierda el primer término del segundo miembro, resulta:

1 - TIEMPO DE APARICION

$$T_n = \frac{\operatorname{Sen}(n+1)\alpha}{\operatorname{Sen}\alpha} \cdot T_p$$

T_n = tiempo del enesimo multiple.

T_p = " " reflejo primario.

n = Nº del orden del multiple.

α = angulo de inclinacion del reflector.

NOTA: Si $\alpha \rightarrow 0$, $T_n \rightarrow (n+1) T_p$

2 - POLARIDAD Y AMPLITUD

ORDEN DEL REFLEJO	AMPLITUD
Primario	R A
1º Multiple	$-R^2 R_s A$
2º "	$R^3 R_s^2 A$
Nº "	$R^{n+1} (-1)^n R_s^n A$

Donde

A = Amplitud del Impulso.

R = Coef. de Reflexion de la discontinuidad.

$-R_s$ = " " " " " Superficie(o base
del Weath.)

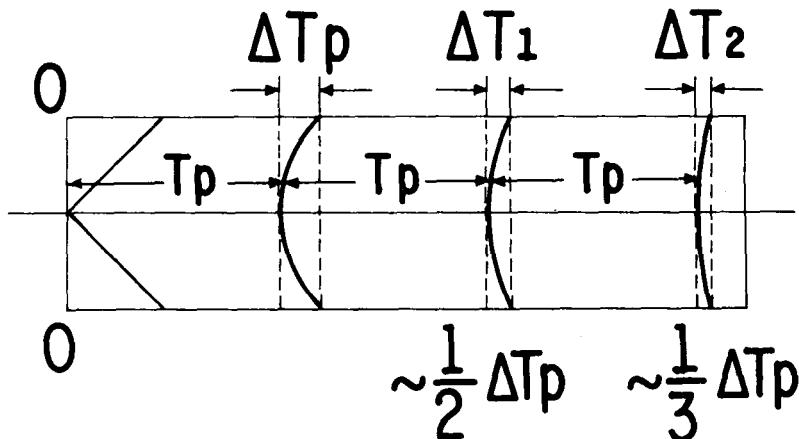
3 - VELOCIDAD APARENTE (INCIDENCIA NORMAL)

$$\frac{U_n}{U_p} = \frac{\operatorname{Sen}\alpha}{\operatorname{Sen}(n+1)\alpha}$$

Donde U_n = Velocidad aparente del multiple.

U_p = " " " Reflejo primario.

FIG. 12.—CARACTERES DE LAS REFLEXIONES MULTIPLES SIMPLES.



$$\frac{\Delta T_n}{\Delta T_p} \cong \frac{1}{n+1} \quad \text{cuando} \quad X \ll V T_p$$

$n =$ orden de multiplicidad del reflejo.

$\Delta T_p =$ sobre tiempo normal del reflejo primario.

$\Delta T_n =$ sobre tiempo normal del enesimo multiple.

FIG. 13.—RELACION ENTRE EL ΔT NORMAL DE LOS REFLEJOS MULTIPLES Y DEL PRIMARIO, CUANDO EL BUZAMIENTO ES NULO.

$$\Delta T_n = T_n - (n + 1) T_{po} \cong \frac{X^2}{2 V^2 [(n + 1) T_{po}]} (A)$$

Para el reflejo primario la expresión análoga es:

$$\Delta T_{po} = \frac{X^2}{2 V^2 T_{po}}$$

Entonces $\Delta T_n / \Delta T_p = 1 / (n + 1)$.

lo que significa que el sobretiempo del primer múltiple es aproximadamente igual a la mitad del sobretiempo del primario, que el sobretiempo del segundo múltiple es igual aproximadamente a un tercio del sobretiempo del primario, etc.

En algunos casos este criterio podría ser de utilidad para identificar los reflejos múltiples cuando la velocidad aumenta con la profundidad, ya que los reflejos verdaderos se presentarían entonces con sobretiempos más pequeños que los de los múltiples, como es fácil deducir del examen de la fórmula

$$\text{la aproximada del sobretiempo } [(A) ; \Delta T_p = \frac{X^2}{2 V^2 T_p}] .$$

Un procedimiento bien conocido para la identificación de los reflejos múltiples cuando la velocidad aumenta con la profundidad, es el de los perfiles de velocidad que se ilustra en la figura 14. De las fórmulas anotadas en ella, es claro que en la gráfica T^2 , X^2 , los múltiples siempre deberán aparecer como líneas paralelas a la gráfica del reflejo primario del horizonte que los motiva.

Otro procedimiento que se puede usar cuando el largo de los tendidos es del orden de la mitad o un tercio de la profundidad que se estudia, es el que se ilustra en la figura 15, en la que se indica que si para cada reflejo se calcula la raíz cuadrada del producto del tiempo por el sobretiempo, y se lleva a una gráfica contra los valores del tiempo del reflejo para incidencia normal ($X = 0$), los múltiples deberán aparecer como líneas paralelas al eje de los

La ecuación del tiempo en función de la distancia al P.T. para un Reflejo Multiple es:

$$(\bar{V}T_n)^2 = [\bar{V}(n+1)T_p]^2 + x^2 \quad n = \text{orden de multiplicidad.}$$

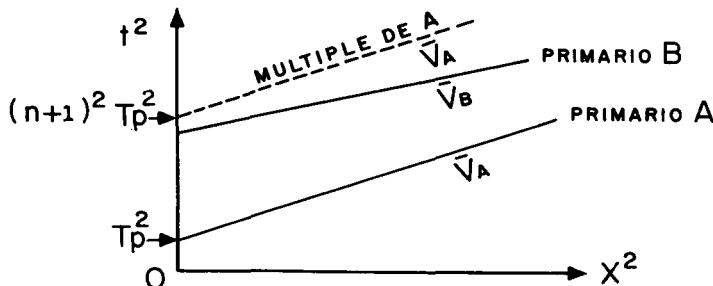
$$\text{o } (T_n)^2 = \frac{x^2}{\bar{V}^2} + (n+1)^2 T_p^2 \quad T_p = \text{tiempo de reflejo primario.}$$

\bar{V} = velocidad media.

T_n = tiempo del múltiple.

Haciendo

$(T_n)^2 = Y, \quad x^2 = X, \quad$ la ecuación anterior se puede graficar, resultando una línea recta con pendiente $\frac{1}{\bar{V}^2}$. Siendo \bar{V} = Constante para los múltiples simples de un reflejo determinado, en la gráfica $T^2 - X^2$ ellos se manifestarán como líneas paralelas con pendiente $\frac{d(T^2)}{d(x^2)} = \frac{1}{\bar{V}^2}$.



IDENTIFICACION DE REFLEJOS MULTIPLES CUANDO LA VELOCIDAD AUMENTA CON LA PROFUNDIDAD Y EL BUZAMIENTO ES NULO.

FIG. 14.—IDENTIFICACION DE REFLEJOS MULTIPLES CUANDO LA VELOCIDAD AUMENTA CON LA PROFUNDIDAD, Y EL BUZAMIENTO ES NULO.

tiempos, bajo las condiciones anotadas en la misma figura; es decir, cero buzamiento, y tendido constante.

La técnica de suma de registros (Stacking) con punto de reflejo común que se usa en el proceso de registros grabados en cinta magnética para la atenuación o cancelación parcial de los reflejos múltiples, se basa también en la diferencia de curvatura que muestran éstos con respecto a los primarios de igual tiempo de reflejo cuando la velocidad varía con la profundidad. En su aplicación se eligen un número de posiciones para el tiro y los receptores,

de tal manera que un número de distancias de tiro diferentes tienen puntos de reflejo comunes. Por aplicación de las correcciones por sobretiempo normal, los tiempos de reflejo observados quedan reducidos a la vertical, y son iguales para un mismo horizonte reflector. Haciendo finalmente la suma de las trazas pertinentes se obtiene un registro en el que la relación señal/ruido ha quedado aumentada. Como se ve, la idea fundamental es lograr la interferencia constructiva de los reflejos primarios, y la destructiva para los reflejos múltiples y otros ruidos que no son idénticos en el grupo de trazas que se suman.

Siendo: $X = \text{DIST. AL PUNTO DE TIRO.}$

$\bar{V} = \text{VELOCIDAD MEDIA DESDE LA SUPERFICIE AL REFLECTOR.}$

$T = \text{TIEMPO DE REFLEJO PARA } X=0$

El sobretiempo normal es:

$$\Delta T = \sqrt{T^2 + \left(\frac{X}{\bar{V}}\right)^2} - T \cong \frac{X^2}{2\bar{V}^2 T} \quad (1)$$

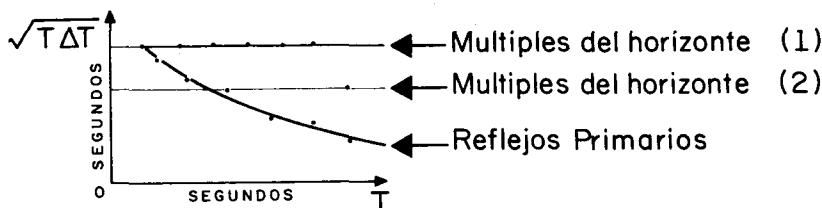
Reordenando:

$$\sqrt{T \Delta T} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{X}{\bar{V}} \quad (2)$$

Para los Reflejos multiples simples de un mismo horizonte \bar{V} es constante. Si es tambien $X = \text{const.}$, resulta:

$$\sqrt{T \Delta T} = K \quad (3)$$

Entonces llevando los valores de $\sqrt{T \Delta T}$ y T sobre dos ejes coordenados, la gráfica resultante deberá ser una linea recta horizontal.



Si \bar{V} crece dependiendo de la profundidad, es obvio de(2) que $\sqrt{T \Delta T}$ deberá disminuir al crecer \bar{V} . Entonces, para los Reflejos Primarios, la grafica será una curva mas o menos inclinada con respecto al eje del tiempo.

FIG. 15.—IDENTIFICACION DE REFLEJOS MULTIPLES CUANDO LA VELOCIDAD AUMENTA CON LA PROFUNDIDAD, Y EL BUZAMIENTO ES NULO.

Los detalles de este método pueden verse en el artículo titulado "COMMON REFLECTION POINT HORIZONTAL DATA STACKING TECHNIQUES" por W. Harry Mayne y que apareció en GEOPHYSICS del año 1962.

Un caso interesante de reflejos múltiples es el que se muestra en la figura 16. Una situación como ésta podría presentarse en el caso de que se hicieran observaciones sísmicas a lo largo de un valle estrecho o por una cañada. La construcción de las trayectorias y los caracteres de los reflejos múltiples se pueden deducir fácilmente de las propiedades geométricas de la figura 16 que tienen gran semejanza con el caso de la superficie y una discontinuidad inclinada que se presentó en la figura 11.

Los reflejos múltiples formarían dos sistemas que en la sección que se calculara convencionalmente es decir como si todos los reflejos observados fueran primarios, aparecerían con inclinación que iría creciendo con el tiempo, tal como se muestra en la figura 17.

Cuando existen en el subsuelo varias discontinuidades de velocidad, surge la posibilidad de que ocurran reflexiones múltiples entre ellas sin que intervengan necesariamente la superficie del terreno o la base de la capa intemperizada. Ese tipo de reflejos múltiples han recibido el nombre de "múltiples internos", y su cálculo se vuelve laborioso, requiriendo el conocimiento detallado de la distribución de velocidades y densidades para calcular los coeficientes de reflexión y las amplitudes y tiempos de los reflejos en cada caso particular. Esos cálculos se pueden hacer con máquinas calculadoras, a partir del registro continuo de velocidades (o registro sónico C. V. L.).

REFLEJOS FANTASMAS

Otro tipo de ruido lo constituyen los reflejos fantasma, que son las reflexiones que se originan en alguna discontinuidad elástica situada arriba del nivel del tiro, y que siguen muy de cerca en el sismograma a los reflejos primarios, interfiriendo con ellos y modificando su carácter. Los reflejos fantasmas son causados por la energía que el tiro emite hacia arriba, y son por lo tanto un caso especial de los reflejos múltiples.

En la figura 18 se indica la construcción de las trayectorias seguidas por un reflejo primario y por un reflejo fantasma. Del examen de las mismas

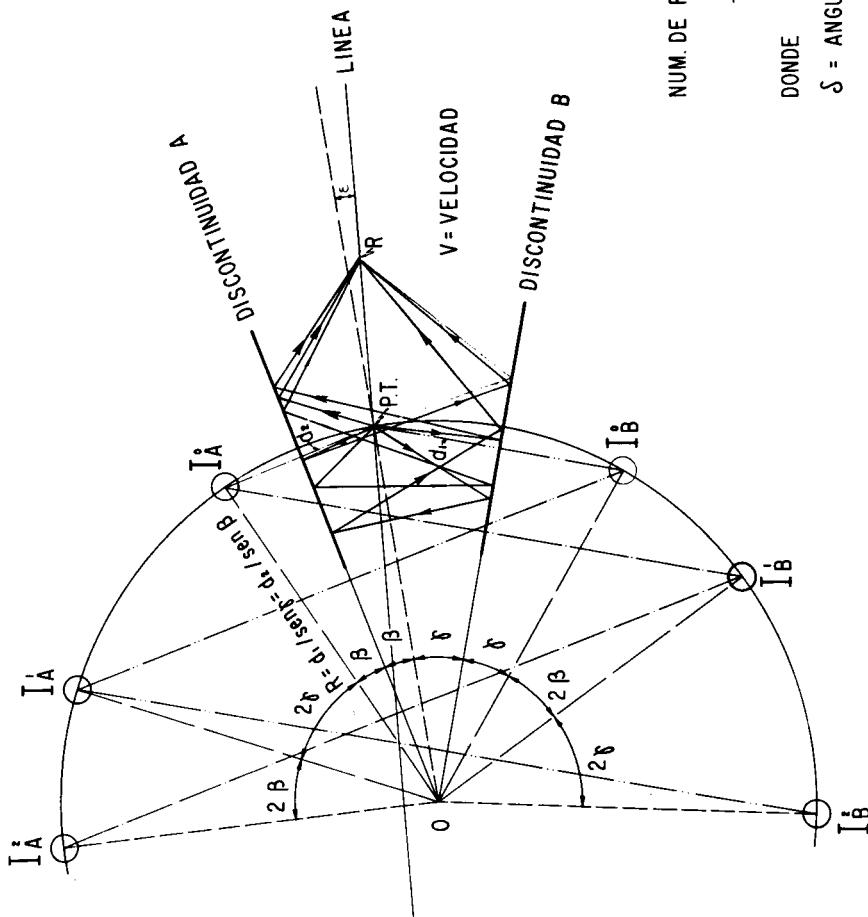


FIG. 16.—REFLEXIONES MULTIPLES EN EL CASO DE HABER DOS DISCONTINUIDADES LATERALES A LA LINEA DE OBSERVACION.

DONDE

δ = ANGULO ENTRE LAS DOS DISCONTINUIDADES

se deduce que la diferencia de tiempo entre el fantasma y el primario tiende a $2h/V$ seg. a medida que disminuye la relación X/Z , tal como se indica en la parte inferior de la misma figura 18, siendo h la profundidad del tiro respecto de la discontinuidad que refleja la energía hacia abajo.

Los medios para la eliminación o atenuación de los reflejos fantasmas se muestran en la figura 19. El primero de ellos consiste en la utilización del efecto direccional de las cargas distribuidas linealmente (verticalmente) o secuenciales. En un trabajo publicado recientemente en el Boletín de la A. M. G. E., se señaló que el efecto direccional hacia abajo es óptimo cuando la explosión se inicia desde arriba de la carga, y la velocidad de detonación de la columna explosiva se ajusta alrededor del 80% de la velocidad de la formación en que se realiza el tiro.

El segundo procedimiento que se indica en la figura 19 es para realizarlo en el procesado de los registros, y consiste en hacer la suma de los registros magnéticos de dos o más tiros efectuados a profundidades convenientes dentro de un pozo de tiro, después de retrasarlos entre sí los intervalos de tiempo adecuados para hacer que los reflejos primarios resulten en coinciden-

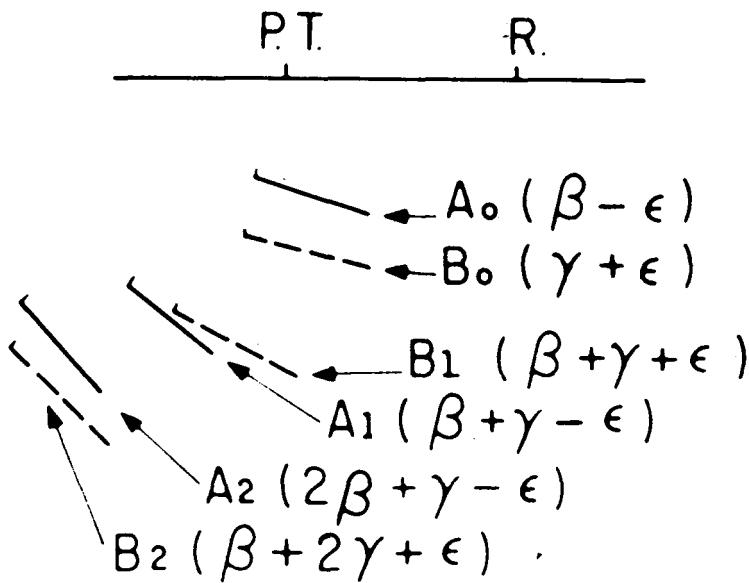
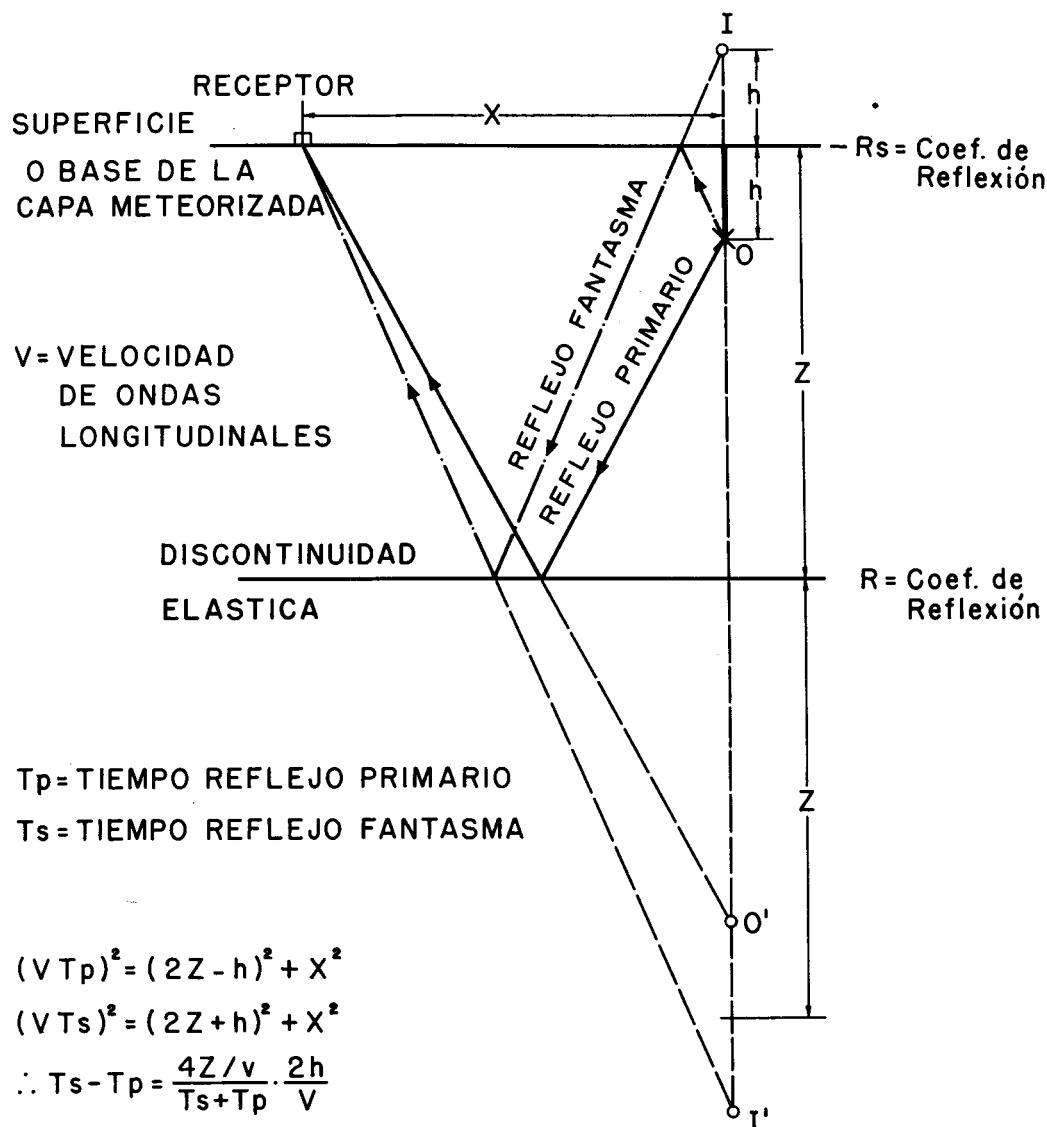


FIG. 17.—ASPECTO QUE TENDRIA LA SECCION INTERPRETADA.



Si $X \ll Z$,

$$T_s - T_p \cong \frac{2h}{V}$$

FIG. 18.—TRAYECTORIAS PARA LOS REFLEJOS PRIMARIO Y "FANTASMA".

- 1- TIROS DIRECCIONALES, EMPLEANDO CARGAS DISTRIBUIDAS VERTICALMENTE Y CON VELOCIDAD DE DETONACION AJUSTADA AL 80 % DE LA VELOCIDAD DE LA FORMACION.
- 2-SUMA DE REGISTROS MAGNETICOS DE DOS TIROS REALIZADOS A DIFERENTES PROFUNDIDADES DENTRO DE UN POZO DE TIRO.

Desplazando relativamente los registro de manera que se pongan en fase los reflejos primarios, los reflejos fantasmas quedan retrasados en $\sim 2\Delta h/v$ segundos, siendo Δh la diferencia de profundidad entre los dos tiros.

Para que el efecto de interferencia entre los dos reflejos fantasmas sea máximo al hacer la suma de los registros, se debe elegir Δh de manera que sea:

$$\Delta h = \frac{\text{LONGITUD DE ONDA}}{4}$$

FIG. 19.—MEDIOS PARA LA ELIMINACION O ATENUACION DE REFLEJOS FANTASMAS.

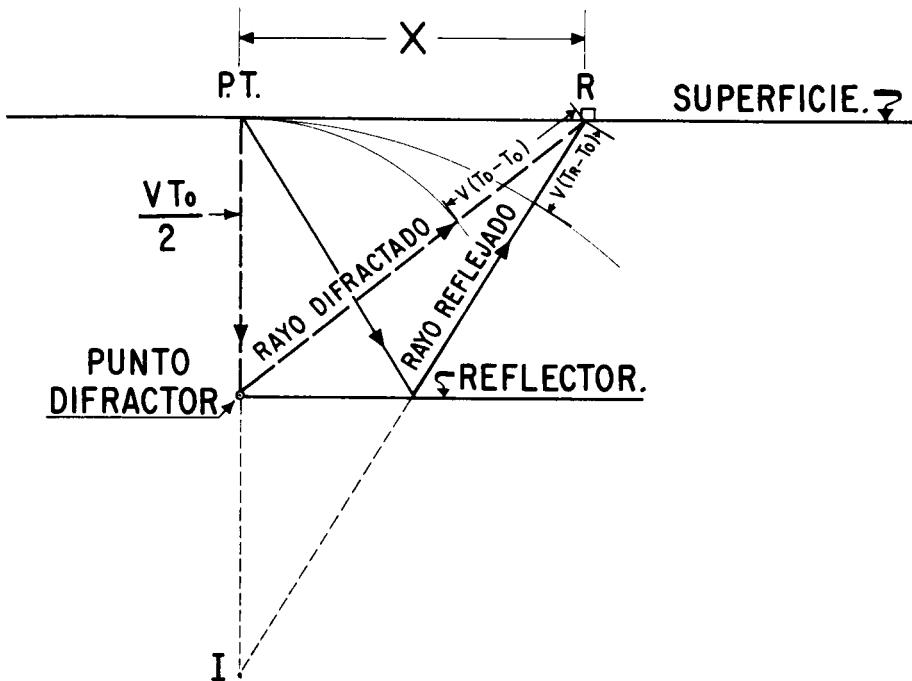
cia. Si fueran n el número de tiros, las explosiones deberían quedar equidistantes y distribuidas en una semi-longitud de onda. En el caso de ser solamente dos, el espacioamiento entre ellos para obtener el mejor efecto de cancelación parcial de los reflejos fantasmas es $1/4$ de la longitud de onda, tal como se indica en la figura 19.

DIFRACCIONES

Un tipo de ruido que en ciertos trabajos marinos puede interferir de manera considerable con los reflejos del subsuelo, son las reflexiones que se producen en las irregularidades, ya sean éstas pequeñas depresiones llenadas de lodo o arrecifes, que existen en le fondo del mar y que obran como puntos de difracción.

Las difracciones generalmente se pueden identificar en los registros sísmicos porque presentan curvatura mayor que los reflejos de igual tiempo, tal como se hace evidente en el figura 20. Cuando la distancia entre el punto de tiro y el receptor es corta en comparación con la distancia del punto de tiro al punto de difracción, las fórmulas anotadas en la misma figura 20 hacen ver que el sobretiempo normal para la difracción es aproximadamente doble del que corresponde a una reflexión de igual tiempo de reflejo. Esto es evidente también de la figura si se imagina que el punto R se aproxima al punto de tiro y se comparan los segmentos $V \Delta T_R$ y $V \Delta T_D$; uno es visiblemente la mitad del otro.

Cuando en una serie de tendidos sísmicos se recibe la onda procedente de un punto difractor, existe una relación fácil de establecer entre los tiempos observados y la distancia al punto en que es mínimo el tiempo que se registra. Esa relación aparece indicada con el número (1) en la figura 21. Es obvio que representa la ecuación de la curva tiempo-distancia, y que ésta es una HIPERBOLA. La fórmula es interesante porque despejando de ella a la velocidad V , ésta resulta expresada en términos del tiempo y la distancia, que son valores que se obtienen directamente de las observaciones. En un caso dado, el valor que se determine para V puede servir como indicación acerca de si la difracción proviene del fondo del mar, o si se trata de un punto difractor que podría estar ubicado en profundidad. En la figura 22 se muestra un tramo de sección correspondiente al estudio sísmico del área de Tecolutla. Se notan claramente dos eventos en forma de arcos con apreciable curvatura. Por



T_D = TIEMPO RAYO DIFRACTADO.

T_R = " " REFLEJADO.

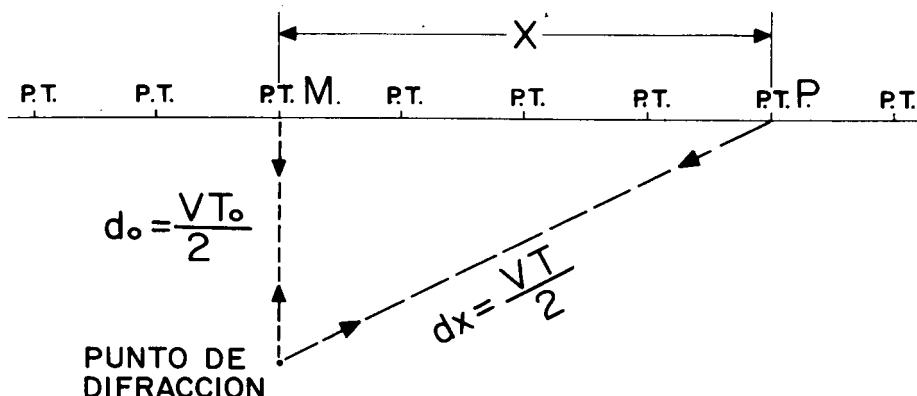
$$T_D = \frac{T_0}{2} + \sqrt{\frac{T_0^2}{4} + \frac{X^2}{V^2}}, \quad T_R = \sqrt{T_0^2 + \frac{X^2}{V^2}}$$

$$\Delta T_{DIFR} = T_D - T_0 = \sqrt{T_0^2 + \frac{X^2}{V^2}} - \frac{T_0}{2} \approx \frac{X^2}{V^2 T_0}$$

$$\Delta T_{REFL} = T_R - T_0 = \sqrt{T_0^2 + \frac{X^2}{V^2}} - T_0 \approx \frac{X^2}{2V^2 T_0}$$

LAS APROXIMACIONES SON VALIDAS CUANDO $X \ll VT_0$.

FIG. 20.—COMPARACION ENTRE UNA DIFRACCION Y UNA REFLEXION DE IGUAL TIEMPO PARA $X = 0$.



T_o = Tiempo más corto observado.

T = Tiempo observado a la distancia X .

d_o y dx : Distancias desde los PTs. M y P al Punto Difractor.

V = Velocidad del medio.

$$dx^2 = d_o^2 + X^2$$

$$\left(\frac{VT}{2}\right)^2 = \left(\frac{VT_o}{2}\right)^2 + X^2$$

$$T^2 - T_o^2 = \frac{4X^2}{V^2} \quad (1)$$

Determinados T , T_o y X mediante el Perfil, se puede calcular V por la fórmula:

$$V = \frac{2X}{\sqrt{(T+T_o)(T-T_o)}} \quad (2)$$

FIG. 21.—CASO GENERAL DE DIFRACCION EN UN PERFIL CONTINUO.

FIG. 22.—EJEMPLO DE DIFRACCIONES EN TRABAJOS MARINOS.



la substitución de los valores apropiados en la fórmula (2) de la figura 21, se determinó para la velocidad el valor de 1470 m/s (la velocidad del agua es 1435 m/s), por lo que se interpretaron dichos eventos como probablemente procedentes de arrecifes localizados a distancias de 2.16 y 2.54 Km. de la línea sísmica.

REVERBERACIONES MARINAS

En un trabajo por Werth, Liu y Trorey, publicado en GEOPHYSICS del año 1959, presentaron evidencia experimental y teórica de que el efecto de "singing" (o reverberaciones) que se observa frecuentemente en los sismogramas que se registran en regiones marinas, no se debe solamente a la energía del tiro que es inicialmente atrapada por el manto líquido, sino que las reflexiones que emergen del subsuelo desempeñan un papel importante en su generación. Como se sabe, el efecto de "singing" consiste en que el sismograma convencional toma el aspecto de ondas senoidales. Este fenómeno puede de aparecer en los registros sísmicos en grados que varían desde la forma extrema en que la oscilación se presenta a través de todos el sismograma, hasta registros de calidad razonablemente buena. Los eventos de reflexión son a veces enmascarados por la oscilación, y la individualización de ellos es a veces

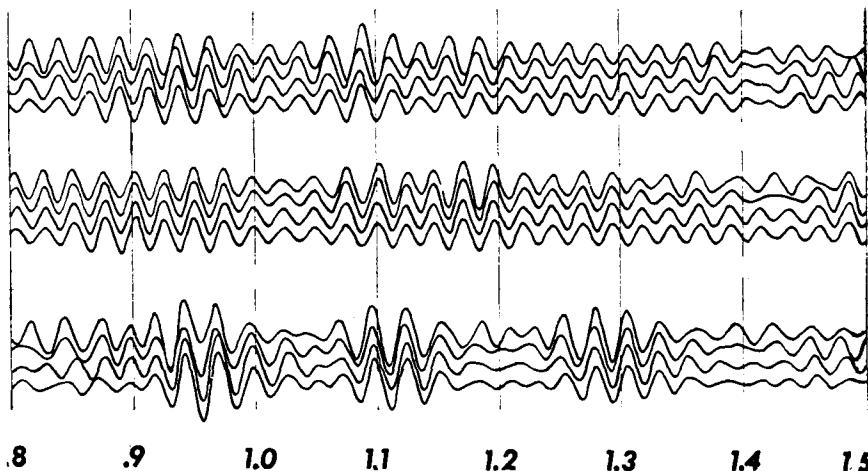
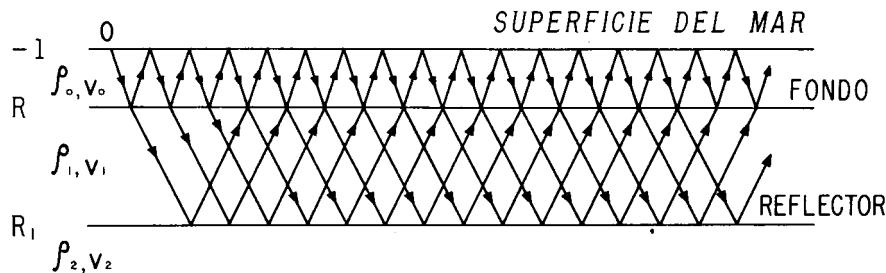


FIG. 23.—TRES REGISTROS CONSECUATIVOS CON REVERBERACIONES Y SIN ELLAS. (WERTH, LIU AND TROREY, 1959, GEOPHYSICS).

muy dudosa si no imposible. Puede decirse que las reverberaciones marinas constituyen un tipo de ruido causado por las reflexiones múltiples que se originan entre la superficie y el fondo del mar a causa de tener ambas discontinuidades altos coeficientes de reflexión. (Discontinuidad Agua-Aire: —1; disc. Agua-Roca: ~ 0.6). En la figura 23 se presenta un ejemplo de sismogramas con reverberaciones y sin ellas.

En la figura 24 se muestra un diagrama esquemático de las reflexiones múltiples entre la superficie del mar, el fondo y un reflector profundo. La escala horizontal no tiene significado, y solo se ha querido representar el mecanismo de las reflexiones sucesivas del rayo *vertical* emitido por la fuente de energía en *O*.



COEFICIENTES DE REFLEXION:

$$\text{SUPERFICIE:} \quad -1$$

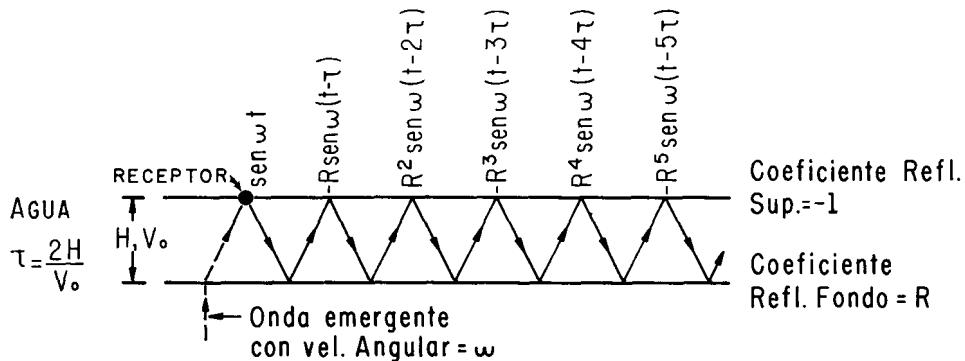
$$\text{FONDO:} \quad R = \frac{\rho_1 v_1 - \rho_0 v_0}{\rho_1 v_1 + \rho_0 v_0}$$

$$\text{REFLECTOR:} \quad R = \frac{\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1}{\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1}$$

COEFICIENTE DE TRANSMISION DEL FONDO (ENTRADA Y SALIDA): $(1 - R^2)$

FIG. 24.—DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LAS REFLEXIONES MULTIPLES (REVERBERACIONES) ENTRE LA SUPERFICIE DEL MAR, EL FONDO Y UN REFLECTOR PROFUNDO.

En la figura 25 se muestra la acción del manto líquido como una capa acústicamente resonante. Se indican en ella las reflexiones sucesivas que sufre una componente de frecuencia $\omega/2\pi$ de una onda que emerge del subsuelo. (Se recuerda que según la Integral de Fourier, cualquier señal transitoria



La resultante de la onda y las reverberaciones excitadas por ella es:

$$\begin{aligned}\Sigma &= \text{sen } \omega t - R \text{sen } \omega (t-\tau) + R^2 \text{sen } \omega (t-2\tau) - R^3 \text{sen } \omega (t-3\tau) + \dots \\ &= \text{sen } \omega t (1 - R \cos \omega \tau + R^2 \cos 2\omega \tau - R^3 \cos 3\omega \tau + \dots) \\ &\quad - \cos \omega t (0 - R \text{sen } \omega \tau + R^2 \text{sen } 2\omega \tau - R^3 \text{sen } 3\omega \tau + \dots)\end{aligned}$$

ó:

$$\Sigma = \frac{\text{sen}(\omega t + \varphi)}{\sqrt{1+2R\cos\omega\tau+R^2}} \quad (1)$$

que es una onda senoidal de velocidad angular ω , con amplitud Y y fase φ dadas por:

$$Y = \frac{1}{\sqrt{1+2R\cos\omega\tau+R^2}} \quad (2)$$

$$\tan \varphi = \frac{R \text{sen } \omega \tau}{1+R\cos\omega\tau} \quad (3)$$

Las ecuaciones (2) y (3) hacen ver que tanto la amplitud como la fase de la onda resultante son funciones de la velocidad angular ω , del espesor de la capa de agua y del coeficiente de reflexión del fondo..

FIG. 25.—REVERBERACIONES MARINAS.

puede descomponerse en una suma de ondas senoidales de frecuencias que varían entre cero e infinito, de la siguiente forma:

$$\text{Señal} = \sum_{w=0}^{\infty} S(w) \cdot \cos [wt - \phi(w)]$$

donde $S(w)$ es la amplitud de la onda senoidal de frecuencia $f_n = w/2\pi$, t es el tiempo, y $\phi(w)$ es el ángulo de fase de la componente de frecuencia f_n .

Las expresiones anotadas en los puntos de incidencia donde el rayo toca la superficie representan las amplitudes de los reflejos sucesivos entre la superficie y el fondo. (La amplitud de la onda emergente se supuso igual a la unidad para simplificar las fórmulas). El retraso entre reverberaciones sucesivas es $\tau = 2H/V_0$ seg. Se observa que las reverberaciones tienen amplitud decreciente según la ley exponencial debido a que cada reflexión en el fondo introduce un factor R en la amplitud. Además, los signos de las reverberaciones son alternativamente positivos y negativos debido a que cada incidencia en la superficie introduce el factor -1 .

La figura 26 es un ejemplo notable de un registro que muestra los caracteres de periodicidad y polaridad alternativa.

Regresando a la figura 25, si se hace la suma de las ondas sucesivas que llegan al receptor situado en la superficie, se obtiene la expresión de la

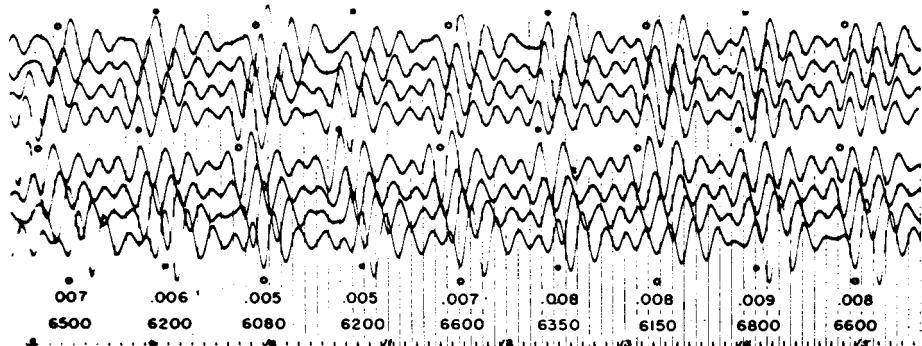


FIG. 26. --REGISTRO CON REVERBERACIONES (BACKUS, 1959, GEOPHYSICS).

onda resultante que está señalada con el número (1). Dicha resultante es una onda senoidal cuya amplitud y fase están dadas por las fórmulas (2) y (3). La acción del manto líquido como capa resonante se hace evidente al estudiar la gráfica de la función $Y = (1 + 2R \cos w\tau + R^2)^{-1/2}$ cuando se toma la frecuencia $f = w/2\pi$ como variable independiente.

En la figura 27 se enseña la gráfica de la función Y . (La amplitud de onda resultante) para dos valores positivos y dos negativos del coeficiente de reflexión R . Se observa que cuando R es positivo las frecuencias de resonancia son las armónicas impares 3, 5, 7, ... de la fundamental $1/2\tau = V_o/4H$. En cambio, cuando R es negativo, es decir cuando la impedancia acústica del fondo es menor que la del agua, la frecuencia fundamental es $1/\tau = V_o/2H$, y están presentes todas las armónicas pares e impares, e inclusive la frecuencia cero.

Comparando con las formas de vibración de los tubos de órgano que se estudian en Física, se ve que el caso de la capa líquida con R positivo corresponde con la forma de vibrar de un tubo cerrado, y que el caso del coeficiente de reflexión del fondo con signo negativo corresponde al modo de vibrar de un tubo de órgano abierto.

En la figura 28 se han trazado esquemáticamente los sismogramas teóricos para los siguientes casos: izquierda, las reverberaciones excitadas por el tiro; centro, las reverberaciones excitadas por un reflejo primario, y derecha las reverberaciones causadas por el primer múltiple entre el fondo del mar y el reflector profundo. Las fórmulas anotadas a la derecha de cada una de las señales representan su amplitud, y han sido deducidas del estudio de la figura 24 presentada al principio de la serie de figuras referentes a las reverberaciones marinas. Los coeficientes de las amplitudes significan el número de permutaciones de los segmentos de las trayectorias que constituyen arribos simultáneos en fase.

Es fácil ver que una reverberación puede tener una amplitud mayor que la del reflejo que la origina. Considerando por ejemplo la segunda reverberación, la relación entre su amplitud y la del reflejo primario que la origina es igual a $3R^2$. Entonces, basta que $3R^2$ sea mayor que 1 para que ello suceda; es decir, que R sea mayor que 0.58.

Si se piensa en la cuarta reverberación, la relación entre su amplitud y la del primario sería $5R^4$. Para que la amplitud de la cuarta reverberación fuera mayor que la del primario se necesitaría que fuera $5R^4 > 1$, o lo que

Estudio de la función $Y = (1+2R \cos \omega \tau + R^2)^{-1/2}$

Máximos y Mínimos:

$$\frac{dY}{d\omega} = +\frac{1}{2} (1+2R \cos \omega \tau + R^2)^{-3/2} 2R \tau \sin \omega \tau$$

$$= \frac{R \tau \sin \omega \tau}{(1+2R \cos \omega \tau + R^2)^{3/2}}$$

$$\frac{dY}{d\omega} = 0 \text{ cuando } \omega \tau = K\pi \text{ donde } K = 0, 1, 2, 3, \dots$$

$$\text{o sea cuando } 2\pi f\tau = K\pi, \text{ ó } f = \frac{K}{2\tau}$$

Dando valores a K, se puede tabular:

$K =$	0	1	2	3	4	5	6
$f =$	0	$1/2\tau$	$1/\tau$	$3/2\tau$	$2/\tau$	$5/2\tau$	$3/\tau$
$Y =$	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.

Nota.- Para $R < 0$,
habría que intercambiar
los máximos por los mínimos

La forma aproximada de Y para varios valores de R es:

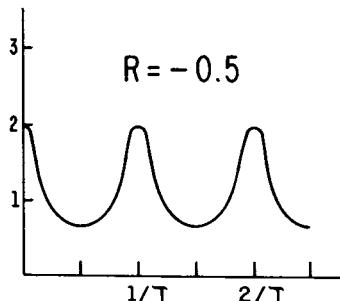
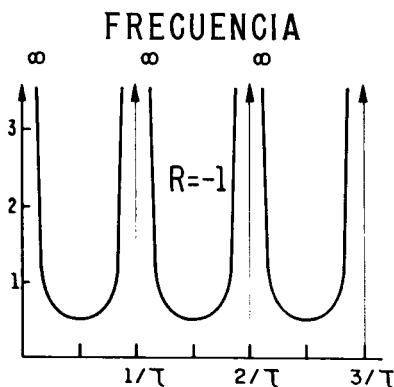
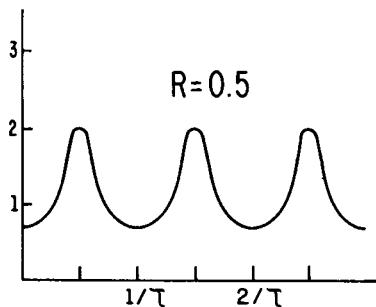
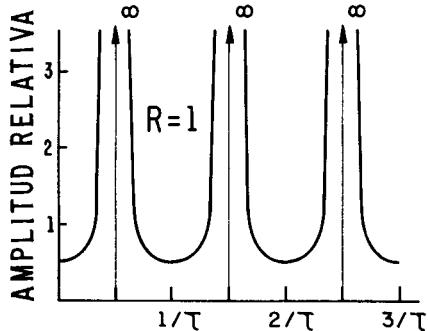


FIG. 27.—ACCION DE FILTRO PRODUCIDA POR LA CAPA DE AGUA.

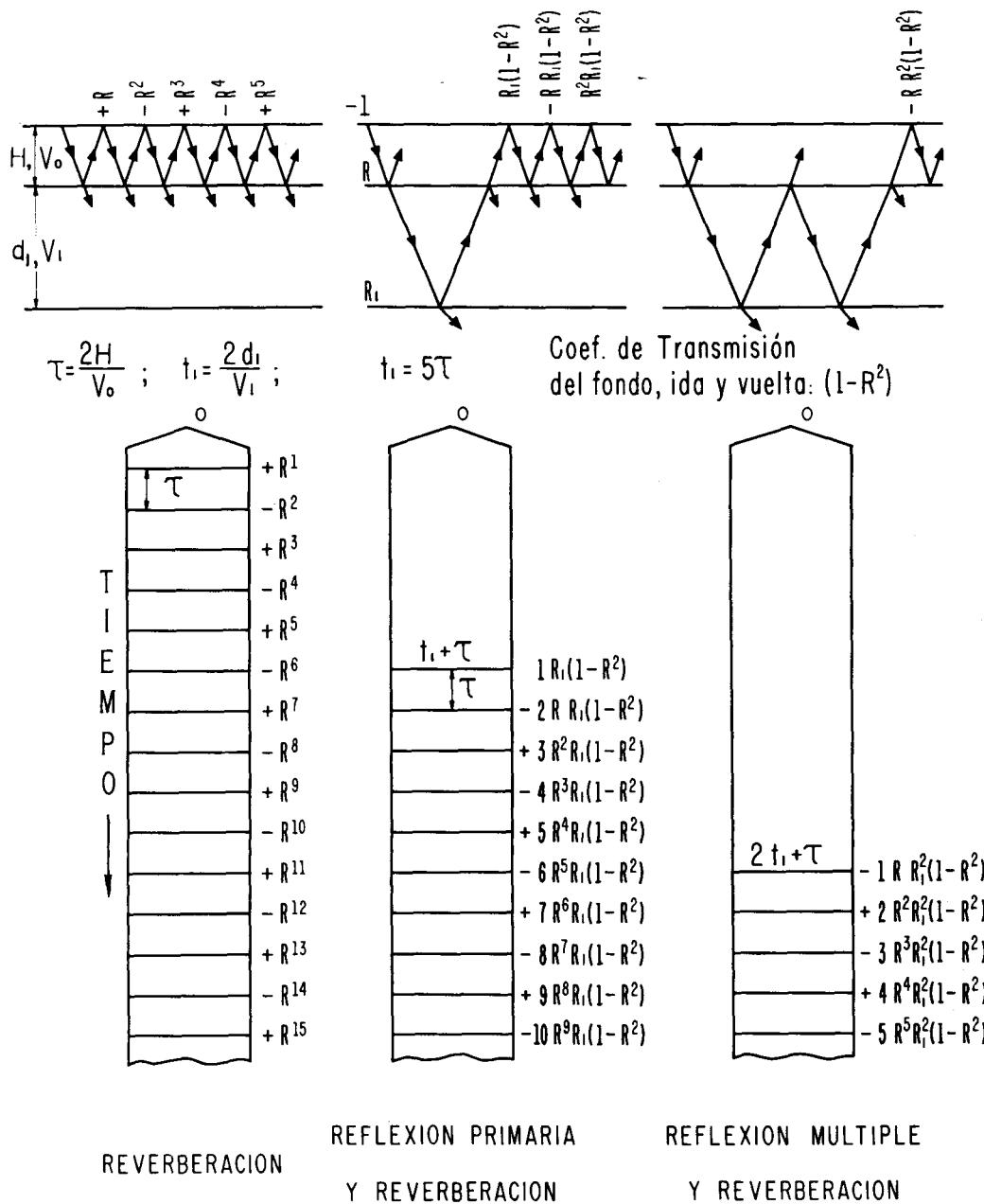


FIG. 28.—REVERBERACIONES MARINAS.

es equivalente, que fuera R mayor que 0.67. Este coeficiente de reflexión no es raro, pues para un fondo calcáreo puede ser 0.7.

En la figura 29, tomada del trabajo de Backus, están graficadas en coordenadas semi-logarítmicas las amplitudes de las reverberaciones iniciales, las de una reflexión primaria y sus reverberaciones, y las del primer y segundo múltiples con sus reverberaciones. Fueron calculadas para los coeficientes de reflexión $R = 0.5$ y $R_1 = 0.1$, y están designadas respectivamente por $j = 0, 1, 2$ y 3 . La figura 30 difiere de la 29 solamente en los valores de los coeficientes, que son ahora $R = 0.7$ y $R_1 = 0.1$. Se nota que entonces la segunda reverberación originada por el reflejo primario tiene mayor amplitud que el arriba inicial. Este efecto es más prominente en el caso del primer múltiple, que alcanza la mayor amplitud en la 6^a reverberación. La atenuación de la energía puramente contenida en el agua es menor que en el caso de la figura 29, debido a que R es mayor.

Buscando eliminar el efecto detrimental debido a las reverberaciones marinas cuya mecánica fue expuesta arriba en forma simplificada debido a que no se consideró la curvatura de los frentes de onda, ni las pérdidas por absorción, fue que surgió el concepto del "filtro inverso" o anti-filtro. En la figura 31 se muestra la idea fundamental que expuso Backus para la solución de este problema. En la parte superior de esta figura se representa de manera esquemática la respuesta de dos secciones del filtro equivalente de la capa líquida. En la parte central se muestra la respuesta del filtro inverso requerido para compensar exactamente el efecto del anterior, y en la parte inferior se ve la respuesta combinada de los dos. Como se nota, la respuesta combinada del filtro marino y de su anti-filtro ideal es constante para todas las frecuencias, pues es una línea recta paralela al eje de las frecuencias. A esta reducción del efecto de un filtro, ya sea éste debido a alguno de los medios atravesados por la onda sísmica o a los instrumentos mismo, es lo que en la literatura geofísica moderna se denomina como DECONVOLUCION.

En la figura 32 se ilustra una manera de cancelar las reverberaciones causadas por una reflexión primaria, mediante una solución práctica del filtro inverso. La cancelación se logra a través de una serie de operaciones de procesado consistentes en:

1o.—La multiplicación del registro original por el doble del coeficiente de reflexión R , y el retraso del registro obtenido en el intervalo τ seg., donde τ es el tiempo de reflejo entre la superficie y el fondo.

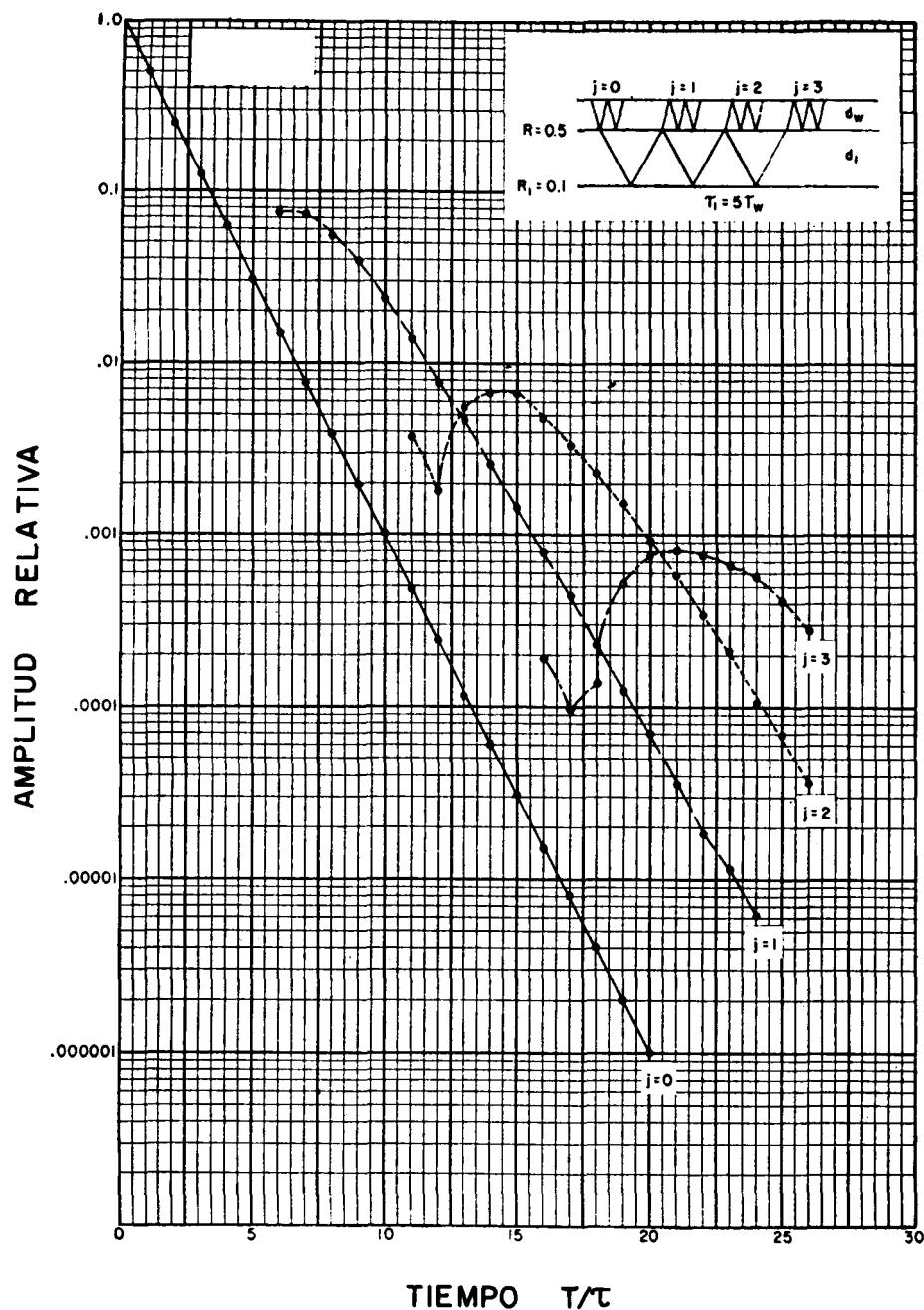


FIG. 29.—AMPLITUDES RELATIVAS CALCULADAS PARA UNA ONDA SIN ATENUACION (BACKUS, 1959, GEOPHYSICS).

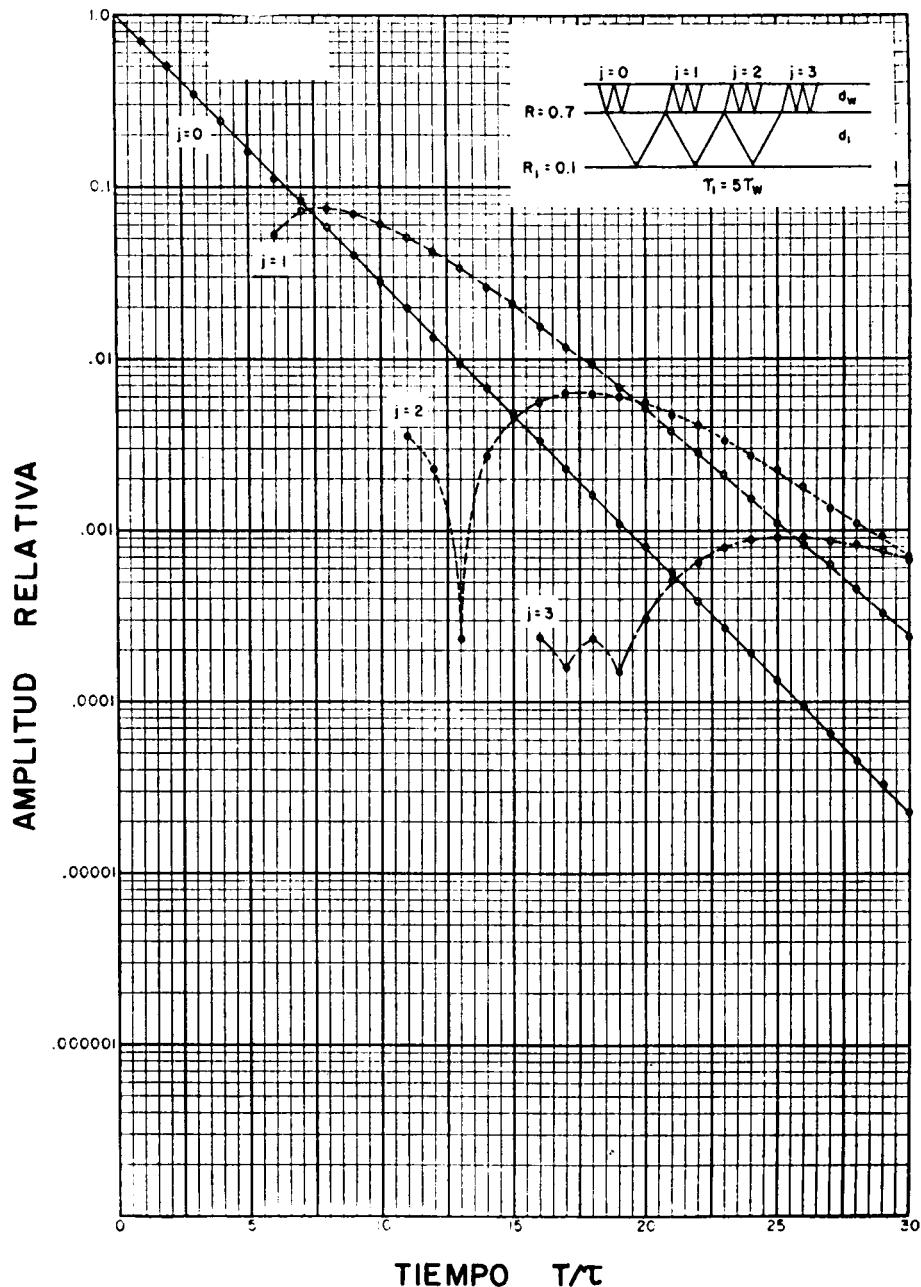
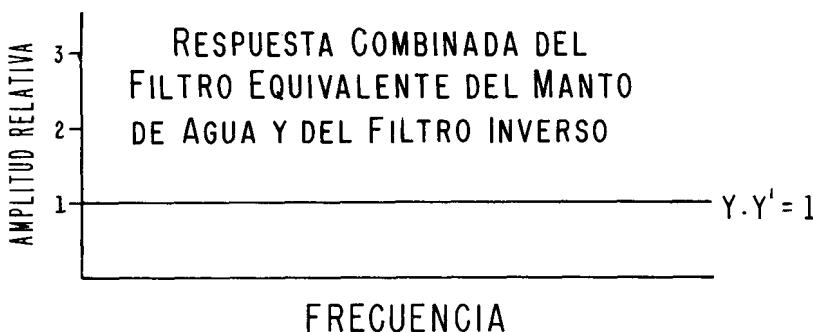
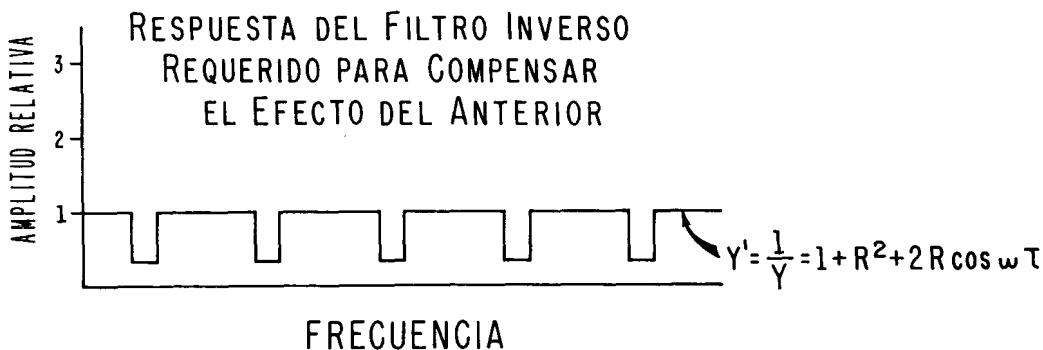
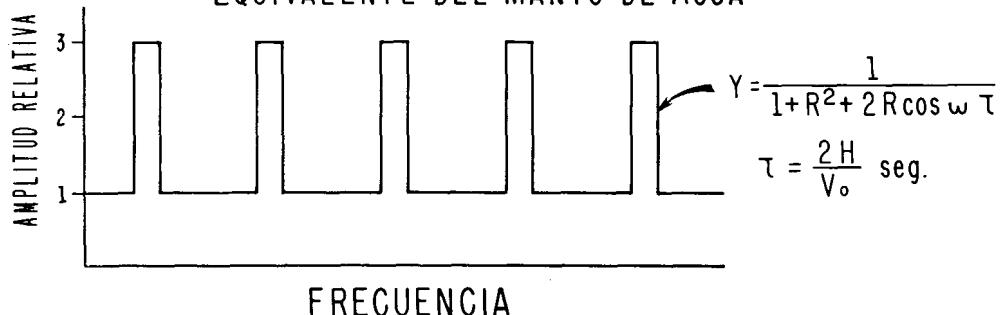


FIG. 30.—AMPLITUDES RELATIVAS CALCULADAS PARA UNA ONDA SIN ATENUACION (BACKUS, 1959, GEOPHYSICS).

RESPUESTA DE DOS SECCIONES DEL FILTRO
EQUIVALENTE DEL MANTO DE AGUA



R = COEFICIENTE DE REFLEXION DEL FONDO
H = PROFUNDIDAD
V₀ = VELOCIDAD DEL AGUA

FIG. 31.—IDEA BASICA DEL FILTRO INVERSO PROPUESTO POR M. BACKUS
PARA ELIMINAR LAS REVERBERACIONES MARINAS.

- 2o.—La multiplicación del registro original por el cuadrado del coeficiente de reflexión y el retraso del registro producto es 2τ seg.
- 3o.—La suma de los tres registros anteriores.

Este proceso resulta como sigue: En el fenómeno de origen y detección, la capa líquida puede ser representada por su función de transferencia, la cual es del tipo

$$G_{(p)} = \frac{1}{(1 + Re^{-p\tau})^2}$$

La función de transferencia inversa es

$$1/G_{(p)} = (1 + Re^{-p\tau})^2 = 1 + 2Re^{-p\tau} + R^2 e^{-2p\tau}$$

la cual puede calcularse como:

$$F(t) = f(t) + 2Rf(t - \tau) + R^2 f(t - 2\tau)$$

donde $f(t)$ es la traza sísmica original.

Es evidente de la figura 32 que haciendo las sumas horizontales se cancelan las reverberaciones, quedando solamente el reflejo primario. Una manera de realizar en una sola las operaciones descritas de multiplicación, retraso y suma de las señales de cada una de las trazas del registro sísmico original, sería la utilización del Filtro Magnético de Elementos Defasados (Magnetic Delay Line Filter) descrito por Jones, Morrison, Sarrafian y Spieker en su artículo "Magnetic Delay Line Filtering Techniques", GEOPHYSICS, 1955. En la figura 33 se ilustra el principio básico de este aparato. El procedimiento consiste en grabar la señal $f(t)$ en una cinta magnética y llevarla sucesivamente a una serie de cabezas magnéticas colectoras que la recogen con los desfasamientos convenientes, modificando su amplitud a los valores apropiados y sumando finalmente las señales obtenidas de esa manera.

En la figura 34 se muestra el resultado teórico de la operación arriba descrita, sobre un registro hipotético que contiene las reverberaciones iniciales excitadas por el tiro, y las causadas por una reflexión primaria. Se ve que el registro suma contiene un residuo de las reverberaciones iniciales, además del reflejo primario.

En general, la operación descrita por

$$f(t) + 2R \cdot f(t - \tau) + R^2 \cdot f(t - 2\tau)$$

es capaz de eliminar las reverberaciones excitadas por reflejos primarios o múltiples que incluyan el paso por dos secciones (entrada y salida) del filtro

$$B = R_1(1 - R^2) = \text{AMPLITUD DEL REFLEJO PRIMARIO}$$

$$R = \text{COEFICIENTE DE REFLEXION DEL FONDO}$$

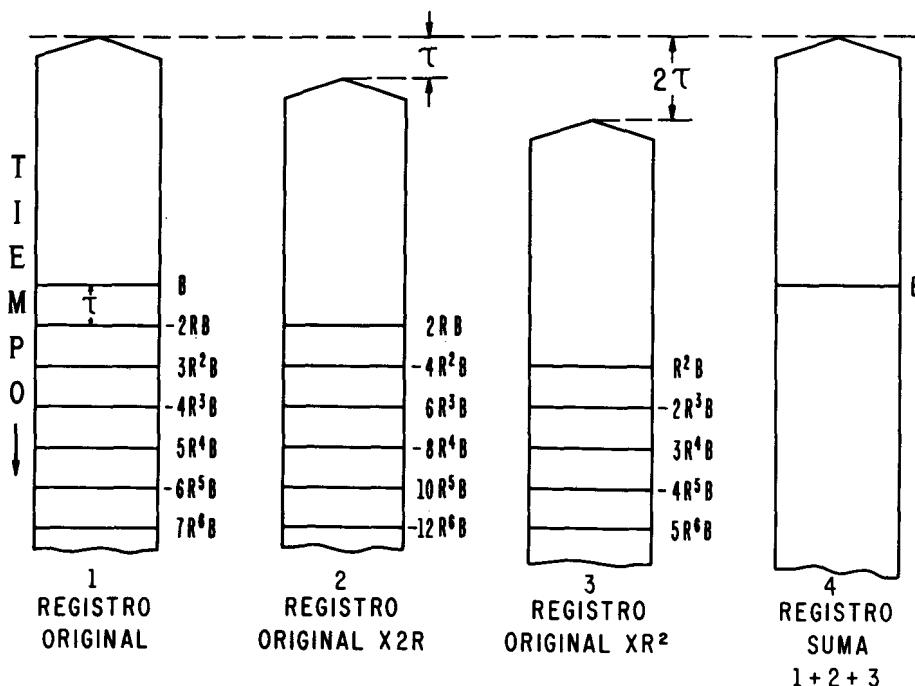


FIG. 32.—CANCELACION DE LAS REVERBERACIONES CAUSADAS POR UNA REFLEXION PRIMARIA.

equivalente del manto de agua. No ocurre así con las reverberaciones debidas a los múltiples de otros tipos que incluyan en su trayectoria más pasos por la capa de agua, tales por ejemplo como los múltiples entre la superficie del agua y un reflector profundo. El proceso tampoco cancela los reflejos múltiples, de tal manera que el registro procesado es prácticamente equivalente a uno se hubiera tomado en tierra, y podría contenerlos, si los hubiera. Se comprende que si se dispusiera de sismogramas que contuvieran sin modificaciones instrumentales las relaciones de amplitud originales de los impulsos, sería posible mediante ellos determinar el valor del coeficiente de reflexión del fondo. El signo de R se puede determinar haciendo el análisis de frecuencias de las señales registradas.

En la figura 35 se muestran dos ejemplos de la aplicación del Filtro Inverso a registros marinos. El de arriba es un registro original que se tomó en el Golfo Persa. El segundo sismograma es el mismo después del proceso. Es notable la mejoría que resulta.

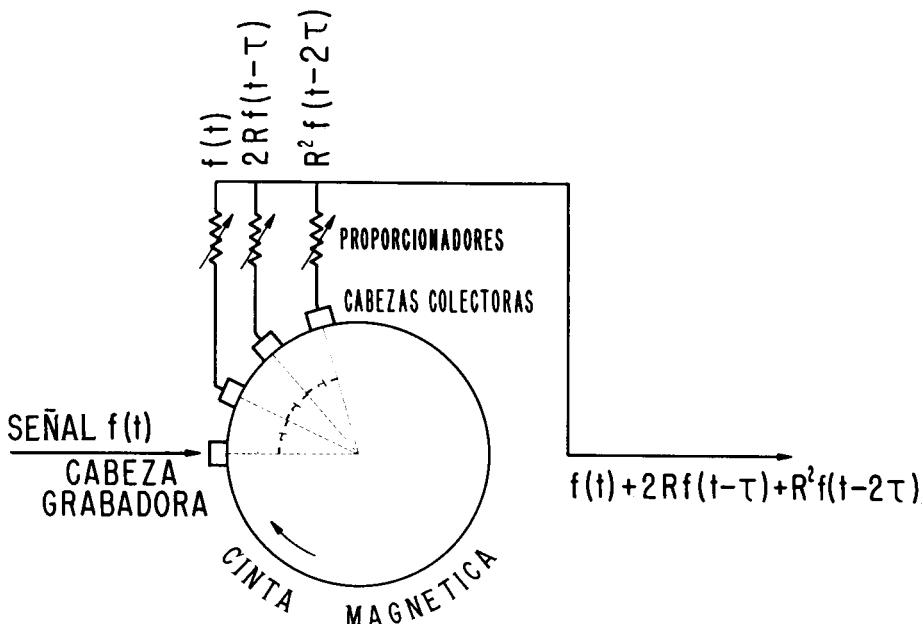


FIG. 33.—FILTRO DE ELEMENTOS DEFASADOS PARA ELIMINAR LAS REVERBERACIONES MARINAS.

$$R = \text{COEFICIENTE DE REFLEXION DEL FONDO}$$

$$B = R_1 (1 - R^2) = \text{AMPLITUD DEL REFLEJO PRIMARIO}$$

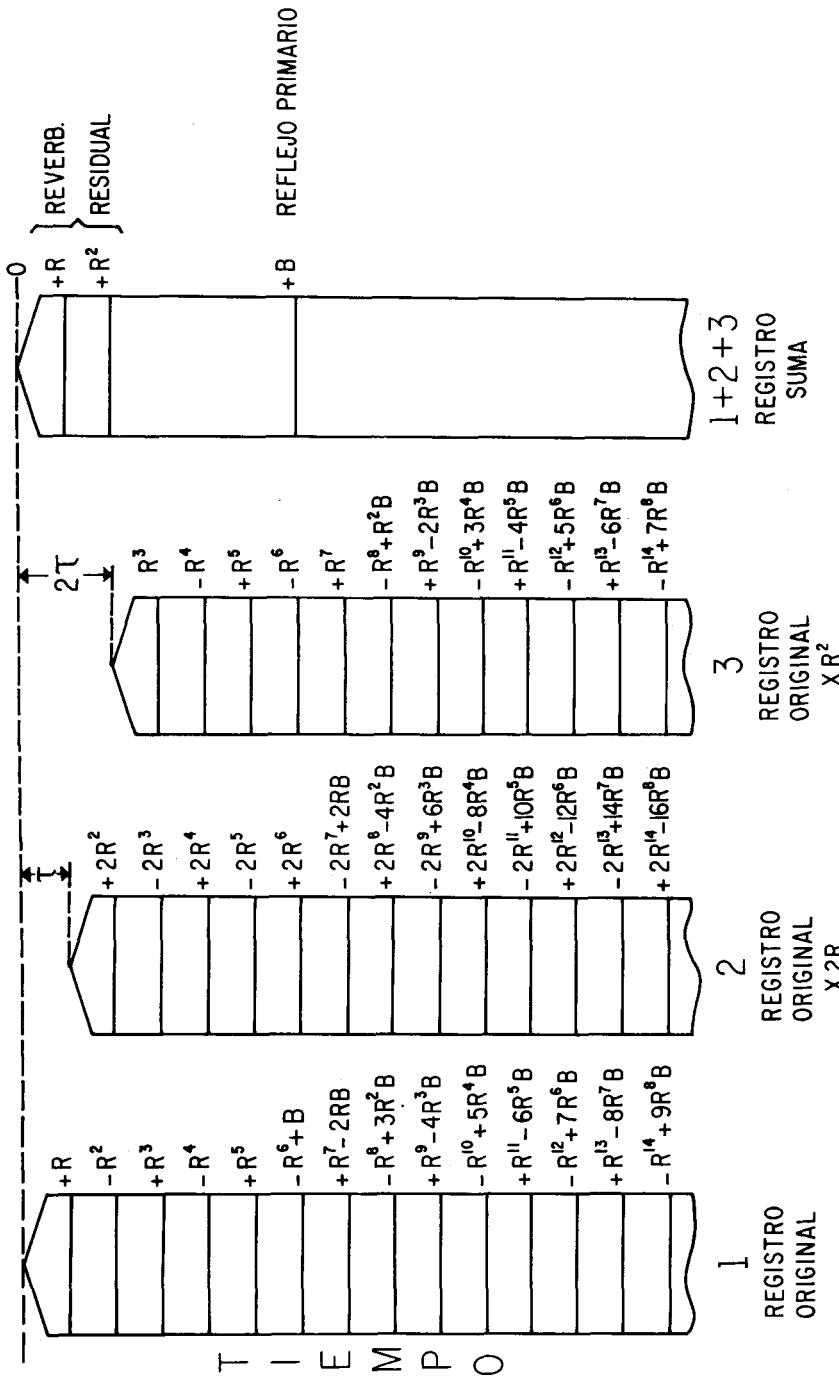


FIG. 34.—CANCELACION DE LAS REVERBERACIONES INICIALES Y LAS CAUSADAS POR UNA REFLEXION PRIMARIA.

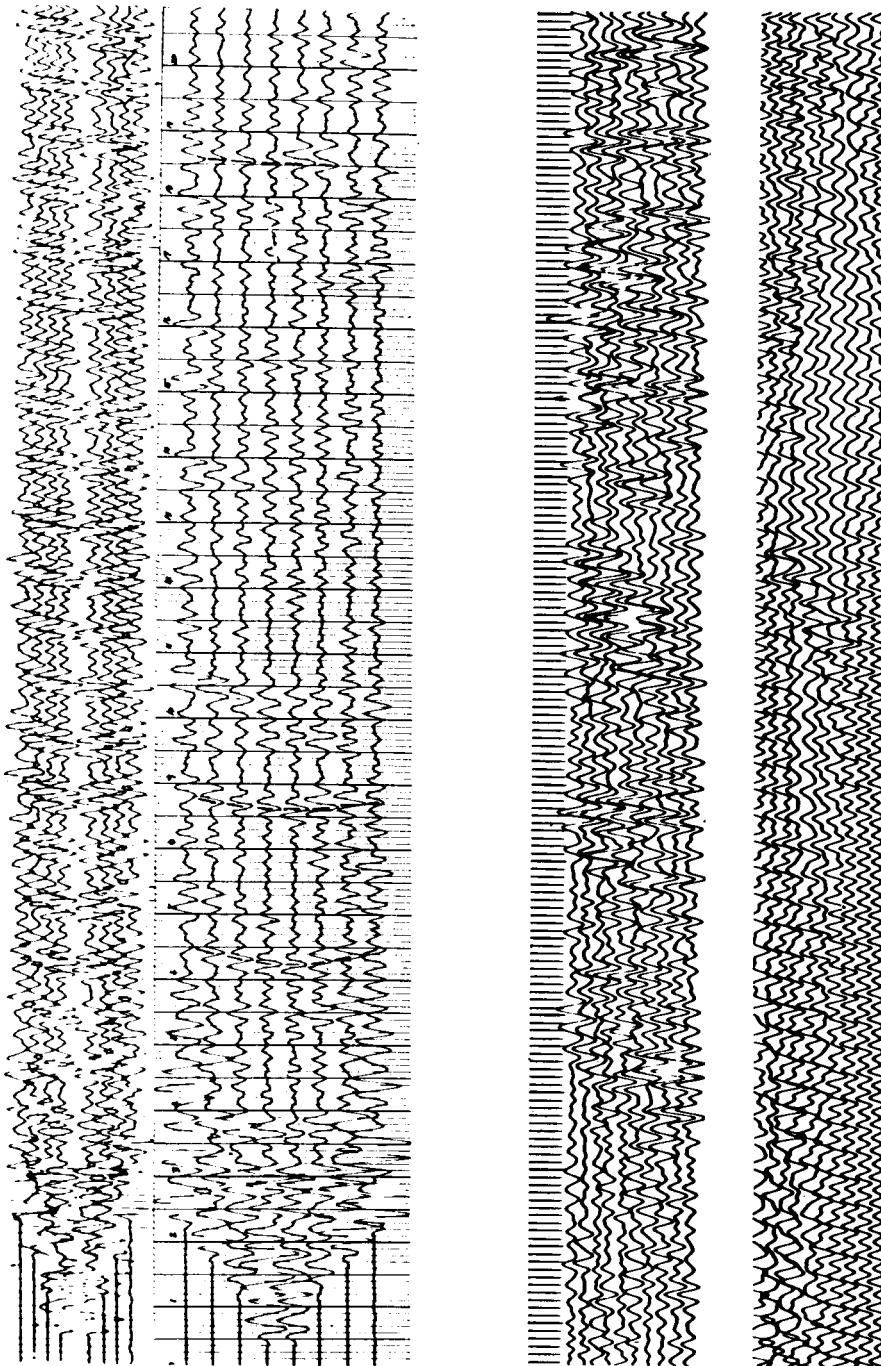


FIG. 35.—EJEMPLOS DE LA APLICACION DEL FILTRO INVERSO A REGISTROS MARINOS CON REVERBERACIONES (BACKUS, 1959, GEOPHYSICS).

El ejemplo de la parte inferior es más interesante; fue tomado en el Lago Maracaibo, notándose en el registro original el predominio de las frecuencias 30 y 58 cps, lo que es indicativo de que el fondo es acústicamente suave. El tercer sismograma es la reproducción del cuarto, después del proceso.

En la figura 36 se muestra otro ejemplo ilustrativo. Es notable la mejoría lograda con el proceso.

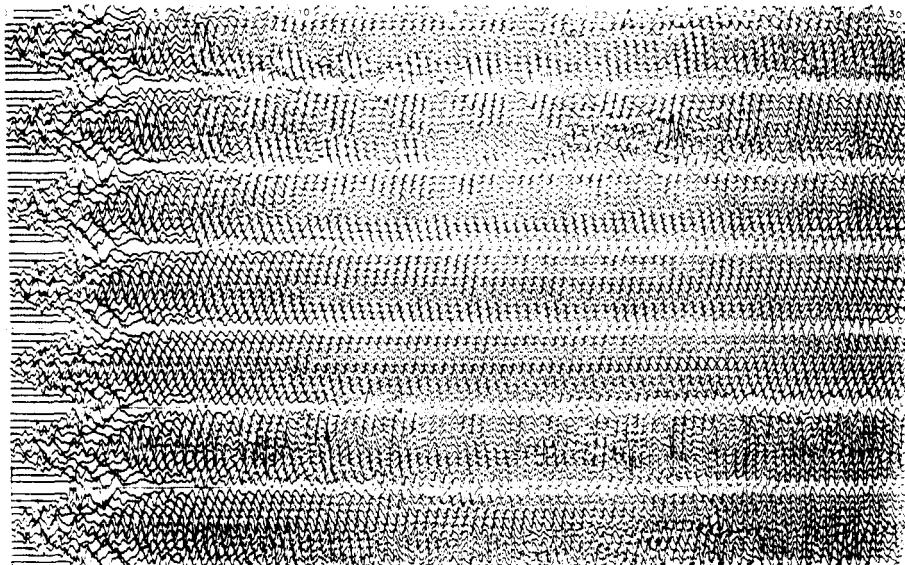
C O N C L U S I O N

La exposición que se hizo aquí de los procedimientos para cancelar o atenuar los ruidos interferentes que generalmente se hallan presentes en los sismogramas, dista de ser completa y no era el propósito de este trabajo hacerla.

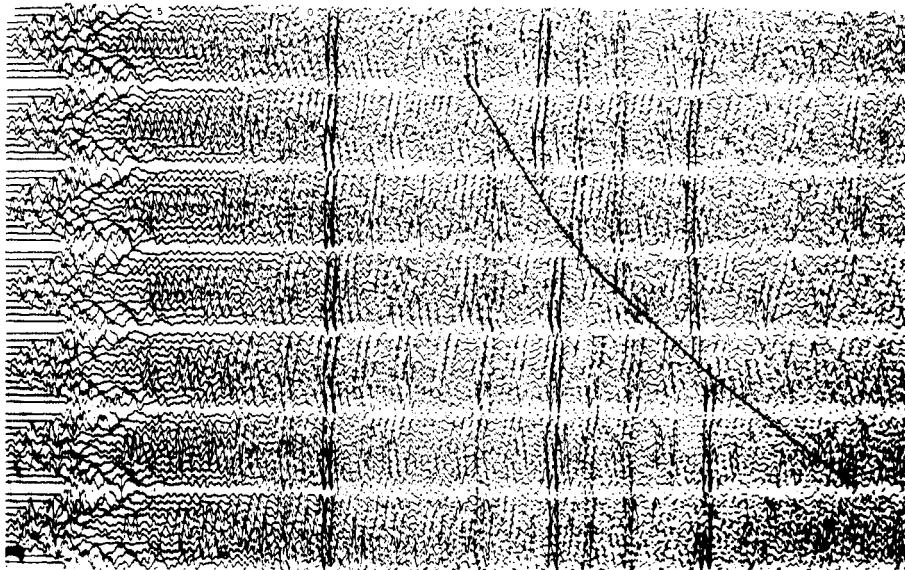
Es de esperar que a medida que se estudien más y se comprendan mejor los fenómenos físicos que rigen la propagación de ondas elásticas a través de medios estratificados, agregado al rápido desarrollo de la tecnología de los aparatos e instrumentos de registro y proceso, habrán de producir en un futuro próximo sismogramas más fáciles de interpretar, ya sea porque se logre la eliminación más completa de las ondas interferentes mediante nuevas técnicas de proceso y (ó) de registro, por el aumento efectivo del poder resolutivo de los métodos sísmicos. Esos avances permitirán la aplicación más eficiente de las técnicas sísmicas en las regiones de mayor complejidad, ya sea que ésta se deba a las condiciones físicas superficiales locales, o a las geológicas del subsuelo.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a las autoridades de la Gerencia de Exploración de Petróleos Mexicanos por las facilidades que le prestaron para la preparación de este trabajo, así como a las personas que de diversas maneras le ayudaron a la realización del mismo. También manifiesta su agradecimiento a la S. E. G. (Society of Exploration Geophysicists) por su amable autorización para la publicación de algunas ilustraciones que han aparecido en diversas épocas en su Boletín.



SUCESION DE REGISTROS MARINOS CON REVERBERACIONES

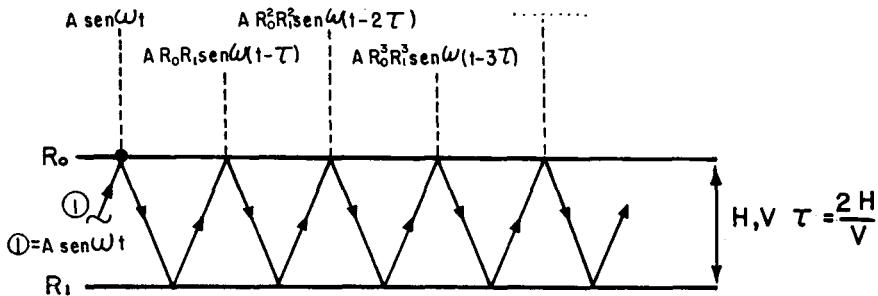


LOS MISMOS DESPUES DEL PROCESO PARA ELIMINARLAS

FIG. 36.—APLICACION DEL FILTRO INVERSO A REGISTROS MARINOS.
(BACKUS, 1960, WORLD OIL).

A P E N D I C E

Nota sobre el desarrollo de las fórmulas que se muestran en la figura 25 y que corresponden a las reverberaciones de una onda plana en una lámina.



La figura representa una lámina de caras paralelas, de espesor H y velocidad V . Los coeficientes de reflexión son R_o para la cara superior, y R_1 , para la inferior.

El rayo (1) representa una onda senoidal $A \operatorname{sen} wt$ que incide normalmente viniendo desde abajo sobre la cara superior de la lámina. Este rayo sufre una serie de reflexiones sucesivas sobre las dos caras, reduciéndose cada vez su amplitud en el factor $R_o R_1$. Un detector que estuviera situado en el punto O recibiría la serie de reflejos sucesivos, defasados entre sí el intervalo

$$\tau = \frac{2H}{V} \text{ seg.}$$

La onda resultante en el receptor sería:

$$(1) \quad \Sigma = A \operatorname{sen} wt + A R_o R_1 \operatorname{sen} w(t - \tau) + A R_o^2 R_1^2 \operatorname{sen} w(t - 2\tau) \\ + A R_o^3 R_1^3 \operatorname{sen} w(t - 3\tau) + \dots$$

Haciendo $R_o R_1 = a$, $w\tau = \alpha$ y dividiendo entre A , resulta:

$$(2) \quad \frac{\Sigma}{A} = \sin wt + a \sin w(t - \tau) + a^2 \sin w(t - 2\tau) \\ + a^3 \sin w(t - 3\tau) + \dots$$

Desarrollando las expresiones trigonométricas

$$\frac{\Sigma}{A} = \sin wt + a \sin wt \cos \alpha - a \cos wt \sin \alpha \\ + a^2 \sin wt \cos 2\alpha - a^2 \cos wt \sin 2\alpha \\ + a^3 \sin wt \cos 3\alpha - a^3 \cos wt \sin 3\alpha \\ + \dots$$

Sacando factores comunes:

$$(3) \quad \frac{\Sigma}{A} = \sin wt (1 + a \cos \alpha + a^2 \cos 2\alpha + a^3 \cos 3\alpha + \dots) \\ - \cos wt (a \sin \alpha + a^2 \sin 2\alpha + a^3 \sin 3\alpha + \dots)$$

Llamando B y C respectivamente a las dos series de esta expresión, su valor puede encontrarse de la manera siguiente:

Sean

$$(4) \quad B = 1 + a \cos \alpha + a^2 \cos 2\alpha + a^3 \cos 3\alpha + \dots$$

$$(5) \quad C = a \sin \alpha + a^2 \sin 2\alpha + a^3 \sin 3\alpha + \dots$$

Multiplicando la segunda expresión por $j = \sqrt{-1}$ y sumando el resultado con la primera se obtiene:

$$B + jC = 1 + a(\cos \alpha + j \sin \alpha) + a^2(\cos 2\alpha + j \sin 2\alpha) + \\ + a^3(\cos 3\alpha + j \sin 3\alpha) + \dots$$

Recordando la fórmula de Euler $e^{j\alpha} = \cos X + j \operatorname{sen} X$

se puede escribir:

$$B + j C = 1 + a e^{j\alpha} + a^2 e^{j2\alpha} + a^3 e^{j3\alpha} + \dots$$

Haciendo $a e^{j\alpha} = \eta$, resulta:

$$B + j C = 1 + \eta + \eta^2 + \eta^3 + \dots$$

que es una serie geométrica en la que el primer término es 1, y η es la razón. Si es $\eta < 1$ y se toma un número infinito de términos, la suma de ello es:

$$B + j C = \frac{1}{1 - \eta}$$

Restituyendo el valor de η , se obtiene la fórmula

$$B + j C = \frac{1}{1 - a e^{j\alpha}} = \frac{1}{1 - a (\cos \alpha + j \operatorname{sen} \alpha)}$$

o sea:

$$B + j C = \frac{1}{(1 - a \cos \alpha) - j a \operatorname{sen} \alpha}$$

Multiplicando el numerador y el denominador por la conjugada del denominador, resulta:

$$B + j C = \frac{(1 - a \cos \alpha) + j \sin \alpha}{1 - 2 a \cos \alpha + a^2}$$

Igualando las partes reales e imaginarias, se obtiene:

$$(6) \quad B = 1 + a \cos \alpha + a^2 \cdot \cos 2 \alpha + \dots =$$

$$= \frac{1 - a \cos \alpha}{1 - 2 a \cos \alpha + a^2}$$

$$(7) \quad C = 0 + a \sin \alpha + a^2 \sin 2 \alpha + \dots =$$

$$= \frac{\sin \alpha}{1 - 2 a \cos \alpha + a^2}$$

Por otra parte, la ec. (3) se puede escribir:

$$\frac{\Sigma}{A} = B \sin wt - C \cos wt$$

pero por el teorema fundamental de Fresnel relativo a la composición de ondas de igual frecuencia, se tiene:

$$(8) \quad \frac{\Sigma}{A} = B \sin wt - C \cos wt = Y \sin (wt - \phi)$$

donde

$$B = Y \cos \phi$$

$$C = Y \sin \phi$$

de los que se deducen

$$(9) \quad Y = \sqrt{B^2 + C^2}$$

$$(10) \quad \tan \phi = \frac{C}{B}$$

Substituyendo en (9) y (10) las fórmulas sumatorias (6) y (7), y haciendo reducciones evidentes se obtiene:

$$Y = \frac{1}{\sqrt{1 - 2 a \cos \alpha + a^2}}$$

$$\tan \phi = \frac{a \sin \alpha}{1 - a \cos \alpha}$$

Restituyendo los valores de a y α , resultan

$$(11) \quad Y = \frac{1}{\sqrt{1 - 2 R_o R_1 \cos w \tau + R_o^2 R_1^2}}$$

$$(12) \quad \tan \phi = \frac{R_o R_1 \sin w \tau}{1 - R_o R_1 \cos w \tau}$$

Con estos resultados, la (8) se transforma en:

$$(13) \quad \frac{\Sigma}{A} = \frac{\sin (w t - \phi)}{\sqrt{1 - 2 R_o R_1 \cos w \tau + R_o^2 R_1^2}}$$

y finalmente en:

$$(14) \quad \Sigma = \frac{A \operatorname{sen} (wt - \phi)}{\sqrt{1 - 2 R_o R_1 \cos w\tau + R_o^2 R_1^2}}$$

Las fórmulas (1), (2) y (3) de la figura 25 se obtienen de las (14), (11) y (12), haciendo las sustituciones $A = 1$, y $R_o = -1$.

El interés de la fórmula (14) es que explica el efecto de filtro de las capas o estratos, viéndose que el efecto resonante es puramente elástico, ya que depende de los coeficientes de reflexión, de las dos caras de la capa.

La dependencia de la amplitud de la onda resultante con la frecuencia significa que si la misma recibiera ondas compuestas de todas las frecuencias, reflejaría unas frecuencias determinadas, dependiendo de su espesor y de los signos de los coeficientes de reflexión, con mayor intensidad que otras. Esto se puede evidenciar por el estudio de la expresión de la amplitud,

$$Y = \frac{A}{\sqrt{1 - R_o R_1 \cos \omega\tau + R_o^2 R_1^2}},$$

tal como se muestra en la figura 26 del texto.

La fórmula (14) se usa en óptica para explicar que los colores de las láminas delgadas se producen por interferencias de las ondas luminosas, y en Acústica en el estudio de los tubos de órgano.

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

- Backus, Milo M.*, 1959, "Water Reverberations— Their Nature and Elimination". Geophysics, Vol. XXIV.
- Backus, Milo M.*, 1960, "Inverse Filtering Helps Solve Problem of Offshore Multiples". World Oil.
- Jager, G.*, 1926, "Física Teórica". Madrid, Editorial Labor..
- Johnson, Curtis H.*, 1948, "Remarks Regarding Multiple Reflections". Geophysics, Vol. XIII.
- Jakosky, J. Jay and Jakosky, J. J.*, 1952, "Frequency Analysis of Seismic Waves". Geophysics, Vol. XVII.
- Jones, H. J., Morrison, J. A., Sarrafian, G. P., and Spieker, L. J.*, 1955, "Magnetic Delay Line Filtering Techniques". Geophysics, Vol. XX.
- Limón, Antonio C.*, 1961, "Aspectos Sobre el Uso de Detectores Múltiples": Boletín de la A.M.G.E., Vol. II, No. 1.
- Lindsay, Robert Bruce*, 1940, "General Physics": New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Mayne, W. Harry*, 1962, "Common Reflection Point Horizontal Data Stacking Techniques": Geophysics, Vol. XXVII.
- Olhovich, Vladimir A.*, 1963, "Las Causas del Ruido en Trabajos Sismológicos de Reflexión y Refracción", Boletín de la A.M.G.E., Vol. IV, No. 4.
- Olhovich Vladimir A.* "Curso de Sismología Aplicada".
- Rojas, A. G. y Basurto, J.*, 1962, "Notas Sobre el Empleo de Sismodetectores Múltiples, 1a. y 2a. Partes: Boletín de la A.M.G.E., Vol. III, No. 2 y Vol. IV No. 2.
- Waterman, Joseph C.*, 1948, "Multiple Reflection Evidence": Geophysics, Vol. XIII.
- Werth, G. C., Liu, D. T., and Trorey, A. W.*, 1959, "Offshore Singing-Field Experiments and Theoretical Interpretation". Geophysics, Vol. XXIV.

N O T A

POR OMISION INVOLUNTARIA EN EL ARTICULO TITULADO "EL ACOPLAMIENTO DE LA ENERGIA EXPLOSIVA A LA ROCA" POR HARRY R. NICHOLLS Y QUE APARECIO PUBLICADO EN EL BOLETIN DE LA AMGE (EN EL VOL. IV. No. 3) EN TRADUCCION CASTELLANA. NO SE INDICO QUE DICHO ARTICULO HABIA SIDO TOMADO DEL BOLETIN DE LA SEG "GEOPHYSICS" (VOL. XXVII, No. 3) DE JUNIO DE 1962. CUYA PUBLICACION HABIA SIDO AMABLEMENTE AUTORIZADA POR LA SEG.

AL RECTIFICAR EL ERROR, APROVECHAMOS LA OPORTUNIDAD PARA MANIFESTAR NUESTRO AGRADECIMIENTO A LA SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS.

RESEÑA DE LA II CONVENTION NACIONAL DE LA ASOCIACION
MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION
EFFECTUADA LOS DIAS DEL 20 AL 24 DE NOVIEMBRE DE 1963,
EN TAMPICO, TAMPS.

Del 20 al 24 de Noviembre de 1963, se celebró en el puerto de Tampico, la II Convención Nacional de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración. Es la primera vez que en dicha Ciudad, conocida en el mundo entero, por su gran tradición petrolera, se reunen los geofísicos de exploración, la mayoría de ellos vinculados con la primera industria petrolera del país, para discutir temas relacionados con los progresos y resultados de los esfuerzos que han llevado a Petróleos Mexicanos a un lugar preponderante dentro de la distribución energética y la economía del País.

Los Geofísicos, técnicos de exploración especializados en la búsqueda de los yacimientos del subsuelo que contienen las riquezas petroleras del País, han sido un pilar en el desarrollo de la industria petrolera mexicana y se debe a los Geofísicos de Exploración mediante su intenso trabajo, el haber descubierto un alto porcentaje de los recursos petroleros con que se cuenta actualmente en México, y a los Geofísicos del mundo, el haber descubierto la mayor parte de los recursos petroleros mundiales.

La II Convención Nacional fue preparada cuidadosamente desde principios del año de 1963, por un comité organizador con sede en las Ciudades de Tampico y México. Los miembros de la Asociación radicados en Tampico, Tamps. y encabezados por el Ing. Edmundo Cepeda de la Garza, organizaron y arreglaron los locales para sesiones, exhibiciones y festejos sin olvidar un solo detalle. En la Ciudad de México se revisaron los trabajos técnicos que se presentaron y se formuló el programa general, por una comisión encabezada por el Presidente de la Asociación Ing. Guillermo Hernández Moedano.

Se distribuyeron invitaciones para este evento a todos los técnicos del país relacionados con las actividades Geofísicas y a técnicos distinguidos en esta especialidad de países amigos.

El día 21 de Noviembre fué inaugurada la II Convención en el Casino Tampiqueño por el C. Director de Petróleos Mexicanos, Ing. Pascual Gutiérrez Roldán junto con los Invitados de Honor señores: Ing. José Colomo, Subdirector Técnico de Producción; Lic. Praxedis Balboa, Gobernador Constitucional del Estado de Tamaulipas; Gral. Baltazar Leyva Mancilla, Comandante de la VIII Zona Militar; Vice-Almirante Cuauhtémoc Pérez, Comandante de la 1a. Zona Militar; Ing. Antonio García Rojas, Gerente de Exploración; Ing. Alfonso Bernetche, Gerente de Explotación; Ing. Carlos Corcuera, Gerente de Refinerías; Ing. Vicente Inguanzo Suárez, Presidente Municipal de Tampico; Ing. Javier Luna, Gerente de la Zona Norte de Pemex; Lic. José Ma. Ortiz Tirado y Dr. Nabor Carrillo Flores de la Comisión Nacional de Energía Nuclear; Ing. Salvador Peña e Ing. Salvador Cortés Obregón del Consejo de Recursos Naturales no Renovables.

En la sesión inaugural, los Invitados de Honor fueron presentados a los convencionistas por el Ing. Edmundo Cepeda y a continuación, en su carácter de Presidente de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, el Ing. Guillermo Hernández Moedano dirigió un breve discurso de bienvenida, haciendo una reseña de las actividades de la Asociación expresando el deseo de que el mejor conocimiento de las técnicas modernas y un mayor entendimiento entre todos los técnicos de exploración, hagan posible que se alcancen las metas de superación y seguridad futuras en el suministro de la energía que mueve al País, haciendo hincapié de que la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, desde su fundación, ha propugnado por unificar a todos los técnicos que se dedican a la exploración, para difundir y cambiar experiencias entre todos sus miembros.

El Ing. Pascual Gutiérrez Roldán entusiasmó a la numerosa concurrencia con sus palabras con que reanudaba la plática —dijo— entre los Directivos y los técnicos al servicio de Petróleos Mexicanos, e hizo una rápida exposición de las ocasiones en que los técnicos se han reunido para discutir problemas e intercambiar experiencias para lograr una mayor eficiencia en el

desarrollo de la Industria Petrolera. Encomió la labor desarrollada por los Técnicos y Trabajadores de Petróleos Mexicanos, que en innumerables ocasiones con su alto sentido de responsabilidad han dado todo su esfuerzo llegando hasta el heroísmo, por conservar y aumentar el patrimonio nacional e hizo resaltar el lugar primario en que se encuentra la actividad exploratoria que ha conducido a las reservas más grandes que ha tenido México y que aseguran la demanda durante los próximos veinte años.

Después del discurso de inauguración, los Invitados de Honor, los Convencionistas y sus distinguidas esposas asistieron a un Banquete de 300 comensales, en el cual reinó la alegría y la amabilidad. Por la tarde del jueves 21 dieron principio las sesiones técnicas, en las cuales se presentaron 19 trabajos de carácter teórico y práctico relativos a la exploración Geofísica y a tópicos Geológicos y Petroleros.

El tema fundamental de la Convención enfocó el importante aspecto de la generación de ondas espurias (ruido) que obscurecen la información sísmica que se obtiene en los trabajos de reflexión, así como los métodos prácticos para reconocimiento y atenuación de las mismas. Se presentaron trabajos con temas relativos a métodos instrumentales recientes, tendientes a la obtención de información del subsuelo más depurada y que han sido empleados con éxito tanto en el país como en el extranjero. Otros trabajos se refirieron a problemas de interpretación y los resultados obtenidos en diferentes campañas exploratorias efectuadas por Petróleos Mexicanos y el Consejo de Recursos Naturales no Renovables.

La asistencia a las sesiones técnicas fue bastante numerosa, habiéndose inscrito más de 200 convencionistas entre los que se encontraba un numeroso grupo de geofísicos extranjeros, de los que la mayor parte fueron Norteamericanos.

A la entrada del salón de sesiones técnicas se encontraba una interesante exhibición de equipo sismológico y de perforación de pozos de tiro que fue presentada por las Compañías Dupont, Electro-Technical Labs., Fabrimex, S. A., Fortune Electronics, Geoexploraciones, S. A., Distribuidores Industriales, S. A., Geophysical Service Inc., Hall-Sears, Inc. y Seismograph Service Corporation.

Para las esposas de los Convencionistas se organizaron diversos actos sociales que incluyeron visitas por la Ciudad y a la Refinería de Ciudad Madero, así como diversas reuniones de carácter social.

La camaradería y convivialidad de todos los convencionistas reinó en todo momento en los diferentes actos sociales, para los cuales se contó con la valiosa cooperación económica que prestaron Petróleos Mexicanos y las Compañías: Carlos Alemán, Dupont, S. A., Fabrimex, S. A., de C. V., Exploraciones, S. A., Geoexploraciones, S. A., Geophysical Service Inc., Perforaciones, S. A., Perforadora Cerro Azul, Seismograph Service Corporation, y Servicios Geofísicos, S. A. de C. V., así como contribuciones de Romexco de México, S. A., Perforadora Latina, S. A. y los Ingenieros Jorge Díaz Serrano y Jorge Escalante.

Los comentarios y el entusiasmo de todos los asistentes a este evento acerca de los trabajos técnicos presentados y de la organización general de la Convención, fueron altamente estimulantes y satisfactorios, llegando a su culminación cuando en la Sesión de Clausura el Ing. Antonio García Rojas, Gerente de Exploración de Petróleos Mexicanos, dirigió elocuentes palabras a los convencionistas indicando el proceso evolutivo que ha seguido la exploración en México, puntualizando los problemas que quedan por resolver y el desarrollo futuro de las Industrias Petrolera y Minera que requieren el máximo esfuerzo y la perfecta utilización de todos los elementos disponibles por parte de los Técnicos de Exploración y muy especialmente los Geofísicos de Exploración.

ASOCIACION MEXICANA DE
GEOFISICOS DE EXPLORACION

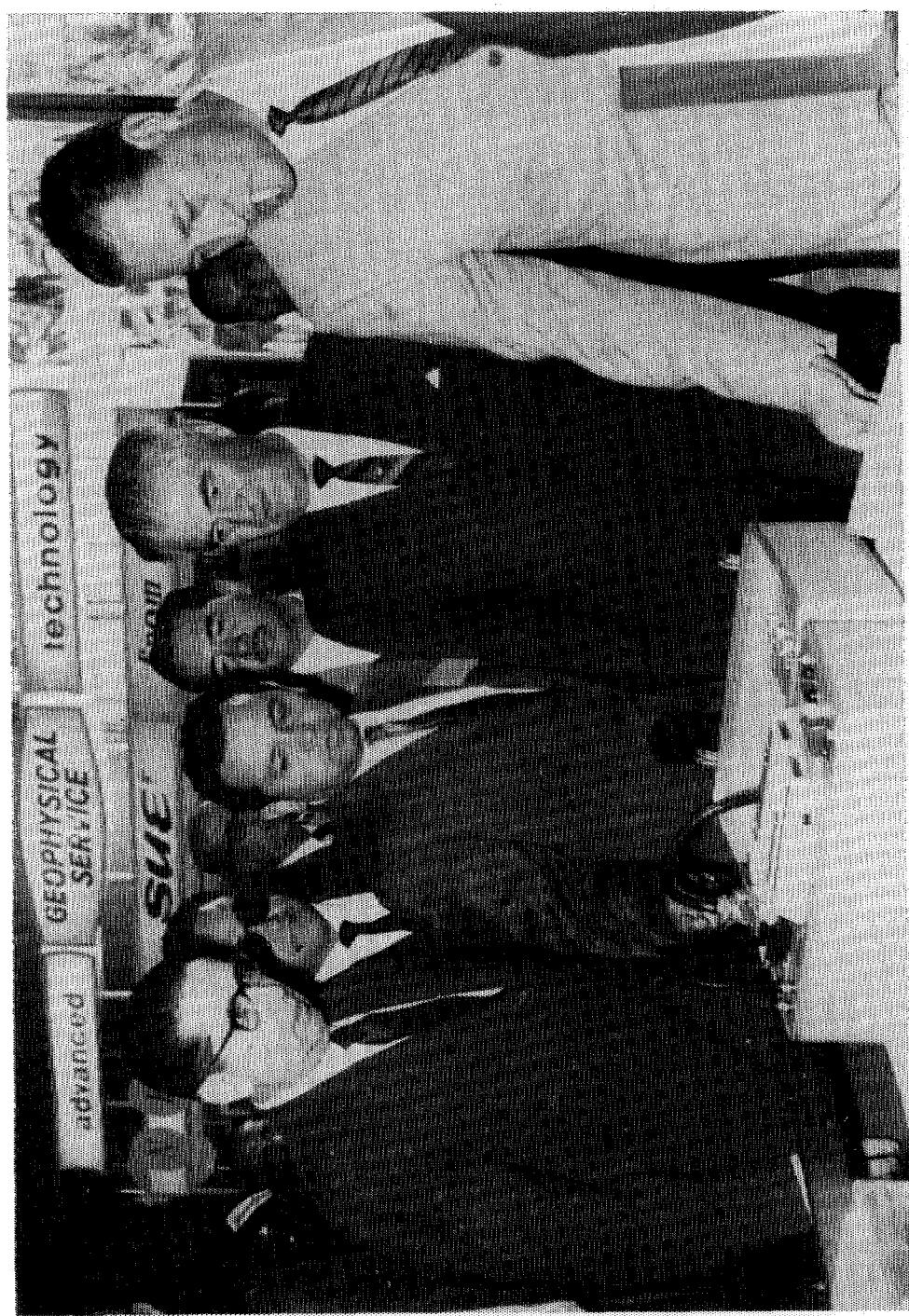
II CONVENTION



CEREMONIA DE INAUGURACION

De izquierda a derecha: Ing. Vicente Inguanzo Suárez, Presidente Municipal de Tampico; Ing. Carlos Cocheira, Gerente de Refinerías de Petróleos Mexicanos; Ing. Antonio García Rojas, Gerente de Exploración de Petróleos Mexicanos; Gral. Baltasar Leyva Manzana, Comandante de la VIII Zona Militar; Ing. Don Pascal Gutiérrez Roldán, Director General de Petróleos Mexicanos; Vicealmirante Cuauhtémoc Pérez Z., Comandante de la Ia. Zona Naval; Ing. Alfonso Berniche, Gerente de Producción y Exploración de Petróleos Mexicanos; Ing. Guillermo Hernández Moctezuma, Presidente de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración; Ing. Santos Figueiroa Huerta, Jefe del Departamento de Geofísica de Petróleos Mexicanos y Presidente Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración.

UNA VISITA EN LA SALA DE EXPOSICIÓN DE LA CONVENCIÓN
De izquierda a derecha: Ing. Antonio García Rojas, Gerente de Exploración de Petróleos Mexicanos; Ing. Guillermo Hernández Moedano, Presidente de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración; Ing. Don Pascual Carrizel Roldán, Director General de Petróleos Mexicanos.





CEREMONIA DE CLAUSURA

Ing. Antonio García Rojas, Gerente de Exploración de Petróleos Mexicanos
y a su derecha

Ing. Javier Luna, Gerente Zona Norte, Petróleos Mexicanos.

NUEVOS SOCIOS

Mr. Neal Clayton
513 Bellevue Drive.
Corpus Christi, Texas, 78412.
U. S. A.

Ing. Manuel Collado Pizaña.
Suptcia. Exploración Zona Norte.
Petróleos Mexicanos.
Edificio Ex-Corona 3er. Piso.
Tampico, Tamps.

Mr. Decker Dawson.
208 Sc. Marienfeld.
Midland, Texas.
U. S. A.

Mr. Lynn D. Ervin.
P. O. Box 2511.
Houston, Texas. 77001.
U. S. A.

Ing. Alberto Ferreiro Toledano.
Apartado Postal No. 91.
Reynosa, Tamps.

NUEVOS SOCIOS

Mr. Robert Fisher Beach.
5110 East 15th St.
Tulsa, Oklahoma.
U. S. A.

Ing. Santiago Gutiérrez Hernández.
Cerro Carbonera No. 112.
México 21, D. F.

Mr. George H. Harrington Jr.
c/o. Independent Exploration Company.
5825 Chimney Rock.
Houston, Texas.
U. S. A.

Ing. Ezequiel Juárez Temoltzin.
1er. Callejón 5 de Mayo No. 14 Depto. 401.
México 1, D. F.

Ing. Raúl López Roldán.
Av. Cuauhtémoc No. 1167.
México 13, D. F.

Mr. Raymond Low Mattox.
P. O. Box 6469.
Corpus Christi, Texas. 78411.
U. S. A.

NUEVOS SOCIOS

Mr. Louis B. McManis.
5803 Glenmont Drive.
Houston, Texas. 77036.
U. S. A.

Ing. Octavio Mejía Dautt.
Poza Rica No. 1.
Col. Petrolera José de Escandón.
Reynosa, Tamps.

Mr. Peter E. Narvarte.
Consulting Geophysicist.
1103 Frost National Building.
San Antonio, Texas.
U. S. A.

Mr. Walter E. Pfennig.
Southern Minerals Corp.
P. O. Box 716.
Corpus Christi, Texas.
U. S. A.

Ing. Víctor San Miguel Rincón.
Oriente 233 No. 33.
Col. Oriental.
México 13, D. F.

NUEVOS SOCIOS

Ing. Juan Manuel Sarabia Dueñas.
San Lucas No. 104.
Col. Mitrás.
Monterrey, N. L.

Mr. Hubert Schiflett L.
P. O. Box 1246.
Corpus Christi, Texas.
U. S. A.

Ing. Rodolfo Suárez Contreras.
Faja de Oro No. 207.
Tampico, Tamps.

Ing. Enrique Tamez González.
Cárpatos No. 950.
México 10, D. F.

Mr. Rudolph A. Weisbrich.
P. O. Box 744.
Garland, Texas.
U. S. A.

Ing. Lauro Yzaguirre Skidmore.
Apartado Postal No. 69.
Reynosa, Tamps.

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.

...SISMOLOGIA... GRAVIMETRIA... GEOQUIMICA...

MAGNETOMETRIA... ...SUE*

...PROCESADO DE DATOS MAE**

A R E A S :

Grandes o pequeñas, marinas o terrestres.

PROBLEMAS:

Técnicos u operacionales.

INFORMACION:

Superficial o profunda.

F O R M A :

Utilizando los métodos y equipos más modernos compatibles con áreas y presupuestos.

GEOPHYSICAL

SERVICE

INCORPORATED

Exchange Bank Bldg.,
100 Exchange Park North,
DALLAS 35, TEXAS.
Tel. Fleetwood 7-4311

Avenida Juárez No. 119,
Despacho 42,
Tels. 46-37-20 - 21-74-67
MEXICO 1, D. F.

* Seismic Underwater Exploder.

** Multiple Analyzer Eliminator.

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 Y IV CORRESPONDIENTES A LOS AÑOS DE
1960 - 1961 - 1962 Y 1963 EMPASTADOS EN KERATOL
CON SUS INICIALES GRABADAS EN ORO.

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

EXPLORACIONES, S. A.



ITURBIDE No. 36 DESP. 201

TEL. 10 - 15 - 64

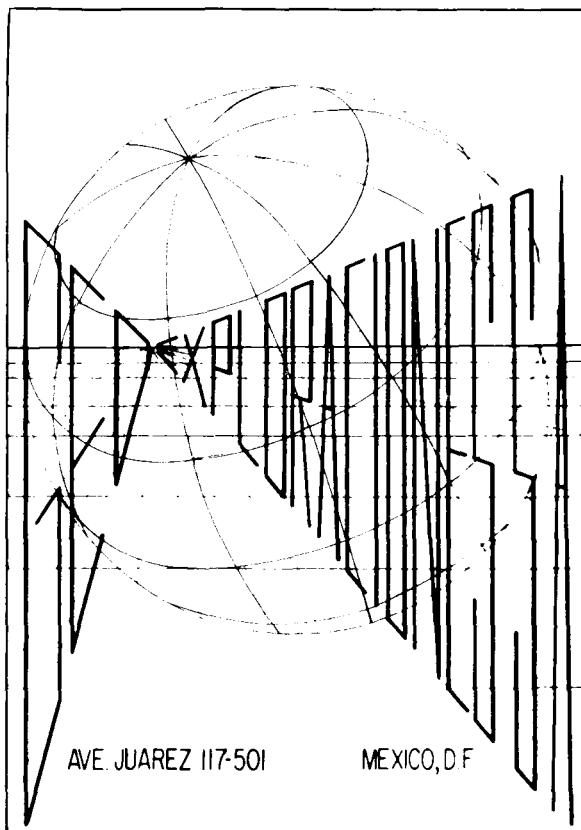
MEXICO 1, D. F.

S E R V I C I O S

GEOFISICOS

GEOLOGICOS

FOTOGEOLOGICOS



TEL. 46 - 11 - 81

GEOHIDROLOGICOS

RADIOACTIVOS

TOPOGRAFICOS

Schlumberger

SCHLUMBERGER SURENCO, S. A.

AGENCIA EN MEXICO

Av. Morelos 98, Desp. 306

Tels. 46-85-95 • 46-13-85

MEXICO 6 D F

CURSO

DE

SISMOLOGIA APLICADA

Por el Ing. V. A. OLHOVICH



**En las principales librerías
o directamente en la**

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

Av. Juárez 97. Desp. 302.

México 1. D. F.