CONSULTORES Y CONTRATISTAS
DE
GEOLOGIA Y GEOFISICA

Compañía Mexicana de Exploraciones, S. A.

RIO BALSAS 101 8º. PISO APDO. POSTAL 5-255

MEXICO 5, D. F.

TELS. 28-83-90 14-44-02

COMPAÑIA MEXICANA AEROFOTO, S. A.

ESPECIALIDADES

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

132 empleados especializados.

E Q U I P O

- 1 Avión Queen Air A-80 Mat. XB-XAK
- 1 Avión Riley Rocket, Mat. XB-SAR
- 1 Avión Beech Craft Mat. XB-VIG
- 2 Aviones Piper Astec Mat. XB-MOI y NOO
- 1 Avión Cessna 185 Mat. XB-TIS
- Unidad Central de Proceso IBM. 1131
- Lectora perforadora de tarjetas IBM. 1442
- Unidad Impresora, IBM. 1132
- 1 Cámara Fotogramétrica Zeiss MBK-A
- 1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-9
- 1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-8
- 1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-5
- 3 Cámaras Fairchild
- 4 Cámaras para fotografía oblicua
- 6 Cámaras Rectificadoras
- 4 Cámaras de Reproducción
- 3 Unidades de Telurómetro MRA 3
- 4 Teodolitos Wild T-2
- 2 Niveles automáticos Wild NAK 2
- 4 Camionetas doble tracción
- 2 Autógrafos Wild A-7 con Registradora de coordenadas
- 1 Estereo cartógrafo Wild A-8
- 1 Autógrafo Wild A-9
- 4 Aviógrafos Wild B-8
- 1 Bajplex 760, de 7 proyectores
- 2 Kelsh K-5, de 4 proyectores c u
- 3 Kelsh K-1, de 2 proyectores c u
- 2 Multiplex de 8 proyectores c u.

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

SCHLUMBERGER

SCHLUMBERGER SURENCO, S. A.

AGENCIA EN MEXICO

Av. Morelos 98, Desp. 306 **Tels.: 46-85-25 y 46-13-85**

MEXICO 6, D. F.

GEOFISICOS CONSULTORES PARA PETROLEOS MEXICANOS

Seismograph Service Corporation of Mexico

AVE. JUAREZ 95-207 • MEXICO 1, 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

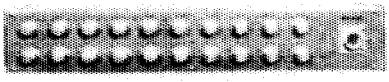
Levantamientos:
- Sismológicos
- Gravimetricos
- Magnetométricos
- Procesado de Datos Magnéticos
- LORAC - Levantamiento Electrónico

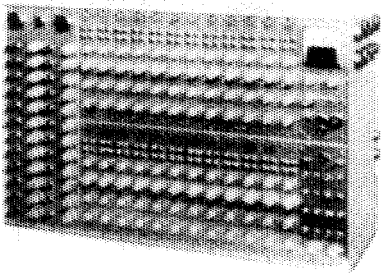
SERVICIO DE REGISTRO DE POZOS

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

INSTRUMENTAL GEOFISICO .....

DA MEJOR RENDIMIENTO, MAYOR DURACION Y A UN COSTO MENOR





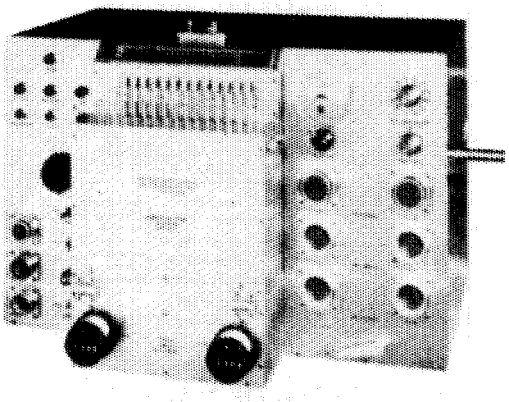
FORTUNE T-1. SISTEMA DE AMPLIFICADORES SISMICOS TRANSISTORIZADOS PARA TRABAJOS DE REFLEXION Y REFRACCION.

BAJO COSTO — El modelo T - 1 es el amplificador transistorizado más barato en el mercado.

POCO PESO Y TAMAÑO REDUCIDO — El equipo T - 1 de 24 canales, completo, pesa únicamente 73 libras (33.1 Kgs.) y está contenido en una sola caja, cuyas dimensiones son: 25 3/8" de largo, 15 3/4" de alto y 8" de fondo.

ALTA SENSIBILIDAD — Como el ruido propio del equipo es muy bajo, es posible operarlo con altas ganancias. La relación de señal a ruido, en los amplificadores, es de 20 db a 0.5 microvolts de entrada.

POTENCIA REQUERIDA — 2 amperes, a 12 volts de corriente directa.



FORTUNE DC-2B.

SISTEMA DIRECTO DE GRABACION Y REPRODUCCION.

COMPLETAMENTE TRANSISTORIZADO

El equipo DC - 2B es capaz de aplicar, simultáneamente, correcciones estáticas y dinámicas a 24 trazas o más, empleando cintas normales de 6 1/2 ó 7" de ancho. Las correcciones dinámicas se aplican mediante una leva acoplada a la flecha del tambor y que puede ser referida a él. También es posible obtener levas previamente calibradas y ajustadas a determinada función analítica.

SE AJUSTA A CUALQUIER SISTEMA DE TIRO — **No importa el sistema de tiro empleado, ya que mediante una barra universal de tendidos y gracias a medidores ajustables (calibrados en por ciento), es posible aplicar a cada traza la corrección dinámica adecuada.**

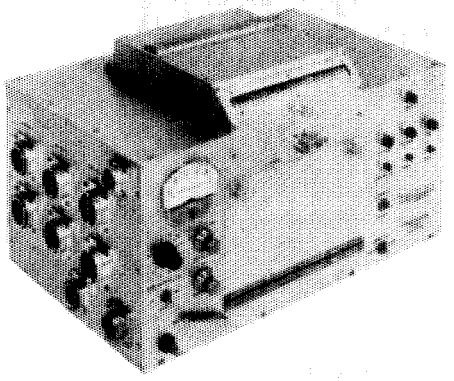
ESPECIFICACIONES DEL MODELO DC-2B.

Transportador de la cinta. Mediante tambor, cuyo diámetro es de 7.5".
Número de canales. 24 sísmicos, 2 ó 4 auxiliares.
Tamaño de la cinta. 6 1/2 ó 7" de ancho por 24 1/2" de largo.
Distancia entre pistas. 1/4" (de centro a centro).
Velocidad de la cinta. 3.59"/segundo.
Tiempo útil de grabación. 6 seg. (el tambor da una vuelta completa en 6.6 seg.).
Corrección dinámica máxima. 150 miliseg.
Característica del motor. De histéresis de 400 ciclos Acoplado al tambor.
Corrección máxima. 700 miliseg/segundo.
Rango de corrección estática. ± 50 miliseg.
Polarización (bias). 8 miliamperes a 11 Kilociclos.
Respuesta. De 5 a 200 cps.
Relación de señal a ruido. 50 db RMS a RMS.
Distorsión armónica total (a 100% el nivel de grabación). 2.5%.
Alimentación cruzada (cross feed). — 36 a 10 cps.
Grado de exactitud del sistema de tiempo. ± 1 miliseg.
Necesidades de entrada (a 100% el nivel de grabación). 50 milivolts a través de 40 ohms.*
Salida (a 100% el nivel de grabación). 100 microvolts a 50 ohms.
Potencia requerida. 0.5 amper en vacío y 14 amperes con carga.
Tamaño del transportador de la cinta. 15 × 18 × 14".
Peso. 90 libras (40.823 Kgs.).

---

* Al ordenar un equipo, las necesidades de entrada pueden ser cambiadas al gusto del cliente. Esto puede hacerse sin cambiar las demás especificaciones.

....DE "FORTUNE ELECTRONICS"



FORTUNE SR-5. SISTEMA DE GRABACION DIRECTA EN UNA UNIDAD "BUFFERLESS" (DE MENOR AMORTIGUAMIENTO).

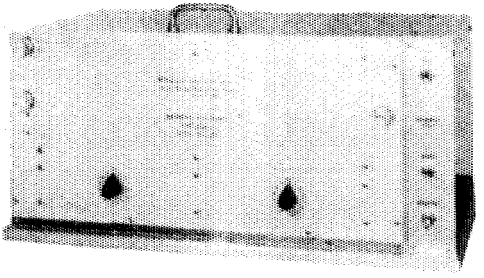
TOTALMENTE TRANSISTORIZADO — La grabadora SR - 5 ofrece los últimos adelantos en sencillez de manejo, presentando características iguales a las de sistemas más costosos y complicados.

PRECISION Y SENCILLEZ — Durante el proceso de grabación, las cabezas magnéticas están gobernadas desde la salida de los amplificadores sísmicos. Para las reproducciones, las cabezas son conectadas directamente a la entrada de los amplificadores. La reproducción queda compensada mediante una red pasiva. La ventaja de todo este tipo de operación es que se obtienen resultados con un mínimo de complicaciones y conexiones.

UN SISTEMA COMPLETO — El modelo SR - 5 está equipado con sistemas Fortune de polarización y manejo, los cuales han sido probados cientos de veces en diferentes partes del Mundo. La unidad contiene los amplificadores necesarios para grabar instante de explosión, tiempo vertical y escala de tiempo. Tiene conexiones exteriores para diversos circuitos, tales como la acción de la supresión a partir del instante de tiro, el arranque de la cámara, etc., todo ello a base de levas. Para acoplar el SR - 5 a un equipo convencional, lo único que se requiere es un juego de cables interconectadores.

ESPECIFICACIONES DEL MODELO SR-5.

Transporte de la cinta. Mediante tambor, cuyo diámetro es de 7.5".
Número de canales. 24 sísmicos y 2 ó 4 auxiliares.
Tamaño de la cinta. 6 1/2 ó 7" de ancho por 24 1/2" de largo.
Velocidad de la cinta. 3.59"/segundo.
Tiempo útil de grabación. 6 seg. (el tambor da una vuelta completa en 6.6 seg.)
Características del motor. De histéresis de 400 ciclos. Acoplado al tambor.
Polarización (bias). 8 miliamperes a 8 kilociclos.
Respuesta. De 5 a 200 cps.
Correcciones estáticas (opcional) ± 100 milisegs.
Relación de señal a ruido 50 db RMS a RMS.
Distorsión armónica total. (A 100% el nivel de grabación. 2.5%
Alimentación cruzada (Cross feed) Con entrada de 100%. —36 db a 10 cps.
Nivel de grabación. 50 milivolts a través de 40 ohms.
Potencia requerida. 0.5 amper en vacío y 6.5 amperes con carga.
Medida del transportador de la cinta. 11 × 18 1/2 × 11 1/4".
Peso. 53 libras (24.040 kgs.).



FORTUNE — LDR.

MICROPISTA - 1 (UNIDAD DE DOS TAMBORES)

PARA USARSE EN OFICINAS O EN EL CAMPO La serie LDR se obtiene en uno, dos o tres tambores. También existe el tipo de un solo tambor ancho, con 54 cabezas de micropista, capaz de manejar, simultáneamente, una cinta ancha o dos cintas angostas.

Cada cabeza de micropista graba sobre un ancho de 0.006", teniendo para su control lateral hasta 20 posiciones, en forma manual o automática.

Actualmente los modelos LDR llevan 15, 12 y 6 pasos, pudiendo instalarles cabezas de doble microspista, para grabación simple o doble.

Si se desean combinar los resultados de diferentes pozos de tiro, para puntos de reflexión común (common depth point), es posible agregarle al equipo conexiones programadas y amplificadores de transcripción.

Para el sistema anterior (de punto común) o trabajos de caídas de peso (weight drop), pueden combinarse los modelos LDR - 1 y DC - 2B, obteniendo así un equipo sísmico completísimo.

Fortune
Electronics, Inc.
H. H. HAPPEL — H. H. HAPPEL, Jr.
2505 SOUTH BOULEVARD, HOUSTON, TEXAS
Representante en Europa:
Techmation
113 Rue Lamarck, París, Francia.

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

SUMARIO

Introduccion a la Tecnica de Vibroseis

Fuente de Energia Neumatica Acustica

VOLUMEN X ABRIL–MAYO–JUNIO–1969 NUMERO 2

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

MESA DIRECTIVA PARA EL PERIODO 1969-1970

Presidente:	Ing. Armando Eguía Huerta
Vicepresidente:	Ing. Martín A. Cordero Baca
Secretario:	Ing. Antonio Cordero Limón
Tesorero:	Ing. Alberto Arroyo Pichardo
Editor:	Ing. Enrique Del Valle Toledo
Vocales:	Ing. Francisco Tiburcio Pérez
	Ing. Miguel Barrientos M.
	Ing. Roberto Hernández M.
	Ing. Raúl Silva Acosta.
Presidente Saliente:	Ing. Jesús Basurto García

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

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

El precio de subscripción 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, subscripciones, descuentos especiales a bibliotecas públicas ó de Universidades, publicaciones, anuncios, etc., dirigirse a:

ING. ENRIQUE DEL VALLE TOLEDO
Balsas No. 101 - Séptimo Piso,
México 5, D. F.

Impreso en Fototipo, S. A.—Gral.Prim 27, Mexico 6, D. F.

INTRODUCCION A LA TECNICA DE VIBROSEIS

Por: Ing. Antonio Cordero Limón (*)

La Técnica de Vibroseis ha sido el resultado de un exhaustivo análisis teórico en el comportamiento de las ondas sísmicas, recurriendo a procedimientos matemáticos modernos, tales como la teoría de las comunicaciones.

La idea de desarrollar una fuente generadora de energía superficial ya había sido estudiada y aplicada en los sistemas sísmicos de caídas de pesas y el procedimiento de Dinoseis; en ambos casos se generaba un solo disturbio, cuya magnitud era considerablemente inferior a la dinamita y había que recurrir a complicados procesos de apilamiento vertical para compensar la pequeña intensidad del impulso. Los principales problemas que estos métodos acarreaban era la baja relación señal-ruido y la generación de impulsos secundarios que aunque de menor intensidad, de cualquier forma representaban una interferencia indeseable.

El problema no era entonces encontrar una nueva fuente de energía superficial, sino desarrollar un método que superara y substituyera las técnicas clásicas de campo empleadas en sismología y el único camino a seguir fue profundizar en el estudio de las formas de ondas sísmicas, en el contenido armónico de las mismas y en los espectros de frecuencia.

Para poder seguir la secuencia del análisis, partiremos del comportamiento de una explosión como fuente de energía, el tipo de pulso que genera y las modificaciones que el mismo sufre en su propagación, hasta detectarlo nuevamente en la superficie.

En la figura 1, se muestra el pulso inicial, el pulso detectado y el mismo registrado por un sismógrafo; en la parte inferior de la misma figura puede apreciarse el espectro correspondiente a cada pulso.

Si se tuviera un transductor ideal colocado en el punto mismo de la explosión, éste registraría un disturbio súbito que correspondería a un pulso instantáneo cuyo espectro estaria comprendido entre 0 e infinito, la magnitud de este pulso en condiciones reales es exce-

(*) Gerencia de Exploración. Petróleos Mexicanos.

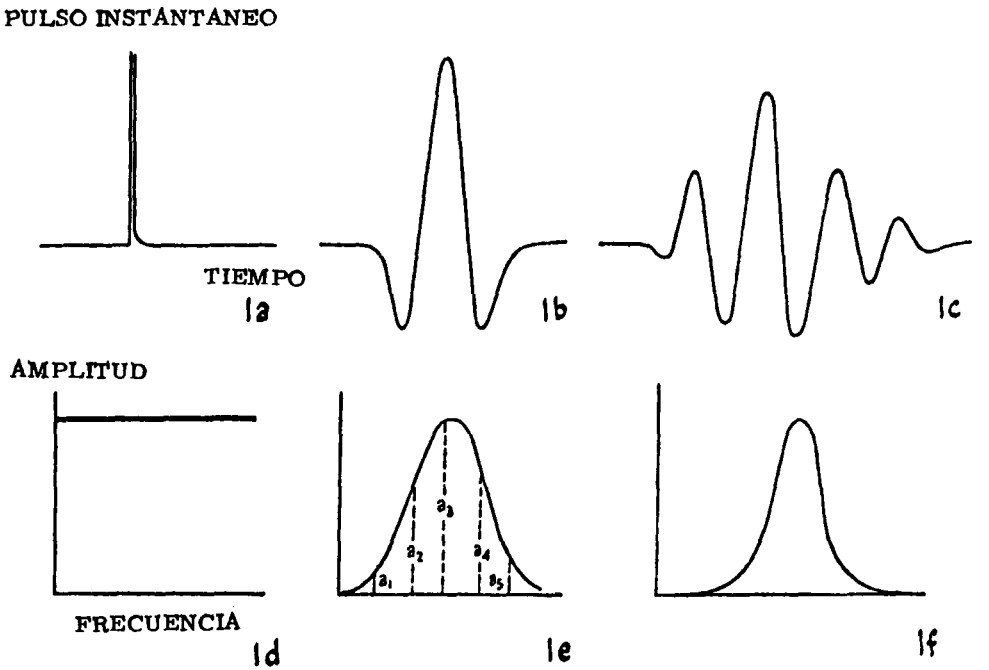

PULSO INSTANTANEO
TIEMPO
1a
1b
1c
AMPLITUD
FRECUENCIA
1d
1e
1f

FIGURA 1

sivamente grande, pero dadas las características de propagación de las ondas elásticas, su intensidad decrece exponencialmente con el tiempo y su aprovechamiento o eficiencia es en realidad muy limitada.

Por otra parte, el pulso generado sufre alteraciones y reduce su espectro al reflejarse y llegar a la superficie, un amplio tratado sobre el particular fue expuesto por Ricker, llegando a definir la característica del pulso detectado en función de su contenido armónico y con la forma de onda que lo identifica.

Sin embargo, la parte instrumental deforma aún más el pulso, al pasar por elementos reactivos, principalmente los filtros y lo convierte en un transiente que difícilmente conserva el carácter de una reflexión.

A partir de este punto se extiende el horizonte de la investigación hacia metas más lejanas, tratando de encontrar la generación de un pulso ideal, que se identifique con la naturaleza de las ondas elásticas y desarrollar un sistema instrumental que conserve las características de los eventos con mínima distorsión.

El punto de partida es precisamente el análisis de los espectros, nosotros podemos reproducir un pulso instàntáneo, si sumamos un número suficientemente grande de diferentes frecuencias dentro de un período determinado por la anchura del pulso, mientras más rica en frecuencias sea la suma, más nos aproximaremos al pulso ideal.

El pulso de Ricker también puede reproducirse artificialmente de acuerdo a su espectro, tal como lo muestra la figura 2. Como ejemplo, podemos decir que los componentes de frecuencia, según el espectro pueden ser las siguientes:

Ordenada	Magnitud	Frecuencia
A_1	16 mv	18 cps.
A_2	32 mv	29 cps.
A_3	80 mv	40 cps.
A_4	40 mv	57 cps.
A_5	12 mv	72 cps.

Si sumamos estas señales en la forma indicada, obtendremos una reproducción sensiblemente semejante al pulso deseado. Sin embargo, mediante técnicas de correlación, podemos obtener una respuesta similar.

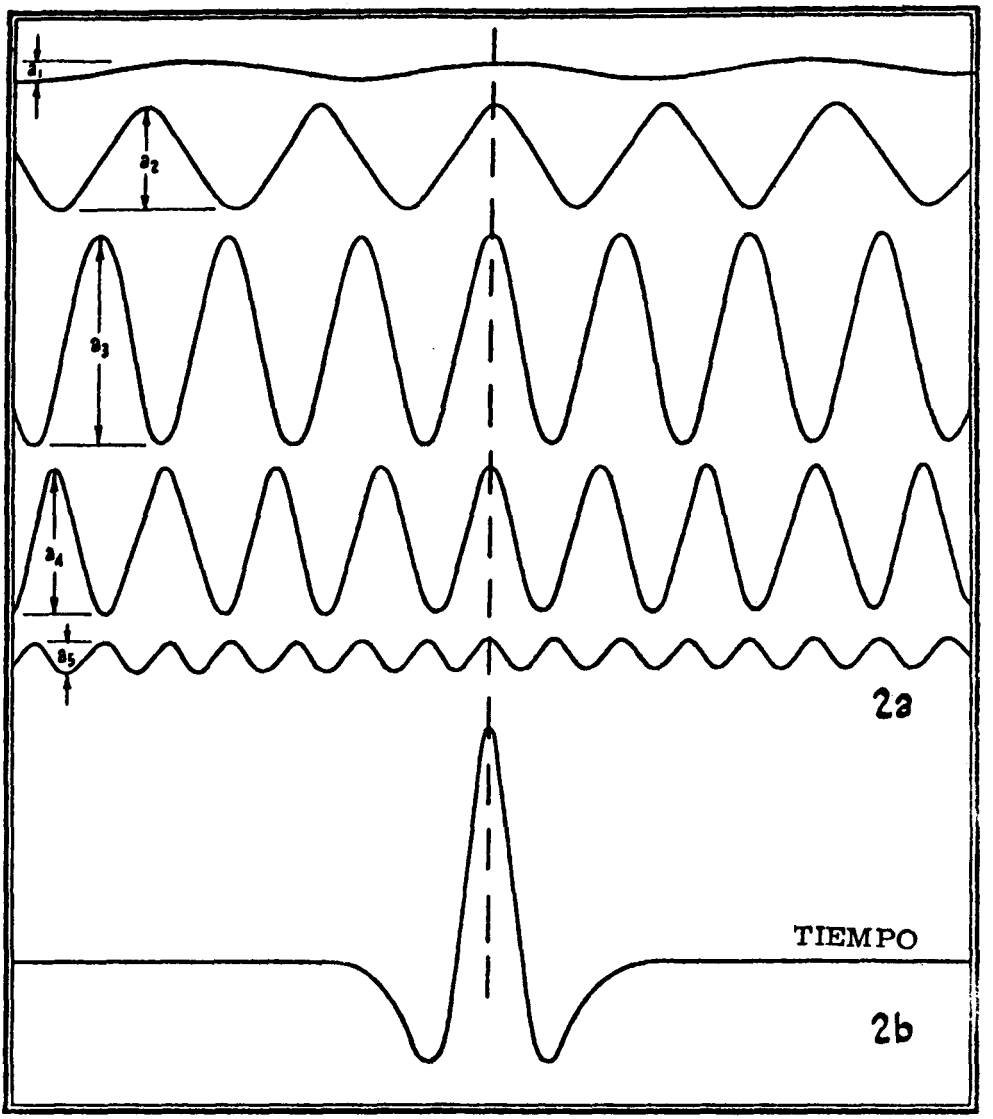


FIGURA 2

Así en la figura 3 se muestran dos señales de igual amplitud y frecuencia variable; cuando ambas están en fase, la resultante será el producto de las dos funciones, reproduciendo una señal de las mismas características pero amplificada su amplitud. Si una de ellas se desplaza respecto a la otra unos cuantos ciclos, se presentan algunas cancelaciones, y si la misma operación se repite para diferentes desplazamientos, se obtendrá una condición de coherencia, en la que se genera un pulso típico, y a ambos lados del mismo la señal tiende hacia cero. Lo que expresado matemáticamente, será:

$$C = \int_{T_1}^{T_2} f_i(t) \cdot f_i(T + \tau)\, dt$$

Mediante esta condición de coherencia puede generarse el pulso de Ricker que se identifica plenamente con el característico del transmitido en medios elásticos. Si nosotros aplicamos este tren de ondas como una fuente generadora de energía superficial, este tren de ondas se propagará por el subsuelo y se reflejará a la superficie para ser detectado, y si se recurre a la técnica de correlación, obtendremos un sismograma útil para los fines de exploración como lo veremos más adelante. (Ver apéndice).

Este sistema presenta la ventaja que el ruido fortuito se reduce considerablemente al aplicar la correlación como lo muestra la figura 4, en este caso, la magnitud de la señal de vibración que en adelante denominaremos "barrido", ha sido mezclada con un ruido de magnitud semejante, obteniéndose en la correlación un pulso representativo de la coherencia con una notable reducción del nivel de ruido.

En condiciones normales, las frecuencias de barrido y las de ruido ambiente difieren considerablemente como puede apreciarse en las figuras 5A y 5B.

Desde el punto de vista matemático si se aplica la correlación de estas dos funciones, la respuesta será cero. Este es sólo un tratamiento teórico idealizado de las condiciones reales de la operación en el campo, sin embargo, la relación señal ruido suele ser considerablemente mejorada si se compara en condiciones semejantes empleando dinamita.

En la figura 6A se tiene la traza típica de un sismograma de campo, en el cual se aprecia el tiempo de corte, un evento aislado y dos eventos sucesivos a mayor profundidad, se hace caso omiso del ruido a fin de simplificar el análisis del comportamiento del Vibroseis. En la figura 6B se muestra el momento de la iniciación de la aplicación del barrido en la superficie del terreno, el rango de frecuencias aproximadamente entre 15 y 60 ciclos por segundo, la determinación de este rango de frecuencia se determinará posteriormente.

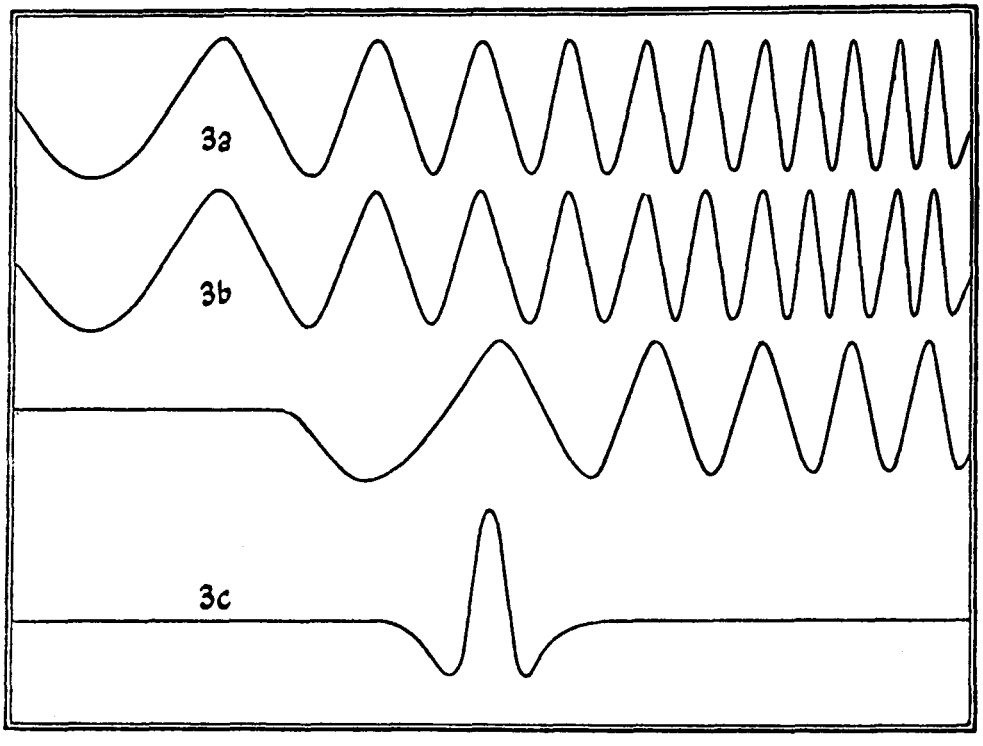


FIGURA 3

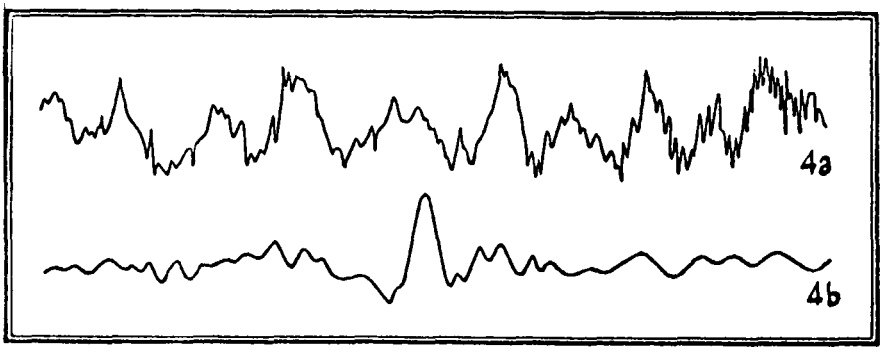


FIGURA 4

RUIDO

5a

BARRIDO

5b

FIGURA 5

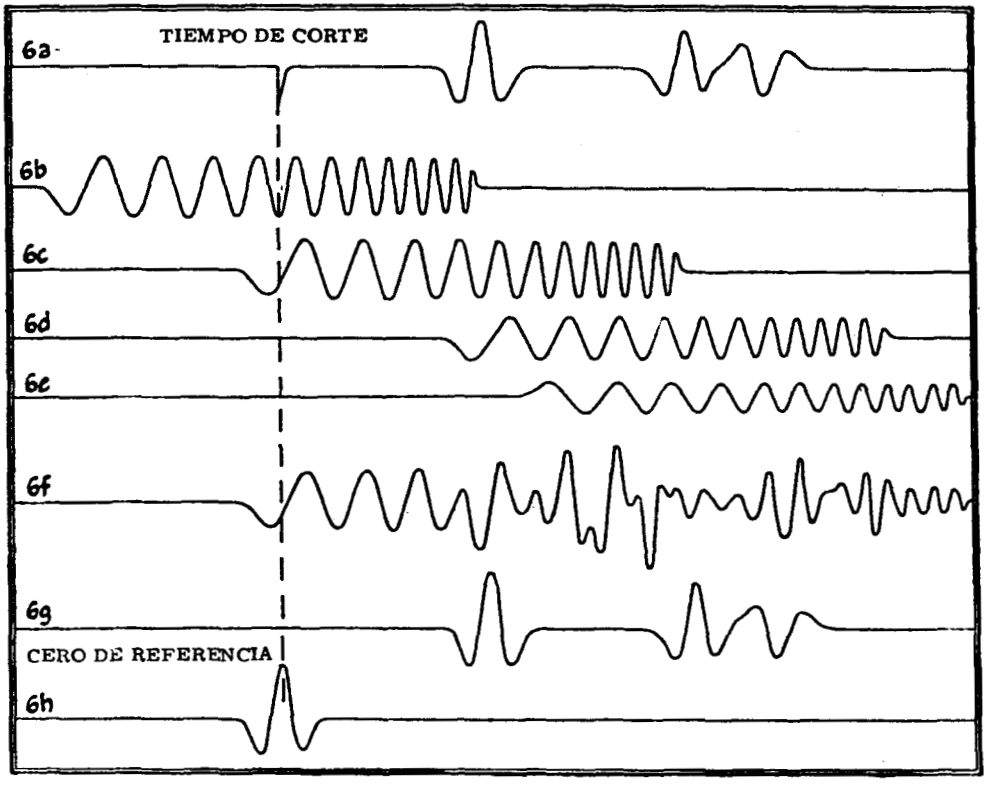


FIGURA 6

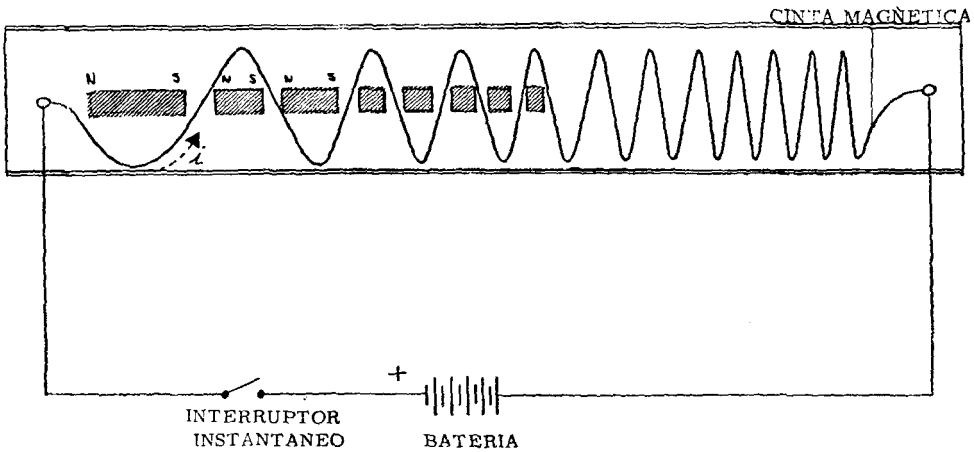
En la figura 6C se observa la detección del barrido en la superficie como efecto de la 1a. reflexión, nótese el tiempo transcurrido entre la iniciación del barrido y la detección del primer tren de ondas, las gráficas 6D y 6E corresponden a los dos eventos sucesivos a mayor profundidad, nótese la disminución de amplitud de las señales, a medida que la profundidad del evento es mayor. La suma de todos los trenes de ondas detectados, se indica en la figura 6F, resultando una serie de ondas complejas que serán ininteligibles para el sismólogo, pero recurriendo a la correlación en la forma propuesta con ña señal del barrido, obtendremos la traza 6G, que se identifique plenamente con la primera y que corresponde a la traza de un sismograma. La figura 6H es un efecto de auto-correlación, obteniéndose un solo pulso, que define la iniciación de un registro al que corresponde un To.

Para que la señal de barrido sea aplicada como una vibración permanente en la superficie del terreno deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos fundamentales:

1. La señal de barrido debe iniciarse exactamente al mismo tiempo en todas las unidades de vibración.
2. El sistema mecánico debe responder fielmente a la señal de barrido.
3. Las tres o cuatro unidades vibratorias generarán simultáneamente la misma señal en la superficie del terreno.
4. La inercia de los sistemas mecánicos deberá ser severamente controlada.
5. El acoplamiento entre la masa vibratoria y la tierna deberá ser tan perfecta como sea posible.
6. Todos los sistemas deben comportarse como un sistema lineal.
7. Los ajustes instrumentales deberán proporcionar iguales condiciones de operación en todas las unidades, para lo cual se dispondrá de una serie de igualadores y compensadores que cumplan esta función.

Por lo anteriormente expuesto se comprende fácilmente que para obtener la mayor eficiencia en este método deberá vigilarse estrechamente el aspecto instrumental.

La parte medular de este sistema es aplicación adecuada de las frecuencias de barrido. Burdamente podría pensarse en una condición de sintonía entre frecuencias detectadas y las que deben constituir el barrido, sin embargo, no debe olvidarse que la tierra representa un filtro de características elásticas que modifica el carácter de las reflexiones puras y por lo tanto deberá recurrirse a las condiciones rea



CINTA MAGNETICA CON FRECUENCIA DE BARRIDO

FIGURA 7

les del subsuelo. La única manera de identificar la respuesta en el subsuelo, de acuerdo con su comportamiento elástico, será a partir de un registro contínuo de velocidad en un pozo cercano y obtener por métodos analíticos un sismograma sintético impulsional, del cual podremos hacer las mediciones de frecuencia y de tiempo de acuerdo a las formaciones geológicas que 1 pozo atravieza.

De esta forma podremos definir el rango de respuestas de frecuencias en el subsuelo y de acuerdo con él podemos diseñar un barrido tentativo para la experimentación inicial en una área.

El barrido propiamente dicho es grabado en una cinta magnética pero no en la forma convencional, sino empleando un circuito impreso como el mostrado en la figura 7, en el cual se aplica un voltaje instantáneo del orden de 300 volts; al circular una corriente por el circuito se generarán campos magnéticos en la cinta, que corresponden a una grabación magnética equivalente en frecuencia, a la fijada en el circuito impreso. En esta forma se asegura la perfecta sincronía entre los vibradores, ya que el instante de iniciación, corresponde a la aplicación del potencial instantáneo en el circuito impreso, y no podrá existir diferencia entre el barrido deseado y el aplicado ya que éste está impreso en la cinta.

Esta técnica denominada Vibroseis fue desarrollada por un cuerpo de técnicos de las Cías. Continental Oil,de Ponka City, Oklahoma y de S. S. C. de Tulsa. La filosofía original a este nuevo método fue presentar el aspecto competitivo en calidad con métodos anteriores y superior en versatilidad.

El problema fue iniciado a partir de dos principios básicos: Generación de Energía y Simplicidad en el Aspecto Electrónico.

La primera de ellas debería corregir el sistema común de un solo impacto que presenta la gran deficiencia de una caída exponencial y de la energía y en el segundo evitar en lo posible, el uso de control automático de ganancia, evitando con ello la distorsión inherente de este dispositivo.

Analizaremos primeramente la primera fase del sistema o sea la generación de energía. Esta va a ser generada en forma contínua, la cual se manifiesta como una vibración aplicada al terreno, durante todo el tiempo de registro y de tal manera que su magnitud no afecta construcciones o instalaciones dentro de las poblaciones, significando esa misma un ahorro considerable en la energía de que debe disponerse. Figura 8.

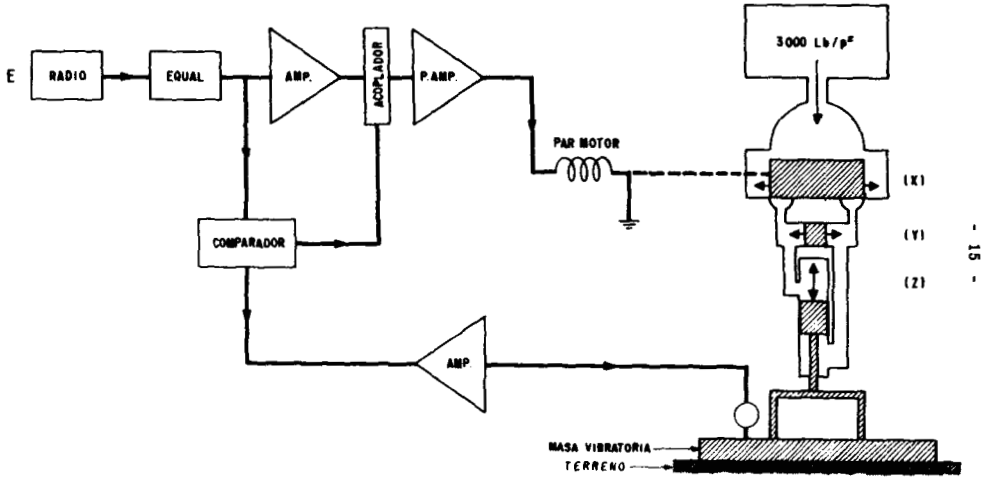


DIAGRAMA SIMPLIFICADO QUE MUESTRA LOS PRINCIPIOS DE OPERACION DEL VIBROSEIS

Fig. – 8

Un movimiento armónico simple cumpliría satisfactoriamente este cometido y de acuerdo a la segunda ley de Newton (F. m a) la fuerza aplicada será directamente proporcional a la masa y a la aceleración del sistema vibratorio. Es obvio considerar que el aumento de masa es la solución más viable para el incremento de la fuerza y la aceleración será controlada por un método ingeniosamente resuelto como a continuación se expone.

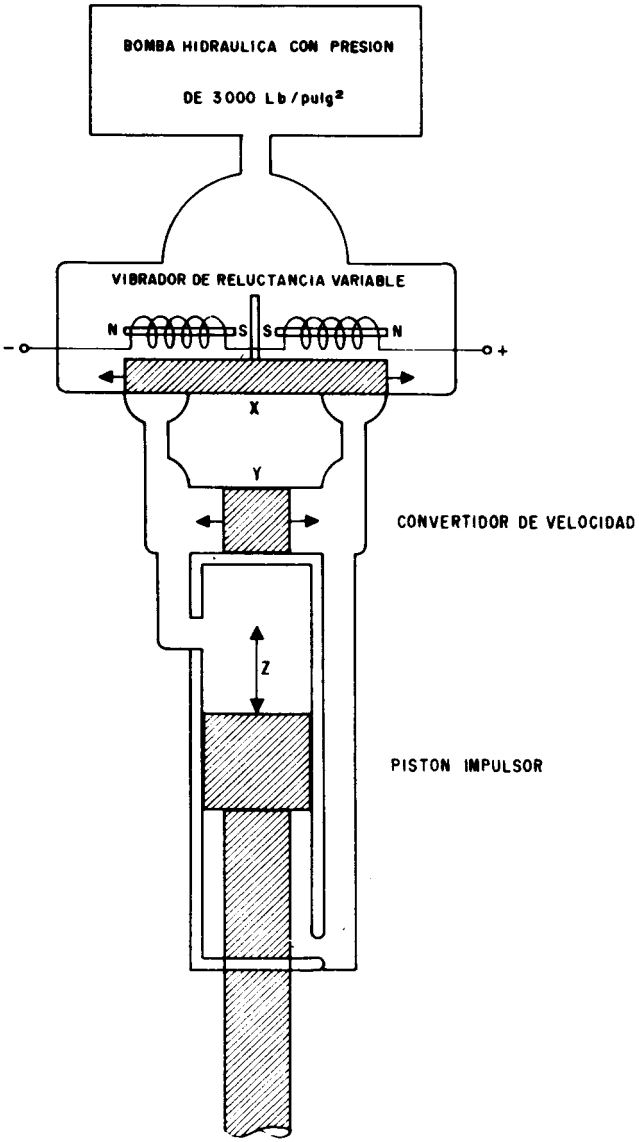
Mediante una señal de radio modulada con frecuencia de vibración se asegura la perfecta sincronía de 3 ó 4 equipos vibradores que operan simultáneamente, en cada uno de ellos se contará con un radioreceptor, un demodulador que nos entregará la frecuencia de vibración, un amplificador, un igualador (ecualizador), a fin de que todas las unidades operen bajo la misma aceleración, un amplificador de potencia y un transductor de reluctancia variable que operará como un sistema de válvulas gobernadas electrónicamente. Figura 9.

Este dispositivo se encuentra contenido dentro de una cámara de aceite con presión de 3000 lbs. por pulgada^2; los desplazamientos producidos por el transductor representan la apertura y la obturación alternativamente de válvulas de escape de presión que muevan un émbolo a la misma frecuencia que el transductor cuya velocidad está gobernada por la presión hidráulica y por la magnitud de la abertura que permita el paso del fluído a través del transductor.

Si llamamos -x- a un desplazamiento en el transductor, el movimiento de pistón, será representado matemáticamente por la primera derivada respecto al tiempo $\left(\frac{dx}{dt}\right)$ esta velocidad a su vez regula el movimiento de un pistón de relativamente grandes proporciones respecto a los dos elementos anteriores, por lo tanto, si la presión de 3,000 lbs. es aplicada a una superficie, relativamente grande, los esfuerzos desarrollados en el segundo pistón gobernados por la velocidad del 1o. representan una aceleración en referencia al desplazamiento -x-. Por lo tanto, en el segundo pistón la ecuación de movimiento estará ligada al desplazamiento del transductor como la segunda derivada de -x- respecto al timpo.

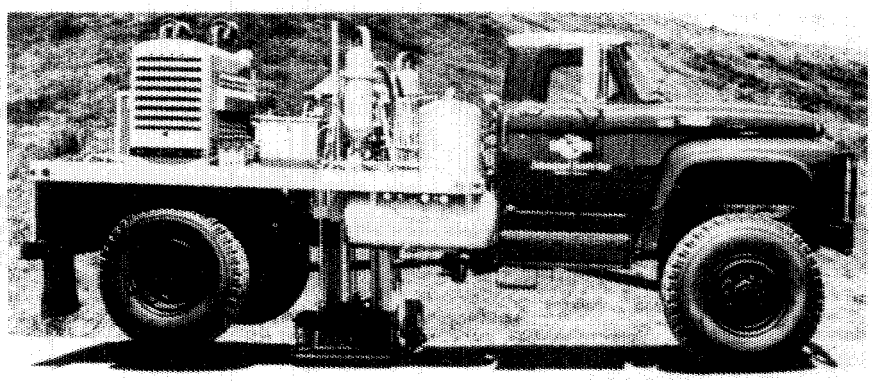
Esta aceleración será aplicada a una masa de aproximadamente 2 toneladas, tal como lo muestra la figura 8. Esta masa suele ser una placa metálica, cuyo acoplamiento al terreno deberá ser lo más perfecto posible, a fin de aprovechar al máximo la eficiencia del sistema.

Aparte de la masa de 2 toneladas, el peso del propio vehículo se aprovecha para incrementar la masa total, como se indica en la figura 10.



UNIDAD BASICA DEL EQUIPO VIBROSEIS

Fig. - 9



El método de Vibroseis puede mejorar hasta 60 veces la relación señal-ruido, ya que es posible procesar información cuya relación señal-ruido incoherente es tan pobre como 1:4 y ya procesada elevarla hasta un 15:1, tal como en el caso del ruido de viento.

Las ventajas inherentes al método, puede resumirse en 3 puntos que son:

1.- Solamente se inyectan las frecuencias que son transmitidas por el subsuelo y por lo tanto serán captadas por el transductor.

2.- Ahorro de energía.

3.- Por el proceso de correlación, es posible obtener información útil aún en aquellos casos en que el ruido ambiente incoherente (viento) es hasta cuatro veces la señal, siendo esto factible al emplear un filtro de acuerdo a la señal empleado y también variando la duración y la amplitud de dicha señal.

EL SISTEMA DE VIBROSEIS EN EL CAMPO

Primero se graba sobre la cinta de campo la señal de control con el barrido de frecuencias, los límites superior e inferior de dicho barrido y la rapidez de cambio de frecuencias son parámetros que se seleccionaron de acuerdo al área en estudio.

Después, esta cinta se reproduce, se amplifica y se transmite por radio a los vibradores, los cuales pueden ser del tipo hidráulico o electromagnético. Ambos tipos son capaces de ejercer un empuje de varias toneladas sobre la superficie de la tierra y además, de seguir fielmente la señal comando.

Una vez que la señal ha sido comunicada a la tierra, el efecto de las trayectorias es exactamente igual al efecto conseguido por el método de impulso.

Con objeto de cancelar las señales de capas someras con trayectorias horizontales que perturbarían las señales de trayectorias verticales de capas profundas es necesario, al igual que con los métodos de impacto, tomar las precauciones siguientes:

A).- Alejar el tendido de los vibradores.

B).- Seleccionar patrones adecuados de detectores.

C).- Usar disposiciones convenientes para los vibradores.

De acuerdo a la experiencia del fabricante, se recomienda alejar los vibradores desde un mínimo de 200 m. hasta unos 400 mts. dependiendo de la profundidad de la información sísmica buscada.

Tratándose de los detectores es relativamente sencillo diseñar una disposición tal que nos cancele las trayectorias horizontales en una proporción de por lo menos 5:1 y si con el mismo criterio esta misma disposición se aplica a los vibradores, entonces se conseguirá una mejora de 25:1 en la relación señal reflejada: interferencia horizontal de las fuentes de energía. En la figura 11 se muestra un sistema completo de los instrumentos de campo.

En la figura 12 se muestra una comparación de secciones obtenidas con dinamita y con vibroseis, obsérvese el mejoramiento de la información, empleando la técnica de vibroseis.

En general, puede decirse que este sistema representa un valioso elemento, de gran potencialidad y versatilidad en áreas de difícil perforación o en las cercanías de lugares urbanos.

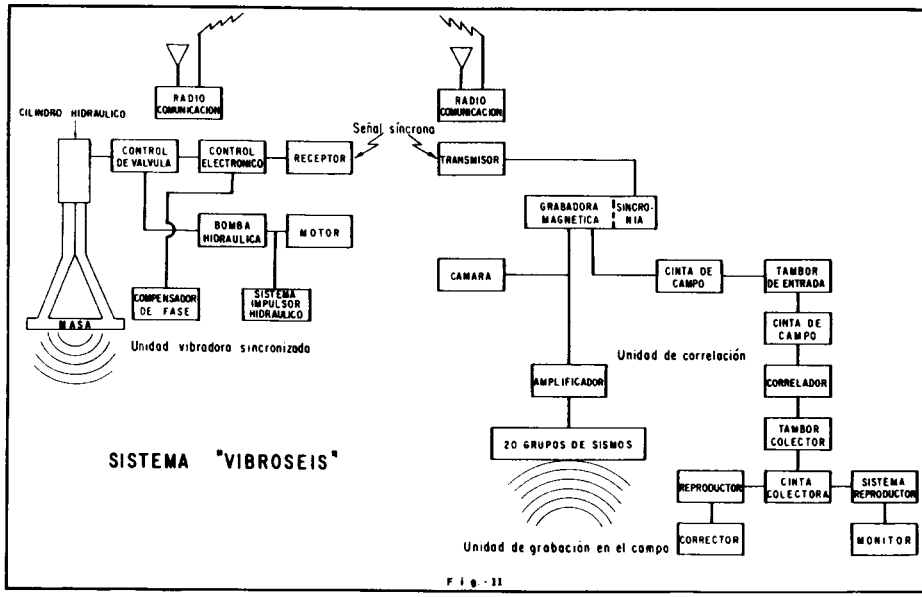

RADIO COMUNICACION
CILINDRO HIDRAULICO
CONTROL DE VALVULA
CONTROL ELECTRONICO
RECEPTOR
Señal síncrona
RADIO COMUNICACION
TRANSMISOR
BOMBA HIDRAULICA
MOTOR
GRABADORA MAGNETICA
SINCRONIA
CAMARA
CINTA DE CAMPO
TAMBOR DE ENTRADA
COMPENSADOR DE FASE
SISTEMA IMPULSOR HIDRAULICO
MASA
Unidad vibradora sincronizada
CINTA DE CAMPO
Unidad de correlación
AMPLIFICADOR
CORRELADOR
TAMBOR COLECTOR
20 GRUPOS DE SISMOS
SISTEMA "VIBROSEIS"
REPRODUCTOR
CINTA COLECTORA
SISTEMA REPRODUCTOR
CORRECTOR
MONITOR
Unidad de grabación en el campo

Fig. 11

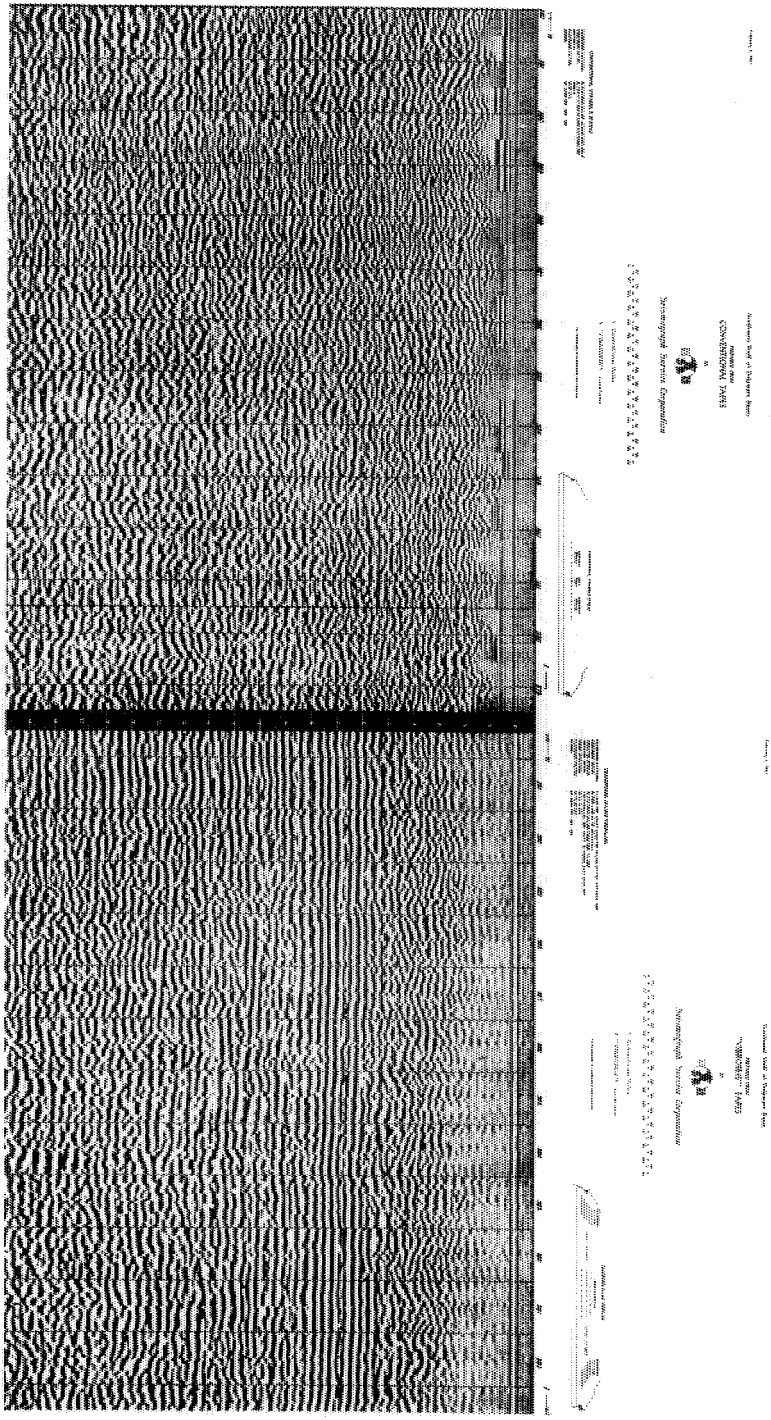


FIGURA 12

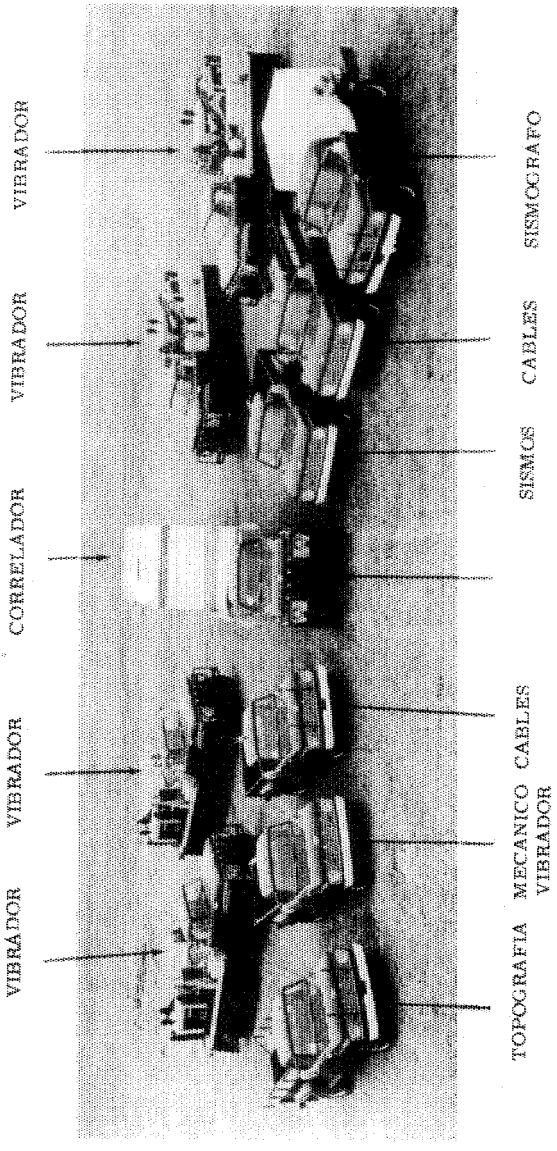
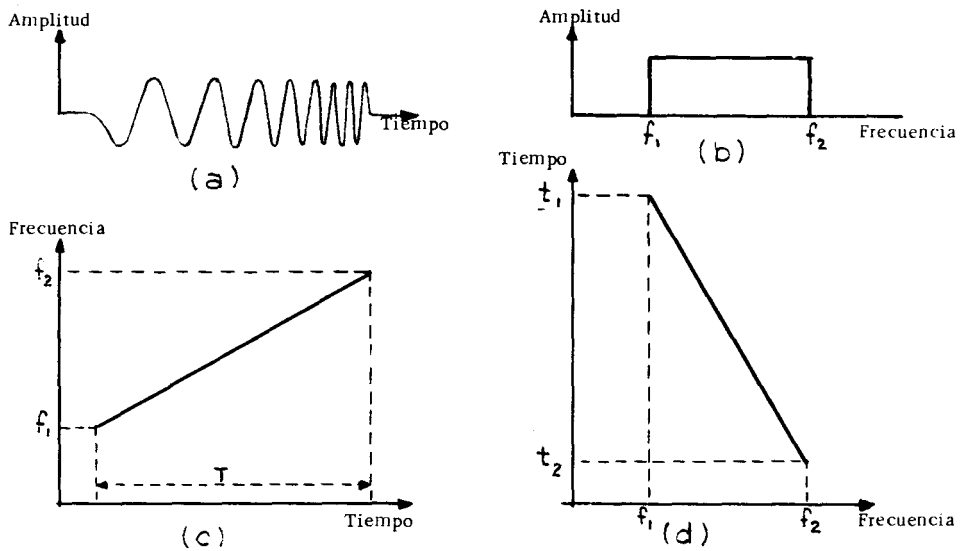

VIBRADOR
VIBRADOR
CORRELADOR
VIBRADOR
VIBRADOR
TOPOGRAFIA
MECANICO VIBRADOR
CABLES
SISMOS
CABLES
SISMOGRAFO

FIGURA 13

TEORIA BASICA DE LA CORRELACION APLICADA AL VIBROSEIS

El principio del VIBROSEIS se funda en la transmisión de una señal no repetitiva durante un período de tiempo determinado y puede compararse en su efecto al RADAR o SONAR que emplean la llamada "Técnica de Pulsos Compresionales". Generalmente esta técnica utiliza una señal de amplitud constante y la frecuencia como una función lineal del tiempo. Figura 14.



F I G U R A 14

Después de la transmisión, reflexión y recepción del tren de ondas, se obtiene el "Pulso Compresional" que en el caso del VIBROSEIS es el resultado de una correlación. La duración de este pulso es normalmente inferior a la duración del barrido, pero de mucho mayor amplitud.

La técnica de correlación es el método o herramienta mediante la cual podemos medir la similitud entre dos cantidades o funciones, y la función de autocorrelación es una gráfica obtenida del cálculo de el valor de correlación de una señal comparada consigo misma

y defasada un intervalo de tiempo (τ) determinado.

La autocorrelación de una función contínua es:

$$\int_{T_1}^{T_2} f(t) \cdot f(t+\tau)\,dt \quad \cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

y, para una función discreta:

$$\sum_{K=T_1}^{T_2} X_K + jX_K \quad \cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

En donde τ y j son los intervalos respectivos. Físicamente esta expresión la podemos definir como la comparación entre una señal fija y la misma desplazada, tal como lo muestran las figuras 15 y 19. Para cada desplazamiento de la señal "móvil" se multiplican las ordenadas correspondientes y se suman estos productos, obteniéndose el llamado coeficiente de correlación.

En las figuras 15 y 19, se muestra la secuencia de operación para obtener una función de correlación, empleando un desplazamiento de 6 intervalos a la derecha, si ese mismo desplazamiento lo efectuamos hacia la izquierda, obtendremos la gráfica correspondiente al desarrollo completo de la función de correlación.

Para un desplazamiento τ, el coeficiente de correlación es 11, como lo muestra la figura 15, y así sucesivamente en las demás figuras pudiéndose obtener la siguiente tabla:

Intervalo	Coef. de Corr.
0	11
1	0
2	-6
3	0
4	1
5	0
6	0

Graficando estos valores; en la figura 20 se obtiene la correspondiente autocorrelación.

En la figura 21 se muestra en conjunto la gráfica de autocorrelación, cuyo análisis detallado se ha mostrado en páginas anteriores. En esta figura puede observarse claramente el efecto del corrimiento de una señal respecto a la otra, en intervalos fijos (τ) y el efecto resultante del proceso de autocorrelación.

Es conveniente recordar que las 3 componentes típicas de la señal son: amplitud, frecuencia y fase.

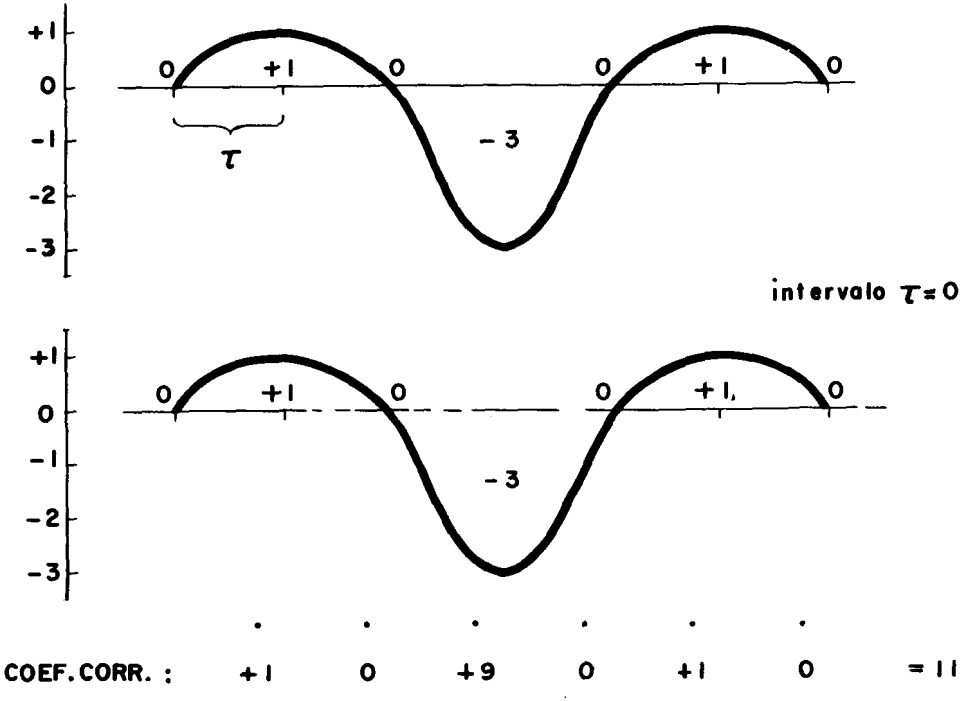

+1
0
-1
-2
-3
0
+1
0
0
+1
0
τ
-3
intervalo τ=0
+1
0
-1
-2
-3
0
+1
0
0
+1
0
-3
COEF. CORR. :
+1
0
+9
0
+1
0
=11

Fig. 15

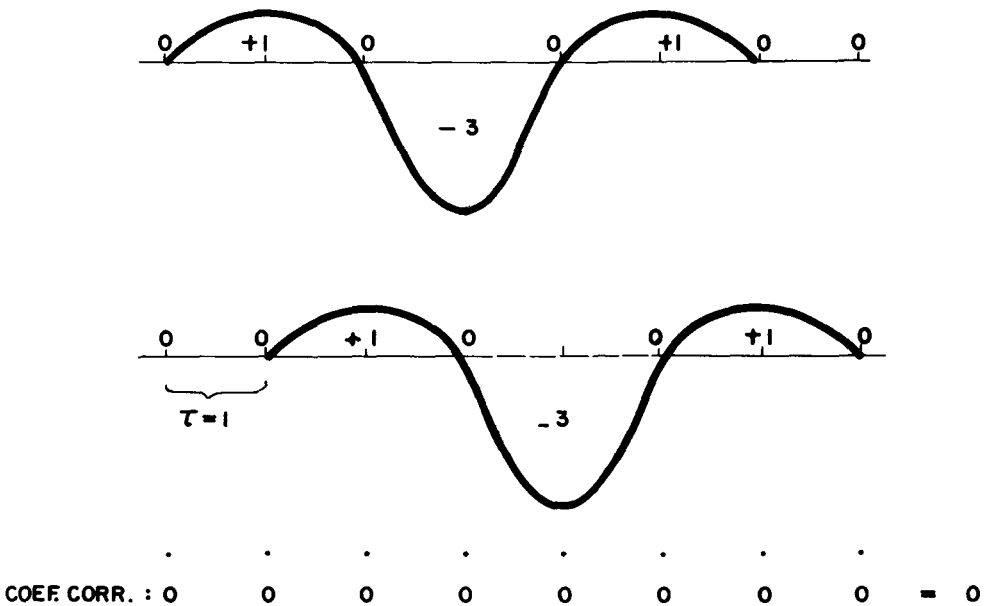


Fig. 16

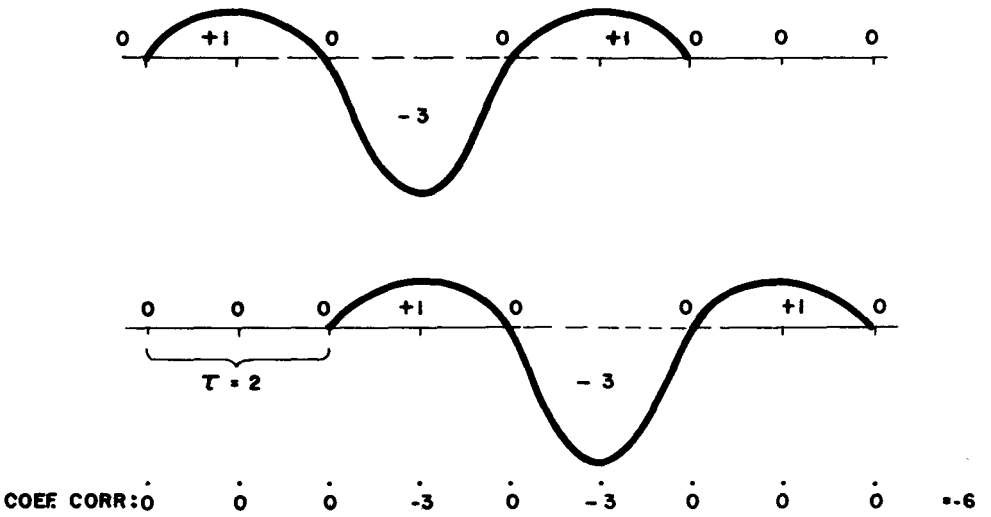


Fig. 17

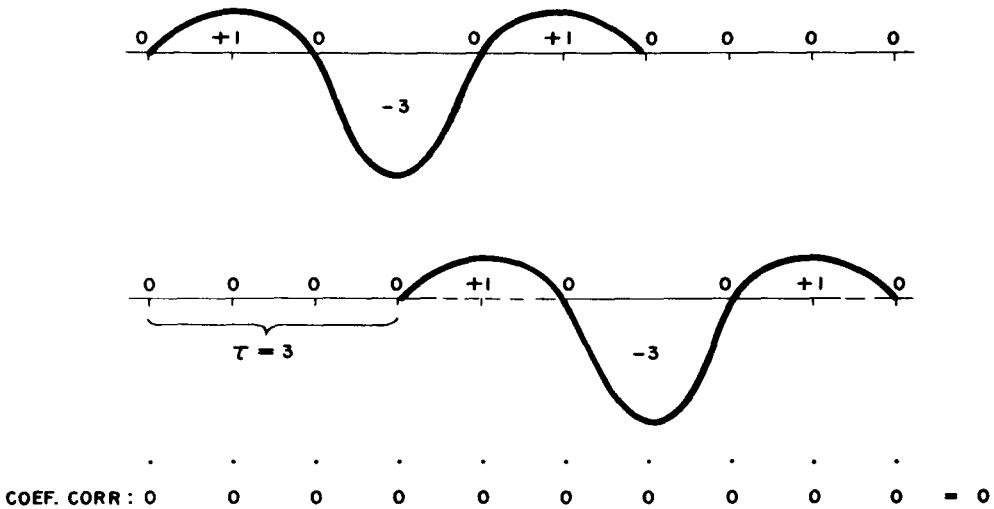


Fig. 18

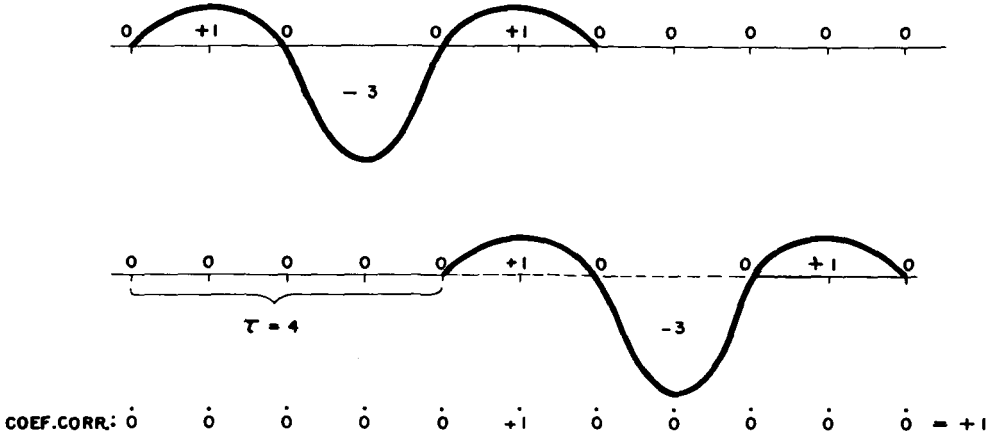
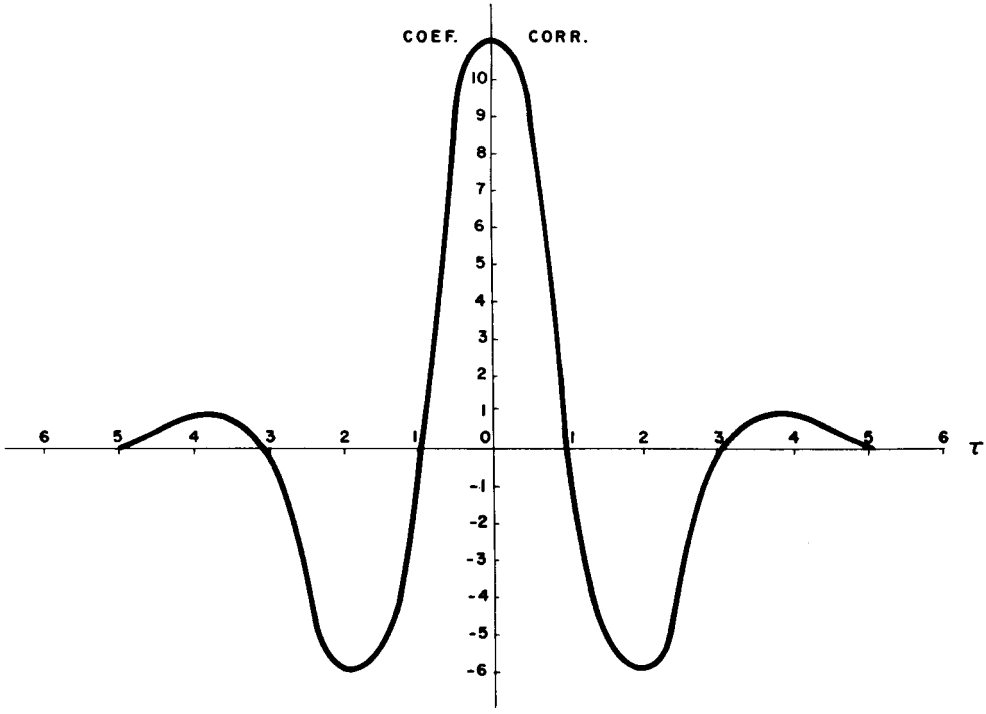


Fig. 19



AUTO CORRELACION

Fig. 20

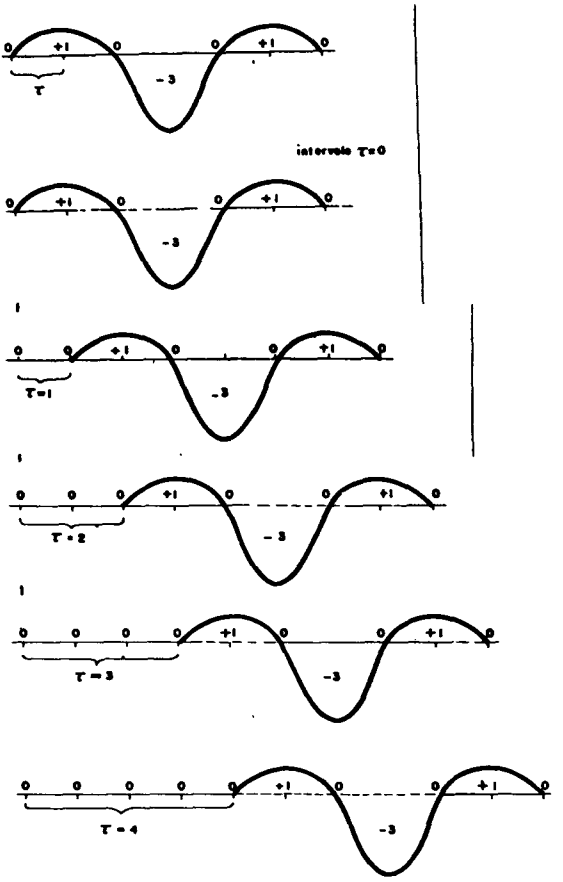


FIGURA 21

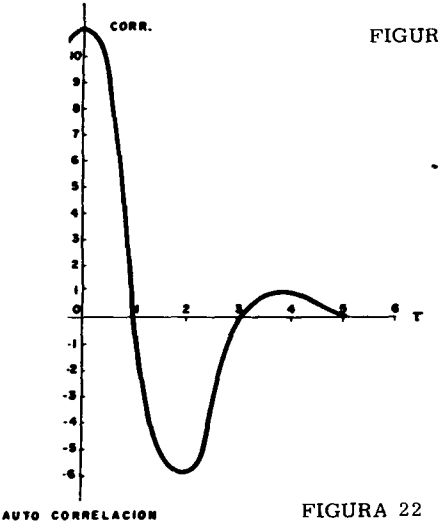


FIGURA 22

De acuerdo a lo anterior, resulta fácil definir la correlación-cruzada como la similitud entre dos funciones diferentes.

El proceso de autocorrelación representa una amplitud igual al cuadrado de la amplitud original y mantiene un contenido de frecuencias igual a la de la función misma.

La correlación cruzada, en cambio, representa una amplitud igual al producto de las amplitudes y contiene únicamente las frecuencias que son comunes a ambas funciones.

Por lo tanto, para conocer el espectro de una función de correlación será necesario transformar las funciones, del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, lo cual es posible empleando la transformación de Fourier.

Una onda recurrente puede ser representada como la suma de un conjunto de ondas senoidales armónicas más una componente de DC como se muestra en la figura 23 en la que se han graficado tres ondas cosenoidales, la fundamental, la segunda y la tercera armónicas, todas de igual amplitud y en fase en el pico de la primera alternación; la gráfica inferior nos representa el aspecto correspondiente. La figura 24 manifiesta la suma de las tres componentes, obsérvese el incremento de amplitud cuando las señales están en fase y el carácter cancelatorio del resto de la suma, de tal manera que la frecuencia central, (en este caso la segunda armónica) prácticamente desaparece. La figura 25 representa el espectro correspondiente.

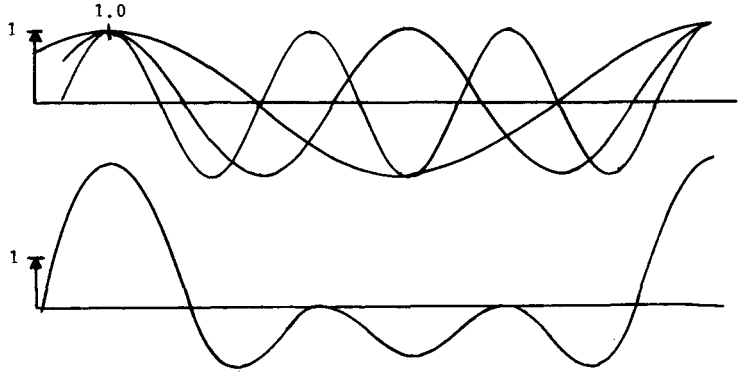


FIGURA 23

FIGURA 24

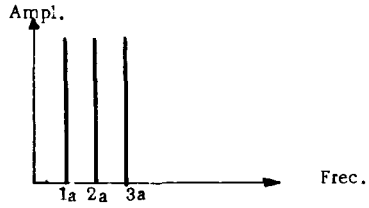


FIGURA 25

Para el análisis de este procedimiento recurriremos primero al estudio de las series de Fourier. Si se tiene una función real recurrente f (t), ésta puede ser representada dentro de un intervalo de tiempo $-T/2 < t < T/2$ mediante la expresión:

$$f(t) = \frac{1}{2} A_0 + \sum_{K=1}^{\infty} A_K \operatorname{sen}(K\omega_0 t + \phi_K)$$

$$= \frac{1}{2} A_0 + \sum_{K=1}^{\infty} (a_K \cos K\omega_0 t + b_K \operatorname{sen} K\omega_0 t)$$

$$= \sum_{K=-\infty}^{\infty} C_K e^{jK\omega_0 t}$$

en donde :

$$a_K = A_K \operatorname{sen} \phi_K \quad ; \quad b_K = A_K \cos \phi_K$$

$$\therefore \; a_K = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) \cos K\omega_0 t \cdot dt$$

$$b_K = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) \operatorname{sen} K\omega_0 t \cdot dt$$

$$C_K = \frac{1}{2}(a_K - j b_K) = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) e^{-jK\omega_0 t} \cdot dt$$

$$C_{-K} = \frac{1}{2}(a_K + j b_K) \quad ; \qquad \omega_0 = \frac{2\pi}{T}$$

y $K = 0, 1, 2, 3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$

Para una función transitoria, F (t), ésta puede representarse matemáticamente como:

$$f(t) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty A(\omega) \operatorname{sen}\left[\omega t + \phi(\omega)\right] \cdot d\omega$$

$$= \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty \left[a(\omega) \cos \omega t + b(\omega) \operatorname{sen} \omega t\right] \cdot d\omega$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^\infty F(\omega)\, e^{j\omega t} \cdot d\omega$$

$\therefore$

$$a(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^\infty f(t) \cos \omega t \cdot dt$$

$$b(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^\infty f(t) \operatorname{sen} \omega t \cdot dt$$

y

$$F(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^\infty f(t)\, e^{-j\omega t} \cdot dt$$

F (w) es la transformada de Fourier de f (t) y, por consiguiente f(t) será la transformada inversa de Fourier de F (w). Aplicando las ecuaciones de Euler se puede obtener la función seno y coseno de la transformada de Fourier, tal que:

$$F_{\cos \omega} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty f(t) \cos \omega t \cdot dt$$

$$F_{\operatorname{sen} \omega} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty f(t) \operatorname{sen} \omega t \cdot dt$$

$$F(\omega) = A(\omega)\, e^{-j\phi(\omega)} = a(\omega) - j \cdot b(\omega)$$

AGRADECIMIENTOS:

El autor agradece las facilidades prestadas por la Compañía Seismograph Service Corp., de Tulsa, Oklahoma, para la elaboración de este artículo, y muy especialmente a los Sres. Robert Geyer, Sidney Schoellhorn y Thomas Ortíz.

BIBLIOGRAFIA:

Correlation Techniques	N. A. ANSTEY
An Introduction to Vibroseis	S. S. C. (Information paper)
Correlation Display pin points Seismic Multiples	N. A. ANSTEY
La Transformada de Fourier y su Aplicación a Sismología	D. GUTIERREZ
Advanced Calculus	SOKOLNIKOFF
Física	SEARS, SEMANSKY

FUENTE DE ENERGIA NEUMATICA ACUSTICA *

Ben F. Giles **

INTRODUCCION

El uso de explosivos como fuente de energía ha sido común en la exploración sísmica y pocas han sido las innovaciones. En contraste, han continuado los adelantos tecnológicos, principalmente en lo que concierne al uso del registro y procesado de los datos en forma digital, al grado de haberse logrado gran confianza en los resultados de los reconocimientos sísmicos.

Con el método de punto de reflejo común se ha conseguido mejorar la relación señal a ruido y en algunos casos se han logrado eliminar en forma efectiva los reflejos múltiples. Las reverberaciones ocasionadas por la energía reflejada atrapada en la capa de agua y muchos de los reflejos repetitivos provenientes del fondo marino encontrados en aguas profundas, pueden ser atenuados por procesos digitales. Como resultado de estas innovaciones la calidad de los datos sísmicos marinos ha mejorado y han sido eliminados muchos de los eventos espurios.

Mientras que los explosivos como fuente de energía han dado resultados dignos de confianza, su uso se ha visto limitado por condiciones culturales más bien que tecnológicas. Por ejemplo, los reglamentos de pesca en la costa del Pacífico en los E.E.U.U., han restringido el uso de explosivos a ciertas estaciones del año y limitado el tamaño de las cargas. En algunos casos el tamaño de la carga permitido es inferior al requerido para llevar a cabo con buen éxito las operaciones sísmicas marinas y en algunas áreas su uso está limitado solamente a operaciones diurnas. Otro factor es el costo.

En levantamientos convencionales, donde se obtiene una cubierta sencilla, el costo de los explosivos es relativamente pequeño. En los trabajos recientes donde la cubierta del Subsuelo es de multiplicidad 3, 6 y hasta 12 veces y donde se requieren de 3 a 12 veces más explosivos, el costo de los mismos se convierte en factor importante dentro del gasto total.

* Traducción por el Ing. Roberto Rosales, G.S.I.
Revisión por el Ing. Patricio Díaz F., Pemex

** Geophysical Service Incorporated

DESARROLLO DE NUEVAS FUENTES DE ENERGIA

Los recientes desarrollos de fuentes de energía diferentes de la dinamita para trabajos terrestres han demostrado que se pueden obtener resultados satisfactorios combinando la energía de un gran número de pequeñas fuentes, en donde la energía total liberada puede ser igual o mayor que la obtenida de un tiro individual de dinamita. El uso de un gran número de fuentes de energía ha dado como resultado el mejoramiento de la relación señal a ruido. Desarrollos subsecuentes de los sistemas que utilizan el equivalente de muchas fuentes de energía localizadas en la superficie ha demostrado la efectividad en el uso de un gran número de pequeños impulsos para exploración terrestre. Era consecuencia natural, por lo tanto, considerar el uso de un gran número de pequeñas fuentes para trabajos de exploración marina.

De estas fuentes la Compañía G.S.I. ha desarrollado la técnica a base del cañón neumático como fuente acústica útil, que está provista de todas las características necesarias para obtener resultados similares a los de explosivos.

CARACTERISTICAS DEL CAÑON NEUMATICO

El cañón neumático (fig. No. 1) tiene esencialmente dos piezas móviles: la válvula corrediza y el solenoide. Se alimenta de aire comprimido (achurado diagonal) a la unidad a una presión de 136 atmósferas. Al aplicarse la presión inicial se obliga a la válvula corrediza (achurado cruzado) a cerrarse contra los anillos circulares, tanto en la cámara superior como inferior. La válvula se mantiene cerrada debido a que es mayor el área de la sección transversal en la cámara superior, donde se ejerce un empuje hacia abajo, en comparación al área menor de la sección transversal de la cámara inferior, en donde el empuje es ascendente.

El aire comprimido llena la cámara inferior a través de un orificio situado en el centro de la válvula. Para efectuar la descarga del cañón, un impulso eléctrico abre el solenoide en la parte superior del cañón y el orificio a través del interior del cañón hacia la cara inferior del asiento de la válvula. Esta acción iguala la presión en ambos lados de la porción superior de la válvula y permite que el empuje en la parte inferior del cañón obligue a abrirse a la válvula.

El aire confinado en la parte inferior del cañón neumático explota a través de cuatro troneras situadas en la parte central del cañón.

Este aire se expande dentro del agua, formando un impulso sísmico y una burbuja de aire. La burbuja de aire se colapsa en forma semejante a las burbujas ocasionadas por explosivos, con la importante diferencia de que el período queda bajo control y puede colocarse dentro de la banda de frecuencias sísmicas.

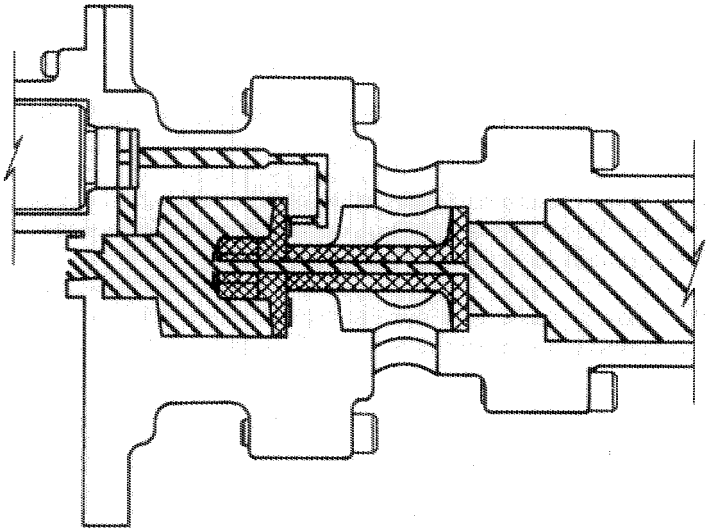
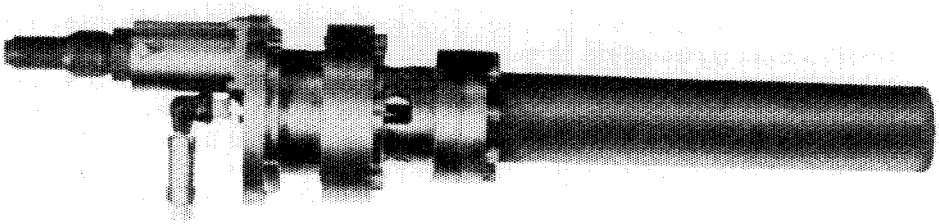


FIGURA No. 1.- Fotografía y Diagrama transversal del cañón de aire



Los impulsos registrados mediante hidrófonos colocados a 0.91 metros de las troneras de un cañón de 163.9 centímetros cúbicos se muestran en la Figura No. 2. El tamaño se refiere a la cámara de almacenamiento del cañón. Cada una de las trazas mostradas proviene de distintos disparos. Todas las condiciones permanecieron constantes durante la prueba. Nótese que el impulso proveniente del cañón neumático es altamente reproducible y cómo cada impulso es casi idéntico a los otros. El contenido de frecuencias del impulso está determinado por el tamaño de la burbuja emitida inicialmente.

Existen tres variables que se utilizan para lograr este control:

1).- La profundidad del cañón dentro del agua. A mayor profundidad del cañón dentro del agua, mayor la presión hidrostática y mayor en consecuencia la frecuencia del impulso.

2).- La presión a la cual se opera el cañón. A mayor presión, mayor el tamaño de la burbuja y por lo tanto, menor la frecuencia del impulso.

3).- El tamaño de la cámara del cañón. A mayor volumen inicial de aire, mayor el tamaño de la burbuja y menor la frecuencia del impulso.

En la Figura No. 3 se muestra un conjunto de impulsos originados por un cañón neumático de 163.9 cms. cúbicos, disparado a profundidades que varían de 2.13 a 9.75 metros, así como las correspondientes auto-correlaciones y espectros de potencia. Nótese en particular que la salida de cada cañón es una estrecha banda de energía que culmina 15 ó más decibeles por encima de la potencia media del impulso. La estrecha banda es solamente de 3 ó 4 ciclos de anchura. Al colocarse los cañones a mayor profundidad, el período del impulso se acorta y el tiempo medido desde el origen hasta el primer lóbulo de la autocorrelación se hace más pequeño, y la culminación en el espectro de frecuencia se mueve hacia las altas frecuencias.

La gráfica obtenida de los datos anteriores (Figura No. 4) muestra el corrimiento de la culminación del espectro de frecuencias al cambiar la profundidad de los cañones de 2.13 a 9.75 metros. La curva contínua representa los valores determinados teóricamente. Se encontró que es necesario modificar estos valores teóricos por un factor de 25% para la unidad usada. La curva punteada representa los valores teóricos modificados por este factor. La frecuencia varía desde 24 ciclos por segundo para el cañón a 2.13 metros de profundidad hasta 35 ciclos por segundo para 9.75 metros de profundidad.

La figura No. 5 muestra, en forma semejante, los cambios de frecuencia emitidos por un cañón de 327.8 centímetros cúbicos, sujeto a presión constante. Para 2.13 metros se observa una frecuencia de

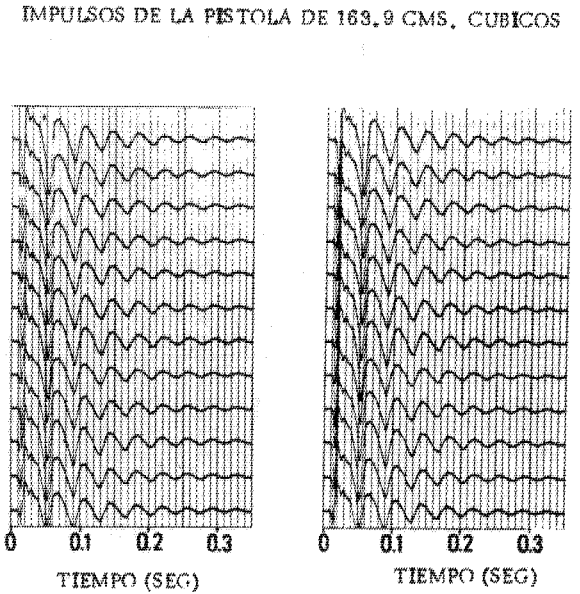


FIGURA No. 2.- IMPULSOS GRABADOS A 0.91 MTS. DE LAS TRONERAS DE UN CAÑON DE AIRE. EL TAMAÑO DEL CAÑON FUE DE 163.9 CMS. CUBICOS.

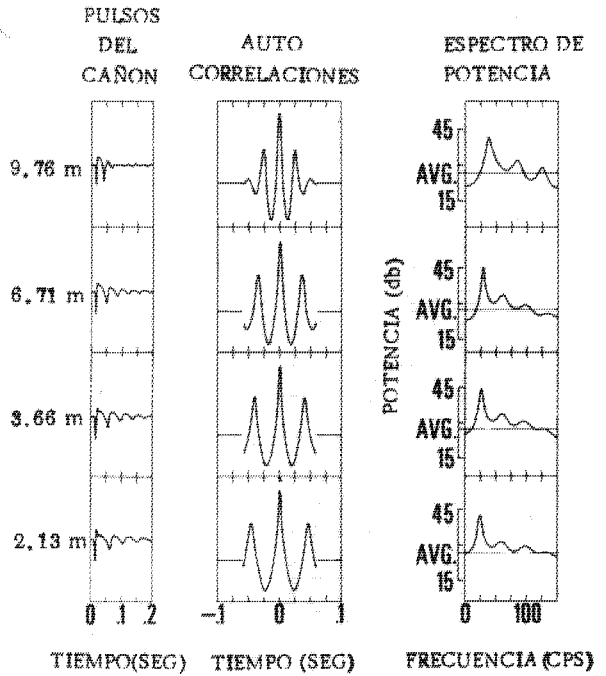


FIGURA No. 3.- CONJUNTO DE IMPULSOS DE UN CAÑON, SUS AUTOCORRELACIONES, Y ESPECTRO DE POTENCIA USANDO UN CAÑON DE 163.9 CMS. CUBICOS. LOS IMPULSOS FUERON GRABADOS A PROFUNDIDADES DE 2.13 MTS. A 9.76 MTS.

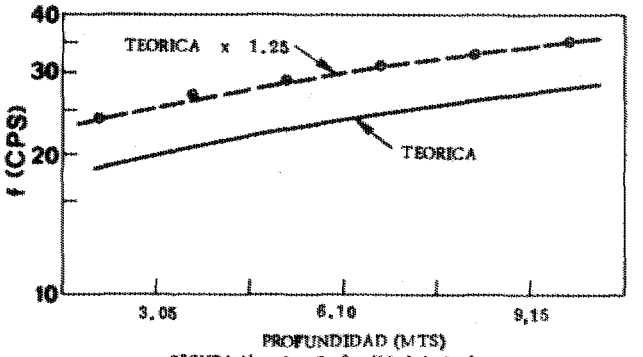


FIGURA No. 4.- Profundidad de la fuente VS. Frecuencia, Cañón de 163.9 cms. cubicos operando a 129. Atmósferas

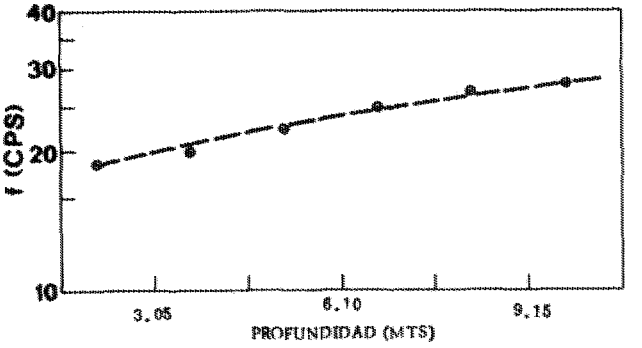


FIGURA No. 5.- PROFUNDIDAD DE LA FUENTE VS. FRECUENCIA

CAÑONES DE 327.8 CMS. CUBICOS OPERANDO A 129 ATMOSFERAS

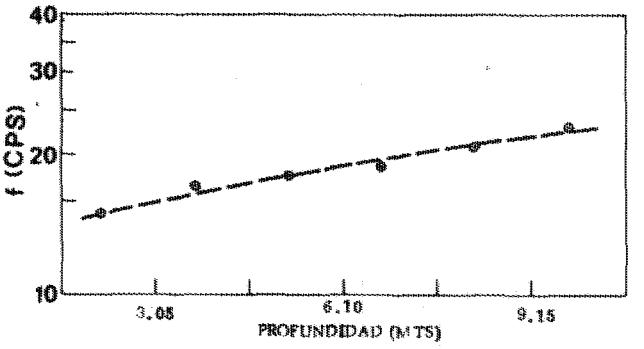


FIGURA No. 6.- PROFUNDIDAD DE LA FUENTE VS FRECUENCIA, CAÑONES DE 655.6 CMS. CUBICOS OPERANDO A 129 ATMOSFERAS.

19 ciclos por segundo la cual cambia a 26 ciclos por segundo para una profundidad de 9.75 metros.

La Figura No. 6 muestra la relación de la frecuencia contra la profundidad para un cañón de 655.6 cms. cúbicos, sujeto a presión constante. A los 2.13 metros se tiene una frecuencia de 14 ciclos por segundo y a los 9.75 metros la frecuencia es de 23 ciclos por segundo. En la Figura No. 7 se ilustran las frecuencias máximas en función del tamaño del cañón, manteniéndose la presión y la profundidad constantes. En esta gráfica la presión usada fue de 129 atmósferas y la profundidad de 6.70 metros. Para un cañón de 2622.4 centímetros cúbicos la frecuencia máxima pronosticada por extrapolación es de 12 ciclos por segundo. El cañón de 163.9 centímetros cúbicos emite una frecuencia máxima de 32 ciclos por segundo. Es posible ensanchar el espectro de frecuencias mediante el uso de diferentes cañones a diferentes profundidades, o diversos cañones a diferentes presiones, o diversos cañones de diferentes tamaños. De estos tres métodos, el uso de diversos cañones de diferentes tamaños parece ser el mejor y de más sencilla aplicación. En la práctica, se obtiene un espectro amplio de frecuencias utilizando varios cañones de diversos tamaños entre 163.9 y 2622.4 cm. cúbicos, se obtiene un espectro plano entre 8 y 40 ciclos por segundo.

Existen dificultades para obtener una buena medición de los impulsos provenientes de un conjunto de cañones. Puesto que el grupo de cañones ocupa cierta extensión, un hidrófono utilizado para registrar el impulso próximo a los cañones resultaría inútil, ya que los cañones más cercanos ejercerían excesiva influencia en el resultado. Las mediciones remotas también son influídas adversamente por los efectos de frontera. Reconociendo que existen estos efectos indeseables de frontera en las mediciones, la Figura No. 8 ilustra la naturaleza de los datos de entrada, utilizados para obtener los espectros de potencia de un conjunto de cañones neumáticos, consistente en dos cañones de 1311.2 centímetros cúbicos, dos de 655.6 centímetros cúbicos, dos de 491.7 centímetros cúbicos, 4 de 327.8 centímetros cúbicos y 6 de 163.9 centímetros cúbicos, detonados simultáneamente. Los dos sismogramas mostrados son reproducciones del mismo tiro. El sismograma superior se reprodujo con una ganancia normal. En el sismograma inferior se utilizó mayor ganancia. El tiro se hizo en aguas profundas, con una distancia mínima entre disparo y detectores del orden de 305 metros. Obsérvese que el reflejo del fondo marino aparece claramente y que los primeros arribos se destacan visiblemente en la reproducción de mayor ganancia.

La Figura No. 9 muestra el espectro de potencia de un primer arribo registrado en un grupo de geófonos, típico de un cable marino. Dentro de los límites de las mediciones, este espectro es plano (+ 6 - 2 dbs) de 10 a 38 ciclos por segundo. La frecuencia de corte de la sección viva del cable (30.5 metros) usada en las mediciones, determina que el cable marino actúe como un filtro pasa-bajos. Para

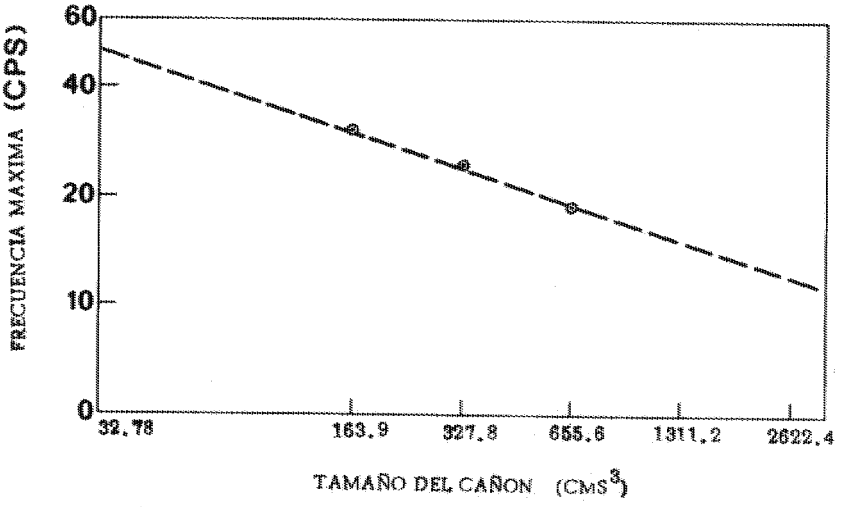


FIGURA No. 7.- FRECUENCIA MAXIMA VS TAMAÑO DEL CAÑON

CAÑONES DE AIRE

2-1311.2, 2-655.6, 2-491.7, 4+327.8, 6-163.9

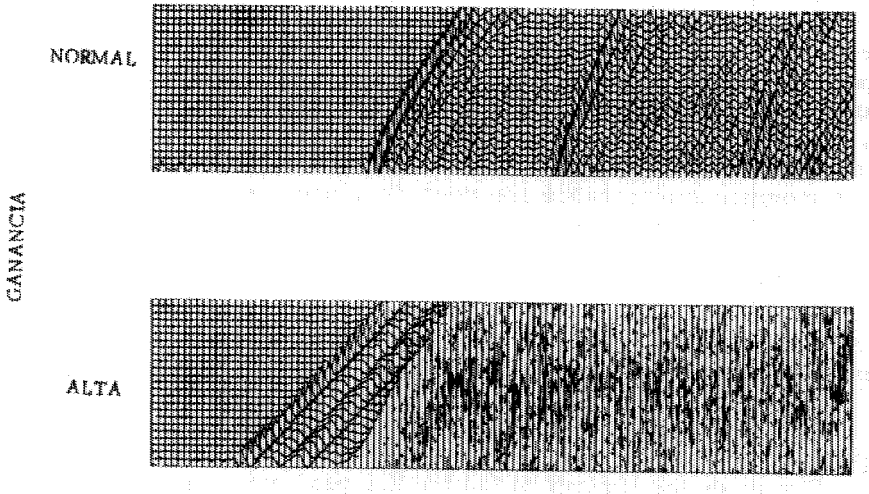


FIGURA No. 8.- DATOS DE ENTRADA USADOS PARA OBTENER EL ESPECTRO DE POTENCIA PARA UN SISTEMA DE CAÑONES

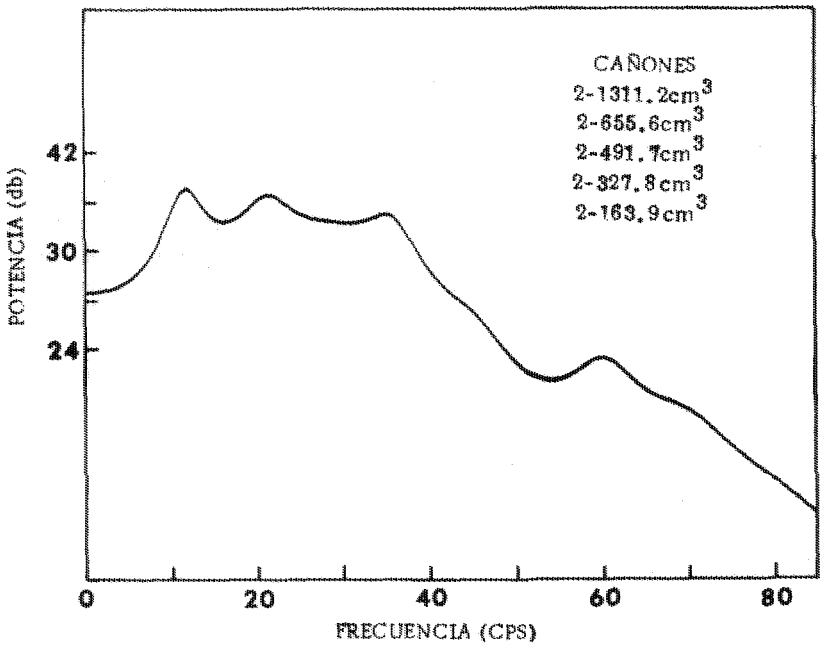


FIGURA No. 9.- Espectro de potencia construido utilizando el primer arribo registrado por un grupo normal de Geófonos

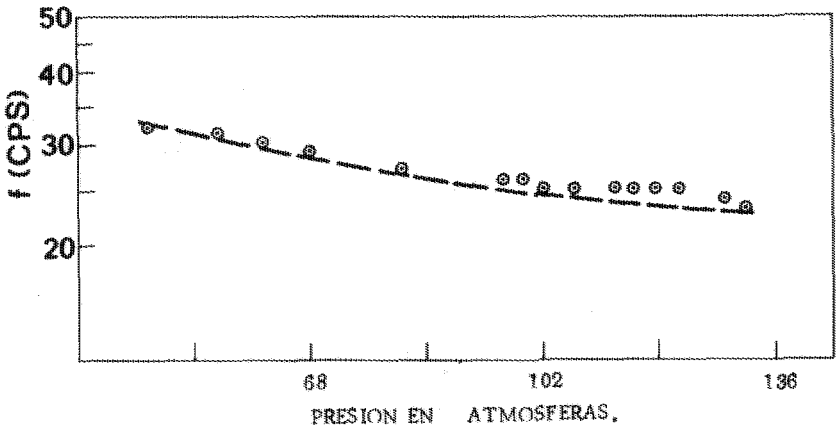


FIGURA No. 10.- EFECTO QUE SUFRE LA FRECUENCIA MAXIMA AL VARIAR LA PRESION DE UN CAÑON DE 655.6 CMS. CUBICOS A 9.76 MTS. DE PROFUNDIDAD.

un frente de onda que se desplaza a razón de 1525 metros por segundo, la atenuación de 30 ciclos por segundo es de aproximadamente 6 dbs. - En añadidura a la acción filtrante del cable marino, los datos registrados en cinta fueron sujetos a la acción de un filtro eléctrico con una pendiente de corte de 12 dbs por octava y con frecuencias de corte de 8 y- 52 ciclos por segundo. En consecuencia, la disminución de la potencia en la parte de altas frecuencias del espectro, acusa el efecto de la respuesta impulso del sistema combinado, detector y grabador, más bien - que la naturaleza de la potencia generada a estas frecuencias por el grupo de cañones.

La Figura No. 10 muestra el efecto que se tiene al variar - la presión de un solo cañón. La frecuencia culminante como función de la presión, cuando ésta es de 129 atmósferas para un cañón de 655.6 - centímetros cúbicos colocado a una profundidad de 9.76 metros, es de - 23 ciclos por segundo. A 47.6 atmósferas, la frecuencia culminante es de 32 ciclos por segundo. Al variar la presión de 102 atmósferas a 136 atmósferas, la frecuencia culminante varía de 24 a 23 ciclos por segundo. Esto ilustra el hecho de que la presión no es crítica para controlar la frecuencia. Puede tolerarse una variación de más o menos 6.8 atmósferas, obteniéndose aún una buena reproducción de la fuente sísmica.

Los cañones neumáticos, pueden utilizarse como fuentes de energía sísmica dentro de aguas profundas o someras.

En la Figura No. 11 se comparan los datos registrados con los cañones colocados a 2.13, 1.22 y 0.61 metros de profundidad. Esta operación se llevó a cabo en una bahía de poca profundidad, la profundidad del agua es de 2.44 metros. Los geófonos están colocados en el fondo y a una distancia mínima del punto de tiro de 302 metros. La distancia al grupo más lejano es de 2617 metros. Los registros mostrados corresponden a tiros sencillos provenientes de 8 cañones de 163.9 centímetros cúbicos. Los datos fueron filtrados inicialmente por un filtro pasa-banda de 10 a 40 ciclos por segundo. En los tres registros aparece un - evento a los 2.8 segundos, que se atenúa rápidamente al disminuirse la profundidad de los cañones. A 3.8 segundos se distingue un reflejo en - el registro que corresponde a 2.13 metros de profundidad y quizá en el de 1.22 metros, aunque en el de 0.61 metros el evento está obscurecido por el ruido.

En la Figura No. 12 se ilustran los espectros de potencia y las autocorrelaciones de los datos anteriores correspondientes a un intervalo largo de tiempo. Destaca inmediatamente la estrecha banda de la energía que se obtiene utilizando un solo tamaño de cañón. Las armónicas de la frecuencia fundamental se destacan claramente, con la frecuencia de 40 ciclos aumentada debido a la poca profundidad del agua en que quedaron alojados los detectores. La potencia media relativa de las trazas varía desde 52 a 62 dbs. a través de este rango de profundidad.

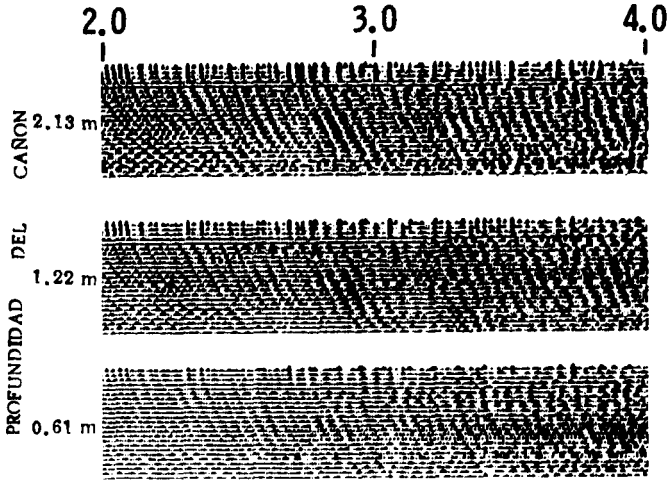


FIGURA No. 11.- Comparación de datos con verdadera amplitud a profundidades del cañón de 2.13, 1.22 y 0.61 metros.

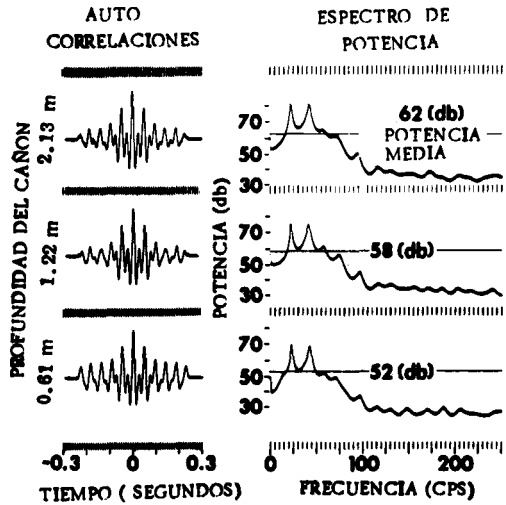


FIGURA No. 12.- Espectros de potencia y autocorrelaciónes tomados a los datos de la Figura No. 11, sobre un intervalo largo de tiempo.

Todos los puntos medidos entre 0.61 y 2.13 metros de profundidad se muestran en la Figura No. 13 y la curva punteada indica la variación esperada en la pérdida de energía para la frecuencia de 20 ciclos por segundo como función de la profundidad de la fuente. La concordancia entre los datos observados y los pronósticados, sugiere que la pérdida de amplitud a lo largo de la profund dad es sólo función del efecto de la profundidad del detector, descrito por M. Backus en su artículo sobre reverberaciones marinas publicado por Geophysics en 1959.

Los espectros de potencia de diferentes trazas del registro hecho con los cañones colocados a 2.13 metros de profundidad, se muestran en la Figura No. 14. Los espectros y las autocorrelaciones de las trazas individuales son muy semejantes. Los valores de la potencia media varían ligeramente a lo largo del tendido, más aún, no se nota una apreciable pérdida de la amplitud al variarse la distancia entre grupo receptor y tiro, hasta la longitud total del tendido o sea 2617 metros.

En la Figura No. 15 pueden observarse 3 registros que provienen de la misma localidad de aguas someras. En este caso lo que se varió fue el número de cañones detonados. Las otras condiciones se mantuvieron constantes. En cada caso el tamaño del cañón usado fue de 163.9 centímetros cúbicos. Se muestran tiros individuales que provienen de 2, 4 y 12 cañones disparados simultáneamente. También se hicieron correcciones para recobrar la verdadera amplitud, tal que se puede hacer la comparación de eventos a lo largo del tiempo en base a su amplitud. Se aprecia un evento a los 2.8 segundos aún en el registro tirado con 2 cañones. Sin embargo, los reflejos cerca de los 3.8 segundos se pierden dentro del ruido ambiente cuando el número de cañones se redujo a 2.

Las autocorrelaciones y los espectros de potencia de estos tres registros aparecen en la Figura No. 16. La forma del espectro permanece relativamente inalterado. Sin embargo, existe un cambio definitivo en el nivel de la potencia media al aumentarse el número de cañones.

La Figura No. 17 ilustra los cambios de potencia en función del número de cañones. Los círculos representan los datos observados. La línea punteada tiene una pendiente de 6 dbs por cada duplo en el número de cañones. Es interesante notar que esta recta se ajusta a los datos. Esto indica que al duplicarse el número de cañones, se duplica la amplitud de la señal registrada, lo cual era de esperarse.

La Figura No. 18 muestra diferentes grados de apilamiento como resultado de haberse usado diferente número de cañones. El registro superior ilustra un sólo disparo simultáneo de 12 cañones de 163.9 centímetros cúbicos. En el registro central se apilaron 9 disparos de 4 cañones de 163.9 centímetros cúbicos. El registro inferior muestra el resultado de apilar 36 disparos de 2 cañones de 163.9 centímetros cúbi-

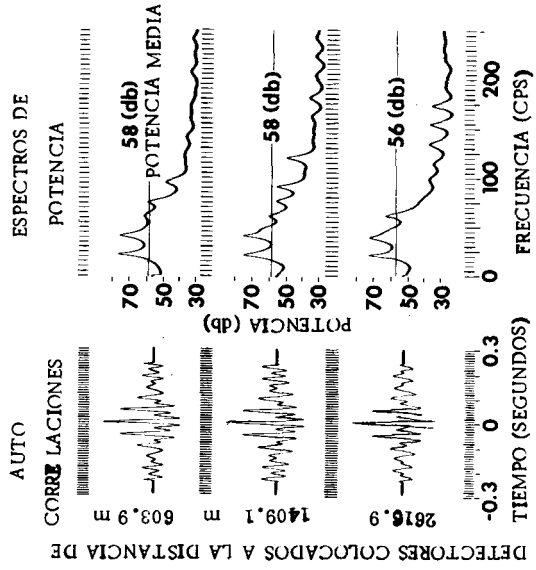


FIGURA No. 14.- Espectros de Potencia y autocorrelaciones de diferentes trazas grabadas con cañones a 2.13 mts. de profundidad.

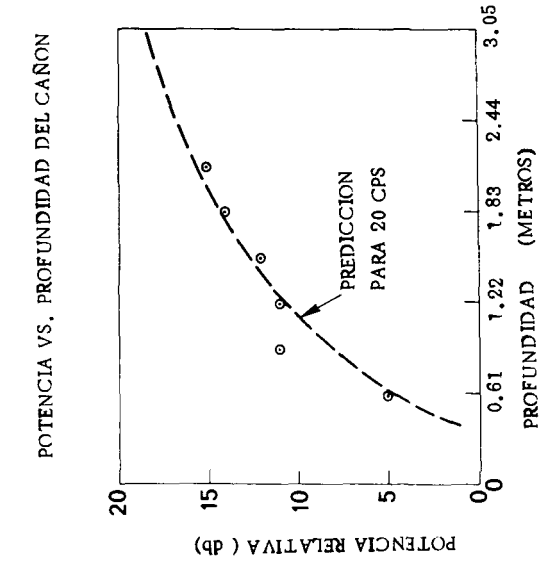


FIGURA No. 13.- Pérdida de potencia como función de la profundidad de la fuente.

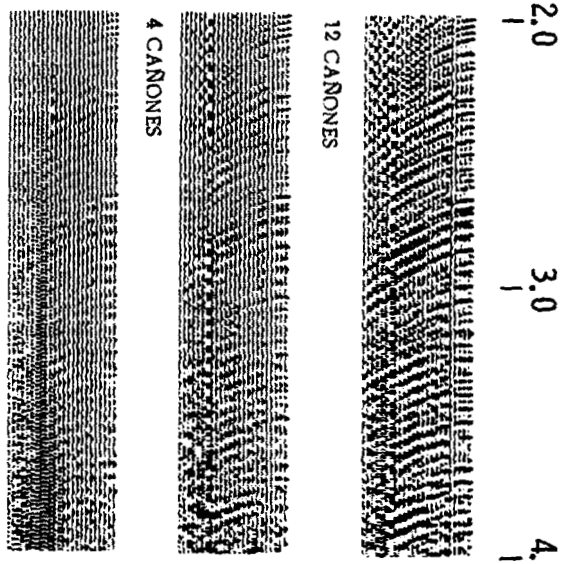


FIGURA No. 15.- Registros tomados en aguas someras usando un número variable de cañones.

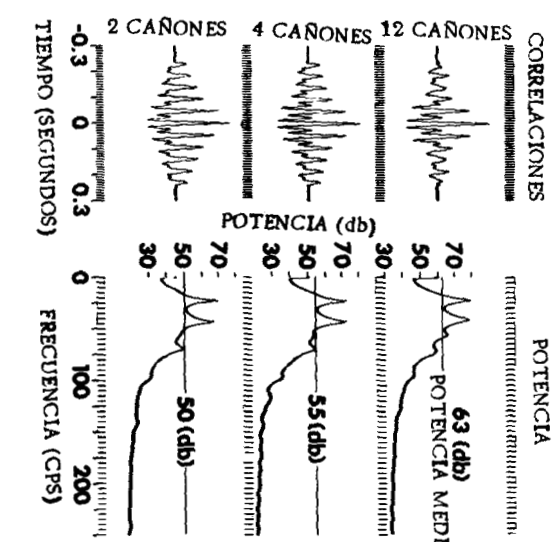


FIGURA No. 16.- Autocorrelaciones y espectros de potencia de los registros de la Figura No. 15

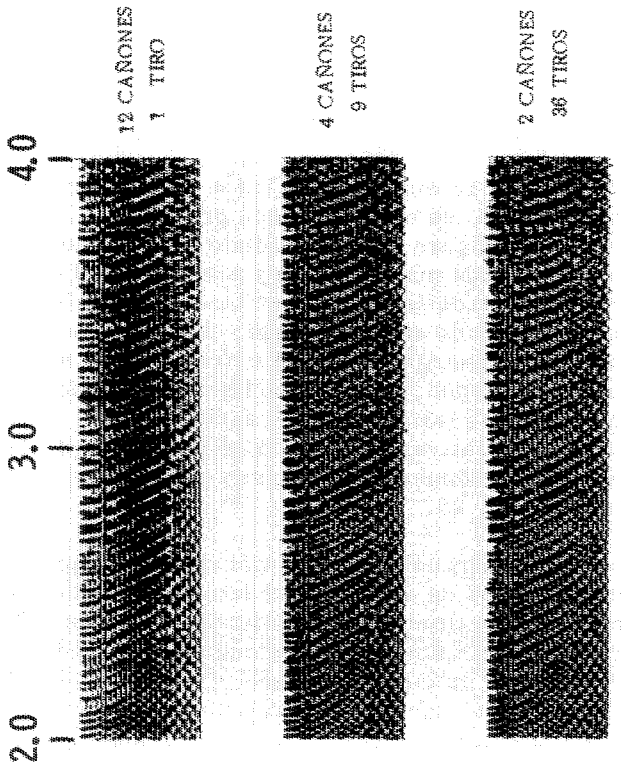


FIGURA No. 18.- DIFERENTES GRADOS DE APILAMIENTO EMPLEANDO UN NUMERO DE CAÑONES DIVERSO.

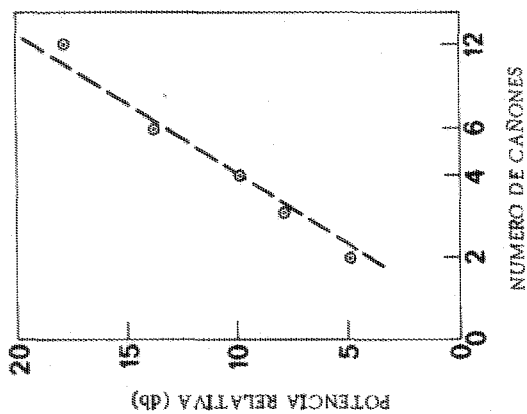


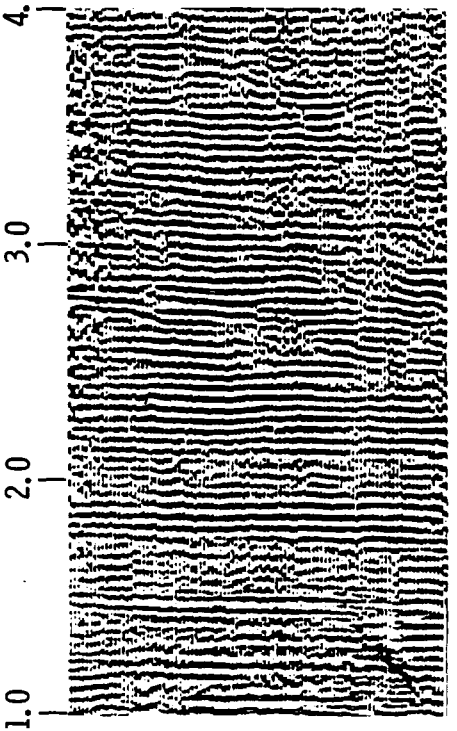
FIGURA No. 19.- Cambio de potencia como una función del número de cañones

cos. Estos números fueron elegidos, tal que en cada caso, el producto del número de cañones usados por la raíz cuadrada del número de disparos apilados fuera igual a 12. Si la relación señal a ruido mejora mediante apilamiento proporcionalmente a la raíz cuadrada del número de tiros apilados, y si además, la relación señal a ruido ambiente cambia en 6 dbs. al duplicarse el número de cañones, entonces estos sismogramas deberán de tener relaciones de señal a ruido comparables. Mediante observación visual de los sismogramas, esto parece ser cierto.

La Figura No. 19 muestra una línea tirada a lo largo del litoral del Estado de Texas, en aguas de poca profundidad. La sección en la parte superior de la figura es el resultado de un apilamiento inicial de 36 disparos para cada punto de tiro y multiplicidad de 6. La sección en la parte inferior de la figura proviene de los mismos datos, a los cuales se les ha aplicado deconvolución. La apariencia reverberatoria es ocasionada por energía de banda estrecha, que se debe al uso de un solo tamaño de cañón. La misma línea se repitió usando un grupo de cañones "afinados" (afinados en el sentido de que se obtuvo un espectro de frecuencias relativamente plano entre 10 y 30 ciclos por segundo mediante el uso de cañones de diferentes tamaños). Estos datos se muestran en la Fig. No. 20.

Existen dos diferencias en los métodos de registro y procesado entre los dos conjuntos de datos. Los datos del conjunto afinado fueron tirados con un intervalo de 100 metros entre grupos. Los datos tirados con 8 cañones de 163.9 centímetros cúbicos, de la Figura No. 19, fueron registrados con un intervalo entre grupos de 61 metros. Se cubrió el mismo tramo en el subsuelo. Puesto que hay más potencia disponible con el conjunto afinado de cañones neumáticos usados en este caso, sólo se apilaron inicialmente 24 registros, en lugar de 36. En vista de que la banda de frecuencia inicialmente presente es más ancha, el proceso de deconvolución altera los datos sólo ligeramente. Esto ilustra que en este caso el proceso de deconvolución se usó primordialmente para ampliar el ancho de banda que inicialmente se obtuvo con un solo tamaño de cañón. Si estuviesen presentes reverberaciones en alto grado, el proceso de deconvolución hubiera cambiado la apariencia de los datos apreciablemente.

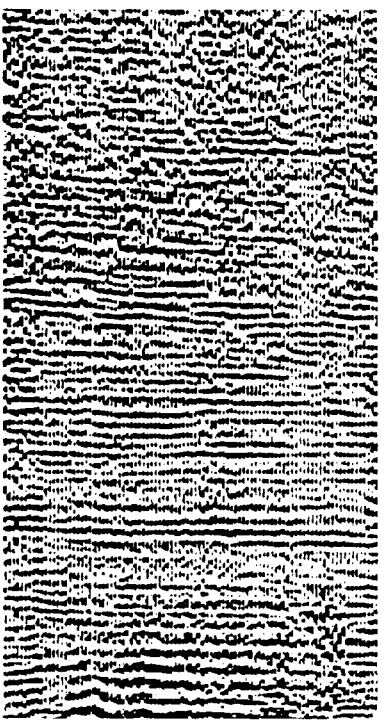
En la Figura No. 21 se muestran ambas secciones antes del proceso de deconvolución. Estas secciones comprenden la misma cubierta en el subsuelo, sólo que con diferentes intervalos entre grupos en la superficie. La sección superior fue registrada con 8 cañones de 163.9 centímetros cúbicos. La sección inferior fue registrada con 4 cañones de 655.6 centímetros cúbicos, 7 de 327.8 centímetros cúbicos y 4 de 163.9 centímetros cúbicos. El procesado de ambas secciones es idéntico (excepto por el número de disparos inicialmente apilados), nin-



MULTIPLICIDAD DE 6

PRC

DATOS DE CAÑON DE AIRE



MULTIPLICIDAD DE 6

PRC y DECONVOLUCION

FIGURA No. 19.- Efectos de la deconvolución en una sección de la Costa de Texas en aguas de poca profundidad, registrada con cañones de aire de 163.9 cms^3

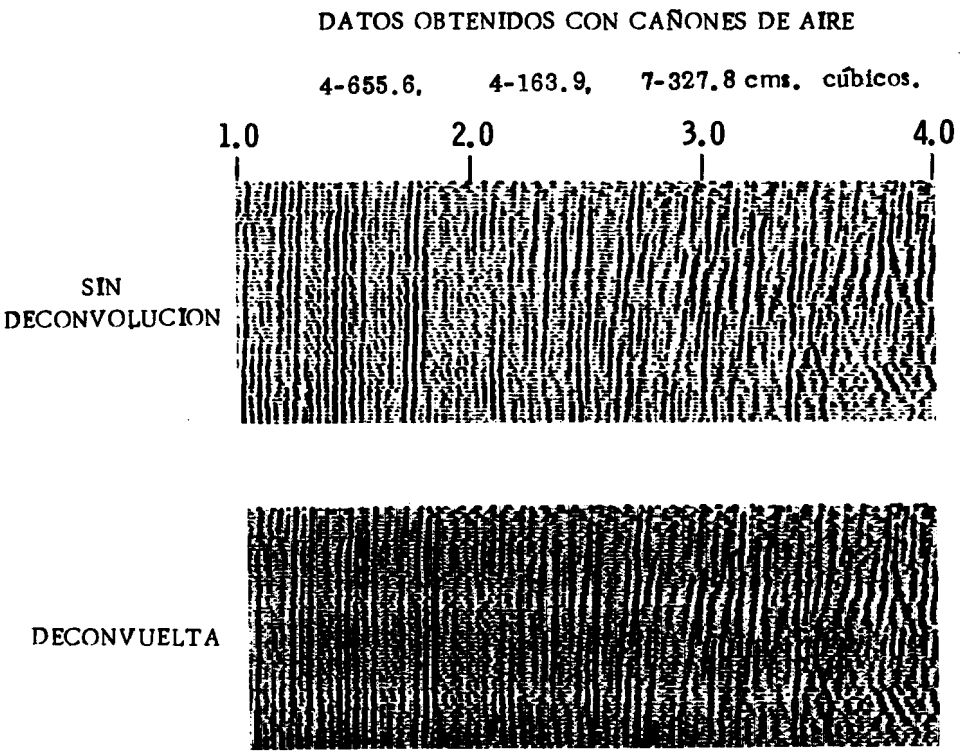
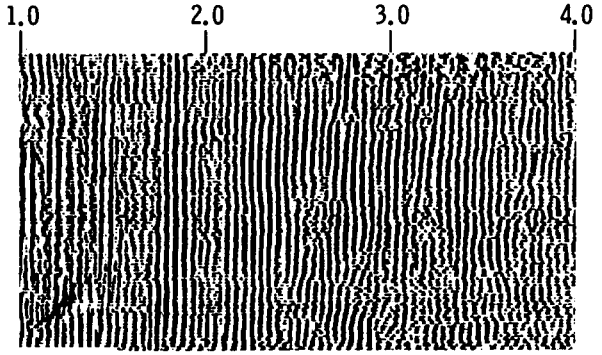
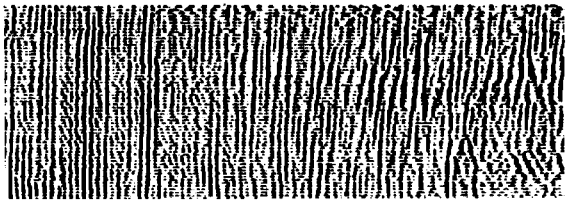


FIGURA No. 20.- Efecto de la deconvolución en una sección de la Costa de Texas en aguas de poca profundidad usando un grupo de cañones "afinados".

DATOS OBTENIDOS CON CAÑON DE AIRE
PRC MULTIPLICIDAD DE 6.



8 CAÑONES DE 163.9 CMS. CUBICOS.



GRUPO DE CAÑONES 4-655.6, 4-163.9, 7-327.8 cms.^{3}

FIGURA No. 21.- Efecto de incrementar el ancho de bandas de la fuente utilizando cañones de diferentes tamaños.

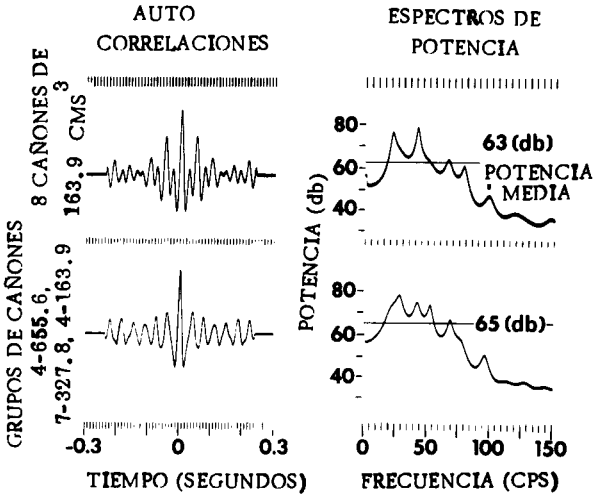


FIGURA No. 22.- Autocorrelaciones y espectros de frecuencia de los registros de la Figura No. 21.

guna de las secciones está deconvuelta. La diferencia en el aspecto reverberatorio de la energía se debe a que se usan diferentes tamaños de cañón para las mezclas iniciales. La Figura No. 22 muestra las autocorrelaciones y los espectros de potencia correspondientes a estos registros. Los datos pertenecientes a 8 cañones de 163.9 centímetros cúbicos, muestran una banda fundamental estrecha cerca de los 20 ciclos por segundo y una armónica alrededor de los 40 ciclos por segundo. - Los datos del conjunto afinado muestran grandemente reducidos los primeros lóbulos de la función de autocorrelación y un espectro más plano que el anterior.

Pruebas hechas en el Golfo de Mexico indican que la calidad de registro de un tiro hecho con cañones neumáticos es comparable al disparo de 22.7 Kgs. de dinamita. Las figuras Nos. 23, 24 y 25 ilustran la secuencia de tiros alternados hechos con el sistema de cañones neumáticos y con dinamita. Para este experimento, se hizo el disparo de dinamita seguido inmediatamente por el tiro de los cañones neumáticos. El lapso entre los dos disparos es de 3 a 4 minutos, tiempo requerido para la ejecución de los cambios necesarios en la instrumentación al cambiar de un sistema de tiro a otro y tomar en cuenta las precauciones necesarias en el manejo de la dinamita. Aunque los registros no están localizados en la misma posición, las condiciones del subsuelo no varían drásticamente entre ambos disparos. Además, las condiciones de ruido del cable son aproximadamente las mismas en ambos casos. Es interesante notar que, aún en base a disparos individuales, los datos registrados con cañón neumático se comparan favorablemente con los que provienen de - disparos de 45.4 Kgs. de dinamita.

La Figura No. 26 ilustra una sección transversal en la costa del Golfo del estado de Texas, de una operación en aguas someras. Esta sección es el resultado de un conjunto avanzado de procesos marinos, diseñados con el objetivo de hacer determinaciones de velocidad a partir de los datos de campo y de atenuar la energía múltiple. La sección de la Figura No. 27 muestra los mismos datos, pero procesados para hacer - resaltar la energía múltiple, contrariamente a la intención de atenuarla. Esencialmente, los datos de la figura titulada "múltiples mejorados" presenta lo que se ha atenuado para mejorar la energía primaria mostrada en la Figura No. 26. La presencia de los múltiples es particularmente molesta en la zona inferior a 3 segundos y parecen haber sido atenuados en forma efectiva, con la consecuencia de que la energía primaria puede interpretarse eficazmente.

La siguiente comparación proviene de una área situada al - Sur del Estado de Louisiana, en la cual los registros son de baja calidad. Esta es una zona donde normalmente se hacen disparos de 45.4 Kgs. de dinamita y se procesa con multiplicidad de 6, para conseguir una adecuada penetración. La Figura No. 28 muestra la secuencia de procesado utilizado para los datos registrados con dinamita. Esto incluye apilamiento con multiplicidad de 6 así como deconvolución. En los datos registra-

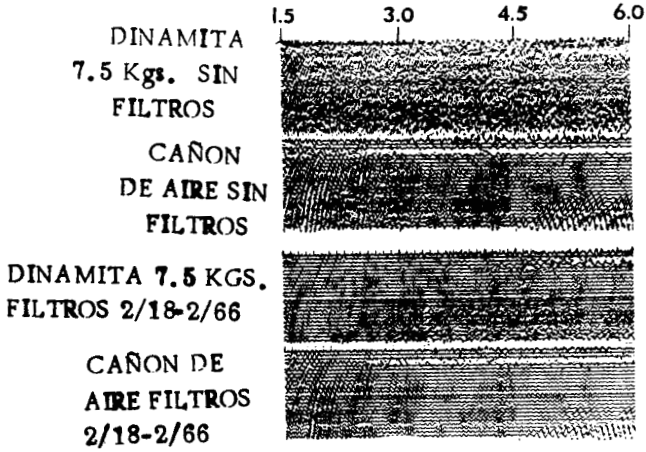


FIGURA No. 23.- Secuencia de tiros alternados grabados con sistemas de cañón de aire y 7.5 - kgs. de dinamita.

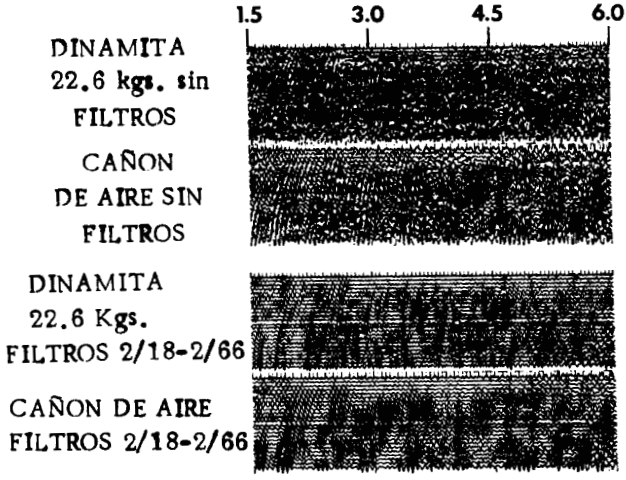


FIGURA No. 24.- Secuencia de tiros alternados grabados con sistemas de cañón de aire y 22.6 kgs. de dinamita.

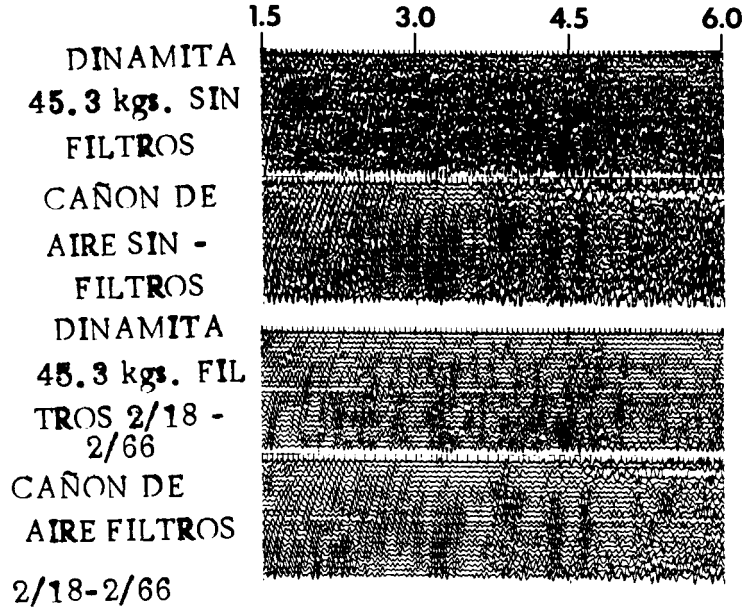


FIGURA No. 25.- Secuencia de tiros alternados grabados con sistemas de cañón de aire y 45.3 kgs. de dinamita.

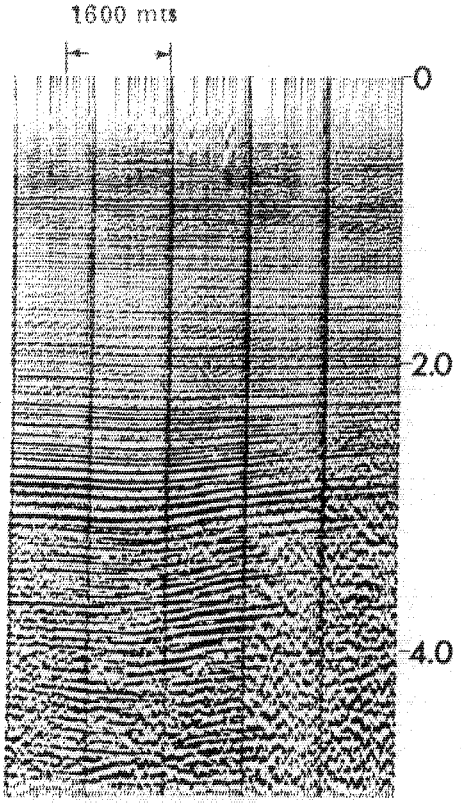


FIGURA No. 26.- Sección en aguas someras en la Costa del Golfo del Estado de Texas.

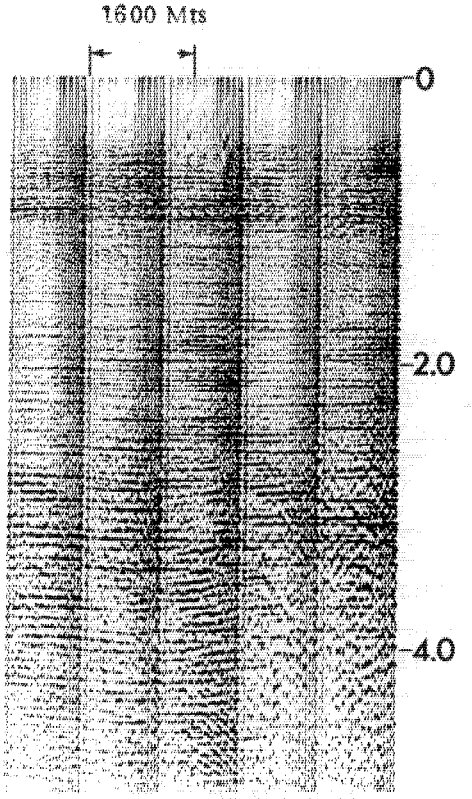


FIGURA No. 27.- Energía multiple realizada de la Figura No. 26.

AGUAS SOMERAS DE LOUISIANA

45.3 KGS. DE DINAMITA

PRC - MULTIPLICIDAD DE SEIS

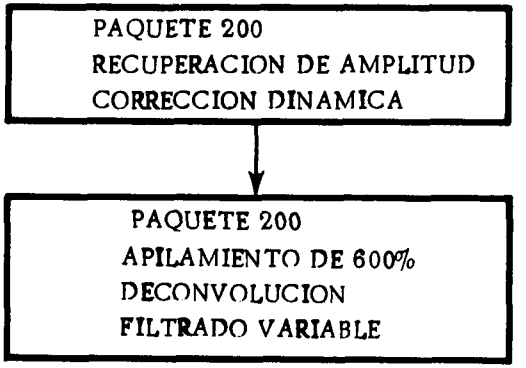
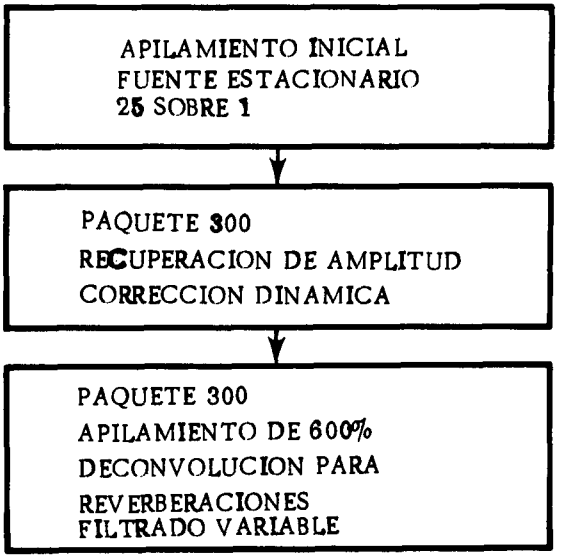


FIGURA No. 28.- Secuencia de proceso para datos obtenidos con dinamita en aguas someras de Louisiana.

15 CAÑONES DE AIRE:
PRC MULTIPLICIDAD DE SEIS



AGUAS SOMERAS DE LOUISIANA

FIGURA No. 29.- Secuencia de proceso, datos obtenidos con cañón de aire en aguas someras de Luisiana.

dos con fuente neumática se usaron 15 cañones montados en un chalán, y la operación se llevó a cabo en aguas de poca profundidad. Se sumaron inicialmente 25 registros, seguido por un proceso digital convencional- que incluyó apilamiento de 600% y además deconvolución (Figura No.29). Los resultados obtenidos con los cañones neumáticos se muestran en la Figura No. 30 y los resultados de la dinamita en la Figura No. 31. Ambas secciones se procesaron hasta 6 segundos. Los resultados son comparables. En realidad, en la parte inferior de la sección, los datos del cañón neumático tienen mejor continuidad que los datos de dinamita. La Figura No. 32 muestra una línea que corta a la anterior y que fue tirada con el sistema de cañones neumáticos.

La Figura No. 33 ilustra los datos obtenidos en aguas profundas cercanas a la Costa del Estado de Louisiana. En esta ocasión se hicieron disparos cada 30.5 metros de un grupo de 25 cañones neumáticos de varios tamaños. Los registros fueron apilados inicialmente sobre un intervalo horizontal de 91.5 metros cerca del domo salino, donde los - echados son fuertes, en los demás se apiló sobre un intervalo horizontal de 183 metros.

Se aplicó el paquete de procesos marinos avanzados para determinación de velocidades y atenuación de múltiples con apilamiento - de banda ancha (Figura Núm. 34). La profundidad de penetración se demuestra por la calidad de los alineamientos entre 4.0 y 5.0 segundos.

Los datos mostrados en la Figura No. 35, son de aguas profundas en la Costa de Texas. Se utilizaron 25 cañones de aire con tiros aproximadamente cada 30.5 metros.

Se sumaron inicialmente 6 registros, para después hacer - el apilamiento con multiplicidad de 6, usándose un programa avanzado de proceso de datos marinos, donde se midió y controló la velocidad y se atenuaron los reflejos múltiples (figura No. 36). Esta sección se - procesó hasta 6 segundos y se observan buenos reflejos entre 5 y 6 segundos.

Esta es una sección interesante que muestra condiciones - geológicas inusitadas cerca de 4 segundos así como clara evidencia de afallamiento en varios lugares de la línea entre 1 y 2 segundos.

Los datos de la Figura No. 37, provienen de una área de - resultados pobres cercana a la Costa de Louisiana, donde generalmente se considera que se requieren disparon con cargas de 45.4 Kgs. de dinamita y apilamiento con multiplicidad de 6 para lograr resultados - útiles. Se usaron 26 cañones neumáticos en este caso, con tamaños - que variaron entre 163.9 y 1966.8 centímetros cúbicos. No se hizo - ninguna suma inicial y los registros individuales se procesaron con - multiplicidad de 12 (Figura No. 38). Los datos provenientes de disparos de 45.4 Kgs., de dinamita (Fig. Núm. 39) fueron procesados con

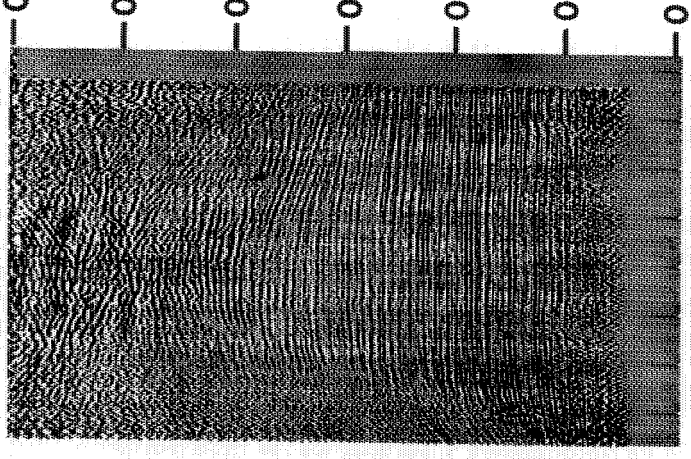


FIGURA No. 30.- Sección en aguas someras de Luisiana obtenida con cañón de aire.

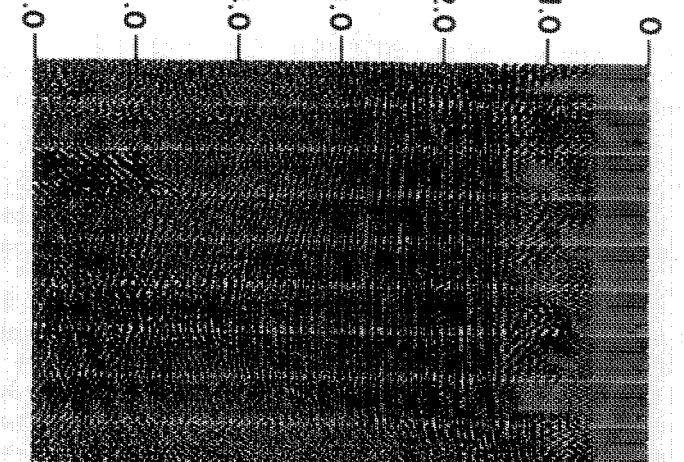


FIGURA No. 31.- Sección obtenida en aguas someras de Louisiana con dinamita.

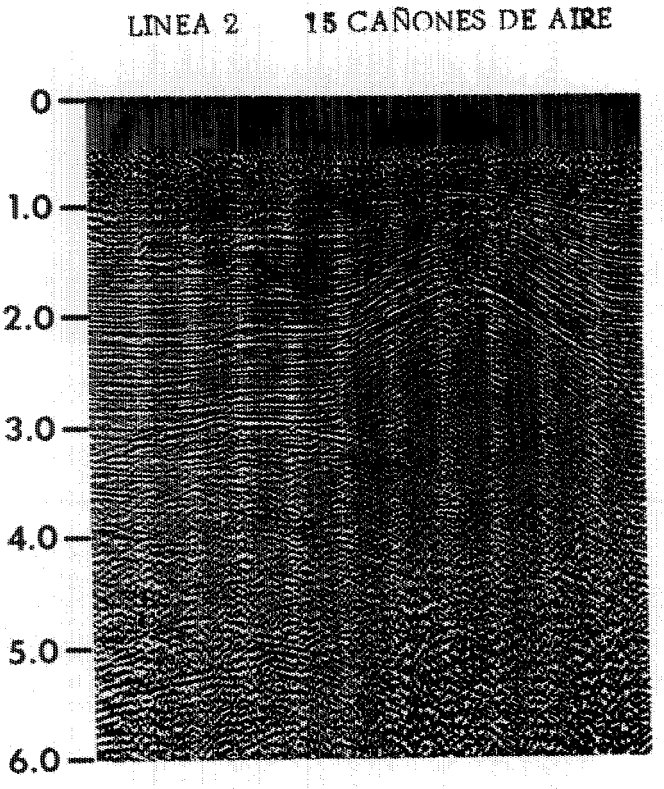


FIGURA No. 32.- Sección obtenida en aguas someras de Louisiana con cañón de aire.

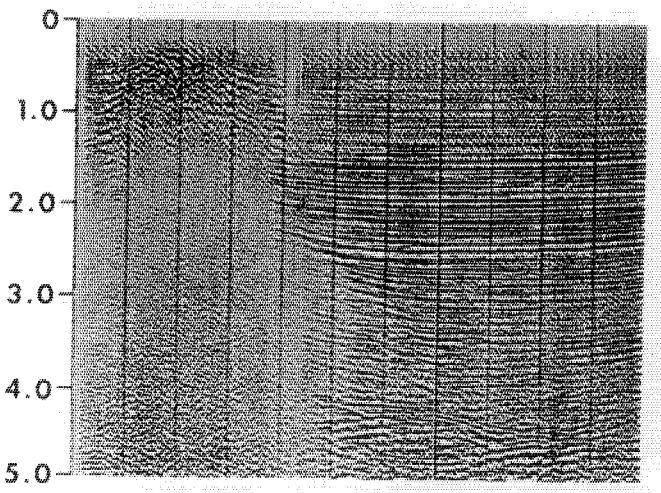


FIGURA No. 33.- Sección obtenida en aguas profundas de Louisiana con cañón de afre.

AGUAS PROFUNDAS DE LUISIANA
25 CAÑONES DE AIRE
PRC MULTIPLICIDAD DE SEIS

APILAMIENTO INICIAL
3 SOBRE 1 A 6 SOBRE 1

↓

PAQUETE MARINO M-4
RECUPERACION DE LA VERDADERA AMPLITUD
DECONVOLUCION
CORRECCIONES DINAMICAS
DECONVOLUCION PARA REVERBERACIONES
CORRELACIONES DINAMICAS
CALCULOS DE POTENCIA.

↓

PAQUETE MARINO M-4
DISEÑO DE FILTROS
APLICACION DE FILTROS
APILAMIENTO DE BANDA ANCHA
FILTRADO VARIABLE

FIGURA No. 34.- Procesado aplicado a los datos obtenidos con cañón de afre en aguas profundas de Luisiana.

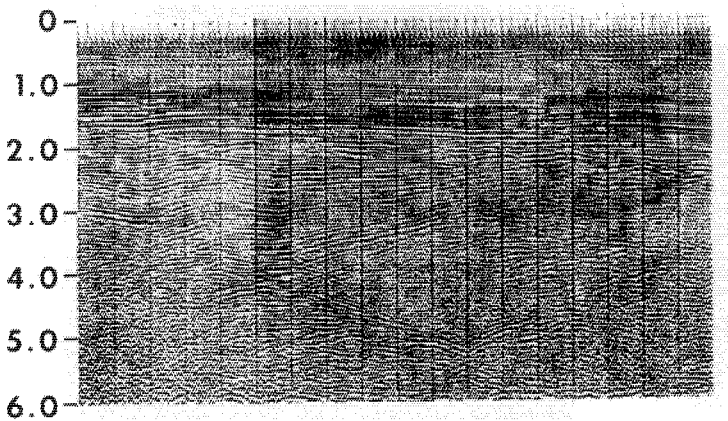


FIGURA No. 35.- Sección obtenida con cañón de aire en aguas profundas de Texas

AGUAS PROFUNDAS DE TEXAS
25 CAÑONES DE AIRE
PRC - MULTIPLICIDAD DE 6

APILAMIENTO INICIAL
SUMA SOBRE 183 MTS.
6 SOBRE 1

↓

PAQUETE MARINO M-4
RECUPERACION DE LA VERDADERA AMPLITUD

DECONVOLUCION
CORRECCIONES DINAMICAS
DECONVOLUCION PARA REVERBERACIONES
CORRELACIONES DINAMICAS
CALCULOS DE POTENCIA

↓

PAQUETE MARINO M-4
DISEÑO DE FILTROS
APLICACION DE FILTROS
APILAMIENTO DE BANDA ANCHA
FILTRADO VARIABLE

FIGURA No. 36.- Secuencia de proceso, datos obtenidos con cañones de aire en aguas profundas de Texas.

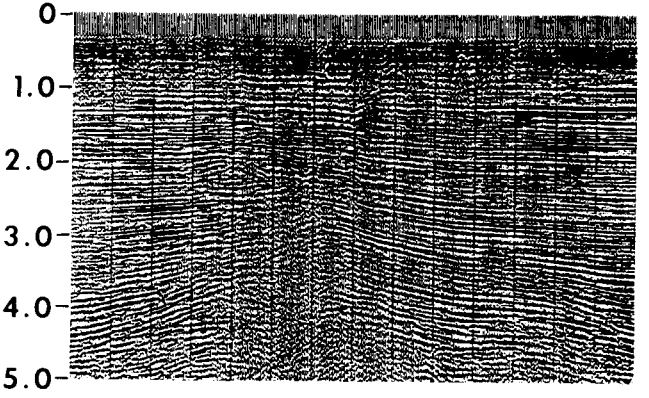


FIGURA No. 37.- Sección procesada con multiplicidad de 12, datos obtenidos con cañón de aire en la Costa de Louisiana.

26 CAÑONES DE AIRE

PRC - MULTIPLICIDAD DE 12

PAQUETE MARINO M-4
RECUPERACION DE LA VERDADERA AMPLITUD
DECONVOLUCION
CORRECCIONES DINAMICAS
DECONVOLUCION PARA REVERBERACIONES
CORRELACIONES DINAMICAS
CALCULOS DE POTENCIA.

↓

PAQUETE 300
APILAMIENTO DE 1200%
FILTRADO VARIABLE

FIGURA No. 38.- Secuencia de proceso, datos obtenido con cañones de aire en la Costa de Louisiana.

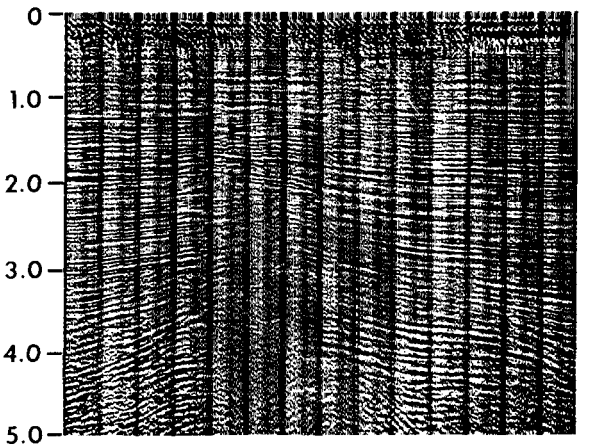


FIGURA No. 39.- Sección procesada con multiplicidad de 6, datos obtenidos con 45.3 kgs. de dinamita en la Costa de Louisiana.

45.3 KGS. DE DINAMITA

PRC - MULTIPLICIDAD DE 6

PAQUETE MARINO M-4
RECUPERACION DE LA VERDADERA AMPLITUD
DECONVOLUCION
CORRECCIONES DINAMICAS
DECONVOLUCION PARA REVERBERACIONES
CORRELACIONES DINAMICAS
CALCULOS DE POTENCIA.

↓

PAQUETE MARINO M-4
DISEÑO DE FILTROS
APLICACION DE FILTROS
APILAMIENTO DE BANDA ANCHA
FILTRADO VARIABLE

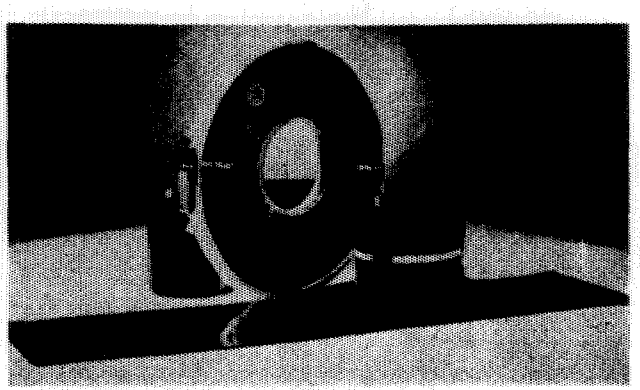
FIGURA No. 40.- Secuencia de proceso, datos obtenidos con 45.3 kgs. de dinamita en la Costa de Louisiana.

multiplicidad de 6 (Fig. Núm. 40). Por lo tanto, son comparables 2 disparos de cañón neumático por cada disparo de dinamita. Los datos de las Figuras Nos. 37 y 39 concuerdan y aparece la misma calidad entre el cañón neumático y la dinamita.

CONCLUSIONES.- En la actualidad se está en posición de obtener buenos datos provenientes de fuentes no explosivas, en áreas donde previamente se requerían cargas de 45.4 Kgs., de dinamita. Con menores problemas de almacenaje, abastecimiento y transporte y además con ventajas económicas, con seguridad puede suponerse que las fuentes de energía diferentes a la dinamita se usarán más extensivamente en el futuro de la exploración sísmica.

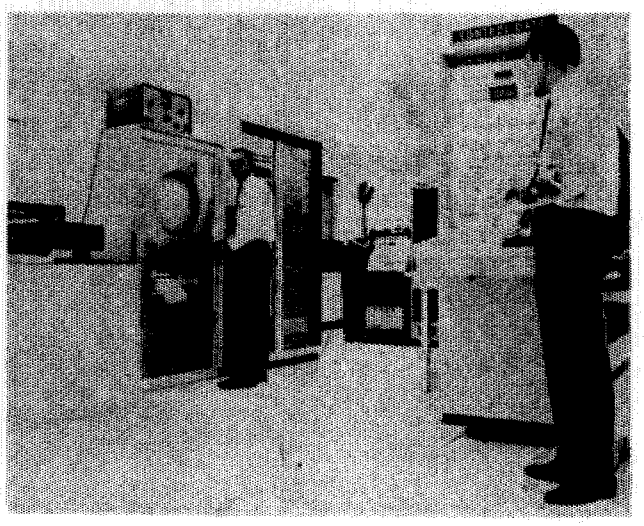
Petty procesa cintas como estas

(Grabaciones Sismológicas, analógicas o digitales hechas por usted o por Petty)



en estas computadoras

(El muy completo centro de Proceso de Petty en San Antonio, Texas, incluye un sistema de Computación CDC, asociado con equipo de conversión ADA, de máxima capacidad sísmica y un grupo experimentado de programación Geofísica)



con

programas sofisticados

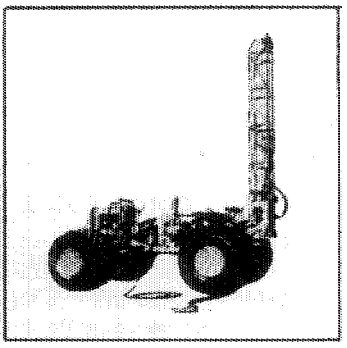
(Punto Común de Reflección, apilamiento, deconvolución de reverberación filtrado de face O, etc.)

Para encontrar más aceite, lo invitamos a usar los 40 años de experiencia de Petty, en Exploración Geofísica.

Petty LABORATORIES INC.

HOME OFFICE: TOWER LIFE BUILDING
SAN ANTONIO, TEXAS, U.S.A. — TEL: 512 CA 6-1393

PETTY GEOPHYSICAL ENGINEERING CO. DE MEXICO, S. A. DE C. V.
Av. Juárez 97 — Desp. 405-406 — Tel. 21-08-34 — Mexico 1, D.F.



LA UTILIDAD DEL TRANSPORTADOR FLOTANTE "CAREY" EN ACCION EN EL AREA MAR DEL NORTE.

"TRANSPORTADOR FLOTANTE CAREY"

Considere estas ventajas cuando usted planee su próximo trabajo:

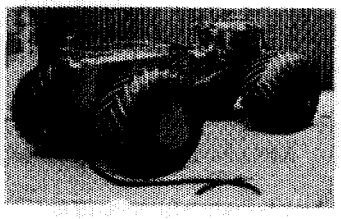
ROBUSTEZ.—Eje de Conducción Planetario (standard en todos los "transportadores flotantes" CAREY) elimina rompimientos del eje y diferencial.

SEGURIDAD.—Es fácilmente obtenible un servicio de campo completo y garantiza un máximo de eficiencia. Todos los "transportadores flotantes", utilizan máquina de encendido automático, dirección de poder, y en la parte trasera tiene un cabrestante o malacate. Es aprovechable para 24 hrs. de servicio.

VERSATILIDAD.—Los "transportadores flotantes" vienen equipados, con equipo de perforación, tanques de agua, cabina de instrumentos, soportes, y son completamente anfibios para todas las operaciones. Dependiendo del terreno, son opcionales las llantas de tierra firme o llantas de agricultura.

Permita que CAREY trabaje con usted para sus diseños en áreas difíciles o pantanosas según sea su aplicación específica. Se puede tener rentado o comprado.

Llame o escriba a CAREY MACHINE & SUPPLY CO., **5810 South Rice Ave., Houston, Texas 77036. Teléfono 713 Mo 7-5695** o en México a **Distribuidores Industriales.** Lafragua No. 13-201, México 1, D. F., Tel. 35-24-07.



VEHICULO ANFIBIO CAREY

ROBUSTEZ - SEGURIDAD - ECONOMIA

Carey
MACHINE & SUPPLY CO.

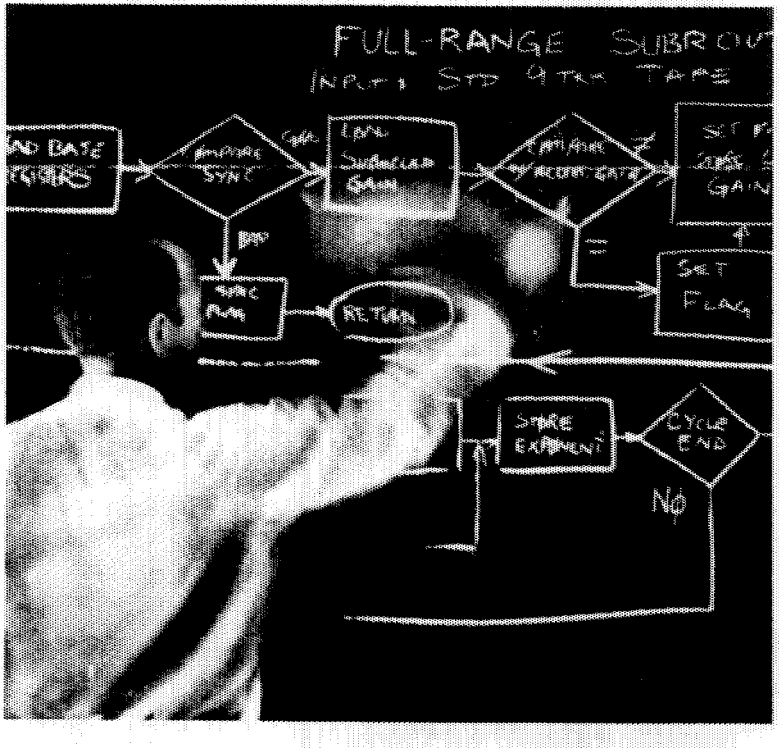
REPRESENTANTES EN MEXICO:
DISTRIBUIDORES INDUSTRIALES, S. A.
Lafragua No. 13 - 201

Vector Cable Company

5616 Lawndale
Houston, Texas
Phone — 713-926 8821
TWX — 713-571 1492

WESTERN SIEMPRE *EN MARCHA*

desde la programación de rango completo producida por amplificadores de incremento binario, hasta los nuevos conceptos sobre orígenes sísmicos.



933 North La Brea Avenue • Los Angeles, California 90038, E.U.A.
520 North Market Street • Shreveport, Louisiana 71107, E.U.A.

WESTERN GEOPHYSICAL
DIVISION OF LITTON INDUSTRIES

PERFORACIONES, S. A.

CONTRATISTA DE PERFORACION
EXPLORATORIA DESDE 1950 PARA

PETROLEOS MEXICANOS

SECRETARIA DE MARINA

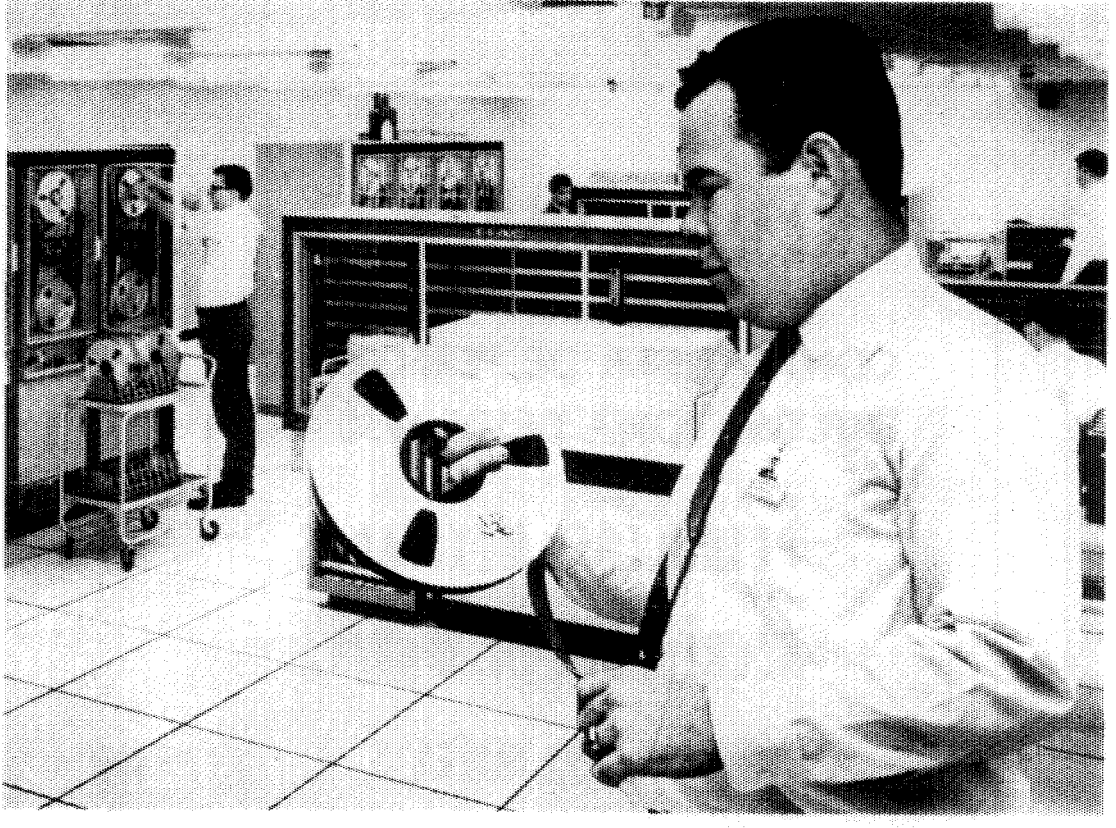
CONSTRUCTORA MALTA, S. A.

NATIONAL SOIL SERVICES, CO.

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

Y PARTICULARES

AVENIDA JUAREZ No. 119 - 5o. PISO
Teléfonos: 21-37-25 y 21-36-42
MEXICO 1, D. F.



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

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

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

Con todo este apoyo, Carlos tiene que producir. Es su levantamiento y Ud. quiere su información geofísica libre de ruido y multiples, y deconvuelta.

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

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

Estamos obligados a ello. Es nuestro trabajo.

GSI
de Mexico S. A. de C. V.

AVENIDA JUAREZ 119, DESPACHO 42.
MEXICO CITY, 1, D F.