



# 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.

# COMPAÑÍA 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,  
Infrarroja y a color.  
Fotografía comercial aérea  
Fotomurales.  
Levantamientos fotogramétricos.  
Localización de obras.  
Mosaicos fotográficos.  
Programación electrónica.  
Topografía

132 empleos especializados.

## EQUIPO

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

### DIRECCION

Av. Obrero Mundial Num. 338 eq. 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**

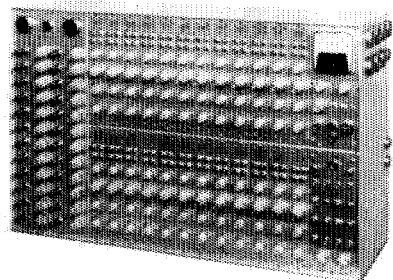
- Levantamientos :**
- Sismológicos
  - Gravimetricos
  - Magnetométricos
  - Procesado de Datos Magnéticos
  - LORAC - Levantamiento Electrónico

**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**



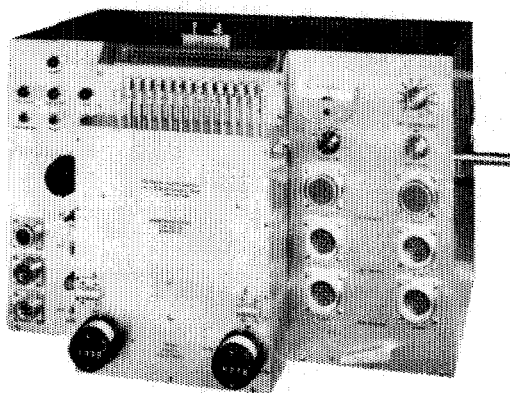
## **FORTUNE T-1. SISTEMA DE AMPLIFICADORES SISMICOS TRANSISTORIZADOS PARA TRABAJOS DE REFLEXION Y REFRACCION.**

**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.

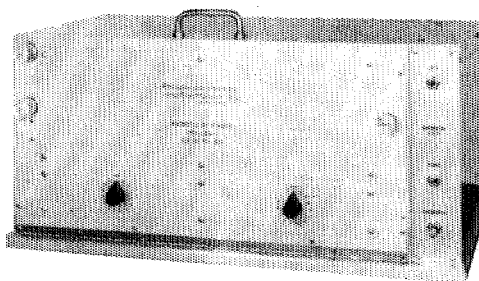
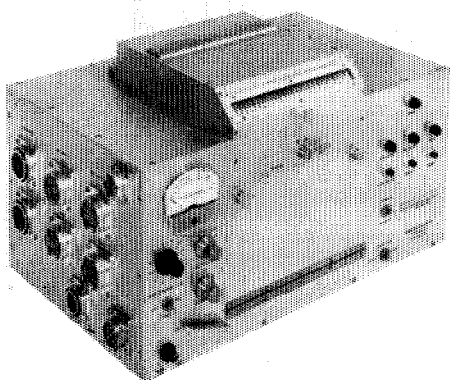
**SE AJUSTA A CUALQUIER SISTEMA DE TIRO** — No importa el sistema de tiro empleado, ya que mediante una barra universal de tendidos y gracias a medidores ajustables (calibrados en por ciento), es posible aplicar a cada traza la corrección dinámica adecuada.

## **ESPECIFICACIONES DEL MODELO DC-2B.**

Transportador de la cinta. Mediante tambor, cuyo diámetro es de 7.5".  
Velocidad de la cinta. 3.59"/segundo.  
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).  
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.  
Corrección máxima. Acoplado al tambor, 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 x 18 x 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 sismicos. 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 interconectores.

## ESPECIFICACIONES DEL MODELO SR-5.

Transporte de la cinta. Mediante tambor, cuyo diámetro es de 7.5".  
 Número de canales. 24 sismicos 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 milliamperes a 6 kilociclos.  
 Respuesta. De 5 a 200 cps.  
 Correcciones estáticas (opcional).  $\pm 100$  milliseq.  
 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 milivolt 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"  $\times$  18 1/4"  $\times$  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 micropista, 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

### S U M A R I O

Correcciones Dinámicas en el Equipo de Proceso  
Geospace 1000, por el Ing. *Antonio García Rojas*.

Radio Posición en Operaciones Petroleras, por  
*G. A. Roussel*.

# ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

## *MESA DIRECTIVA PARA EL PERIODO 1967 - 1968*

Presidente: Ing. Jesús Basurto García.

Vice-Presidente: Ing. José Coffin Otero.

Secretario: Ing. Martín Cordero Baca.

Tesorero: Ing. Raúl Silva Acosta.

Editor: Ing. Antonio Cordero Limón.

Vocales:

Ing. Raymundo Acosta Ojinaga.

Ing. Héctor Larraga Nadal.

Ing. Miguel Salmón Herrera.

Ing. Alfonso Muriedas Pavón.

Ing. Roberto Hernández Maldonado.

Ing. Fabián Castillo Chavira.

Vice-Presidente Especial para la IV

Convención Nacional: Ing. Roberto Gutiérrez Gíl.

Presidente Saliente: Ing. Alfonso Cornejo Toledo.

---

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 o de Universidades, publicaciones, anuncios, etc., dirigirse a:

ING. ANTONIO CORDERO LIMON

Av. Juárez No. 97, Despacho 302-B.

Teléfono: 12-41-47.

México 1, D. F.

---

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



# CORRECCIONES DINAMICAS EN EL EQUIPO DE PROCESO GEOSPACE 1000

Autor. Ing. ANTONIO GARCIA ROJAS \*

## 1.—RESUMEN

El equipo GEOSPACE 1000 para proceso de registros sismológicos grabados en cinta magnética, con los formatos SIE AM o FM, Techno de 28 pistas y FORTUNE, permite aplicar correcciones estáticas y dinámicas simultáneamente a 2, 4 ó 12 de las 24 trazas de información sismológica de estos registros, dentro de los límites que se indican adelante:

Correcciones estáticas: 0 á 99 milisegundos

Corrección dinámica máxima: 850 milisegundos

La suma de las correcciones estáticas y dinámicas no debe exceder de 850, milisegundos. (En la cinta SIE AM se pueden aplicar solamente 800 milisegundos de corrección total debido a que la velocidad de la cinta es más baja).

La aplicación de las correcciones dinámicas se hace subdividiéndola en tres grupos que se aplican con diferentes partes del equipo y que se suman en el mismo. Estas correcciones son:

- 1.—Curva Maestra, o sea la corrección correspondiente a la distancia de tiro más grande:

---

\* Instituto Mexicano del Petróleo.

$$\Delta t_{\max} = \sqrt{t_0^2 + \left(\frac{X_{\max}}{V_m}\right)^2} - t_0 \quad (\text{A})$$

2.—Correcciones proporcionales:

$$\Delta t_{xp} = \left[ \sqrt{t_0^2 + \left(\frac{X_{\max}}{V_m}\right)^2} - t_0 \right] \left(\frac{X}{X_{\max}}\right)^2 \quad (\text{B})$$

3.—Correcciones exponenciales (aplicadas a partir de un tiempo  $t_{ce}$ ):

$$\delta t_{xe} = A_{tce} e^{-\frac{t_0}{CT}} \quad (\text{C})$$

El significado de los símbolos empleados en las dos fórmulas anteriores es:

$t_0$  = Tiempo de registro para el caso de incidencia normal.

$X_{\max}$  = Distancia de tiro al detector más alejado.

$X$  = Distancia de tiro a un detector cualquiera.

$V_m$  = Velocidad media correspondiente al tiempo  $t_0$

$A_{tce}$  = Amplitud de la corrección exponencial aplicada a partir del tiempo  $t_{ce}$ .

$CT$  = Constante de tiempo.

El valor de  $A_{tce}$  y de  $CT$  que entran en la corrección exponencial se deben calcular separadamente por medio de las fórmulas:

$$A_{tce} = \sqrt{t_0^2 + \left(\frac{X}{V_m}\right)^2} - t_0 - \Delta t_{xp} \quad (D)$$

$$C T = \frac{X}{V_0} \left( \frac{X_{max}}{X + X_{max}} \right) \text{ (Para } t_0 = 0 \text{ ; véase apéndice 1)} \quad (E)$$

El valor máximo de  $A_{tce}$  es 199 milisegundos y no es necesario aplicar CT cuando su valor es menor de 50 milisegundos.

La corrección dinámica tiene una precisión del orden de 1 milésimo de segundo a partir del tiempo en el cual su velocidad de variación es menor de 0,500 segundos/segundo.

La velocidad de variación de la corrección es:

$$V_{\Delta t} = - \frac{\Delta t}{t_0 + \Delta t} \quad (F)$$

en donde  $\Delta t$  es la corrección dinámica correspondiente a la traza considerada. El tiempo a partir del cual se puede aplicar la corrección exponencial se fija en la máquina con intervalos de 10 milisegundos para tiempos de registro de 0 a 990 milisegundos.

En el apéndice se presentan programas para calcular las correcciones en calculadoras electrónicas.

2.—

## A.—INTRODUCCION

En el trabajo sísmológico de exploración es frecuente suponer que las ondas reflejadas se propagan a lo largo de trayectorias rectilíneas y que la velocidad media de propagación es constante en todas direcciones.

En el caso anterior el tiempo de reflejo a una capa horizontal se puede expresar por la fórmula:

$$t = \frac{2 \sqrt{Z^2 + \left(\frac{X}{2}\right)^2}}{V_m} = \frac{2Z}{V_m} \sqrt{1 + \left(\frac{X}{2Z}\right)^2} \quad (1)$$

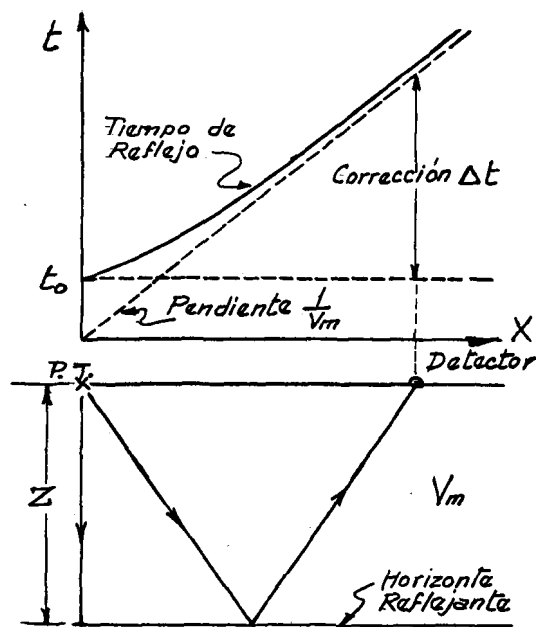


Fig. 1.- Variación del tiempo de reflejo y de la corrección por distancia de tiro para reducir los tiempos de reflejo al caso de  $X = 0$ .

Si la distancia de tiro  $X$  es igual a cero, el tiempo de propagación  $t_0$  valdrá:

$$t_0 = \frac{2 Z}{V_m}$$

Por lo tanto podemos escribir:

$$t = t_0 \sqrt{1 + \left(\frac{X}{2 Z}\right)^2} = t_0 \sqrt{1 + \left(\frac{X}{t_0 V_m}\right)^2} \quad (\text{Curva hiperbólica}) \quad (2)$$

En los registros sismológicos la curvatura de las señales que corresponden a las ondas reflejadas dificulta la identificación de las mismas, especialmente para distancias de tiro grandes, y por lo tanto se han desarrollado métodos por medio de los cuales los tiempos de reflejo se corrigen en forma automática para tener en cada traza el registro equivalente a una distancia de tiro igual a cero.

Se llama corrección por distancia de tiro (o corrección dinámica al exceso del tiempo  $\Delta t$  sobre el de incidencia normal:

$$\Delta t = t - t_0 = t_0 \left( \sqrt{1 + \left(\frac{X}{t_0 V_m}\right)^2} - 1 \right) \quad (3)$$

La expresión (3) puede desarrollarse en una serie de potencias, como sigue:

$$\begin{aligned} \Delta t = t_0 \left[ \frac{1}{2} \left(\frac{X}{t_0 V_m}\right)^2 - \frac{1}{8} \left(\frac{X}{t_0 V_m}\right)^4 + \right. \\ \left. + \frac{1}{16} \left(\frac{X}{t_0 V_m}\right)^6 - \frac{5}{128} \left(\frac{X}{t_0 V_m}\right)^8 + \frac{7}{256} \left(\frac{X}{t_0 V_m}\right)^{10} - \right. \\ \left. - \frac{21}{1024} \left(\frac{X}{t_0 V_m}\right)^{12} + \dots \right] \quad (4) \end{aligned}$$

B.—En los casos en que las distancias de tiro son pequeñas con relación a la profundidad del horizonte reflejante, la fórmula 4 puede aproximarse tomando solo el primer término de la serie, es decir:

$$\Delta t_{\text{apr.}} = \frac{t_0}{2} \left( \frac{X}{t_0 V_m} \right)^2 = \frac{1}{2 t_0} \left( \frac{X}{V_m} \right)^2 \quad (5)$$

En este caso, si  $X_{\text{max}}$  es la distancia máxima de tiro, se tendrá:

$$\Delta t_{\text{apr. max.}} = \frac{1}{2 t_0} \left( \frac{X_{\text{max.}}}{V_m} \right)^2 \quad (6)$$

y, para cualquier valor de  $X$ , entre cero y  $X_{\text{max}}$ .

$$\Delta t_{\text{prop.}} = \Delta t_{\text{apr. max.}} \left( \frac{X}{X_{\text{max.}}} \right)^2 = \frac{1}{2 t_0} \left( \frac{X_{\text{max.}}}{V_m} \right)^2 \times \left( \frac{X}{X_{\text{max.}}} \right)^2 \quad (7)$$

Esta es la corrección que se aplica en muchas máquinas del tipo analógico, en las cuales se calcula el valor exacto de  $\Delta t_{\text{max}}$  y se corrige para cualquier otra distancia de tiro multiplicando por el valor de  $(X/X_{\text{max}})^2$ . En la literatura técnica se le designa con el nombre de Corrección de primer orden.

La aproximación anterior da valores muy cercanos a los valores reales, a partir de tiempos de reflejo del orden de 0.3 a 0.5 seg. para distancias de tiro del orden de Cero a 400 metros, con las distribuciones de velocidades que se tienen en la práctica.

## C.—CASO GENERAL.

Para distancias de tiro en las cuales el valor de  $(X_{\max}/V_m)$  es grande, el método anterior, da lugar a errores considerables en el valor de la corrección calculada a partir de la fórmula 7, según se indica en las figuras 2-a y 2-b que han sido calculadas para el caso de la distribución de velocidades para el Pozo Tule No. 1, en el Noroeste de México.

En la Figura 2-a se muestra la corrección exacta para un tendido en que el último detector se encuentre a 1,800 m. del punto de tiro, y para un detector intermedio que se encuentra a 1,200 m. Además se muestra la corrección de primer orden, calculada, para esta misma distancia. Puede observarse que entre las dos correcciones existe una diferencia que disminuye con el tiempo, cuya magnitud se aprecia mejor en la figura 2-b. Tal diferencia varía desde 0.1903 segundos para  $t_0 = 0$  hasta ser prácticamente cero para  $t_0 = 2$  segundos.

Trazando los valores de esa diferencia en papel semilogarítmico se obtiene el resultado de la Fig. 3, en donde se ve que los puntos quedan aproximadamente sobre una línea recta, dentro de una precisión de dos milésimos de segundo.

Lo anterior ha dado origen a que en muchos equipos de proceso la corrección real se aproxime por la suma de dos correcciones:

- a).—Una primera corrección que se trató anteriormente y que se tiene el valor

$$\Delta t_p = \Delta t_{\max} \left( \frac{X}{X_{\max}} \right)^2$$

a la que se denominará corrección de primer orden, y que frecuentemente se designa como corrección proporcional.

- b).—Una segunda corrección de la forma:

$$\delta t = A e^{-K t_0} \quad (8)$$

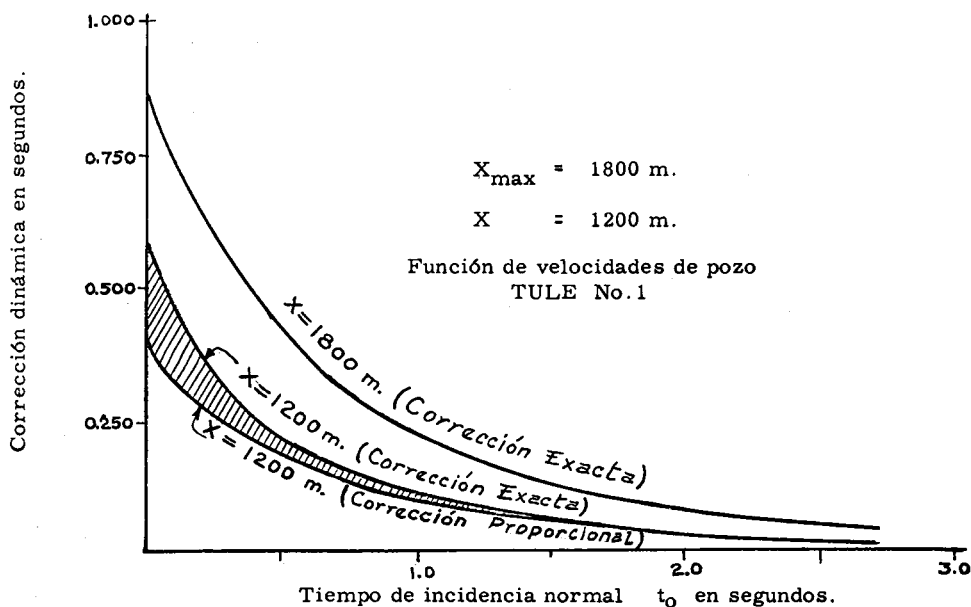


Fig. 2-a - Comparación entre el valor exacto de la corrección con la que se obtiene aplicando la ecuación 7.

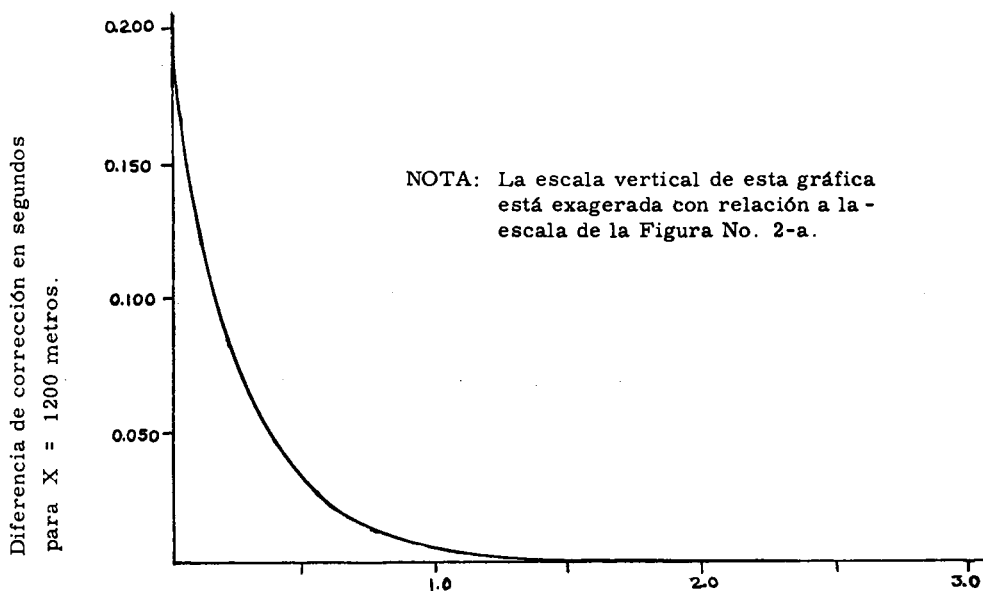
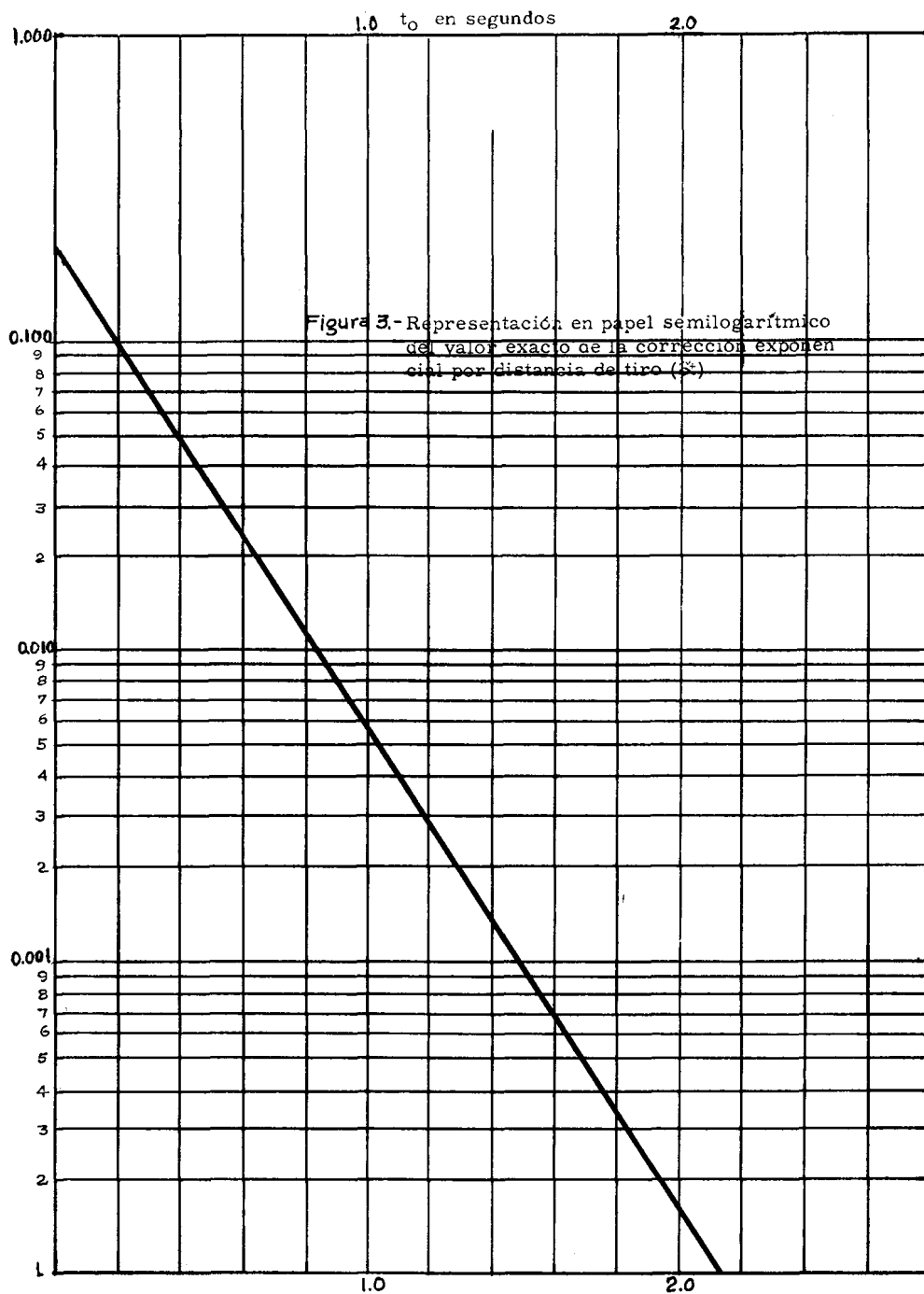


Fig. 2-b - Diferencia entre el valor exacto de  $\Delta t$  con la corrección que se obtiene aplicando la ecuación 7.





que corresponde a la indicada en gráfica de la Fig. 3 a la que se denominará corrección exponencial,

de tal manera que la corrección total será:  $\Delta t = \Delta t_p + \delta t + \epsilon$

$$\Delta t = \Delta t_{\max} \left( \frac{X}{X_{\max}} \right)^2 + A e^{-K t_0} + \epsilon \quad (9)$$

en donde  $\epsilon$  es un error que aumenta con la distancia de tiro, pero que generalmente tiene un valor del orden de 1 á 2 milésimos de segundo para distancias de tiro del orden de cero a 1,500 m.

#### D.—CORRECCION EXPONENCIAL

##### a.—Amplitud de la Corrección.

El significado de la constante A se indica en la figura 4, que es una reproducción de la figura 2. La figura 4 muestra la fórmula que expresa los valores de la corrección exponencial para cualquier tiempo de registro  $t_0$ .

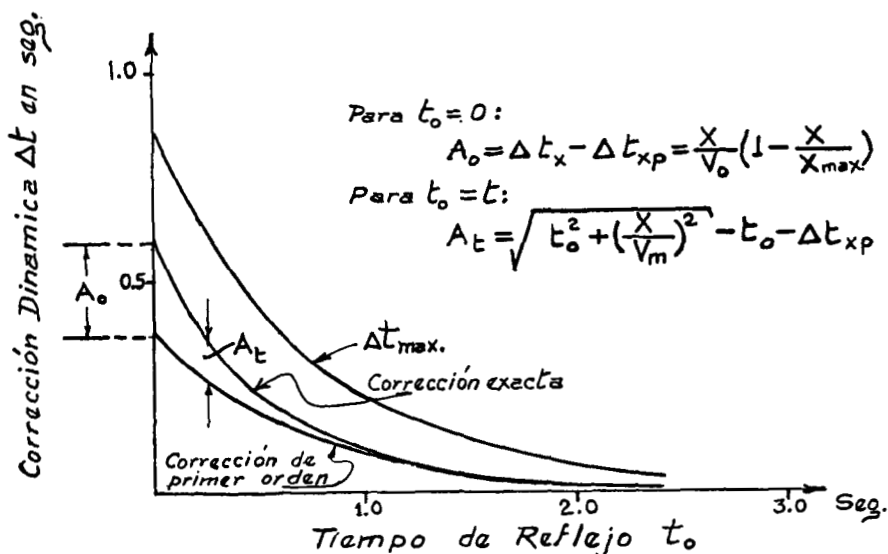


Fig. 4.- esquema mostrando el significado físico del valor de A.

Con referencia a la Fig. 4, tenemos que  $\Delta t_x$  para  $t_0 = 0$  será igual a la distancia de tiro dividida entre la velocidad superficial, esto es:

$$\Delta t_x \text{ para } t_0 = 0 = \frac{X}{V_0}$$

y la corrección proporcional  $\Delta t_{xp}$ , de acuerdo con la fórmula 7, será:

$$\Delta t_{xp} = \frac{X_{\max}}{V_0} \left( \frac{X}{X_{\max}} \right)^2$$

Para  $t_0 = 0$

en donde sale

$$A_0 = \frac{X}{V_0} - \frac{X_{\max}}{V_0} \left( \frac{X}{X_{\max}} \right)^2 \quad (10)$$

(Ver apéndice 1)

El valor de  $A_0$ , que depende de las distancias de tiro y la velocidad  $V_0$ , corresponde a la ecuación de una parábola que tiene la forma indicada en la Fig. 5, con un máximo que puede determinarse haciendo  $\frac{dt}{dx} = 0$ , la que corresponde el valor de  $\frac{X}{V_0} = \frac{X_{\max}}{2 V_0}$

En muchos de los aparatos de proceso anológico las limitaciones instrumentales no permiten aplicar la corrección total a partir de  $t_0 = 0$  y por lo tanto se hace necesario determinar el valor de  $A$  a partir de un valor de  $t_{ce}$  que queda definido por las características instrumentales.

La diferencia entre la corrección exacta y la corrección proporcional a un tiempo cualquiera ( $t$ ) es:

$$\Delta t_{ce} = \Delta t_x - \Delta t_{xp} = \sqrt{t_0^2 + \left(\frac{X}{V_m}\right)^2} - t_0 - \left(\frac{X}{X_{max}}\right)^2 \left[ \sqrt{t_0^2 + \left(\frac{X_{max}}{V_m}\right)^2} - t_0 \right] \quad (11)$$

a la cantidad anterior se le designa como amplitud de la corrección exponencial.

## 2.—Determinación de la constante de tiempo.

Para obtener el valor de la constante K, de la corrección de segundo orden, partimos de la ecuación 8, en la que se tiene

$$\delta t = A e^{-K t_0}$$

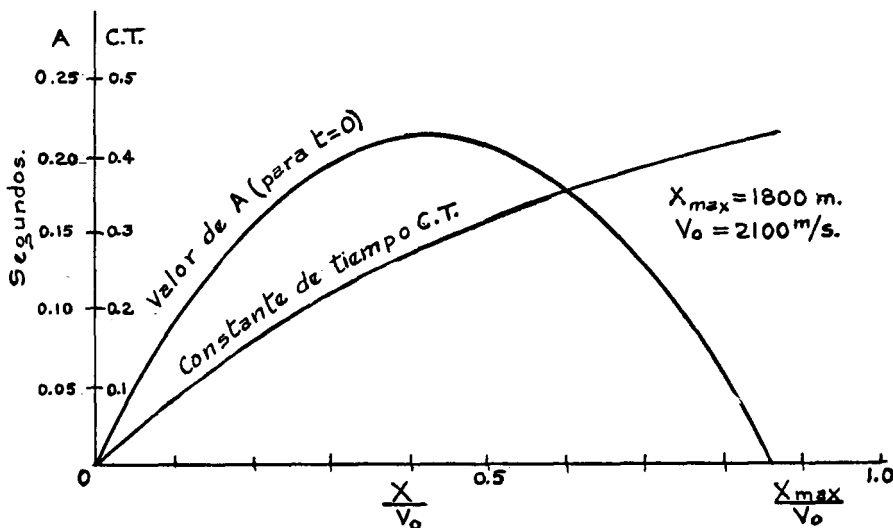


Fig. 5.- Variación con la distancia de tiro del valor máximo de la segunda corrección y de la constante de tiempo de la corrección de segundo orden.

sacando la primera derivada de esta fórmula se tiene:

$$\frac{d(\delta t)}{d t_0} = - \frac{K A e}{K t_0}$$

en donde se puede sacar el valor de K

$$K = - \frac{\frac{d(\delta t)}{d t_0}}{\frac{A e}{K t_0}}$$

$$\text{o sea} \quad K = - \frac{\frac{d(\delta t)}{d t_0}}{A} \dots\dots\dots(12) \quad \text{para } t_0 = 0$$

Partiendo de la fórmula 9, se tiene:

$$\delta t = \Delta t - \Delta t_{\max} \left( \frac{X}{X_{\max}} \right)^2$$

sustituyendo los valores de  $\Delta t$  y  $\Delta t_{\max}$ , se tiene:

$$\delta t = \left( \sqrt{t_0^2 + \left( \frac{X}{V_m} \right)^2} - t_0 \right) - \left( \frac{X}{X_{\max}} \right)^2 \left( \sqrt{t_0^2 + \left( \frac{X_{\max}}{V_m} \right)^2} - t_0 \right)$$

sacando la primera derivada, con respecto a  $t_0$ , tenemos:

$$\frac{d(\delta t)}{d t_0} = t_0 \left[ \frac{1}{\sqrt{t_0^2 + \left( \frac{X}{V_m} \right)^2}} - \frac{\left( \frac{X}{X_{\max}} \right)^2}{\sqrt{t_0^2 + \left( \frac{X_{\max}}{V_m} \right)^2}} \right] + \left( \frac{X}{X_{\max}} \right)^2 - 1 \quad (13)$$

que para  $t_0 = 0$ , tiene un valor

$$\frac{d(\delta t)}{d t_0 \text{ para } t_0 = 0} = \left(\frac{X}{X_{\max}}\right)^2 - 1$$

y sustituyendo en la ecuación 12 el valor de la derivada y de A, tomado de la ecuación 10, se llega al valor siguiente:

$$K = \frac{1 - \left(\frac{X}{X_{\max}}\right)^2}{\frac{X}{V_0} \left(1 - \frac{X}{X_{\max}}\right)} = \frac{V_0}{X} \left(1 + \frac{X}{X_{\max}}\right) \quad (13-A)$$

Como en la fórmula (8), el valor de K es igual a la inversa de lo que se llama constante de tiempo en los circuitos amortiguados la cual designaremos como CT, teniéndose entonces:

$$CT = \frac{1}{K} = \frac{X}{V_0} \left(\frac{X_{\max}}{X + X_{\max}}\right) \quad \text{para } t_0 = 0 \quad (14)$$

(Ver apéndice 1)

Los tiempos a los cuales debe iniciarse la aplicación de la corrección exponencial dependen de la velocidad de operación del equipo, según se discute adelante.

## E.—VELOCIDAD DE VARIACION DE LA CORRECCION DINAMICA

### a.—Información General.

En el equipo GEO SPACE 1000 las correcciones dinámicas se hacen por medio de un disco magnético auxiliar que gira a velocidad uniforme, en el cual se graba temporalmente la señal para leerla con otra cabeza mag-

nética auxiliar, con retrasos que varían de  $T + \Delta t$  a  $T + 0$ , en donde el valor de  $\Delta t$  varía de acuerdo con la ecuación 9.

El valor de  $\Delta t$  se aplica accionando la cabeza lectora por medio de un servomecanismo cuyos detalles no se discuten en este trabajo.

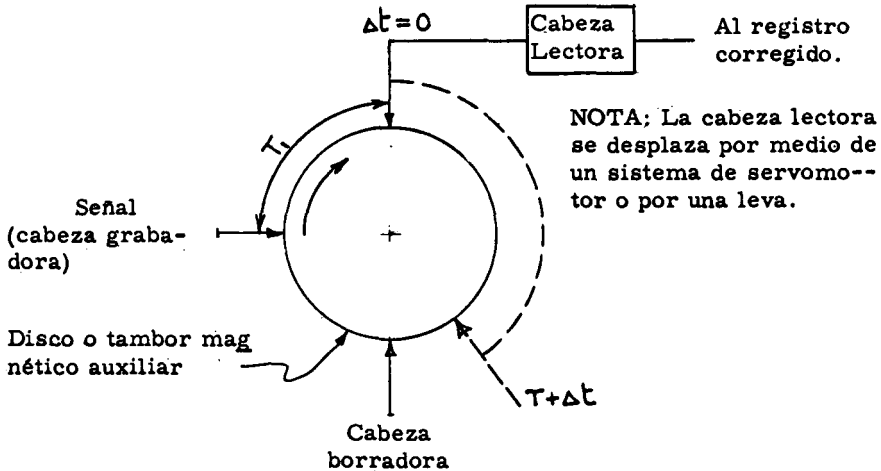


Figura 7.- Esquema mostrando la técnica que se sigue en el equipo Geospace 1000 para aplicar la corrección dinámica.

Para poder aplicar la corrección dinámica en forma adecuada, es necesario que la cabeza lectora de la cinta magnética se pueda desplazar con la velocidad a la que varía  $\Delta t$ , es decir que el mecanismo pueda operar con una velocidad de desplazamiento igual o mayor que  $\frac{d(\Delta t)}{dt}$ .

La velocidad de variación de  $\Delta t$  es:

$$\begin{aligned} \frac{d(\Delta t)}{dt} &= \frac{d}{dt} \left( \sqrt{t_0^2 + \left(\frac{X}{V_m}\right)^2} - t_0 \right) = \frac{t_0}{\sqrt{t_0^2 + \left(\frac{X}{V_m}\right)^2}} - 1 = \\ &= - \left( 1 - \frac{t_0}{t} \right) \quad V \Delta t = \frac{d(\Delta t)}{dt} = - \frac{\Delta t}{t_0 + \Delta t} \quad (15) \end{aligned}$$

Para  $t_0 = 0$  la velocidad de variación es máxima e igual a  $-1,0$  seg./seg., cualquiera que sea la distancia de tiro. La velocidad de variación de la corrección para otros tiempos de registro depende de la función de velocidades para el área en estudio y de la distancia de tiro, y tiene la forma típica que se indica en la Figura No. 8.

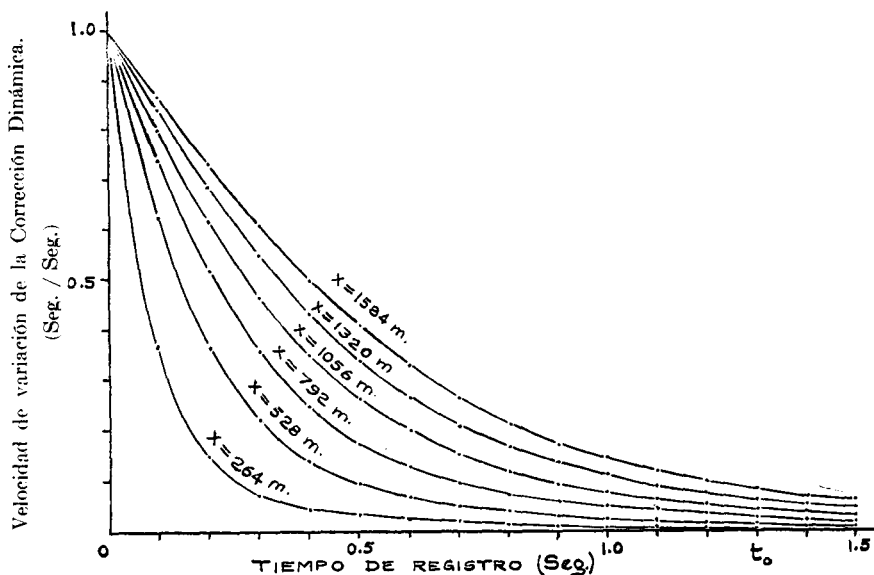


Figura No. 8 - Velocidad de variación de la corrección dinámica para una ley de velocidades  $V_z = 2100 + 0.900 Z$   
Área: Campo Monterrey.

Las velocidades de variación del valor de  $\Delta t$  para diferentes equipos analógicos, se indican a continuación:

M A R C A	MODELO	Corr. Max. $\Delta t$ seg.	Vel. Max. de Variación de $\Delta t$ (seg/seg)	Pasos de los Valores de CT (seg)
GEOSPACE	1000	.850	.500	.005
S. I. E.	SDL-12	.760	.500	
ELECTROTECH	t-1000	.800	.750	Secuencial
DYNATRONICS	1500	1.500	1.000	Levas
TECHNO	TI-480-B	.150	.700	Levas
FORTUNE	DC-2	.150	.700	Levas



La tabla anterior muestra que los equipos disponibles actualmente tienen dos limitaciones.

I).—La corrección máxima de  $\Delta t$  que se puede aplicar.

II).—La velocidad máxima de variación que puede tener  $\Delta t$ .

Por las razones anteriores el registro solo puede corregirse con exactitud a partir del tiempo  $t_0$  en que tanto la corrección máxima, como la velocidad de variación de  $\Delta t$ , están dentro de los límites de precisión del equipo.

b.—Deformación de la señal.

Las gráficas de las figuras 2-a y 8 muestran que el valor de la corrección dinámica varía con el tiempo y que esta variación no es lineal.

Lo anterior da origen a una deformación en el período de la señal, de manera que la señal que aparece en el registro corregido es de un período mayor que la señal original.

Esta deformación se produce cualquiera que sea el equipo en el que se apliquen las correcciones dinámicas, ya sea este analógico o digital, y se debe a que el valor de esa corrección no es constante durante el tiempo en que se observa la señal sísmica.

Considerando a una señal de la forma del pulso de Ricker, con un período  $T$ , si la corrección en el centro del pulso es  $\Delta t_c$  y la velocidad de variación de la corrección es uniforme, según se indica en la figura 9, se tendrá:

$$\Delta t = \Delta t_c + v_{\Delta t} (t - t_c)$$

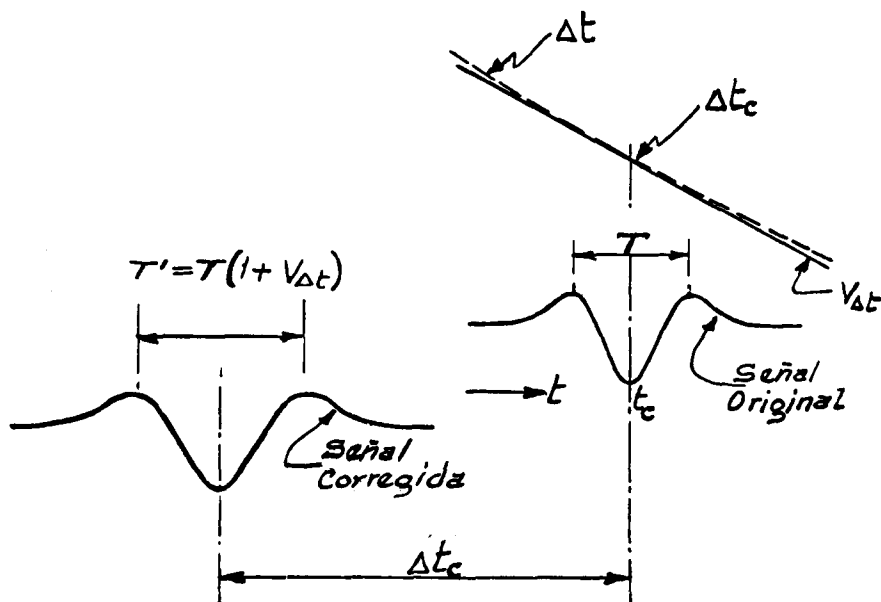


Figura No. 9

El tiempo corregido correspondiente a los tiempos

$$(t_c - \frac{T}{2}) \text{ y } (t_c + \frac{T}{2}) \text{ será:}$$

$$\text{Para } (t_c - \frac{T}{2})$$

$$t_{\text{corr}} = (t_c - \frac{T}{2}) - [\Delta t_c + V_{\Delta t} (t_c - \frac{T}{2})]$$

$$\text{Para } (t_c + \frac{T}{2})$$

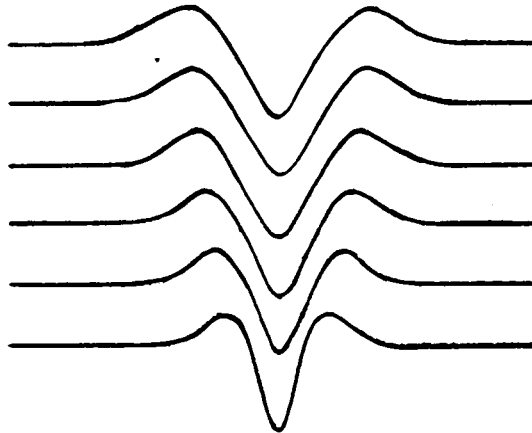
$$t_{\text{corr}} = (t_c + \frac{T}{2}) - [\Delta t_c + V_{\Delta t} (t_c + \frac{T}{2})]$$

El período aparente de la señal corregida será la diferencia entre los tiempos anteriores, o sea:

$$T' = T + V_{\Delta T} T = T (1 + V_{\Delta T}) \quad (16)$$

La fórmula 15 muestra que el cambio en el período aparente de la señal es mayor al principio del registro y va disminuyendo con el tiempo del mismo, de acuerdo con el cambio en la velocidad de variación de la corrección dinámica que se muestra en la figura 8.

En el caso de apilamiento de trazas, como se hace en el proceso de registros por el método punto de reflejo común, lo anterior da origen a que la parte central de la señal quede en fase (si se aplicaron las correcciones adecuadas) pero los extremos quedarán defasados en la forma que se muestra esquemáticamente en la figura 10.



**Figura No. 10.**

En los casos en los que la relación señal/ruido es grande el apilamiento puede hacer resaltar a la señal aún cuando la velocidad de variación de la corrección dinámica sea grande (del orden de 0.5 segundos/segundo) en las trazas correspondientes a las mayores distancias de tiro, pero en aquellos

casos en los que la relación señal/ruido sea pequeña es posible que se haga conveniente efectuar el apilamiento a partir de la parte en la cual la velocidad de variación de la corrección dinámica no exceda de 0.2 ó 0.3 segundos/segundo.

Este aspecto deberá ser estudiado con mayor detalle en el Instituto Mexicano del Petróleo, a fin de aplicar la técnica de trabajo que permita obtener la sección sísmológica más fácil de interpretar.

### 3.—*EMPLEO DEL CIRCUITO DESVANECEDOR (FADER)*

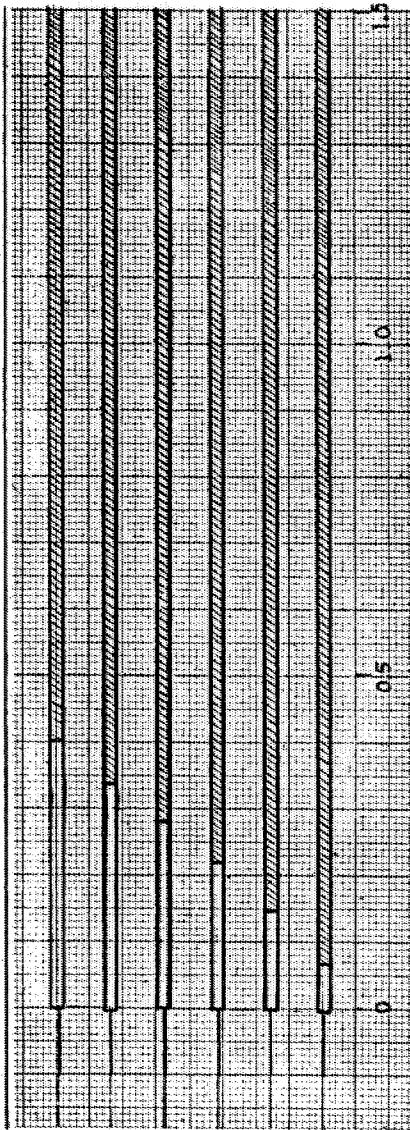
En el proceso de registros sísmológicos, para obtener secciones por el método de Punto de Reflejo Común (PRC), en el tambor de apilamiento del equipo Geo Space 1000 se graban las señales de trazas corregidas, que han sido registradas originalmente con distancias de tiro que varían de unos 100 a 2000 metros. Esas señales corregidas se suman para obtener una traza del registro compuesto.

La variación tan importante en las distancias de tiro hace que en las diferentes trazas por apilar varíen considerablemente los tiempos de registro a partir de los cuales se han aplicado las correcciones adecuadas.

Esos tiempos pueden variar de unos 100 milésimos de segundo para las trazas con menor distancia de tiro a unos 800 milésimos de segundo para las trazas correspondientes a las mayores distancias de tiro.

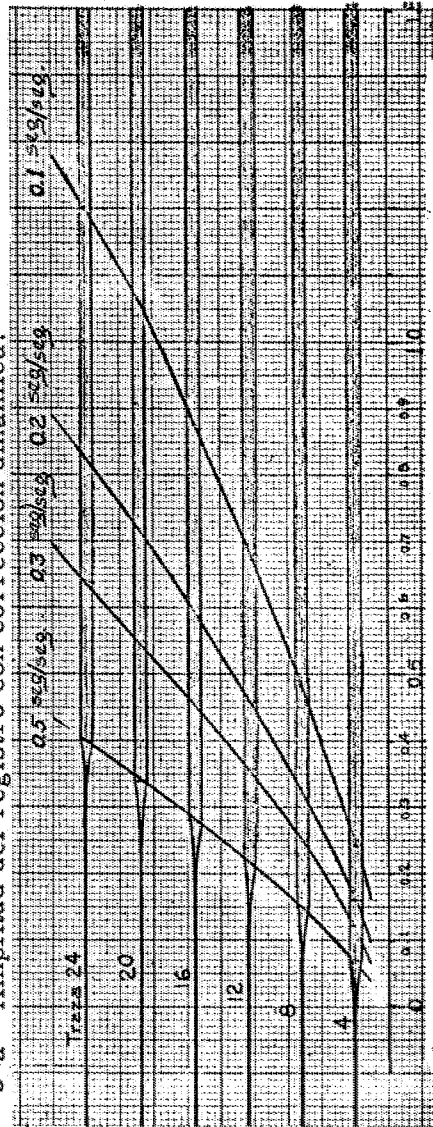
Al sumar las señales de las diferentes trazas que entran en el apilamiento, la primera parte del registro apilado correspondería en parte a señales en las cuales la información está adecuadamente corregida y en otra parte a señales de las cuales se sabe de antemano que la corrección es inadecuada.

En el equipo Geo Space 1000, a fin de emplear toda la información a la que se le han aplicado las correcciones adecuadas, se le ha dotado de un circuito auxiliar que permite utilizar únicamente la parte del registro con correcciones adecuadas, reduciendo prácticamente a cero la amplitud de la parte de cada traza en la cual la corrección aplicada es inexacta, resultando que la traza apilada sea de la suma de las señales que se indican esquemáticamente en la figura 8-b.



Parte del registro con correcciones exactas. 

8-a - Amplitud del registro con corrección dinámica.



8-b - Amplitud de las trazas a las que se les ha aplicado el desvanecedor

Figura No. 8 - Esquema mostrando las trazas individuales que se emplean en los registros apilados.

A este circuito se le denomina "Desvanecedor" (Fader) y se puede regular el tiempo a partir del cual las señales se reproducen en toda su amplitud.

El resultado final es una traza apilada en la que la primera parte está formada solamente con los datos dignos de confianza y en donde a partir del tiempo en el cual dejaron de operar todos los desvanecedores, se tienen los datos de todas las trazas que entran en el apilamiento.

El desvanecedor de cada traza opera hasta un tiempo prefijado en el aparato, que puede seleccionarse por el operador.

El empleo del desvanecedor no implica una limitación importante al proceso, puesto que las señales de menor tiempo generalmente son las que destacan en los registros sísmológicos y al eliminar las señales correspondientes a los detectores más lejanos dejan de apilarse los datos de las trayectorias que tienen mayor curvatura.

En el equipo Geo Space 1000 la velocidad máxima de variación de la corrección es de 0.500 seg/seg. y por lo tanto la corrección dinámica para cada traza sólo es válida a partir del momento en que la velocidad de variación de la corrección es igual o menor de ese límite.

La deformación de la señal, tratada anteriormente, puede hacer recomendable aplicar el desvanecedor hasta llegar a un tiempo en el cual  $V_{\Delta t}$  sea menor de 0.2 ó 0.3 seg/seg.

Como la corrección sólo se puede aplicar a partir de tiempos prefijados en el equipo, según se indicó en la primera parte de este trabajo, generalmente el tiempo a partir del cual debe iniciarse la aplicación de la corrección exponencial se puede determinar con los datos correspondientes a una función de velocidades representativa del área en que se está operando, haciendo las gráficas de la figura 8.

#### 4.—PROCEDIMIENTO DE CALCULO

Los resultados del análisis sobre el cálculo de las correcciones y de sus limitaciones, que han sido discutidas anteriormente, muestran la necesidad de establecer un sistema de cálculo que permita que el equipo de proceso

opere en las condiciones más favorables. Esto se logra cuando se emplea la parte de las trazas en la cual se han aplicado las correcciones adecuadas.

Para lograr lo anterior el primer paso es determinar los tiempos a partir de los cuales la velocidad de variación de la corrección es igual o menor que la velocidad de operación del sistema corrector.

Por lo anterior el programa de cálculo de las correcciones debe seguir los siguientes pasos:

- 1.—Determinar la velocidad de variación de la corrección dinámica, para diferentes tiempos y diferentes distancias de tiro, con la distribución más lenta de velocidades que se espera en el área en estudio, y trazar las gráficas de velocidad la variación de corrección dinámica vs. tiempo  $t_0$ .
- 2.—Determinar las correcciones dinámicas para la distancia máxima de tiro y a partir de ella determinar las correcciones proporcionales para las distancias de tiro intermedias.
- 3.—Determinar los tiempos a partir de los cuales puede aplicarse la corrección exponencial (véase punto 1) y los valores de la amplitud y de la constante de tiempo correspondiente para cada una de las distancias de tiro empleada.
- 4.—En el caso de proceso de tiros por el método de PRC deben tomarse registros de prueba para comprobar que la función de velocidad empleada produce el alineamiento adecuado de las trazas.

El cálculo de las correcciones es generalmente largo y por lo tanto se recomienda recurrir a gráficas especiales o hacer el cálculo en calculadoras electrónicas.

Las gráficas que se presentan en este trabajo, reproducidas por cortesía de Petty Geophysical Engineering Co. permiten hacer el cálculo de las correcciones dinámicas en forma rápida. También se pueden hacer en calculadoras electrónicas empleando los programas anexos.

## RADIO POSICION EN OPERACIONES PETROLERAS\*

Por G. A. ROUSSEL\*\*

Este artículo intenta dar una breve y generalizada perspectiva de la radio posición, tal como ha sido utilizada en la Industria Petrolera en los últimos años. No se intenta enfatizar ningún método en particular, sino presentar aquellos factores y características que influyen para poder escoger el método apropiado para una aplicación determinada. Para conocimiento del lector ningún sistema será descrito en detalles, ya que esto implicaría, un artículo de mayores proporciones que éste para poder describir cada uno de los sistemas específicos que se mencionen.

La radio posición, se refiere a la determinación, de una posición por medio de señales de radio, transmitidas entre esa posición y otra, de coordenadas conocidas. La posición que se desea determinar es normalmente la de un vehículo en movimiento, ya sea un barco o un avión. El proceso está relacionado con la Radio Navegación, pero la radio posición es generalmente de mayor exactitud y de menor rango que los métodos de radio navegación estandard. Además, la radio posición generalmente involucra el proceso de continuar la localización seleccionada previamente, en lugar de una mera determinación de una posición dada. Algunos métodos de posición pueden satisfacer ambos propósitos bajo ciertas condiciones. La radio posición, también llamada radio localización, es generalmente considerada como la primera que se empleó en operaciones petroleras, inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial. Existió una adaptación natural para aplicaciones comerciales de los equipos de localización y detección usados en operaciones militares. Muchos equipos fueron probados con diferentes grados de eficiencia y solo algunos se conservaron durante un período más o menos largo. Aquellos que sobrevivieron, fueron substituídos años más tarde, por métodos más evolucionados.

---

\* Original en Inglés, presentado en la III Convención de la AMGE en Monterrey, N. L.  
Traducción y revisión por: Srita. G. Pérez Ruiz e Ing. R. Aréchiga.

\*\* Vice-Presidente de OFFSHORE NAVIGATION INC.

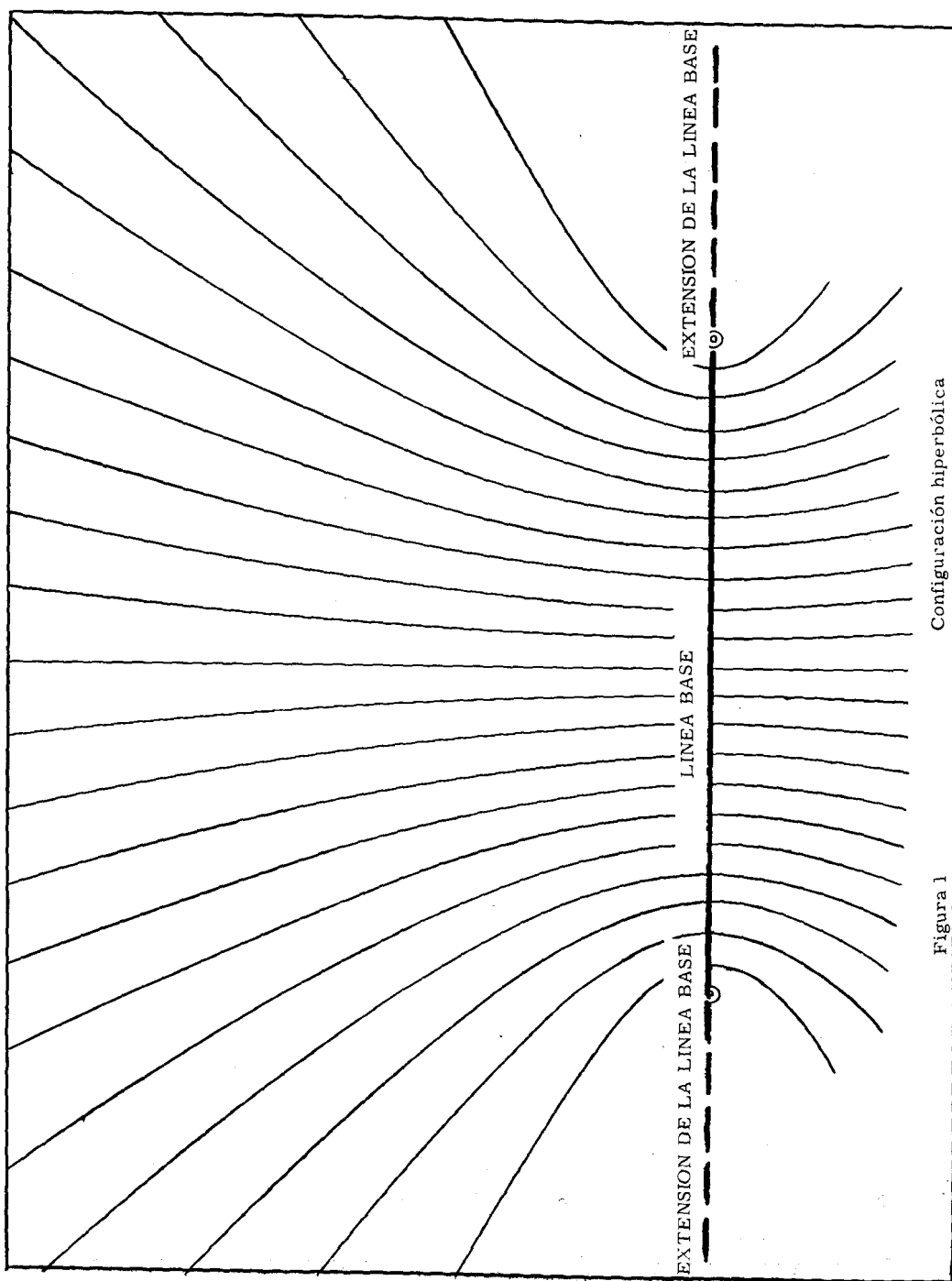


Dentro de las operaciones petroleras, los métodos de radio posición, fueron primeramente empleados en la exploración geofísica marina. Estos métodos progresaron en la exploración aérea, y más tarde, en algunas otras fases de operaciones petroleras. La radio posición ha sido usada, para tener un control horizontal en la exploración sismológica, gravimétrica y magnética, en la localización de pozos, muestreador de núcleos, nivelación y localización de tuberías, y para levantamientos topográficos de ingeniería e hidrográficos. Usualmente, la radio posición se aplica en operaciones marinas y aéreas, porque la localización de posición terrestre, puede lograrse con métodos convencionales, que resultan más económicos. Existen varios métodos de radio posición que se emplean dentro de la industria petrolera con ciertas restricciones. Estos métodos pueden ser clasificados, de acuerdo con sus características, tales como: el tipo de radio propagación que se empleó, la geometría de posición, principio físico de operación, la banda de radio frecuencia y rango que se use, como se indica en la tabla siguiente:

*Métodos para clasificar sistemas de radio posición.*

- 1.—Geometría.
  - a).—Hiperbólico.
  - b).—Circular.
  - c).—Otros.
- 2.—Principio de operación.
  - a).—Método de radar.
  - b).—Comprobación de fase.
- 3.—Modo de radio propagación.
  - a).—Onda terrestre.
  - b).—Onda directa.
- 4.—Banda de radio frecuencia.
- 5.—Multiplicidad de los usuarios.
- 6.—Rango.

Consideremos en primer término la geometría de posición como una clasificación. Las líneas de posición que se desarrollaron o generaron por los sistemas de radio posición más comunmente usadas, pueden ser hiperbólicas o circulares. La figura 1 muestra una familia de hipérbolas generada entre



Configuración hiperbólica

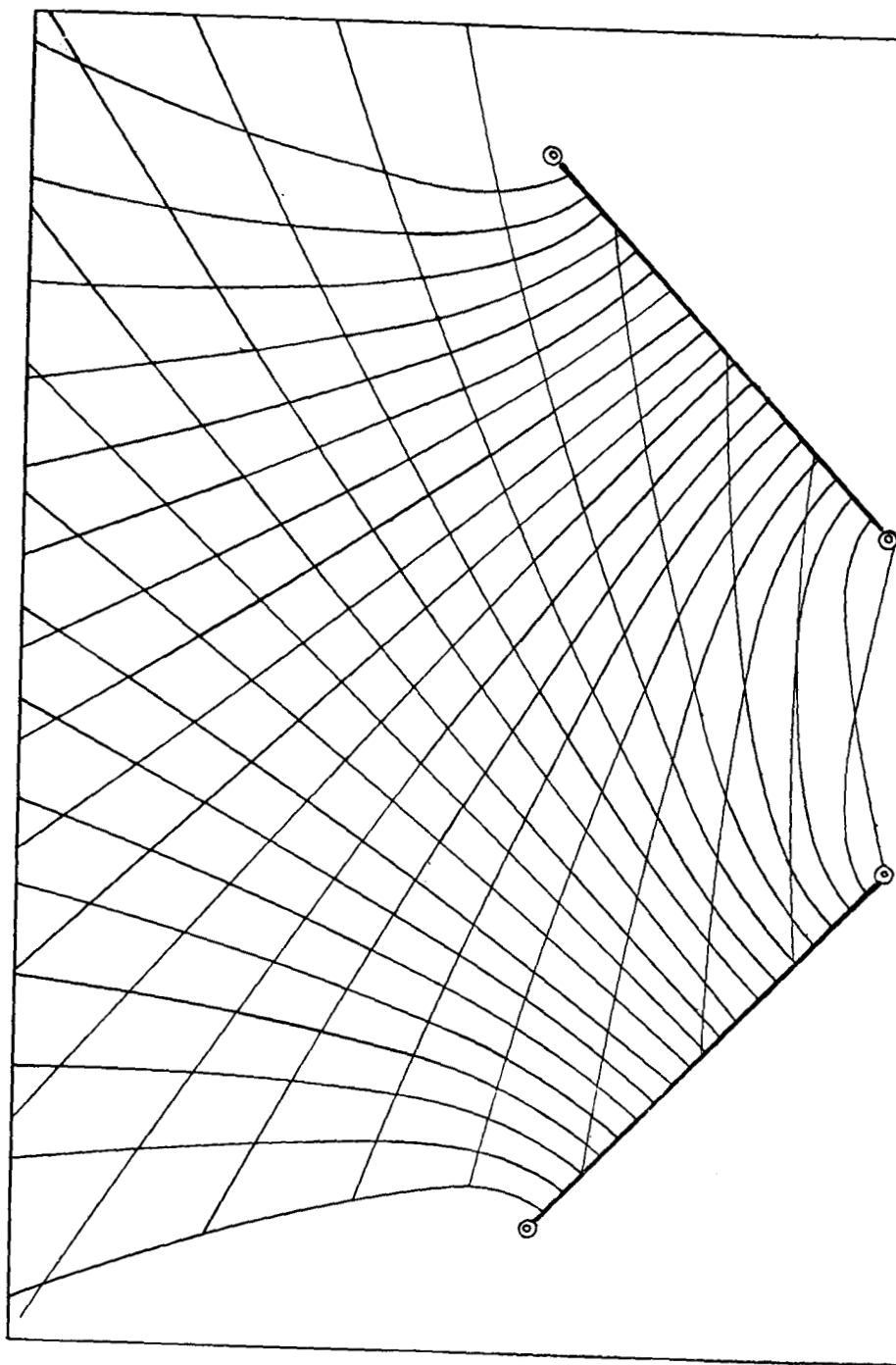
Figura 1

dos focos que definen la línea de base. En un sistema real, estos puntos focales serían las antenas transmisora y receptora incorporada al sistema. El equipo que determina la posición, a través de su circuito de medición apropiada, es capaz de indicar sobre que línea hiperbólica de posición o sobre que posición intermedia se encuentra. Como las hipérbolas se generan desde la línea de base, la distancia entre ellas aumenta. Esta divergencia geométrica, es una desventaja en la geometría hiperbólica. Debe notarse además, que las hipérbolas tienden a una no linealidad cuando se van separando de la línea de base, obteniéndose menor exactitud en esas áreas.

Como se mencionó anteriormente, la unidad que detecta la posición del móvil, indica su localización relativa con respecto a las hipérbolas. Esto da una línea de posición para la unidad detectora. Para obtener un punto de posición, debemos de combinar dos de estas familias hiperbólicas, como se muestra en la figura 2. Si determinamos nuestra localización, sobre una línea de posición particular en cada familia, entonces la intersección de estas dos líneas definirá el punto de posición. Algunos sistemas hiperbólicos son diseñados para generar estas dos familias de hipérbolas, por medio de una estación central común, como se muestra en la figura 3. Esto es una ventaja, ya que se reduce el número de estaciones de radio que deben ser mantenidas en el campo. En los sistemas circulares, combinamos dos familias de círculos concéntricos que se intersectan, cuyos centros son las antenas transmisora o receptora que se mencionaron previamente. Esto se ilustra en la figura 4. En la geometría circular, la distancia entre las líneas adyacentes de posición, no aumenta, cuando se aumenta la distancia desde la línea de base, como fue el caso de la geometría hiperbólica. Esta es una ventaja definitiva de la geometría circular sobre la hiperbólica, además de la exactitud del sistema a mayores distancias.

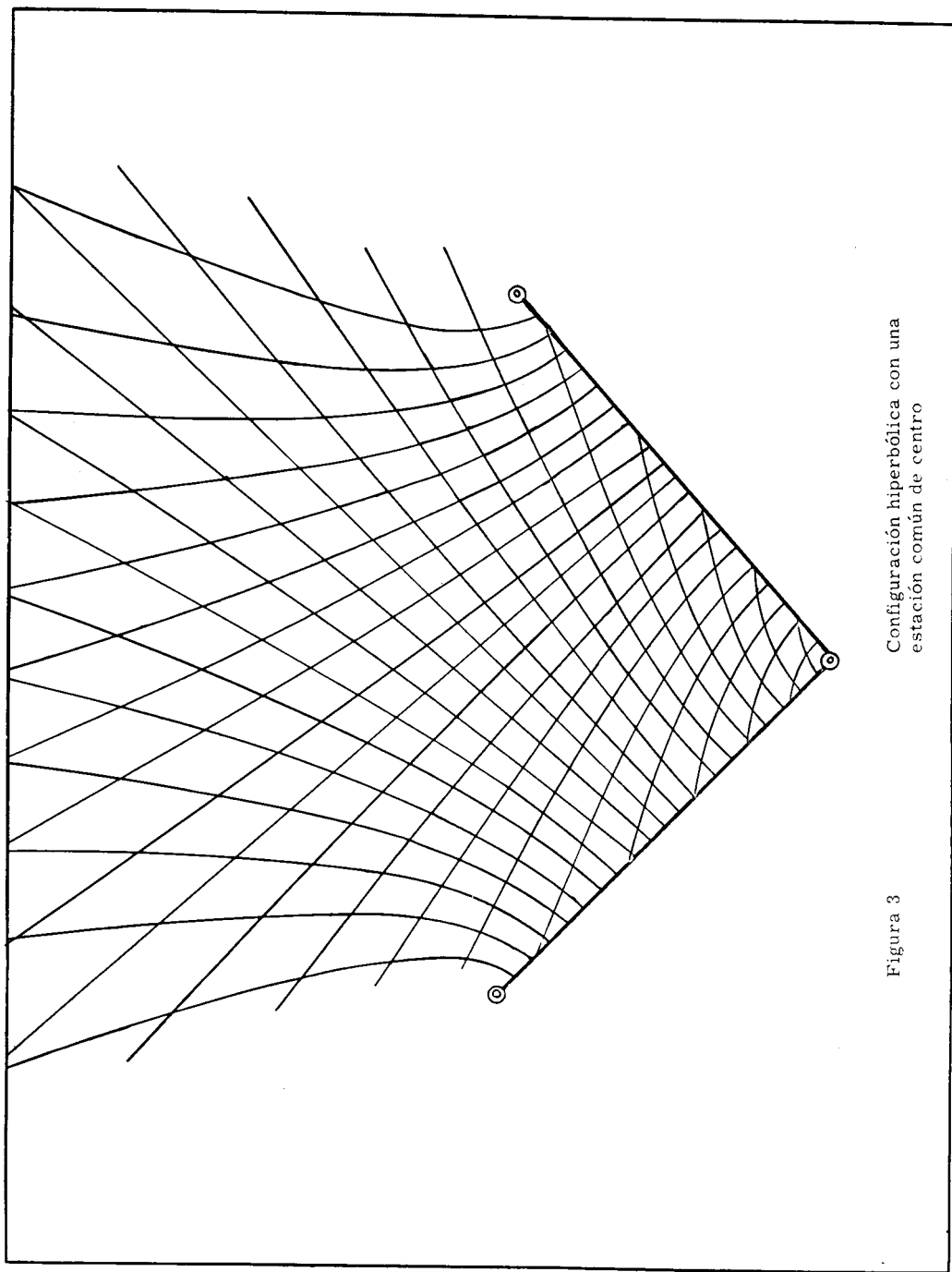
Existen otras configuraciones geométricas, tales como combinaciones de circulares e hiperbólicas, o elípticas e hiperbólicas. Sin embargo, se ha encontrado una aplicación muy limitada, por lo que no se mencionarán en este artículo.

Considerando ahora la clasificación, para determinar la posición, por medio de principios físicos, dos de estas clasificaciones, cubren la casi totalidad de los sistemas que están en uso. El primero de estos, es el método de Radar tiempo - distancia. En este método, la unidad detectora del móvil,



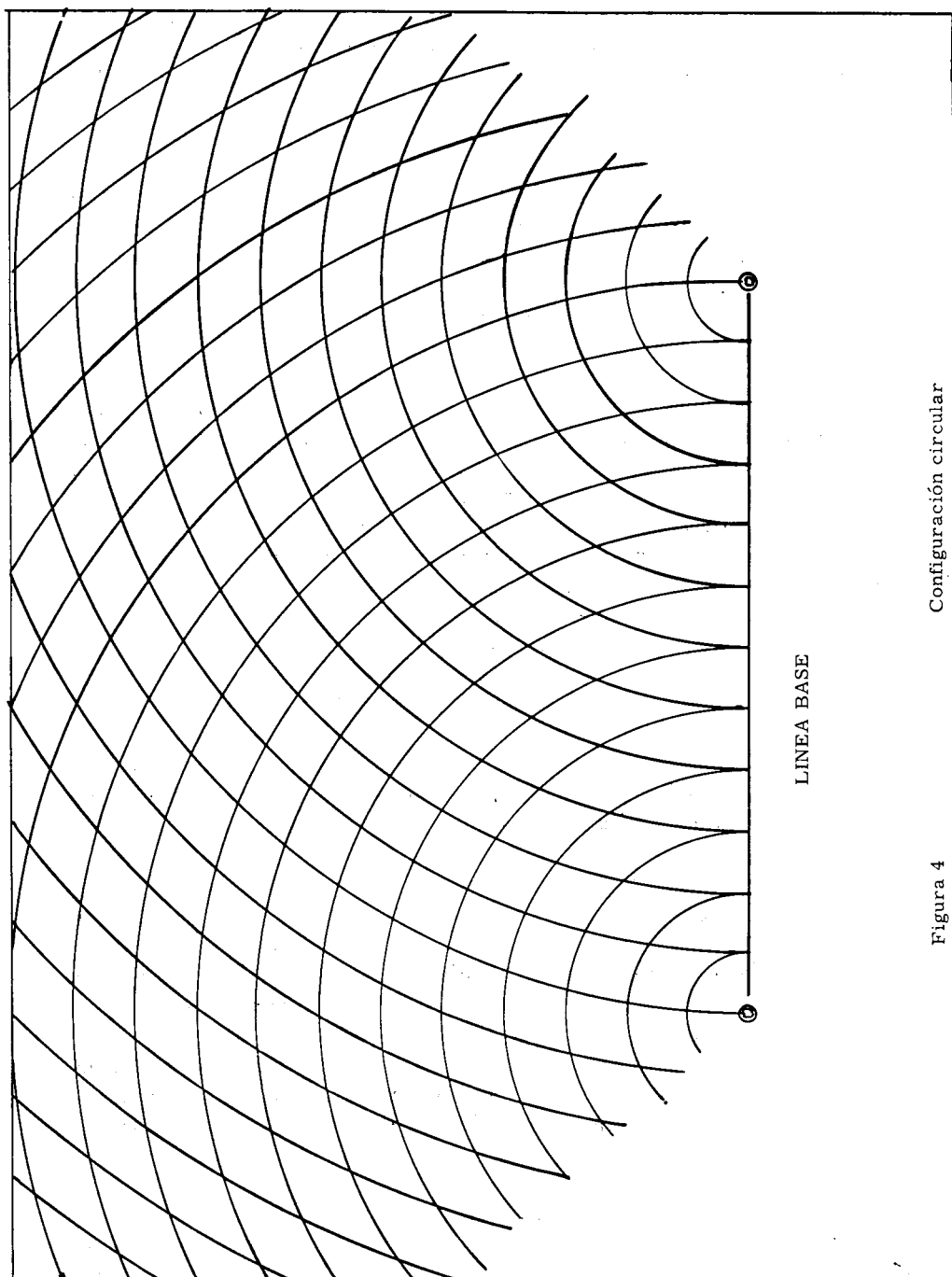
Configuración doble hiperbólica

Figura 2



Configuración hiperbólica con una estación común de centro

Figura 3



Configuración circular

Figura 4

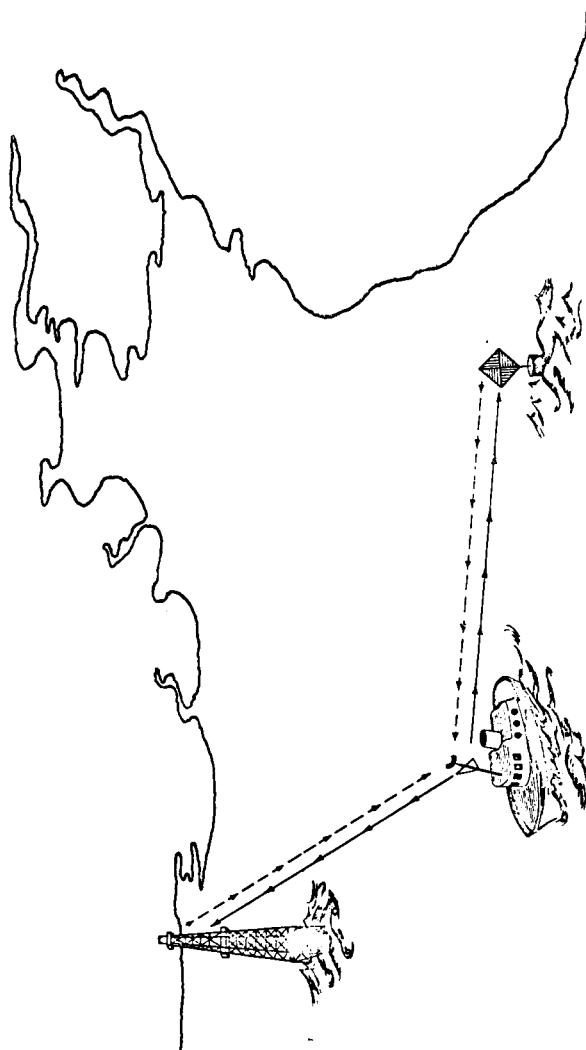
transmite un pulso de energía, el cual es reflejado desde un blanco determinado, pudiendo ser éste artificial o natural, como se ilustra en la figura 5. La estación móvil, mide el tiempo requerido para la transmisión de ida y vuelta. Usando la característica esencial de velocidad constante de las señales de radio, el tiempo de transmisión puede ser fácilmente convertido, en la distancia existente entre la estación móvil y el blanco detectado. La estación móvil es así fijada sobre el rango de un círculo, cuyo radio, es igual a la distancia determinada y cuyo centro es el blanco reflector. Si repetimos esa medición de distancia a un segundo blanco, entonces la estación móvil se fija en la intersección de los dos rangos de círculos así determinados. Los métodos de radar, por lo tanto, caen dentro de la clasificación de geometría circular.

Para ampliar el rango del método del radar, los blancos pasivos mencionados anteriormente, pueden ser substituídos con un radar activo (estación de señales). Uno de éstos, es el método del Shoran, que se ilustra en la figura 6. En este método las transmisiones son efectuadas con 3 frecuencias diferentes para eliminar ambigüedad. Las estaciones de señales, reciben los pulsos desde una estación móvil y, después de un tiempo de retraso predeterminado, retransmite el pulso nuevamente hacia la estación móvil. La estación móvil, automáticamente, sustrae el tiempo de retraso prederterminado, del tiempo de retraso empleado en la transmisión del pulso de ida y vuelta, convirtiendo posteriormente el tiempo restante en distancia, como en el caso de las señales reflejadas.

En el método de Radar, y usando equipos convencionales, las distancias se expresan generalmente en términos de yardas o millas náuticas. En el método del Shoran las distancias se determinan en términos de millas.

El segundo método físico para la determinación de posición que se utiliza en la radio posición, es el de comparación de fase. En lugar de medir tiempo, comparemos la fase de dos señales de radio. Este método también puede considerarse, como un método tiempo distancia, ya que la fase de una señal de radio, puede ser relacionada con tiempo y distancia. Si una señal de radio es generada en un transmisor con una fase dada y llega al receptor después de un tiempo, entonces la fase de la señal en el receptor también habrá variado; el cambio en fase está relacionado con el tiempo de transmisión, el cual a su vez, está relacionado con la distancia de la señal transmitida.

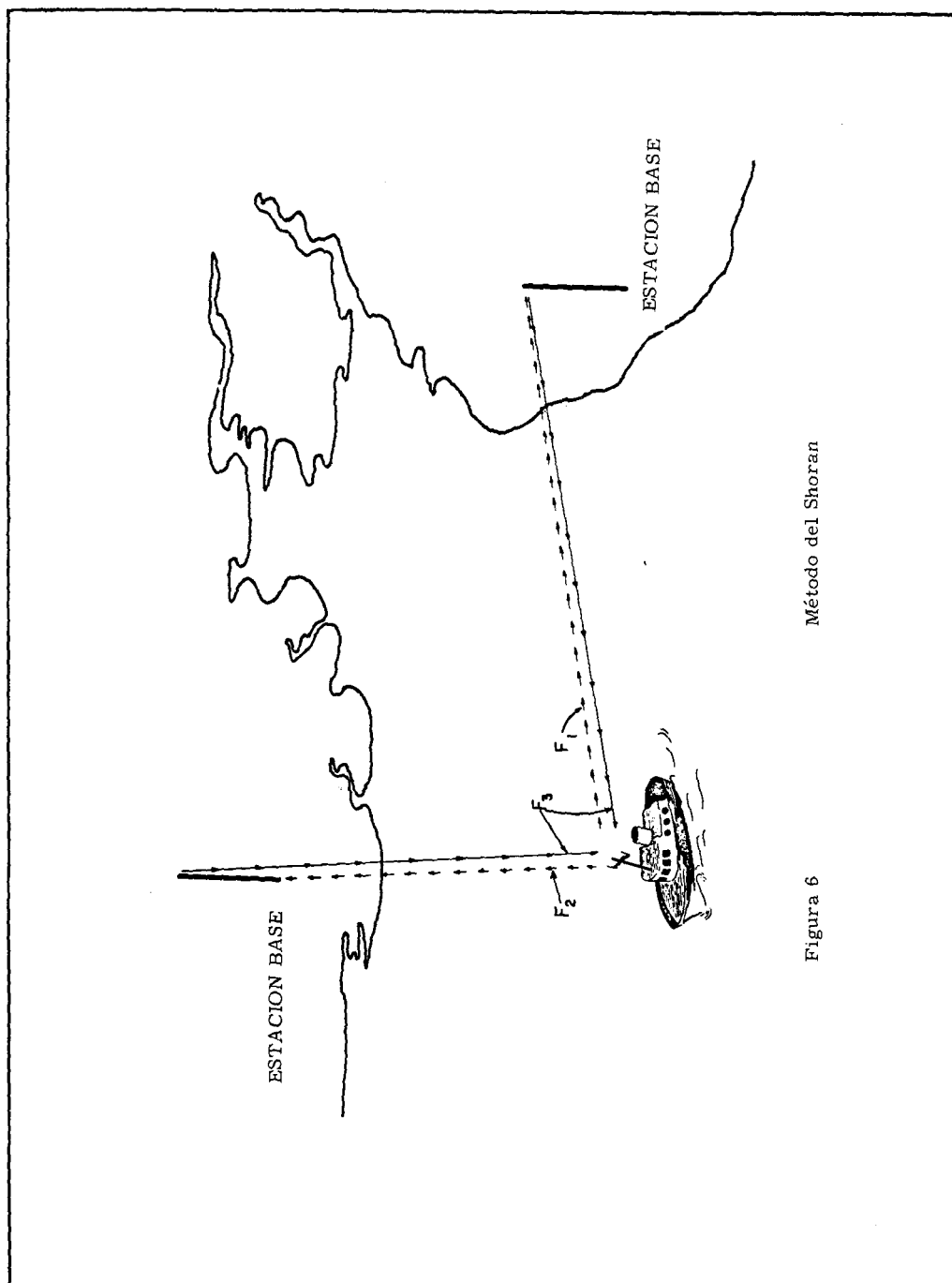
En los métodos de comparación de fase, los transmisores emiten una señal de onda continua y permanente. Las señales de dos de estos transmisores arribarán a un receptor con una diferencia de fase relativa, la cual



Método del Radar

Figura 5





Método del Shoran

Figura 6

estará relacionada, a su vez, con las distancias relativas de las señales transmitidas.

Si calculamos los puntos con igual diferencia de fase, entre los dos transmisores, encontramos que podemos construir una familia de hipérbolas, en las cuales los focos corresponden con las antenas transmisoras. La configuración hiperbólica se mostró previamente en la figura 1. La estación móvil que mide la fase, puede ser así localizada con respecto a estas líneas de posición hiperbólicas de igual fase.

La distancia entre dos líneas adyacentes, de igual fase, es comunmente llamada "vía" (lane) y se acostumbra numerarlas en una forma arbitraria, con el fin de tener una referencia. Los instrumentos que miden la fase, generalmente se calibran para indicar incrementos de  $1/100$  de una "vía". A la coordenada de una vía, que es el número y la fracción de las vías asociada con una posición particular, se le llama "posición de la vía" (lane count).

Sobre la línea de base, el ancho de la vía equivale a la mitad de la longitud de onda de la frecuencia de operación. En los sistemas de comparación de fase, que operan en banda de frecuencia media, el ancho de la vía es de 250 a 300 pies. La línea de fase es generalmente del orden de 25-125 millas, dependiendo del área que se cubre y del método de radio posición que se seleccione.

Algunos sistemas de comparación de fase, son equipados de tal manera, que las líneas de posición de igual fase, se generen como círculos concéntricos, en lugar de hipérbolas, como la figura 4. Los centros de estos círculos quedarán sobre las antenas de las estaciones base predeterminadas. La distancia entre dos líneas de posición adyacentes, es también equivalente, a la mitad de la longitud de onda. Con la frecuencia que generalmente se usa en estos sistemas de comparación de fase circular, la distancia es del orden de 150 a 300 pies.

Los sistemas de comparación de fase hiperbólica, normalmente requieren receptores y equipos de medición de fase en la estación móvil. En los sistemas de comparación de fase circular, se requieren tanto transmisores como receptores en la estación móvil, además de los equipos de medición de fase. Este requisito de un transmisor en la estación móvil, puede ser una desventaja en el caso de los barcos de exploración sísmica. En tales circunstancias, existe la posibilidad de producir una detonación de la carga sísmica, debido a las corrientes inducidas en el alambrado de los detonantes, por las transmisiones de radio. Sin embargo, algunas tripulaciones emplean este

método pero tomando todas las precauciones necesarias en el barco tirador de la exploración sísmica.

Considerando las radio frecuencias utilizadas, la mayoría de los sistemas de radio posición normalmente operan en las 4 bandas de frecuencias siguientes:

90	————	100	Kilociclos.
1600	————	4 000	„
225	————	325	Megaciclos.
3 000	————	10 000	„

Los sistemas que operan en bandas de frecuencias media y baja, emplean para las señales de radio la onda que se propaga por tierra. Ahora bien, como la atenuación de las ondas terrestres, están relacionadas con el número de longitudes de onda de la distancia de los transmisores, los métodos que emplean las bandas de VHF y UHF, que tienen longitudes de onda muy cortas, no pueden utilizar la onda terrestre, utilizando en su lugar las ondas de propagación directa.

La onda terrestre, es la porción de la señal transmitida, que se propaga a lo largo de la superficie terrestre siguiendo su curvatura. El rango de estas transmisiones estará por lo tanto relacionado con la conductividad y las constantes dieléctricas de la superficie terrestre, entre las antenas transmisoras y receptoras, así como también, con la potencia transmitida y longitud de onda.

La onda directa, es la porción de la señal de radio, que se propaga arriba de la superficie terrestre y será afectada, por la conductividad y constante dieléctrica de la atmósfera, no siendo alterada por las constantes terrestres.

A frecuencias bajas, una porción de las señales transmitidas arriba de la superficie terrestre, se refleja hacia la tierra por la Ionósfera. Esta señal reflejada, se conoce con el nombre de "sky wave". A frecuencias más altas VHF/UHF, las señales normalmente penetran a la ionósfera sin sufrir una reflexión apreciable.

Para los métodos de comparación de fase, que emplean la propagación de onda terrestre, "sky wave", la onda reflejada es frecuentemente el límite

para la distancia, particularmente en la noche. Entre el anochecer y el amanecer, las capas ionizadas, se encuentran más cercanas a la superficie terrestre, de lo que normalmente están durante el día. Esta señal "sky wave" se mezcla con la onda terrestre, formando una señal compuesta en, el receptor. Ahora bien, ya que la transmisión de la señal "sky wave" es generalmente inestable en fase, puede originar que la señal compuesta sea también inestable, si la señal "sky wave" es de una amplitud apreciable, en relación con la señal de la onda terrestre. Por lo tanto, durante la noche, el método de comparación de fase, puede ser de menor exactitud o completamente impráctico, dependiendo de los rangos de operación y de la cantidad de señal "sky wave" presente.

Como se mencionó previamente, en las frecuencias VHF/UHF, la onda terrestre se atenúa muy rápidamente. La señal "sky wave" casi no existe a esas frecuencias, y solamente la señal transmitida directamente, entre las antenas transmisoras y receptoras es de interés. Estas señales generalmente viajan en líneas rectas, siendo refractadas por la atmósfera en una pequeña proporción. Los métodos que utilizan frecuencias VHF/UHF son, generalmente, de líneas de observación directa (line of sight). El rango de estos sistemas se puede incrementar, aumentando la elevación de las antenas transmisora y / o receptora para transmitir más allá del horizonte. Existe una excepción, la cual resulta ventajosa para el usuario de la radio posición. En algunas capas templadas del mar, y cuando las condiciones de temperatura son estables, se forma una capa super-refractora sobre la superficie del agua de aproximadamente 1 Km. de espesor. Esta capa refracta las señales VHF/UHF más allá de lo normal, limitando la propagación de estas señales de radio, únicamente a regiones próximas a la superficie terrestre. Cuando se presentan dichas capas, el rango de estos métodos VHF/UHF se incrementa considerablemente, sin necesidad de aumentar la elevación de la antena. Este incremento puede ser de 3 ó 4 veces del rango normal. En algunas áreas, la capa super-refractora está presente durante el mayor tiempo de algunas estaciones del año. Un ejemplo de esto, es en la región del Golfo Pérsico, donde, durante aproximadamente los 8 meses más cálidos del año, esta propagación anormal se puede obtener de un 75 a 100 % del tiempo. En algunas otras regiones puede presentarse este fenómeno, pero menos constante.

La figura 7 muestra una clasificación de varios sistemas de radio posición de acuerdo con principios físicos, geometría y radio frecuencias utilizadas. El método del Shoran fue desarrollado durante la Segunda Guerra Mundial, y aún se encuentra en uso con algunas modificaciones para aumentar su rango y dar mayor exactitud a grandes distancias. El Shoran como normalmente se usa, tiene una exactitud instrumental de más o menos 50 a

	METODO DE RADAR - TRANSMISION DE PULSO		METODO DE COMPARACION DE FASE - TRANSMISION DE ONDA CONTINUA		
	225-400MC	3000-10,000MC	90-110 KC	1600-4000KC	3000-10,000MC
GEOMETRIA CIRCULAR.	SHORAN HIRAN	RADAR		TIPO DM RAYDIST DECCA HI-FIX	AUTOTAPE HYDRODIST
GEOMETRIA HIPERBOLICA			DECCA	TIPO N RAYDIST TIPO DM RAYDIST LORAC DECCA HI-FIX TORAN R.A.N.A.	

Figura 7

75 pies para un cierto rango dado. El método de Hiran es una modificación posterior del método del Shoran y aumenta la exactitud instrumental a aproximadamente de 25 a 40 pies para el mismo rango. Sin embargo hay menos equipos disponibles del Hiran que del Shoran. Los sistemas de Radar, son equipos de Radar rastreadores standard, con unidades de precisión acondicionadas para dar una mayor exactitud en la detección de las distancias. Considerando las distancias medidas, se pueden obtener exactitudes del orden de 25 a 100 yardas. En bandas de 90 a 100 Kilociclos existe equipo Decca estandar, que da una geometría hiperbólica. Este sistema fue desarrollado como un sistema de radio navegación pero se le ha encontrado uso en la radio posición, primordialmente en esas áreas en donde se considera la navegación. Su principal desventaja es la longitud de onda más larga, la cual reduce la exactitud en relación con los métodos de comparación de fase, que operan en bandas de 1600 a 4000 Kc. Generalmente es de rangos mayores que otros sistemas de radio posición, pero estos rangos mayores, no se usan en operaciones petroleras.

El siguiente grupo de métodos de comparación de fase, en bandas de 1600 a 4000 Kc. es a los que se les ha encontrado mayor aplicación. Se notarán que dos sistemas: el tipo DM Raydist el Decca Hi-Fix, aparecen bajo las geometrías hiperbólica y circular. En configuración circular son limitadas, mientras que en configuración hiperbólica, pueden ser utilizados por cualquier número de unidades móviles. El sistema tipo N Raydist y el Lorac son casi similares en su instrumentación y han sido utilizados en los EE. U.U. con preferencia sobre cualquier otro sistema de comparación de fase. Los sistemas Toran y R.A.N.A. fueron desarrollados por compañías francesas, pero se les ha encontrado una aplicación muy limitada hasta la fecha.

Los sistemas Autotape e Hydrodist, son adaptaciones de los sistemas más conocidos Electrotape y Tellurometer, dispuestos para sistemas de posición en lugar de medir distancias únicamente. Estos equipos probablemente, son los sistemas más exactos de los que se han enumerado, ya que tienen una exactitud instrumental, del orden de un metro aproximadamente, aunque son un tanto limitados en rango. La figura 8 muestra los métodos de radio posición clasificados de acuerdo con el rango y multiplicidad de los usuarios.

Hasta el momento, aún no hemos discutido la exactitud de los diversos sistemas enumerados. Para entender esto, es necesario considerar varios factores. Uno de esos factores es la respuesta del control básico. Todos los métodos de radio posición, dan información de posición relativa a las estaciones base. Si un control topográfico inexacto se emplea para obtener la posición geográfica de las estaciones base, entonces estas inexactitudes se

ALCANCE MAXIMO (EN MILLAS)				
	25-40	40-120	120-150	150-400
SINGLE PARTY	RADAR (1) AUTOTAPE (1) HYDRODIST (1)	DECCA HI-FIX (CIRCULAR)		
LIMITED PARTIES (2-3)			DM RAYDIST (3)	DM RAYDIST (2)
MULTI-PARTY		DECCA HI-FIX (HYPERBOLIC) R.A.N.A. TORAN (3)	SHORAN (1) HIRAN (1) N RAYDIST (3) LORAC (3)	RAYDIST (2) TORAN (2) STD. DECCA
<b>NOTES:</b> (1) NECESITA ANTENA ELEVADA SUFICIENTEMENTE (2) DURANTE LAS HORAS DE LUZ UNICAMENTE (3) DIA O NOCHE				

Figura 8

interpretan en la radio posición con una multiplicación, posiblemente debida a la geometría, como se verá más adelante.

El segundo factor es la exactitud instrumental. Esta es la ventaja de los instrumentos de radio posición, para transformar fielmente las señales de radio que se reciben, a coordenadas de posición. La precisión con que se puede leer el instrumento, esto es, las divisiones de los indicadores, generalmente son más precisas que la exactitud instrumental. Los tiempos de retraso y defasamiento pueden producirse en el equipo, debido a su antigüedad o reemplazo de componentes, diferencias térmicas, etc. Esos factores que tienden a mantenerse constantes durante un período de tiempo razonable, puede ser eliminado durante el proceso de calibración, pero esos factores de naturaleza inconstante, contribuyen a la inexactitud del equipo.

Otro más de los factores que contribuyen en la inexactitud del equipo, son las diferentes lecturas que se obtienen debido a los operadores. En algunos sistemas esto es despreciable, mientras que en otros, puede significar una diferencia de 10 a 15 pies en cada observación.

La exactitud conque se calibra el equipo debe ser considerada. Cualquier inexactitud en el equipo se *acarrea* como un factor constante en todas las observaciones subsecuentes al proceso de calibración. Ahora bien, la mayoría de los métodos de radio posición son calibrados dentro de un rango conocido o con respecto a un punto predeterminado, la exactitud de calibración está relacionada con la exactitud del control básico. En algunos métodos de radio posición se debe verificar la calibración más frecuentemente que en otros. Además, cambios pequeños en la velocidad de propagación, deben ser tomados en cuenta. A distancias cortas, esto no es significativo en operaciones petroleras. Pero si se requiere una exactitud de pocos pies, entonces este factor debe ser considerado. Normalmente se supone que las señales de radio viajan a velocidad constante, lo cual no sucede en la realidad. Cambios en la constante dieléctrica y conductividad de la atmósfera y la superficie terrestre, ocasionan cambios en la velocidad de propagación.

Para los métodos que se usan el modo directo de radio propagación, algunos de los cambios en la velocidad de propagación, pueden ser eliminados, corrigiendo los cálculos de velocidad, que se basan en observaciones meteorológicas hechas durante la medición. En la mayoría de los casos, la exactitud adicional que se obtiene mediante este método, no justifica el gasto correspondiente para obtener la información meteorológica e incorporarla en los cálculos.



Para los métodos de radio posición que emplean la propagación de onda terrestre, es difícil determinar los factores de propagación de la corteza y su velocidad exacta. La velocidad de propagación en el mar, es más constante y es determinada con mayor exactitud de lo que sucedería en tierra. Existiendo menor atenuación de la onda terrestre en el primer medio, que en el segundo. Por esta razón, las estaciones base de estos sistemas, normalmente se localizan en la costa, para evitar trayectorias de transmisión terrestre. Esto tiene la ventaja de incrementar el rango de la onda terrestre y hacerla menos susceptible a interferencias de la onda "sky wave" para cualquier distancia dada.

Por último, debemos considerar la geometría de la red de radio posición cuando se especifica la exactitud de posición. Todos estos factores que se han mencionado, deben ser aplicados independientemente de las distancias y coordenadas de posición por determinar. Por ejemplo, si consideramos el método del Shoran, podemos decir que la precisión instrumental del sistema bajo ciertas condiciones, puede ser de más o menos 50 pies para un rango dado. Ahora bien, ya que se utilizan 2 círculos en la determinación de una posición dada, debemos conocer el ángulo de intersección de estos círculos en la posición en cuestión, para especificar la exactitud de posición. Esto se ilustra en las figuras 9a y 9b, la cual muestra dos círculos que se intersectan a ángulos de 90, 60 y 30 grados. Los segmentos de círculo, se muestran como líneas rectas por simplicidad. Bajo condiciones de operaciones reales, en todas las distancias, excepto las más cortas, los círculos dentro de los puntos de intersección, tienden a ser rectas. En cada caso, hemos supuesto un error en rango, de una cantidad arbitraria "a". Este error puede ser positivo o negativo. En un ángulo de intersección, de 90°, el paralelogramo de error tiene la menor superficie posible, con una máxima tolerancia de aproximadamente 1.4 veces el error del rango. Como el ángulo de intersección empieza en 90°, el paralelogramo de error se alarga. A 60° la tolerancia es de aproximadamente dos veces el error del rango y a 30 grados es de aproximadamente 4 veces.

Se observó anteriormente, que una geometría hiperbólica, diverge cuando se incrementa la distancia a la línea base. Como los instrumentos que miden la base, tienen una precisión que es función de una fracción de la distancia entre vías adyacentes (generalmente "vías" de 0.01), la divergencia

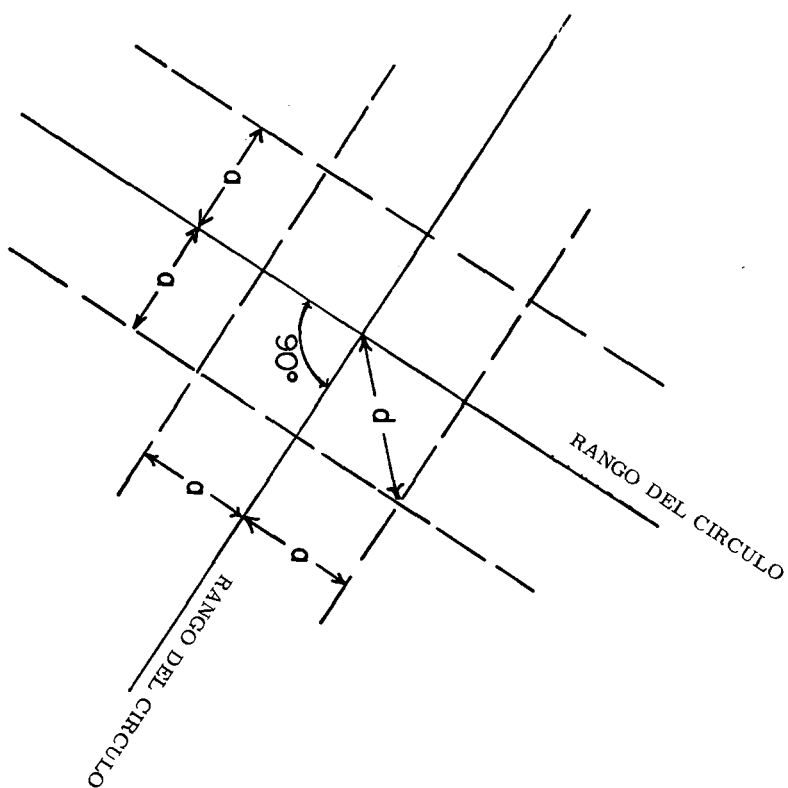


Figura 9a

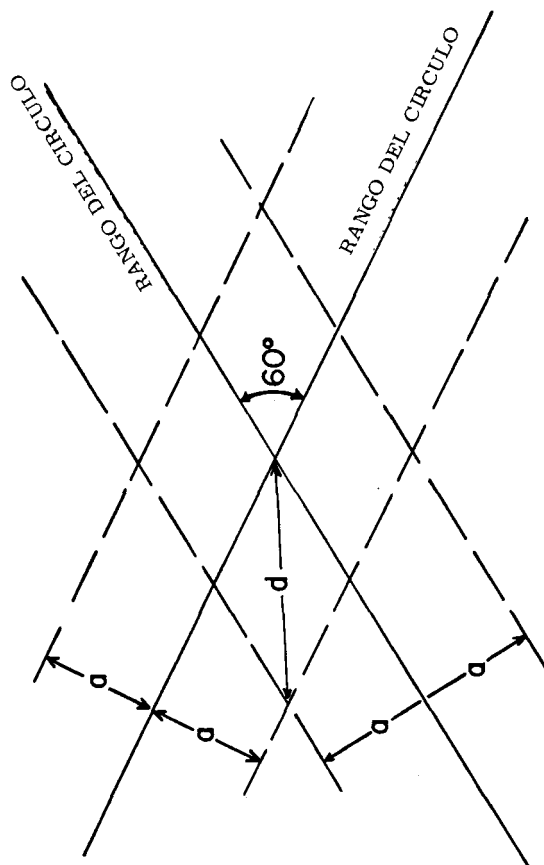
$$d = 1.4 d$$

Angulo de intersección de  $90^\circ$

produce pérdidas en exactitud de posición en las distancias, aún cuando el equipo mantiene la misma exactitud de fase media. En la operación de un sistema de radio posición, para cubrir una posición dada, se debe tomar en cuenta la localización de las estaciones base, para obtener los mejores ángulos de intersección, entre éstas y los puntos por localizar en toda la superficie de operación. En algunos casos donde la facilidad de escoger el control básico es limitada, esta situación puede ser por demás difícil hasta el grado de nulificar toda actividad, a menos que se establezcan estaciones de control adicionales antes de las operaciones de campo.

En cuanto a posición se refiere, no tan solo interesa la exactitud total del sistema, sino también la exactitud relativa y la repetición en las lecturas. La exactitud relativa es la eficiencia del sistema, para localizar puntos dentro de una superficie con relación al otro. La repetición de lecturas, es la eficiencia del sistema, para obtener la misma lectura de un punto previamente determinado. En algunos casos, la exactitud relativa y la repetición de lecturas, puede ser más importante en el resultado final, que la exactitud total del sistema. Generalmente la exactitud relativa y la repetición de lectura de un sistema, es mejor que la exactitud absoluta. Esto es, porque los factores que contribuyen a errores en la exactitud absoluta, son esencialmente de la misma magnitud que para aquellos puntos localizados dentro de una superficie de operación dada, y permanecen relativamente constantes por largos períodos. Por ejemplo, el control básico normalmente es el mismo, si se utiliza el mismo sistema para los puntos en cuestión. Si se tiene un error en la velocidad de propagación supuesta, este se mantendrá constante sobre una superficie limitada, etc.

Existen además otras características que deben ser consideradas en sistemas de radio localización. Algunos sistemas tienen la ambigüedad de posición, que es más de los que pueden proporcionarnos los medidores del sistema. Un ejemplo de esto, es el sistema del Shoran, en donde la lectura puede ser de 100 millas y repetirse después. En este caso particular la ambigüedad no es muy importante, ya que no es usual que se desconozca la posición del sistema desde otra fuente, en un rango de 100 millas. Otro caso posible de ambigüedad, es aquel en donde las estaciones base están localizadas en islas, de manera que es posible trabajar en ambos lados de la línea de base. Ahora bien, ya que los círculos de intersección o líneas hiper-



$$d=2a$$

Angulo de intersección de  $60^\circ$

Figura 9b

bólicas de posición, se proyectan en ambos lados de la línea de base, debe conocerse además de las coordenadas de radio posición, en que lado de la línea de base se está trabajando.

Los casos más serios de ambigüedad de posición, ocurren en los métodos de comparación de fase de la radio posición. Se mencionó previamente, que la fase puede ser relacionada con el tiempo y distancia, pero la fase no es una cantidad discreta como lo son tiempo distancia, sino que es una cantidad repetitiva. En un indicador de fase, cada cambio de  $360^\circ$  de fase, aparecería como cualquier otra. Por lo tanto, en los métodos de comparación de fase, los medidores son capaces de indicar el número de grados de fase relativa a la parte fraccional de una "vía" (lane), pero son incapaces de indicar directamente el número completo de ciclos en el cambio de fase o el número de "vías". Esta dificultad normalmente se evita, calibrando el equipo en un punto conocido y llevando un record de los cambios de fase o "vías" a otras posiciones que se quieren localizar, conservando el record automáticamente del número de revoluciones de los medidores de fase cuando están operando. A primera vista esto pudiera indicar que el problema de ambigüedad estuviera resuelto y generalmente esto sucede. Sin embargo, hay casos, en donde puede existir un mal funcionamiento del equipo o que se desconecte. Lo que en realidad sucede es que el número total de "vías" puede ser falso, cuando el equipo permanece inactivo por un tiempo tal, que se pierda la posición de un móvil, barco o avión al trasladarse de una vía a otra. Para prevenir la pérdida de información en la enumeración de vías en trabajos marinos, lo que normalmente se hace, es instalar boyas cuando el equipo deja de funcionar o se apaga durante la noche. Las lecturas de las vías se continúan desde la boya, cuando las operaciones se reinician. Sin embargo, las boyas tienen la desventaja, de que pueden oscilar, particularmente cuando se dejan por largos períodos de tiempo. Pero en muchos casos, es la única posibilidad para reiniciar el recuento de vías, en lugar de reiniciarlo desde algún otro punto conocido.

Todas las compañías que se dedican a la fabricación de equipo de comparación de fase, están trabajando sobre un proyecto electrónico para la enumeración de vías, con el fin de que cuando el sistema sufra una interrupción, no se tenga que recurrir a la boya o a un punto ya conocido como referencia. Algunos sistemas ya tienen este aditamento. Sin embargo, no

se encuentra del todo perfeccionado, pero ya es el principio para lograrlo. Este proyecto permitirá la determinación de las vías, conociendo la posición del transmisor por otro medio dentro de un rango de 8 a 12 vías. Es decir, si la posición de un transmisor se puede localizar dentro de una zona de 8 a 12 vías, entonces mediante este aditamento se puede determinar cualquier vía en particular.

La ambigüedad de posición con los problemas que involucra, además de la pérdida de tiempo, al localizar puntos predeterminados para la localización de vías, es una de las razones por la que los sistemas más antiguos, esencialmente los no ambiguos, tales como el Shoran, continúan siendo de gran utilidad en la radio posición, aunque no tengan la exactitud requerida de los métodos de comparación de fase más modernos.

Otra característica de algunos sistemas de radio posición, es su utilidad en proyectar el control básico en áreas en donde no existía previamente. Esto se satisface en algunos métodos circulares tiempo distancia, tales como el Shoran. Se puede medir la distancia entre un punto conocido y otro por determinarse, sobre la superficie terrestre, poniendo una estación base en un punto y una estación móvil en el otro. Repitiendo este proceso, se pueden obtener sistemas de tres puntos y tres lados, para establecer estaciones de control dentro de la exactitud del sistema del Shoran. Esto puede ser muy importante, en áreas en donde se carece de redes de control exactas. Para escoger un sistema de radio posición, que desempeñe un trabajo particular o aplicación, se deben considerar un número de factores, muchos de los cuales están interrelacionados. Primero, se debe localizar un sistema que tenga la suficiente exactitud y rango, para satisfacer los requisitos inmediatos. Si aún existe margen para escoger, entonces se deben considerar otros factores, tales como la movilidad de las estaciones base (cuando se requieren mover durante la operación); la localización de los puntos de control básico disponibles versus la identificación de esos puntos como estaciones base; servicios de campamento, transportación local, etc. Cuando el control básico se localiza a lo largo de la costa, esta localización es apropiada para los métodos de comparación de base, que usan la propagación de onda terrestre, pero puede ser inadecuada para los métodos de "línea de horizonte" que requieren elevación de antena. Inversamente, si el control básico se encuentra en la cima de una montaña, esto sería favorable para los métodos

de "línea de horizonte", y naturalmente, sería inadecuado para la propagación de la onda terrestre. El número de estaciones base que se requiere para un sistema puede ser un factor. Por otra parte, un sistema que requiera un número de dos estaciones base, puede cubrir mucho menor área que un sistema que requiera de 3 estaciones. Un sistema de 3 ó 4 estaciones, resulta mucho más económico que el de dos, debido a que requiere menor movilización de las estaciones, aunque el mantenimiento del de 2 estaciones sea más económico.

Los problemas de ambigüedad de posición y la falta de control en la enumeración de las vías debe ser considerada. El tiempo que se pierde en reiniciar la enumeración de éstos, resulta antieconómico, en relación con el tiempo de operación, si el sistema se utiliza para distancias medias y largas.

Es difícil precisar un patrón para seleccionar un sistema determinado, ya que existen muchos tipos de operación posibles, en áreas con diferentes características. Se pueden examinar todos los factores aplicables, y utilizarlos, para seleccionar el sistema más apropiado para cada caso en particular. Aún después de haber seleccionado el sistema de radio localización, la evaluación de área no termina ahí. Se deben considerar las medidas apropiadas para obtener los mejores resultados del sistema durante las operaciones de campo. La compañía que presta servicio al sistema, puede hacer recomendaciones importantes a este respecto. El contratista geofísico puede hacer sus propias recomendaciones referentes al caso. Experiencias pasadas, nos proporcionan el criterio suficiente en tales circunstancias. Una de las principales áreas, en donde el cliente puede ser de gran utilidad a la compañía de servicio, es en el control básico. Generalmente el cliente, está en una mejor posición que la compañía de servicio, en asegurar la existencia y calidad del control básico que existe dentro de una región. Estos factores deben investigarse antes de planearse la instalación, siguiendo las recomendaciones de las compañías de servicio, para escoger lugares más apropiados para la instalación del sistema. Después de que estos lugares han sido tentativamente seleccionados en los mapas disponibles de la región, es conveniente confirmar estas selecciones en el campo. En muchos casos, es preciso que el cliente, proporcione la ayuda necesaria a las compañías de servicio en la localización e identificación de los puntos de control básico. Hay unas áreas, en donde las estaciones de control básico ya existen, pero las cuales son

dificiles de localizar e indentificar, debido a una descripción diferente. Una mojonera podría interpretarse como una estación de triangulación, punto límite en un levantamiento topográfico o como cualquier otro punto de referencia. En algunos casos, el personal empleado en la instalación del sistema, puede encontrar dificultad en comunicarse con las personas que habitan dicha región y no obtener la información debida acerca de la localización de los puntos de control. Esto origina confusión y pérdida de tiempo, originándose con ello una indentificación errónea de los puntos. Los problemas que se ocasionan son obvios. Se debe de dar un margen de tiempo adecuado en la instalación del sistema, con el objeto de que se efectúe con el mayor cuidado posible. Las recomendaciones que proporcione la compañía de servicio, deben considerarse en cada caso. Normalmente las compañías, desean presentar un buen trabajo, por lo que deben de tomar el tiempo indispensable para lograrlo. Como se puede observar, el factor tiempo es de vital importancia.

Otro ejemplo en donde el tiempo es un factor importante es, el de seguir las recomendaciones sobre los métodos de calibración y hacer los chequeos de exactitud correspondientes. Aunque esto, normalmente, toma más tiempo en las operaciones del campo, resulta más económico el hacerlo a intervalos periódicos, que el darse cuenta posteriormente, que se ha incurrido en un error al obtenerse las lecturas de posición.

Para finalizar, se debe considerar muy seriamente, el no excederse en las condiciones geométricas y de distancia del sistema de radio posición. Esto puede y de hecho ocurre, en casos en donde el área programada se amplía, una vez que se ha comenzado la operación. En tales casos, existe la tendencia de ampliar las instalaciones del sistema, para cubrir nuevas áreas sin localizar nuevamente las estaciones base. A primera vista esto puede aparecer como el método más económico a seguir, pero en muchos casos, introduce problemas que no son reconocidos de inmediato, sino hasta el final de la operación.

Como se mencionó al principio de este artículo, se ha intentado dar una breve idea de la radio posición. Si ha originado polémicas y preguntas al respecto y se está consciente en el número de factores que deben considerarse dentro de la radio posición, entonces ha cumplido con su objetivo.



TRADUCCION DE LOS RESUMENES (ABSTRACTS) DE LOS  
ARTICULOS PUBLICADOS EN GEOPHYSICS - VOL.  
XXXII - No. 1 - Feb. 67.

(Con permiso escrito de la Society of Exploration Geophysicist)

- 1.—*Señales Telesísmicas calculadas para explosiones subterráneas, sub-acuáticas y atmosféricas.*

E. W. CARPENTER.

La finalidad de este estudio es proporcionar estimaciones de las señales telesísmicas de explosiones en un rango representativo de medio ambiente. El problema se divide en cuatro partes componentes: la función fuente de la explosión, los efectos elásticos (incluyendo la dispersión geométrica), los efectos inelásticos, y la influencia del sistema registrador. Se derivan las funciones fuente adecuadas a las explosiones atmosféricas, las explosiones subacuáticas, y las explosiones subterráneas, en una diversidad de tipos de roca. Los efectos del comportamiento elástico e inelástico se combinan para definir una trayectoria típica de propagación. Empleando la respuesta de un sistema particular de registro, se calculan las señales procedentes de explosiones de diferentes límites elásticos en varios medios. En particular, se obtienen curvas que ilustran las variaciones de la amplitud de la señal con el límite elástico; éstas muestran que la eficiencia sísmica relativa de las explosiones, en diferentes medios, es fuertemente dependiente del límite elástico. La contribución de la sismología de explosiones a la sismología de los temblores naturales, consiste en que permite definir con precisión los efectos de las trayectorias de propagación.

## 2.—*Filtros de Recursión para Proceso Digital.*

JOHN L. SHANKS

Los filtros digitales se aplican con más frecuencia a las series discretas de tiempo mediante la convolución de las series de tiempo con la respuesta al impulso unitario, o función de paso del filtro. Cada punto de salida calculado es una suma pesada de un número finito de los puntos de entrada. También es posible filtrar recursivamente una serie de tiempo. Esto es, podemos calcular cada punto de salida como una suma pesada de puntos de entrada *más* una suma pesada de puntos de salida previamente calculados. La ventaja de esta técnica es que ciertas operaciones de filtrado pueden efectuarse mucho más aprisa empleando la recursión que la convolución.

Un filtro recursivo puede ser expresado como una relación de dos polinomios de la variable de la transformada  $Z$ . Dada la transformada  $Z$  racional para un filtro particular, la regla recursiva o algoritmo para dicho filtro puede ser derivada. Hay varios modos para determinar la transformada  $Z$  racional para tipos específicos de filtrado. Empleando nuestro conocimiento de la transformada  $Z$ , podemos diseñar filtros especificando las raíces de dos polinomios racionales. También, podemos emplear la relación entre la transformada de Laplace y la transformada  $Z$  para convertir las ecuaciones de un filtro analógico deseable en sus equivalentes digitales. Podemos emplear técnicas de mínimos cuadrados para aproximar una respuesta deseable de impulso con una fórmula de recursión. A menudo la fórmula de recursión resultante será considerablemente más eficiente en uso que la operación original de convolución. Los filtros de Wiener también pueden expresarse como transformados  $Z$  racionales. En muchos casos las fórmulas de recursión resultantes serán completamente simples, proporcionando un proceso digital eficiente y rápido.

## 3.—*Ondas Elásticas radiadas por una Fuente Pequeña.*

K. M. CASE Y J. F. COLWELL

Se desarrolla la función de Green para ondas elásticas. Las ondas elásticas generadas por una fuente contenida en una cavidad en un medio elástico infinito, se escriben como una integral sobre la superfi-

cie de la cavidad; el integrando contiene el producto de la función de Green y los esfuerzos y desplazamientos sobre la superficie de la cavidad. Se hace una expansión multipolar de este integrando para fuentes pequeñas en comparación con las longitudes de onda radiadas. En este caso, los dos primeros términos de la expansión describen exactamente la radiación. De esta manera, las soluciones explícitas dependientes del tiempo de las ecuaciones de propagación se obtienen en función de unos cuantos parámetros que se calculan tomando promedios prescritos de los esfuerzos y desplazamientos sobre la superficie de la fuente. El procedimiento se ilustra encontrando la radiación de una simple fuente esférica.

Finalmente, se desarrolla un principio variacional por medio del cual se puede encontrar el desplazamiento sobre la superficie de la fuente, si sólo los esfuerzos aplicados son conocidos.

#### 4.—*Registro Neutrónico de Espaciamiento Dual para Porosidad.*

L. S. ALLEN, C. W. TITTLE, W. R. MILLS y R. L. CALDWELL.

La teoría de difusión neutrónica de dos grupos ha sido aplicada a dos regiones cilíndricas concéntricas, que representan el pozo y la formación, para demostrar que la relación del flujo neutrónico térmico a dos distancias apropiadamente grandes a lo largo del eje es virtualmente idéntica a la relación de flujo epitérmico, y es una medida de un solo parámetro epitérmico de la formación, a saber la longitud de retardo. La longitud de retardo es muy fuertemente dependiente del contenido de hidrógeno. Se demuestra que las variaciones en salinidad del líquido en la formación o el pozo, y las incertidumbres en el tamaño del agujero tienen relativamente poco efecto sobre la relación de flujo. Los experimentos en un modelo de pozo mostraron que la relación de flujo térmico no depende de la excentricidad de la localización de la herramienta de registro en el pozo. Los ajustes de teoría a experimento permitieron la determinación de longitudes de retardo para neutrones PU-Be en arenisca impregnada de agua salada a dos porosidades para las cuales los valores experimentales no se habían tenido previamente. Estas investigaciones sugieren que puede obtenerse un registro mejorado de porosidad mediante el uso de espaciamientos fuente-detector de 70 y 90 cm., con una fuente neutrónica de  $5 \times 10^8$  neutrones por segundo o mayor. Se recomiendan como detectores los contadores pro-

porcionales que contenga  $\text{He}^3$ . Se espera que tal sistema, empleando relaciones de flujo, sea insensitivo a la tubería de revestimiento y al cemento en pozos entubados.

5.—*Blindaje Electromagnético debido a una Zona Esférica Diseminada sobre una Esfera Conductora.*

JANARDAN G. NEGI

La respuesta del campo electromagnético bajo la influencia de un campo magnético alterno se investiga para un cuerpo mineral isométrico cubierto por una zona esférica diseminada. El medio encajante es homogéneo y relativamente pobre conductor eléctrico. La solución formal del problema de difracción se obtiene cuando la coraza conductora superyacente no uniforme tiene una simetría general esférica. Se hace un análisis más completo para tres casos importantes en donde la coraza blindadora se supone que tiene:

- 1.—Una distribución de Conductividad de ley de potencias.
- 2.—Constante de propagación decreciente linealmente en el exterior.
- 3.—Un comportamiento eléctrico homogéneo.

El procedimiento de cálculo para la evaluación de los componentes en fase y en cuadratura del factor de blindaje para el último caso se presenta junto con algunas curvas relevantes para valores paramétricos apropiados a la exploración de depósitos sulfúricos masivos. Los resultados calculados establecen un fenómeno paradójico de blindaje negativo, significando que bajo condiciones favorables un cuerpo mineral con una cubierta conductiva parecerá mejor que uno descubierto. Aunque estos resultados son contrarios a la presente filosofía de exploración, son capaces de explicar algunas observaciones registradas en el campo y en los experimentos con modelos. Debido al tratamiento generalizado el análisis, con modificaciones apropiadas, puede encontrar aplicaciones en muchos otros problemas de difracción.

6.—*Propiedades, Estadísticas de Campos de Potencial sobre un Medio al Azar.*

PRABAKAR S. NAIDU

Siguiendo un estudio de las propiedades estadísticas de un campo de potencia al azar, que se encuentra a menudo como un ruido de fondo en campos geofísicos de potencial observados, y particularmente un estudio de las condiciones bajo las cuales el proceso fortuito es homogéneo y gausiano, ha sido desarrollado un método analítico aproximado para evaluar las funciones de correlación y el espectro de potencia del proceso fortuito cuando la densidad de masa es localmente uniforme pero varía erráticamente sobre todo un espacio semi-infinito. El método es particularmente conveniente pues da un enfoque unificado para evaluar las propiedades estadísticas de los campos gravitacionales, así como de los magnéticos. La relación entre la función de autocorrelación del campo de potencial al azar y de densidad de masa al azar, es sumamente complicada, pero haciendo la suposición de que la densidad de masa en células sucesivas no tiene correlación alguna, se puede simplificar tal relación. Es asunto de considerable interés estimar, a partir de la función de autocorrelación, el tamaño de la célula característica del medio al azar que refleja las características geológicas de las rocas.

7.—*Gravímetro Marino La Coste y Romberg de Plataforma estabilizada.*

LUCIEN LA COSTE, NEAL CLARKSON, GEORGE HAMILTON.

El gravímetro La Coste y Romberg, diseñado para operación en balancines fue rediseñado para operación satisfactoria sobre plataforma estabilizada y se hizo una plataforma de ese tipo. Una modificación importante del gravímetro fue el rediseñado de la suspensión para restringir más exactamente el movimiento a un solo grado de libertad. Los errores debidos al acoplamiento cruzado entre aceleraciones horizontales y verticales, y a un insospechado tipo de acoplamiento cruzado debido a imperfecciones del gravímetro, son importantes pero corregibles.

El gravímetro de plataforma estabilizada ha sido probado en el mar. Comparado con el gravímetro de balancín, es más simple de operar; operará en tiempo borrascoso; y es considerablemente más preciso.

8.—*Evaluación Cuantitativa de un Gravímetro Marino de Plataforma Estabilizada.*

T. R. LAFEHR Y L. L. NETTLETON.

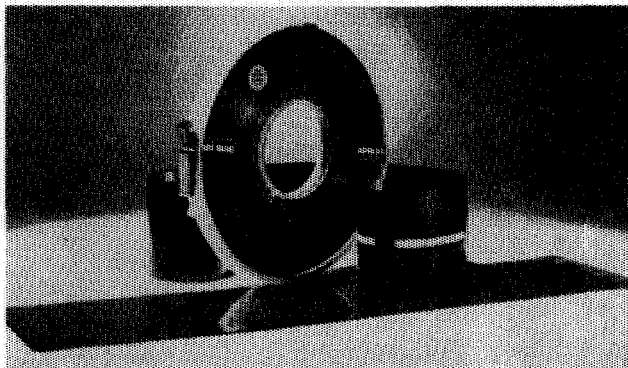
Un nuevo gravímetro La Coste y Romberg para nave de superficie, montado sobre una plataforma estabilizada fue probado sobre el campo gravimétrico conocido del domo salino del Paso de San Luis, a unos treinta kilómetros al sureste de Freeport, Texas. Se empleó un barco de 30 metros en condiciones marinas consideradas como medias para las áreas de plataforma continental somera, con oleaje de 60 a 180 c.m.

Se determinó una repetibilidad media de 0.7 miligales para 18 intersecciones de líneas, de las cuales 14 tenían diferencias de 1.0 miligales o menos. Una comparación línea por línea con el campo conocido de gravedad indica una diferencia media de 0.5 miligales entre los resultados del campo conocido y del instrumento de superficie. Se reconocieron errores sistemáticos de menos de 1.0 miligales.

El instrumento de plataforma fue probado simultáneamente con un aparato La Coste y Romberg soportado por balancines, que demostró ser más sensitivo a la dirección de travesía del barco, y no pudo hacer correcciones adecuadas de aceleración en mares picados en 15-20 por ciento del tiempo total. El instrumento sobre la plataforma estabilizada operó en todo momento en todas las seis direcciones.

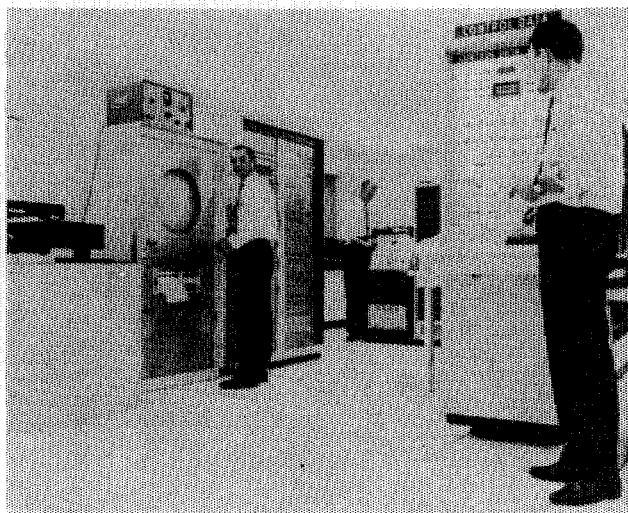
## Petty procesa cintas como estas

(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 Reflexión,  
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.



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 — México 1, D.F.

## **EXPLORACIONES:**

**GEOHIDROLOGICAS**

**PETROLERAS**

**GEOFISICAS**

**MINERAS**

## **ESTUDIOS:**

**CORROSION SUBTERRANEA**

**MECANICA DE SUELOS**

**AGUA SUBTERRANEA**

**REG. ELEC. EN POZOS**

**TOPOGRAFICOS**



## **FABRICACION Y VENTA DE EQUIPOS:**

**RELACION DE CAIDAS DE POTENCIALES**

**REGISTROS ELECTRICOS DE POZOS**

**RESISTIVIDAD ELECTRICA**

**POLARIZACION INDUCIDA**

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

**CIUDAD TLATELOLCO — MEXICO 3, D. F.**



# EXPLORACIONES,

===== S. A. =====



Iturbide No. 36    Desp. 201

Tel. 10-15-64

MEXICO, D. F.

# IV CONVENCIÓN

DE LA

ASOCIACIÓN MEXICANA

DE GEOFÍSICOS

DE EXPLORACIÓN

EN

COATZACOALCOS, VER.

DEL 15 AL 18 DE NOVIEMBRE DE 1967

TEMA CENTRAL: **ANÁLISIS DE LAS  
NUEVAS TÉCNICAS EN LA  
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA**

# **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**

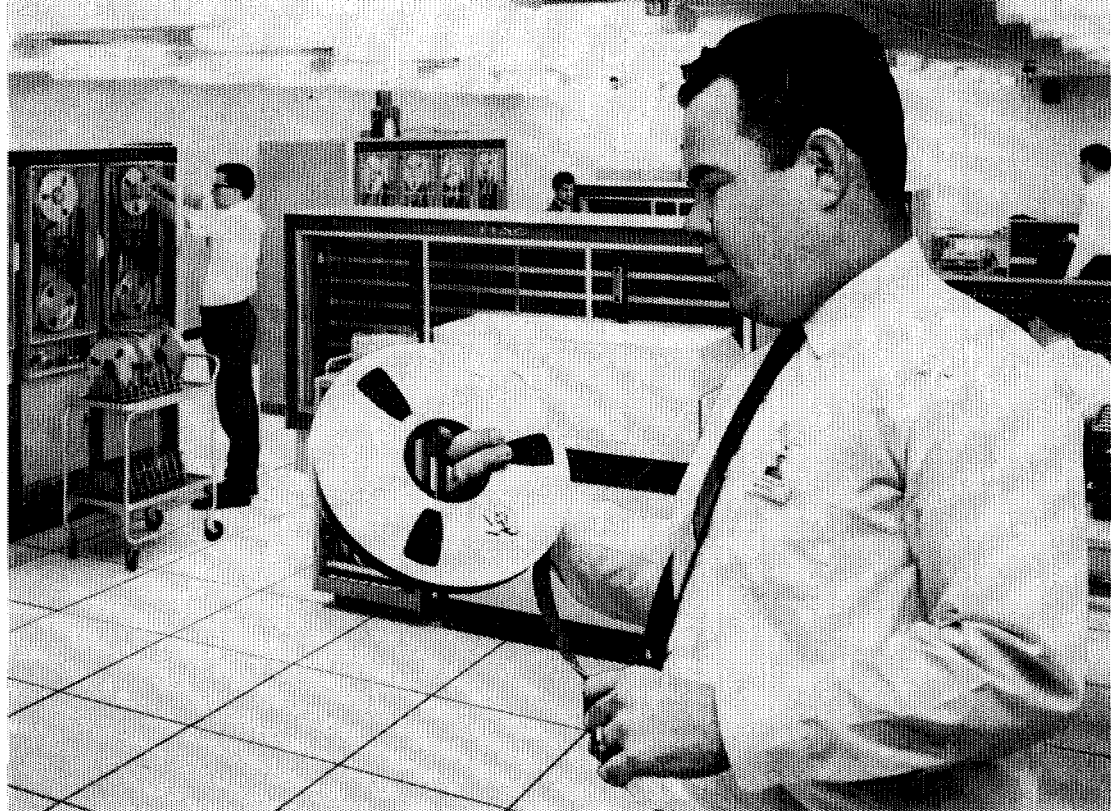
**MEXICO 1, D. F.**



SOCIOS  
\$100.00  
NO SOCIOS  
\$150.00

ADQUIERA UD. LOS VOLUMENES NUMEROS I - II - III - IV -  
V - VI Y VII CORRESPONDIENTES A LOS AÑOS DE 1960 - 1961 -  
1962 - 1963 - 1964 - 1965 Y 1966 EMPASTADOS EN KERATOL  
CON SUS INICIALES GRABADAS EN ORO.

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



## **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, él 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 específicamente diseñado para procesar datos sísmicos. Tercero, tiene a su mando una biblioteca completa de alta eficiencia, programas de producción para aprovechar la potencia elaboradora del TIAC. Sobre todo, él está respaldado por hombres de la mayor experiencia digital en producción sísmica—

Programadores, geofísicos de área, 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 múltiples, 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 procesamiento 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.

