



CONSULTORES Y CONTRATISTAS
DE
GEOLOGIA Y GEOFISICA

Compañía Mexicana de Exploraciones, S. A.

RIO BALSAS 101 8º.PISO APDO. POSTAL 5.255

MEXICO 5, D. F.

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

COMPañIA MEXICANA AEROFOTO, S. A.



ESPECIALIDADES

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

122 empleados especializados.

EQUIPO

1 Avion Queen Air A-90 Mar. XB-XAX
1 Avion Riley Rocket Mar. XB-SAR
1 Avion Beech Craft Mar. XB-VIG
2 Aviones Piper Amec Mar. XB-MOI y MOO
1 Avion Cessna 185 Mar. XB-TIS
Unidad Central de Proceso IBM. 1131
Lectora perforadora de tarjetas IBM. 1442
Unidad Impresora, IBM. 1132
1 Cámara Fotogramétrica Zeiss MRE-A
1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-9
1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-8
1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-5
3 Cámaras Fairchild
4 Cámaras para fotografía oblicua
6 Cámaras Rectificadoras

4 Cámaras de Reproducción
3 Unidades de Telerómetro MRA 3
4 Teodolitos Wild T-2
2 Niveles automáticos Wild NAK 2
4 Camionetas doble tracción
2 Autógrafos Wild A-7 con Registradora de
coordenadas
1 Estereo cartógrafo Wild A-8
1 Autógrafo Wild A-9
4 Autógrafos Wild B-8
1 Balplis 760, de 7 proyectores
2 Kelsh K-5, de 4 proyectores c u
2 Kelsh K-1, de 2 proyectores c u
2 Multiples de 8 proyectores c u

DIRECCION

Av. Obrero Mundial Num. 318 esq. con Pasteleros
Teléfonos 43-28 30 con tres líneas directas y 19-87-45
Cable AEROFOTO, MEXICO MEXICO 12, D. F.
Servicios Aereos, Av. Santa Dimas 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**

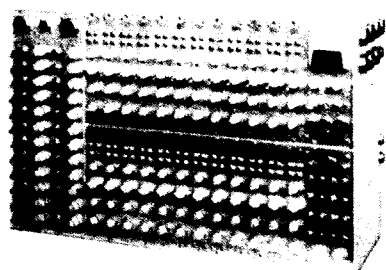
- Levantamientos :**
- Sismológicos
 - Gravimétricos
 - Magnetométricos
 - Procesado de Datos Magnéticos
 - LORAC-Levantamiento Electrónico

**SERVICIO DE
REGISTRO DE POZOS**

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

INSTRUMENTAL GEOFISICO

**DA MEJOR
RENDIMIENTO,
MAYOR DURACION
Y A UN COSTO MENOR**



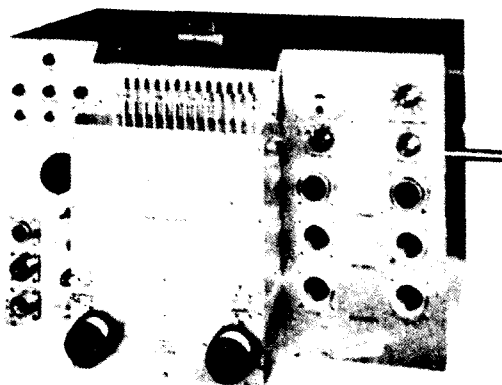
FORTUNE T-1. SISTEMA DE AMPLIFICADORES SISMICOS TRANSISTORIZADOS PARA TRABAJOS DE REFLEXION Y REFRACCION.

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

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

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

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



FORTUNE DC-2B.

SISTEMA DIRECTO DE GRABACION Y REPRODUCCION.

COMPLETAMENTE TRANSISTORIZADO

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

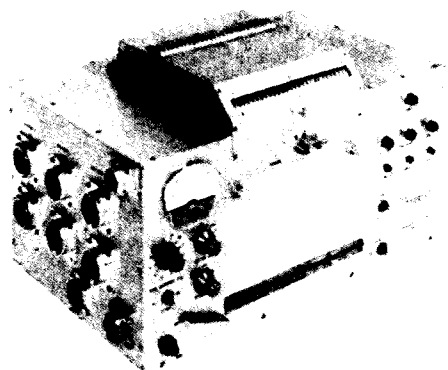
SE AJUSTA A CUALQUIER SISTEMA DE TIRO — No importa el sistema de tiro empleado, ya que mediante una barra universal de tendidos y gracias a medidores ajustables (calibrados en por ciento), es posible aplicar a cada traza la corrección dinámica adecuada.

ESPECIFICACIONES DEL MODELO DC-2B.

Transportador de la cinta. Mediante tambor, cuyo diámetro es de 7.5".
Número de canales. 24 sísmicos, 2 ó 4 auxiliares.
Tamaño de la cinta. 6 1/2 ó 7" de ancho por 24 1/2" de largo.
Distancia entre pistas. 1/4" (de centro a centro).
Velocidad de la cinta. 3.59"/segundo.
Tiempo útil de grabación. 6 seg. (el tambor da una vuelta completa en 6.6 seg.).
Corrección dinámica máxima. 150 miliseg.
Característica del motor. De histéresis de 400 ciclos.
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 × 18 × 14".
Peso. 90 libras (40.823 Kgs.).

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

....DE "FORTUNE ELECTRONICS"



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

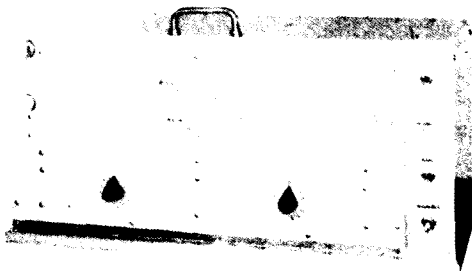
TOTALMENTE TRANSISTORIZADO — La grabadora SR - 5 ofrece los últimos adelantos en sencillez de manejo, presentando características iguales a las de sistemas más costosos y complicados.

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

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

ESPECIFICACIONES DEL MODELO SR-5.

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

El Equipo de Proceso G.S.C. serie 1000

**El Método Magnetotelúrico
en la Exploración Petrolera**

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION
MESA DIRECTIVA PARA EL PERIODO 1969-1970

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

Presidente Sa-
liente: Ing. Jesús Basurto García

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

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

El precio de suscripción para no socios es de \$ 150.00 M.N. al año y de - \$ 50.00 M.N. número suelto.

Para todo asunto relacionado con el boletín: manuscritos, asuntos editoriales, subscripciones, descuentos especiales a bibliotecas públicas ó de Universidades, publicaciones, anuncios, etc., dirigirse a:

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

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

EL EQUIPO DE PROCESO G.S.C. SERIE 1000

Por: Ing. Jesús Patricio Díaz Frias*

Durante los últimos años, el avance en las técnicas de campo y de laboratorio en la exploración sísmológica se ha realizado a un ritmo acelerado. Primero, la grabación analógica de campo, - mejorada después por la Técnica del Punto de Reflejo Común, ha resuelto muchos problemas en la exploración petrolera.

En el laboratorio, los equipos de proceso de cintas analógicas han evolucionado desde los que procesaban una traza secuencialmente hasta los que pueden manejar y almacenar la información de un gran número de cintas de campo.

Todo esto proporciona herramientas mejores para la - solución de los problemas geofísicos que se presentan en la prospección petrolera actual.

Este artículo describe, en forma general, las partes de que consta el equipo de proceso, las operaciones que en el se realizan y algunos problemas que se presentan en el manejo de la información sísmológica.

* Gerencia de Exploración, México, D. F.

INTRODUCCION

El equipo de proceso G.C.S., serie 1000 es útil para procesar cintas analógicas grabadas por el método convencional o el de punto de reflejo común.

El sistema completo consta de las siguientes unidades:

- (1) Un Sistema de Transporte dividido en dos partes: El tambor de cintas de campo y el tambor de cintas de composición.
- (2) Un Grupo de Amplificadores con controles de ganancia, C A G, filtrado, interruptor de inversión de polaridad, balanceador de línea; oscilador y medidor para ajustes de cada uno de los amplificadores, ganancia general, etc.
- (3) Un Sistema Corrector, que consta de líneas de retraso ("Delay Lines") donde se aplican las correcciones estáticas y dinámicas y la consola de control del Sistema.
- (4) Una Cámara Electrónica y control de la cámara para imprimir la sección procesada con la presentación deseada y dentro de las especificaciones requeridas.
- (5) Un Osciloscopio-Monitor para supervisar cada uno de los pasos de operación.
- (6) Una Consola Maestra de Control.
- (7) Fuentes de Poder.
- (8) Equipo Auxiliar (Osciloscopios, osciladores de audio frecuencias, volt-metros, amper metros, etc.)

La información necesaria para efectuar el procesado de líneas sismológicas observadas con la técnica de punto de reflejo común, es:

- a) Cintas magnéticas analógicas, grabadas en el campo e identificadas por el número del Punto de Tiro.
- b) Correcciones estáticas para cada una de las trazas de los puntos de tiro.
- c) Ley de velocidades.
- d) Longitud y dirección del tendido, espaciamento entre puntos de tiro, espaciamento entre grupos de detectores y distancia del punto de tiro al primer grupo de detectores.

La preparación de las cintas de campo para su procesamiento, incluye: Revisión de correcciones estáticas y perforación de una tarjeta tipo IBM para cada punto de tiro que contenga los valores de dichas correcciones estáticas.

Con la Ley de Velocidades se calculan los valores de la tabla T-Delta T para el detector más lejano y se perforan dos tarjetas dinámicas que contienen los valores del porcentaje de la Tabla T-Delta T (corrección de Primer Orden) y la Amplitud y Constante de Tiempo (corrección de Segundo Orden) que deben tomar cada una de las trazas de acuerdo a la distancia que guardan al punto de tiro (Ver Bol. AMGE Vol. VIII, No. 2 Pags. 69-91).

Además se preparan los programas de proceso y de apilamiento, que son una guía para el operador que le indica la secuencia en que debe procesar las cintas de campo, los ajustes que debe realizar y las trazas que se eliminan en el proceso.

Después de preparar éste material se inicia el procesamiento de los datos; cada una de las trazas de las cintas de campo se amplifica, se filtra, se le aplican las correcciones estáticas y dinámicas, se apila o sea que se suman los grupos de trazas de un mismo punto de reflejo y se obtiene una sección sismológica apilada con la presentación requerida, siendo éste el resultado final del proceso.

En el caso de efectuar el procesado de cintas de campo

grabadas con el sistema convencional, los datos necesarios son: Las cintas magnéticas, correcciones estáticas, ley de velocidades y la longitud del tendido. Se preparan también tarjetas de correcciones estáticas y dinámicas, la ley de velocidades tabulada y el programa de proceso.

El proceso es similar al de punto de reflejo común, la diferencia estriba en que no es necesario ningún apilamiento. Las secciones sismológicas obtenidas tendrán una presentación similar a las de punto de reflejo común.

UNIDADES QUE INTERVIENEN EN CADA TIPO DE PROCESO

El procesado de cintas analógicas de punto de reflejo común se efectúa en dos pasos de operación: En el primero se aplican las correcciones estáticas y dinámicas a las cintas de campo y en el segundo paso se verifica el apilamiento y se obtiene la sección.

En el primer paso intervienen: el sistema de transporte, los amplificadores, el Sistema corrector o "Delay Line" y el Osciloscopio-Monitor. La operación se realiza como lo muestra esquemáticamente la Figura No. 1, la información se toma de las cintas de campo y se le aplica el filtrado y las correcciones necesarias para obtener cintas auxiliares o cintas de composición, todo esto se supervisa por medio del Osciloscopio-Monitor.

En el segundo paso intervienen nuevamente el sistema de transporte y los amplificadores, conectados a la Cámara Electrónica, supervisando la operación por medio del osciloscopio-monitor.

Para el procesado de cintas analógicas grabadas utilizando el sistema convencional, el proceso requiere de un solo paso de operación, Figura No. 3, en el que intervienen: El sistema de transporte, los amplificadores, el corrector y la cámara electrónica, supervisándose la operación con el osciloscopio-monitor.

PROCESADO DE CINTAS DE PUNTO DE REFLEJO COMUN

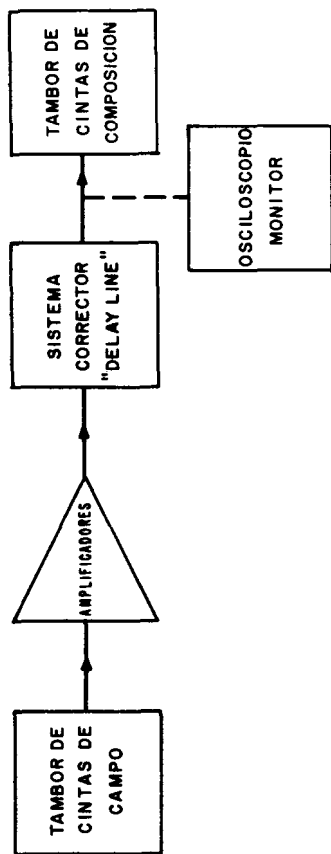


FIG.-1 PRIMER PASO DE OPERACION
APLICACION DE CORRECCIONES A LAS CINTAS DE CAMPO

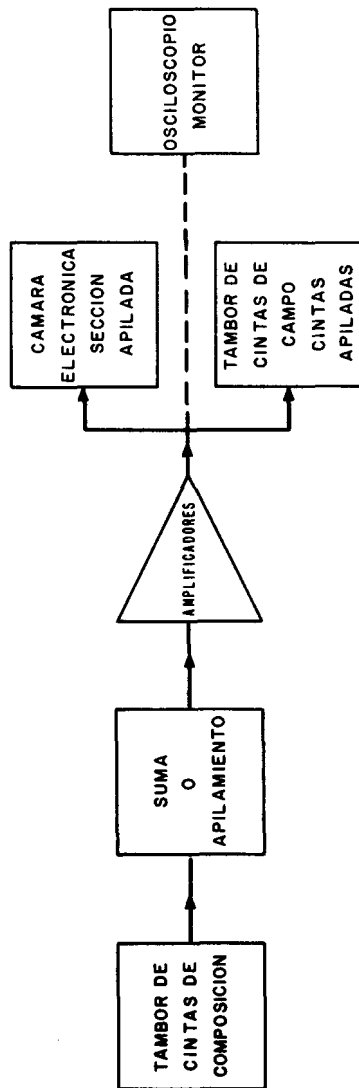


FIG.-2 SEGUNDO PASO DE OPERACION
APILAMIENTO Y SECCION

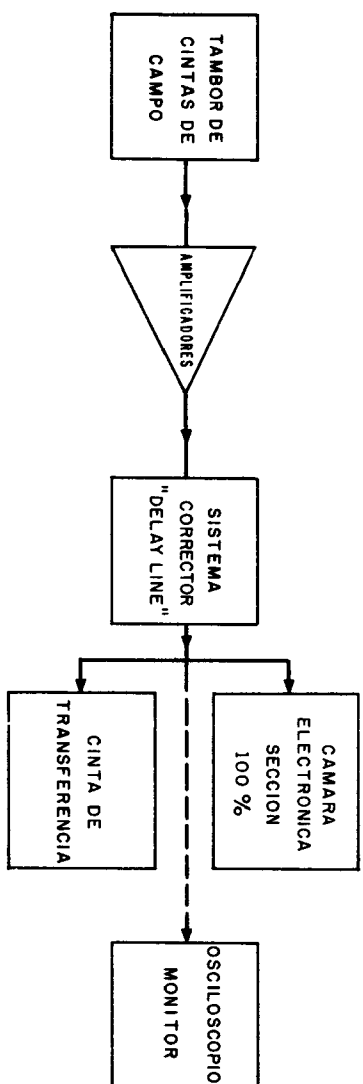


FIG.-3 PROCESADO DE CINTAS CONVENCIONALES

En ambos casos, el resultado final es la obtención de una sección sismológica impresa en papel o película fotográfica con presentación en galvanómetro, área variable, densidad variable o combinaciones entre ellas, que facilitará al geofísico la interpretación de los fenómenos geológicos que se presenten en ella.

ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO Y OPERACION DEL EQUIPO DE PROCESO

Actualmente, el arreglo geométrico de campo más común, utilizado al aplicar el método de Punto de Reflejo Común, es el que da una multiplicidad de 600% o sea, donde se suman las señales de 6 trazas de campo de diferentes puntos de tiro. Se ha tomado ésto como base para describir un equipo de proceso con capacidad para manejar 12 canales en forma simultánea y donde se procesa información de campo con una multiplicidad de 600%. El equipo de proceso puede manejar información con multiplicidad desde 100% hasta 1200%, ésto es, la suma de 1, 2, 3, 4 hasta 12 trazas de un mismo punto de reflejo.

PRIMER PASO DE OPERACION. - En éste paso se aplican las correcciones estáticas y dinámicas a cada una de las cintas magnéticas de campo, la Figura No. 1 es un esquema generalizado del flujo de la señal sísmica.

La información de las trazas sísmicas de las cintas de campo pasa a través de los amplificadores y del sistema corrector, para obtener a la salida las trazas sísmicas corregidas, grabando estas señales en las cintas de composición.

SISTEMA DE TRANSPORTE. - El sistema de transporte consta de dos partes principales:

El Tambor de Cintas de Campo, y

El Tambor de Cintas de Composición.

El primero se divide a su vez en: Tambor SIE (para cintas tipo SIE) y Tambor Techno (para cintas de éste tipo).

Se cuenta además con un potenciómetro de función, dos bancos de 28 cabezas magnéticas grabadoras-reproductoras, uno de ellos sobre el tambor SIE y el otro sobre el tambor TECHNO; un banco de 72 cabezas grabadoras y otro de 24 cabezas reproductoras para el tambor de composición y control de alineamiento por medio de microinterruptores; todos éstos elementos se representan en forma esquemática en la figura No. 4.

Se tienen en ésta parte, 12 preamplificadores de amplitud modulada y 12 demoduladores de F.M., y adicionalmente, un osciloscopio con pantalla capaz de almacenar información temporalmente (pantalla retentiva) como equipo auxiliar de trabajo continuo.

Las operaciones fundamentales que se realizan en el Tambor de cintas de campo son: 1o. Sincronización de la Cinta y 2o. Introducción de una corrección estática constante.

La cinta de campo se coloca en el tambor correspondiente (cintas tipo SIE en el tambor SIE, cintas tipo TECHNO en el tambor TECHNO) procediendo a sincronizarla al cero del equipo o pulso de T_0 , ésto se logra con el osciloscopio auxiliar y por medio de un tornillo de ajuste graduado en milisegundos que mueve el tambor de cintas de campo, girándolo en sentido positivo o negativo.

Es requisito indispensable que la cinta de campo tenga grabado el pulso de Tiempo de Corte ("Time Break") en forma clara y que se cuente en la carátula de la cinta con el dato del valor de Tiempo Vertical (pulso dado por el sismo de pozo) para comprobar con este pulso, la buena sincronización de la cinta de campo.

Se debe poner especial cuidado en la sincronización de las cintas de campo, ya que el error introducido en esta operación afectará en forma de corrección estática adicional a las trazas.

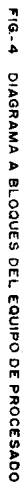


FIG.-4 DIAGRAMA A BLOQUES DEL EQUIPO DE PROCESADO

Es posible introducir un nivel de referencia o corrección estática constante para las 24 trazas de un punto de tiro, en el tambor de cintas de campo, siendo este nivel de un valor cualquiera pero prefiriéndose valores enteros como 200, 100 ó 50 milisegundos. Esto se realiza por medio de otro tornillo graduado en milisegundos que mueve el tambor de cintas de campo en sentido positivo o negativo.

FLUJO DE LA SEÑAL SISMICA. - Supongamos que se tienen cintas de campo tipo SIE de frecuencia modulada para ser procesadas; la cinta correspondiente al primer punto de tiro se coloca en el tambor SIE de cintas de campo y por medio del osciloscopio auxiliar se sincroniza; si las correcciones estáticas son del orden de 100 milisegundos se fija este valor como nivel de referencia en el tambor de cintas de campo.

Después de ésto, por medio de la Consola Maestra de Control, se envía una señal de mando, para que las cabezas reproductoras tomen las primeras 12 trazas de la cinta de campo (canales 1 al 12), la operación se ejecuta por medio de un relevador que selecciona éstas primeras 12 señales.

Como la cinta contiene señales en frecuencia modulada, se envían a un grupo de 12 demoduladores de F.M., a la salida de los cuales se obtienen las señales de la cinta de campo en Amplitud Modulada. (El flujo de la señal se muestra para el paso de corrección con línea gruesa y las flechas indican el sentido de flujo en la figura No. 4.

Si se procesan cintas de campo Tipo TECHNO, las 12 señales se reproducen con el banco correspondiente a este tambor; en éste caso, las señales de Amplitud Modulada pasarán a través de 12 preamplificadores, para elevar el nivel de la señal.

En el punto A (Figura No. 4) las señales de campo son de Amplitud Modulada y con un nivel suficiente para ser manejadas por los amplificadores, cualquiera que sea el tipo de grabación de campo.

AMPLIFICADORES. - El equipo de proceso cuenta con un grupo de 12 amplificadores, similares a los utilizados en los equipos de operación de campo.

Constan de un interruptor con el cual se puede invertir la polaridad de la señal, o sea, que sirve para utilizar correctamente las trazas grabadas en la cinta de campo con la polaridad invertida de los detectores.

Un control de amplitud en cada amplificador individual, para uniformizar la ganancia de los diferentes canales.

Balanceador de línea, que es un filtro de banda angosta - para eliminar frecuencias del orden de 50 a 60 ciclos por segundo inducidas por líneas de alta tensión.

Filtros pasa-altos y pasa-bajos con diferentes frecuencias de corte y un interruptor para emplear una sección sencilla de filtros o sección doble, cambiando la pendiente de corte del filtro.

Control Automático de Ganancia (CAG) que tiene por objeto mantener la amplitud de las trazas dentro de ciertos niveles, que permitan la observación fácil de los eventos, cualesquiera que sea la intensidad de las señales recibidas, uniformizándolas a lo largo del registro.

Además, un control de Ganancia General para los 12 amplificadores; interruptores para omitir las trazas que son demasiado ruidosas o no se grabaron, las cuales no deben ser consideradas en el apilamiento para mejorar la calidad del procesado.

Control de supresión, similar a los de equipos de campo que sirve para controlar la amplitud de las señales en la primera parte del registro; la acción de este circuito puede extenderse hasta 500 milisegundos después del tiempo de corte (T.B.), teniendo un control para regular y ajustar este tiempo de acción así como la cantidad de supresión.

Un filtro de rechazo de 50 ciclos por segundo, general para los 12 amplificadores.

El sistema de amplificadores cuenta además con los accesorios para medición y calibración de cada uno de los amplificadores, como son: Voltmetro, Ampermetro, Ohmetro, oscilador de bajas frecuencias, etc.

FLUJO DE LA SEÑAL SISMICA.- La señal a la entrada de los amplificadores es de amplitud modulada, en éstos se amplifica, se filtra y se le aplica CAG, de aquí pasa al sistema corrector.

En el amplificador tenemos como una función importante, la aplicación del CAG, es necesario recordar que el CAG lento en el registro magnético de campo permite grabar la señal con un mínimo de efecto instrumental, conservando todas sus características, dentro de la capacidad del equipo.

Al procesarse la cinta (doble aplicación de CAG) el operador queda en posibilidad de analizar los resultados con mayor libertad, aplicando el CAG que resulte conveniente. Si se ha utilizado CAG rápido de campo, el operador encontrará que el control que puede ejercer sobre esas señales es nulo, o sea que la aplicación en el procesado de CAG lento o medio, prácticamente no influirá en las señales de campo.

La aplicación del tipo de CAG de campo, depende exclusivamente del problema por resolver, pero el CAG lento siempre permitirá mayor elasticidad en el manejo de las señales en el equipo de proceso.

Es necesario efectuar pruebas en el centro de procesamiento. Para escoger los filtros que deben emplearse y el CAG que se aplique a las cintas de campo. Los amplificadores tienen la posición FUERA (OUT) para el CAG y si es posible controlar las señales grabadas en la cinta de campo en esta posición, debe emplearse para

que el efecto instrumental sea sólo el que tiene grabado la cinta de campo.

Resumiendo, la aplicación adecuada del FILTRADO, Ganancia y CAG en el amplificador servirá para no introducir efectos instrumentales a los datos de campo y obtener una sección sismológica con buena presentación donde sean fácilmente marcables los eventos que en ella existan.

SISTEMA CORRECTOR (Delay Line). El sistema corrector está dividido en dos partes: El control del Corrector y el Corrector propiamente dicho, cada uno de ellos está contenido en un gabinete.

El Control del Corrector se divide en 5 secciones:

- 1.- Curva Maestra de "Normal Move Out"
- 2.- Correcciones estáticas adicionales
- 3.- Lectores de tarjetas perforadoras
- 4.- Generadores de Correcciones de Segundo Orden
- 5.- Fuente de Poder, necesarias para los circuitos del sistema corrector

El Corrector se divide en 6 grupos de 2 líneas de retraso ("Delay Line") cada uno y los circuitos electrónicos necesarios para manejar las señales sismológicas.

Curva Maestra de NMO.- Se tienen 30 selectores de 3 dígitos cada uno, asociados a valores de tiempos de reflexión, estos valores son: -0.6, -0.4, -0.2, 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.4, 2.6, 2.8, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 y 6.0 segundos.

En cada uno de estos valores se coloca la cantidad de "DELTA T", calculada para el detector más lejano, entre 0 y 999 milisegundos, que es la capacidad máxima; los detectores intermedios tomarán el "DELTA T" adecuado por medio de porcentajes, que

se introducen en las tarjetas dinámicas.

Correcciones Estáticas Adicionales.- Se tienen 24 Selectores a 3 dígitos cada uno identificados para las 24 trazas de un punto de tiro, donde pueden aplicarse correcciones estáticas adicionales en tre + ó - 19 milisegundos, ésto es útil en el caso de observar en el osciloscopio-monitor una traza con corrección estática deficiente, ya que no es necesario perforar nuevamente una tarjeta de correcciones estáticas, sino que la sobrecorrección puede aplicarse manualmente. El primer dígito representa el signo (+ ó -); el segundo dígito 0 ó 10 milisegundos y el tercer dígito cualquier valor entre 0 y 9 milisegundos, con lo cual podrá aplicarse una corrección máxima de + ó - 19 milisegundos.

Lectores de Tarjetas.- Se tienen 3 lectores de tarjetas - perforadas, el Lector No. 1 que sirve para introducir las correcciones dinámicas (porcentaje de la curva maestra, Amplitud y Constante de Tiempo de la corrección de segundo orden) de las trazas 1 a la 12; el Lector No. 2 que tiene la misma función para las Trazas 13 a 24; el Lector No. 3 que sirve para introducir las correcciones estáticas y el valor de desvanecedor para las trazas 1 a 24.

Los tres lectores son del mismo tipo, aceptan una tarjeta normal de 80 columnas tipo IBM y leen simultáneamente ésas 80 columnas.

El formato de las tarjetas dinámicas es el siguiente:

En las columnas 1 y 2 se perfora el valor del porcentaje de la corrección de primer orden entre 0 y 99.5% en pasos de 0.5% para una traza (Traza No. 1, Tarjeta Dinámica No. 1, Traza No. 13, Tarjeta Dinámica No. 2).

En las columnas 3 y 4 se perfora el valor de la Amplitud de la corrección de segundo orden hasta 199 milisegundos máximo, en pasos de 1 milisegundo, para una traza (Traza No. 1, Tarjeta Dinámica No. 1; Traza No. 13, Tarjeta Dinámica No. 2).

El valor de la Constante de Tiempo se perfora en las columnas 5 y 6 para dos trazas, entre 50 y 995 milisegundos en pasos de 5 milisegundos. (Trazas Nos. 1 y 2, Tarjeta Dinámica No. 1; - Trazas Nos. 13 y 14, Tarjeta Dinámica No. 2).

En las columnas 7 y 8 se perfora el porcentaje de la corrección de primer orden para la Traza No. 2 en la Tarjeta No. 1 ó para la Traza No. 14 en la Tarjeta No. 2, en las columnas 9 y 10 se perfora el valor de la Amplitud nuevamente, las columnas 11 y 12 no se perforan ya que la Constante de Tiempo es para dos Trazas.

Se sigue la misma secuencia hasta la columna 72, para - ambas tarjetas. En la columna 80 se perfora un 1 para la Tarjeta dinámica No. 1 y un 2 para la tarjeta dinámica No. 2, que sirve de control para evitar errores al introducir las tarjetas en sus lectores.

En el formato de la tarjeta de correcciones estáticas se - utilizan 2 columnas para cada traza, donde pueden perforarse valores desde 0 hasta 99 milisegundos, en pasos de 1 milisegundo; el signo se perfora en las filas 11 y 12 según sea negativo o positivo; para un punto de tiro completo se utilizan 48 columnas de la tarjeta. Los desvanecedores se programan perforando una columna para cada traza. En la columna No. 80 se perfora un 3 como clave de identificación de la - tarjeta estática.

Correctores.- Se describirá a continuación uno de los 12 elementos de que consta el corrector, generalizándose ésto para el corrector completo.

Cada "Línea de Retraso" ("Delay Line") consta de un disco de aluminio de 12 pulgadas de diámetro, movido por un motor síncrono; en el filo del disco se tiene pegada una cinta magnética adhesiva.

Se tienen tres cabezas magnéticas, una grabadora, una reproductora y una borradora. La cabeza grabadora es fija, de tipo estereofónico, donde un canal se usa para grabar la información sismológica en Frecuencia Modulada y el otro canal se utiliza para grabar una

señal de cancelación de ruido.

La cabeza reproductora es también de tipo estereofónico y está montada sobre otro disco de aluminio gobernado por un servomecanismo.

El movimiento máximo de la cabeza reproductora es de 950 milisegundos, 850 milisegundos en dirección negativa y 100 milisegundos en dirección positiva como se puede ver en la Figura No. 5.

Como cabeza borradora se utiliza un imán permanente que se coloca antes de la cabeza grabadora.

Las cabezas grabadoras, reproductoras y el imán borrador no están en contacto con la cinta magnética del disco, existiendo un pequeño espacio entre ellas y la cinta magnética.

Los circuitos electrónicos en esta unidad son: Modulador y Demodulador de F.M., para la señal sísmica, Modulador y Demodulador de F.M., de la señal de cancelación de Ruido y Oscilador de la señal de cancelación de Ruido.

Funcionamiento del Sistema Corrector.- El funcionamiento del sistema corrector puede describirse dividiéndolo en dos partes:

Primera.- El control del movimiento de la cabeza reproductora.

Segunda.- El flujo de la señal sísmica.

La cabeza reproductora se mueve de acuerdo con los valores de correcciones dinámicas y estáticas que se apliquen a la Traza Sísmica.

En la Figura No. 6 se observa un diagrama esquemático de esta operación.

De la Ley lineal de velocidades se calculan los valores de "DELTA T" máximos para la traza más lejana del Punto de Tiro y se colocan en el gabinete correspondiente a la curva Maestra o corrección

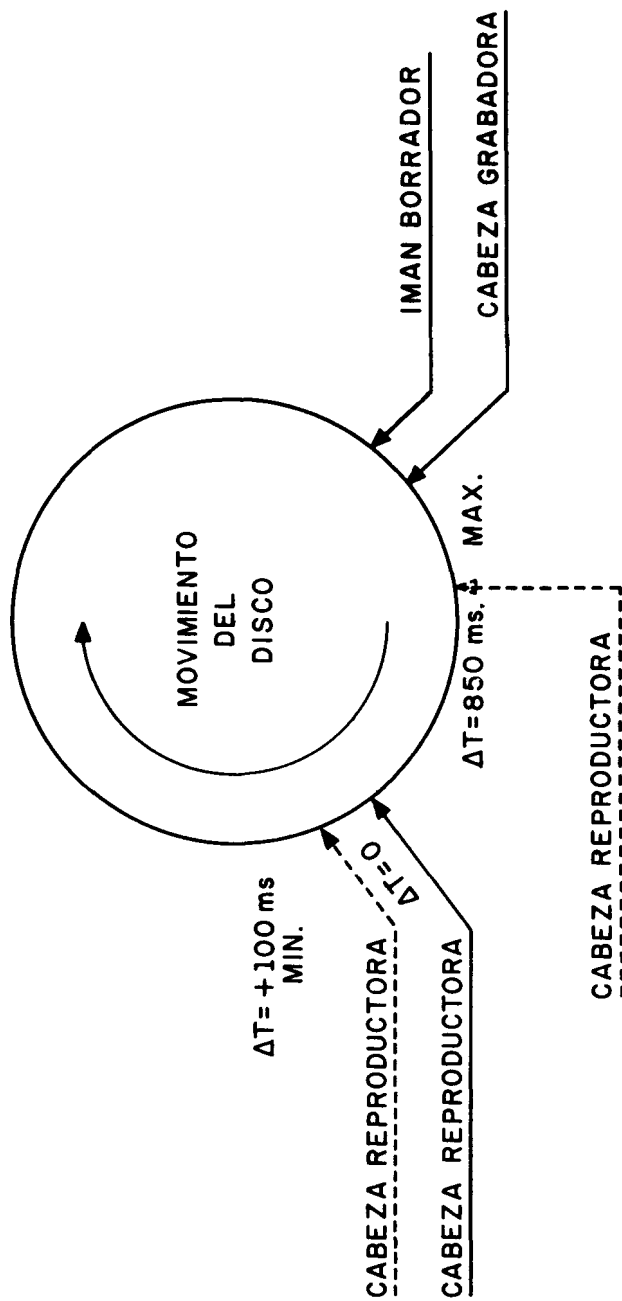


FIG.-5 ESQUEMA DEL CORRECTOR

de Primer Orden.

Por medio de un transformador se toma un voltaje correspondiente al valor de "DELTA T" en tiempo; para las trazas intermedias el valor de "DELTA T" será menor y se relaciona con el "DELTA T" máximo de la Curva Maestra por medio de porcentajes; este porcentaje se programa en la tarjeta dinámica que actúa sobre un transformador, teniendo a la salida un voltaje proporcional a la corrección de Primer Orden de cualquier traza sísmica.

Para las correcciones estáticas se tiene una entrada de 400 cps, con un voltaje determinado al primario de un transformador, en el secundario de dicho transformador se selecciona por medio de la tarjeta perforada el voltaje proporcional al valor de la corrección estática.

Si se aplican sobrecorrecciones estáticas manuales, el valor de la corrección se colocará en el tablero, en las trazas que se le aplique; los selectores servirán para controlar el secundario de un transformador similar al de las correcciones estáticas, el voltaje obtenido será proporcional al valor de la sobrecorrección estática.

La constante de Tiempo de la corrección de Segundo Orden se produce mediante la descarga de un condensador sobre una resistencia; esta señal se introduce a un modulador de anillo que modula en amplitud una señal de 400 ciclos por segundo que va al primario de un transformador; en el secundario se toma el voltaje de salida por medio de los valores de amplitud de la tarjeta dinámica, obteniéndose un voltaje proporcional a la corrección de Segundo Orden.

La suma de los voltajes debidos a correcciones de Primer Orden (Porcentaje de la Curva Maestra), correcciones de Segundo Orden (Amplitud y Constante de Tiempo), correcciones Estáticas y Correcciones Estáticas Adicionales, aparece a la entrada de un servoamplificador.

El servoamplificador da la ganancia y fase adecuadas para controlar el servomotor, el acoplamiento es directo.

El servomotor por medio de engranes mueve la cabeza reproductora y al mismo tiempo el brazo de un potenciómetro que controla los valores máximos a que puede moverse la cabeza reproductora y sirve para ajustar el valor de "DELTA T" igual a cero.

De esta manera, la cabeza reproductora se moverá bajo el mando del servomecanismo, cuya función es controlada por los valores fijados en la Curva Maestra y la corrección de Segundo Orden.

Flujo de la señal sísmica.- La señal sísmica se modula - en frecuencia y se graba temporalmente en la cinta magnética (Figuras Nos. 5 y 6), al mismo tiempo se graba una señal de cancelación de - ruido en el otro canal.

La cabeza reproductora recoge tanto la información sísmica como la de cancelación de ruido que se compara con la que se grabó para determinar la cantidad de ruido introducido en la señal sísmica y cancelarlo.

Si no se aplica ninguna corrección, la señal obtenida a la salida será exactamente igual a la señal de entrada.

La curva de correcciones dinámicas tiene generalmente una forma exponencial donde el "DELTA T" máximo aparece al tiempo de reflejo cero y el "DELTA T" mínimo al tiempo de reflejo de 6 segundos. Además se aplica una corrección estática que es constante para cada traza. La cabeza reproductora se moverá entonces desde:

Hasta:	$T_{ce} + \Delta T_{\text{máximo}}$	para $T = 0$
Donde:	$T_{ce} + \Delta T_{\text{mínimo}}$	para $T = 6 \text{ segs.}$
	T_{ce} es igual a la corrección estática total aplicada.	

La separación en tiempo entre la cabeza grabadora y la reproductora es de un segundo de atraso, cuando la corrección aplicada es cero, que se compensa después en el tambor de composición.

Supongamos que en una traza sísmica al tiempo de reflejo

de 0.6 segundos se aplica una corrección dinámica de - 250 milisegundos y una corrección estática de -75 milisegundos, lo que suma una corrección total de -325 milisegundos; la cabeza reproductora toma este valor y se mueve para recoger la señal 325 milisegundos antes de su posición a $\Delta T = 0$, esto quiere decir que la señal que se encontraba a 0.6 segundos en el sismograma de campo se encontrará a 0.275 segundos en la traza corregida.

Al aplicar las correcciones, la señal se adelantará o atrasará de acuerdo a los valores de dichas correcciones, este procedimiento involucra necesariamente distorsión y deformación de las señales (ver Boletín AMGE Vol. VIII No. 2).

Para evitar que las limitaciones instrumentales afecten en mayor grado a la señal apilada, se utilizan desvanecedores en la parte del registro que se ve afectado, de esta manera, solamente se trabaja con las señales que no han sido alteradas.

Este circuito desvanecedor se encuentra a la salida del corrector, y actúa sumando un voltaje de corriente continua negativo, de un valor mayor al que pudiera presentar cualquier señal sísmica, a la señal corregida hasta un tiempo predeterminado; de esta manera, la señal sísmica corregida se sumará o sobrepondrá al voltaje negativo obteniéndose prácticamente un voltaje de corriente continua de salida.

A la salida del corrector se tienen 12 trazas sísmicas corregidas, a las cuales se les aplicaron los desvanecedores, la señal en este punto es analógica.

Las 12 trazas sísmicas pasan después a 12 moduladores de F.M., cuya salida va a las cabezas grabadoras del Tambor de Composición.

TAMBOR DE COMPOSICION. - El tambor de composición tiene capacidad para 6 cintas de composición. Cada una de esas cintas almacena información en 96 pistas, o sea un total de 576 pistas en el tambor completo. Consta de 48 cabezas grabadoras, con un espacio--

miento entre ellas de 12 pistas y 24 cabezas grabadoras adicionales intermedias. En la primera mitad del tambor se tienen 48 cabezas con separación entre ellas de 6 pistas y en la segunda mitad del tambor 24 cabezas con separación entre ellas de 12 pistas del tambor de composición. Además, un banco con 24 cabezas reproductoras, que recogen la información de 24 pistas adyacentes.

La figura No. 7 es un diagrama para operación de 600% - donde se utiliza solo la primera mitad del tambor de composición; son necesarias en la operación de 48 cabezas grabadoras con espaciamiento entre ellas de 6 pistas, que cubren 3 cintas de composición.

Supongamos que se está corrigiendo la primera cinta de - una línea sismológica (por ejemplo: Punto de Tiro No. 1), entonces la cabeza grabadora No. 1, llevará la información de la Traza No. 1, que se grabará en la primera pista del Tambor de composición, automáticamente la traza No. 2 se grabará por la cabeza grabadora No. 2, seis - pistas adelante (pista No. 7); la traza No. 3 se grabará por la cabeza grabadora No. 3, seis pistas adelante de la No. 2 (pista No. 13); y así sucesivamente hasta la traza No. 12 en forma simultánea. En el siguiente ciclo de operación se grabará de la traza No. 13 a la traza - No. 24, ésta última se grabará por la cabeza grabadora No. 24 en la pista No. 139 como se indica esquemáticamente en la Figura No. 7.

Al grabar el punto de Tiro No. 2, debe recordarse que por el arreglo geométrico de la superficie, la traza No. 1 de este punto de tiro deberá sumarse a la traza No. 5 del punto de Tiro anterior; y así sucesivamente, la traza No. 2 del P.T. 2 deberá sumarse a la Traza No. 6 del P.T. 1, etc., como puede verse en la Figura No. 7 donde las trazas que se suman están colocadas verticalmente una debajo de la otra.

De aquí se observa que la Traza No. 1 del P.T. 2 deberá ser grabada por la cabeza grabadora No. 5; por medio de la Consola Maestra de Control se envía una señal de mando para que la cabeza -

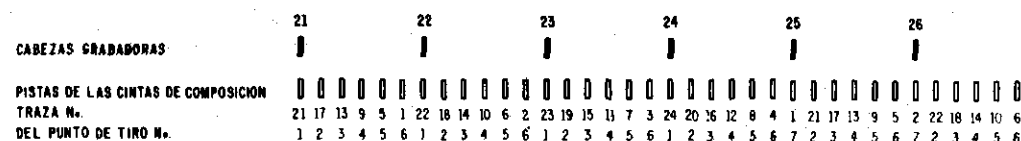
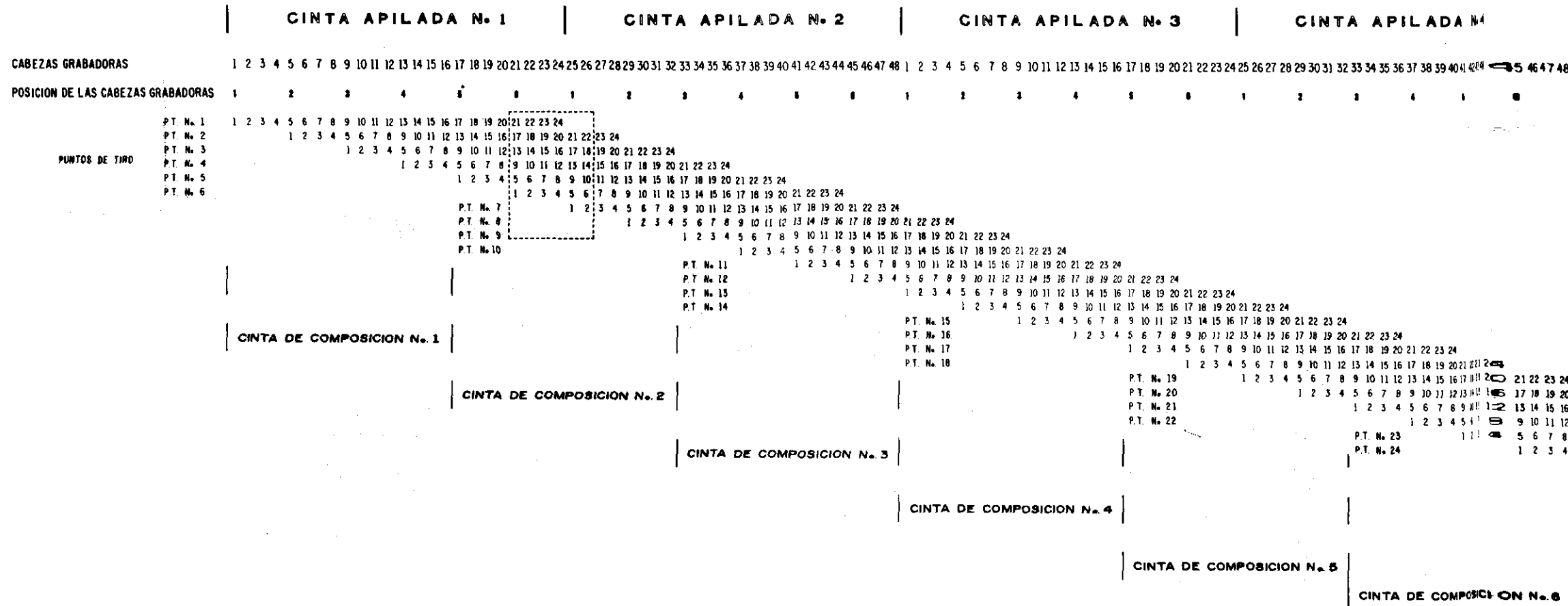


FIG.-7 DIAGRAMA DEL TAMBOR DE COMPOSICION

FIG.-8 ESQUEMA DE LA PARTE PUNTEADA DE LA FIG.-7

grabadora No. 5 lleve la información de la traza No. 1 del P.T. 2, automáticamente la cabeza grabadora No. 6 llevará la información de la traza No. 2 del P.T. 2 y así sucesivamente hasta la traza 24 que será grabada por la cabeza grabadora No. 28. Se nombra Cabeza Grabadora de Mando a la Cabeza grabadora que lleva la información de la Traza No. 1 (para el P.T. 2 la cabeza grabadora de Mando será la No. 5).

Para no borrar la información grabada del punto de tiro anterior se mueven las cabezas grabadoras a la siguiente pista, ésta operación se controla también por medio de la Consola Maestra de Control.

En esta forma la traza No. 1 del P.T. 2 quedará grabada junto a la traza No. 5 del P.T. 1 la traza No. 2 del P.T. 2, quedará contigua a la traza No. 6 del P.T. 1 etc. En general, la cabeza grabadora de mando, será la que determine la secuencia en que se graben las trazas del punto de tiro y la información que va a sumarse se graba en pistas consecutivas. Al grabar el punto de tiro No. 6 la cabeza grabadora de mando será la No. 21 y la pista por grabarse será la número 6; de aquí en adelante se tiene multiplicidad de 600% hasta que ésta decrece nuevamente al final de la línea.

En el punto de Tiro No. 8 se observa que las trazas Nos. 21, 22, 23 y 24 deben grabarse con las cabezas 1, 2, 3 y 4 en la cinta de composición No. 4; para ésto se substituye la cinta de composición No. 1 y su lugar lo ocupa la No. 4; la cabeza grabadora de mando será la No. 29. (que lleva la información de la Traza No. 1) y la pista por grabarse será la número 2.

La Figura No. 8 es un esquema físico de la parte encerrada en línea punteada de la Figura No. 7. Este esquema representa 6 cabezas de grabación (Nos. 21, 22, 23, 24, 25 y 26) y las 36 pistas de la cinta de composición que se graban al corregir las cintas de campo correspondientes a los puntos de tiro del número 1 al 7. Obsérvese que las trazas que van a sumarse quedan colocadas unas junto a las otras.

Las cintas de composición almacenan temporalmente la información sismológica corregida y colocada en forma ordenada por - grupos de 6 trazas que se suman, en frecuencia modulada; el proceso se verifica en forma continua, tan largo como puntos de tiro tenga la línea que se procesa, terminando así el Primer Paso de Operación.

SEGUNDO PASO DE OPERACION. - En este paso, la información de las cintas de composición, se suma o apila y las señales apiladas pasan a través de los amplificadores a la cámara electrónica donde se obtiene la sección sismológica en papel o película fotográfica, y simultáneamente, se graban las cintas apiladas que contendrán la - misma información que la sección sismológica.

La Figura No. 2 es un esquema generalizado de esta opera-ción.

REPRODUCCION DE LAS TRAZAS CORREGIDAS. - Al te-ner corregida toda la información correspondiente a una línea sismoló-gica, se colocan nuevamente las cintas de composición en el tambor de composición y con las cabezas reproductoras se toman las señales de 24 pistas; correspondientes a 4 grupos de 6 trazas del mismo punto de reflejo en el caso de multiplicidad de 600% (si se tiene multiplicidad de 1200% se reproducirán 2 grupos de 12 trazas del mismo punto de reflejo).

Estas 24 señales pasan a través de 24 demoduladores de - F.M., a la salida de los cuales se tiene la señal en Amplitud Modulada. De aquí las señales van al "Switch X" que se discute en la parte del - Muestreo de Trazas. El flujo de la señal sísmica, para el segundo pa-so de operación, se muestra en la Figura No. 4 en línea doble.

APILAMIENTO O SUMA. - Del "Switch X" las 24 señales pasan a una red de resistencias, donde se suman los voltajes de los - grupos de seis señales para obtener 4 trazas apiladas, o sea que:

$$V_s = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6$$

el voltaje de salida es igual a la suma de los voltajes individuales.

Estas 4 trazas apiladas pasan nuevamente por los amplificadores sismológicos (Figura No. 2).

AMPLIFICADORES. - En este segundo paso de operación se utilizan solo 4 amplificadores del grupo de 12.

Si la señal tiene un nivel elevado debe evitarse que pase nuevamente a través de los amplificadores, para que no tenga un manejo instrumental excesivo; en caso contrario, se procurará que la ganancia y el filtrado afecten en forma mínima a la señal sismológica.

Además, en el amplificador puede aplicarse una mezcla, tomando parte de la señal de las trazas adyacentes y sumándola a la traza central, en forma similar a los equipos de campo.

A la salida del amplificador se coloca el osciloscopio-monitor para observar las señales apiladas; del amplificador la señal sigue dos caminos: Primero, va a grabarse a una cinta magnética y Segundo, se graba en una sección de película fotográfica.

GRABACION DE LA CINTA APILADA. - La cinta apilada se graba en el tambor de cintas de campo, puede escogerse de tipo - TECHNO o SIE utilizando alguno de los dos tambores.

Para grabar la cinta apilada se utilizan 4 amplificadores - de grabación ó 4 moduladores de F.M., (se cuenta con grupos de 12 - que se utilizan cuando se procesan cintas convencionales), según sea el tipo de grabación escogido.

En la Figura No. 4 se indica la grabación de cintas tipo - TECHNO, donde la señal de cada traza apilada pasa por un amplificador de grabación y de ahí a la cabeza grabadora. Puede utilizarse una cinta tipo SIE y grabarse en frecuencia modulada; en este caso la señal pasará por un modulador de F.M. y se grabará en la cinta apilada.

Después de haber grabado las primeras 4 trazas apiladas, por medio de la consola Maestra de Control, se envía una señal de control a las cabezas reproductoras del tambor de composición para que

se coloquen en su siguiente posición y coleccionar la información de las siguientes 24 pistas que se apilan y se graban en la cinta apilada (Trazas apiladas 5 a 8). En seis operaciones consecutivas se tendrá una cinta apilada.

En la parte superior de la Figura No. 7 se indican las cintas apiladas y la información de campo que contiene cada una de ellas.

GRABACION DE LA PELICULA FOTOGRAFICA. - Simultáneamente a la operación de grabar las cintas apiladas, se imprime una sección sismológica en película fotográfica, interviniendo en ello dos unidades: La Cámara Electrónica, o sea el sistema de proyección y la Unidad de Control de las operaciones de la Cámara Electrónica.

La Cámara Electrónica contiene:

Un Tambor para colocar la película o papel fotográfico.

Un sistema óptico y

Un tubo de rayos catódicos.

La unidad de Control de la Camara se compone de tres partes básicas:

Los circuitos electrónicos como "multiplexers", unidad de control, generador de líneas de tiempo.

La unidad de reflexión,y

La unidad de alineamiento

La Cámara Electrónica es un instrumento moderno diseñado para imprimir secciones sismológicas o cualquier tipo de información analógica con precisión y claridad.

Flujo de la señal sísmica.- Los datos sísmicos se alimentan a la Unidad de control de la Cámara desde la salida del amplificador en forma analógica, secuencialmente (una sola traza) o simultáneamente (en nuestro caso, 4 trazas; pudiendo introducirse hasta 48 trazas).

Estos datos son "multiplexados" (El "Multiplexer" es un selector secuencial electrónico que va tomando una muestra de cada una de las 4 trazas apiladas y a la salida se tiene un solo canal con la información de esas 4 trazas apiladas) convertidos a pulsos modulados y alimentados por medio de un amplificador de video a la rejilla de control del tubo de rayos catódicos en el proyector de la Cámara (Figura No. 9).

La magnitud del pulso es proporcional a la intensidad luminosa y la duración del pulso determina el ancho de la traza y su posición.

La señal sismológica aparece como un punto que se mueve horizontalmente a través de la cara del tubo de rayos catódicos, repetidamente a 4 kilociclos por segundo. La imagen resultante se proyecta a través del sistema de lentes hasta la película o papel fotográfico, que está fijo sobre el tambor de grabación el cual gira con una velocidad constante. Con una anchura de 4 trazas por pulgada es posible imprimir 24 canales simultáneamente.

Usando lentes de 75 mm. y variando la distancia focal se tendrán reducciones ópticas de 1:1 hasta 16:1, con tambores de diferentes tamaños.

Operación de la Cámara Electrónica.- La Cámara opera automáticamente; primero grafica los datos del modo deseado y después mueve el proyector a la siguiente posición seleccionada, antes del siguiente ciclo de operación.

El tambor de la cámara es de 42 pulgadas de ancho, tiene un período de rotación de 7.5 segundos y una velocidad en la superficie del tambor de 10 pulgadas por segundo. Esta velocidad puede variarse intercambiando tambores de diferentes tamaños.

Las formas de presentación son:

Galvanómetro (Wiggle)

Galvanómetro y Densidad Variable

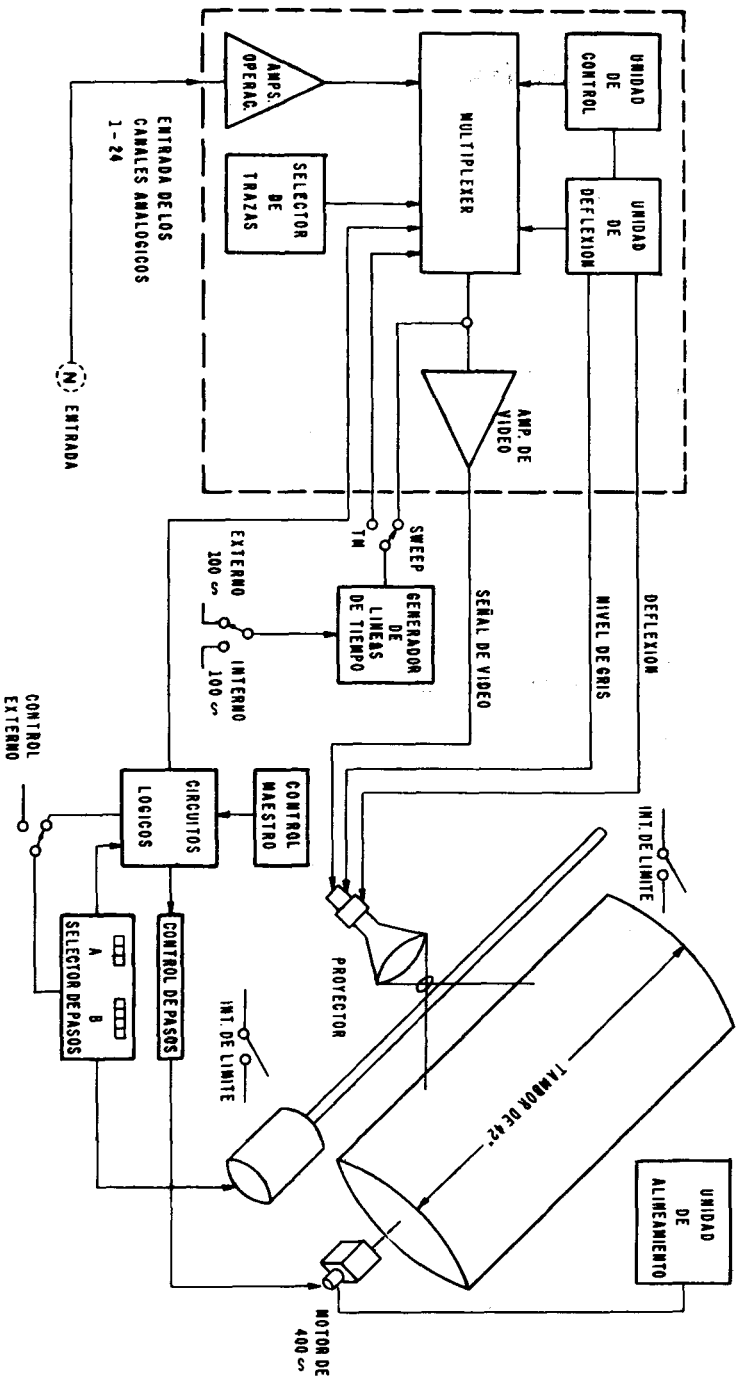


FIG.-9 DIAGRAMA A BLOQUES DE LA CAMARA ELECTRONICA

Galvanómetro y Area Variable

Area Variable

Densidad Variable

dependiendo de los ajustes que se hagan en la Unidad de Control de la Cámara.

Además de la información sísmológica se imprimen líneas de tiempo, sin las cuales aquella no sería fácilmente manejable. Las líneas de tiempo pueden estar gobernadas por las señales de tiempo - grabadas en la cinta de campo; por una fuente externa a la cámara o por una fuente interna de 100 ciclos por segundo.

Refiriéndose a 24 trazas sísmicas, las líneas de tiempo pueden hacerse aparecer a través de la totalidad de las trazas, en forma - parcial o en un canal solamente; en intervalos de 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 ó 1 segundo y en cualquier combinación.

El proyector de la Cámara Electrónica consiste de un tubo de rayos catódicos y un sistema óptico acoplado, está montado sobre un tornillo de precisión que sirve para mover toda la unidad.

Un motor de corriente directa mueve el proyector sobre el tornillo de precisión en incrementos del orden de 0.1 mm.

La distancia que se desplaza el proyector se controla por valores seleccionados manualmente en la Unidad de Control de la Cámara, colocándose dos valores, uno como Paso "A" entre 0 y 999 (representa hasta 999 incrementos de 0.1 mm, así si se escoge el valor 500 el Proyector se moverá 50 mm.) y otro como Paso "B" entre 0 y - 9999. El proyector puede avanzarse automáticamente seleccionando el paso adecuado o con un control manual.

Se tiene un contador mecánico que indica el valor de los incrementos acumulados. Un interruptor de límite indica el lugar hasta el cual puede moverse el proyector de la Cámara.

UNIDAD DE CONTROL. - En la Unidad de Control de la Cámara se localizan los controles generales para el ancho de la grabación,

intensidad y anchura de las líneas de tiempo, intensidad de las trazas sísmicas y nivel de gris. Además, se cuenta con controles individuales en cada "multiplexer" para la amplitud del galvanómetro (Wiggle) o la densidad variable, polaridad y supresión de la traza y líneas de tiempo.

Para mayor facilidad de mantenimiento y operación los circuitos están contenidos en forma integral o tarjetas. Se requiere una tarjeta por cada "Multiplexer" que contiene los comparadores de nivel de señal, moduladores de pulso, circuitos lógicos y ajustes de los controles necesarios para convertir la señal sísmica analógica a pulsos adecuados para la presentación al tubo de rayos catódicos.

Por medio de controles individuales se selecciona el nivel y la polaridad de la señal, el nivel de gris, si la traza y líneas de tiempo se operan o se suprimen. También se establece la posición de la traza y su ancho sobre la cara del tubo de rayos catódicos.

Asimismo, otros controles establecen la intensidad de las líneas de tiempo, la cantidad de llenado del área variable y ajustan el ancho de la traza cuando se utiliza densidad variable.

Amplificador de Video.- En esta unidad está colocado el amplificador de video, circuitos de supresión de trazas y puntos de prueba. Todas las operaciones comunes son controladas en esta unidad. Incluye el interruptor de encendido, nivel de gris maestro, intensidad de líneas de tiempo maestro, intensidad de la señal de video y ancho de barrido. La intensidad de las trazas está relacionada con el ancho de barrido para mantener una exposición fotográfica constante.

Unidad de Deflexión.- Contiene los amplificadores de rampa y de deflexión, circuitos de protección para el tubo de rayos catódicos y fuentes de bajo voltaje. En esta unidad se localizan los ajustes necesarios para la sensibilidad y linealidad del barrido.

Unidad de Alineamiento.- La función de la unidad de alineamiento es sincronizar la rotación del tambor de la Cámara Electró

nica con el sistema de transporte (Tambor de Cintas de Campo y Tambor de Cintas de Composición). Si existe una diferencia entre el "cerro" de ambos tambores ésta aparecerá en un contador digital que automáticamente verifica el alineamiento entre los dos tambores a cada revolución, leyéndose las diferencias que existan en números decimales y operando automáticamente ésta unidad sobre el tambor de la Cámara para corregir la diferencia. Por medio de controles manuales puede introducirse al tambor de la Cámara Electrónica, un nivel de referencia en milisegundos, ya sea positivo o negativo.

OSCILOSCOPIO-MONITOR. - Este elemento es de gran utilidad en la supervisión de las operaciones que se realizan en el equipo de proceso.

Consta de 28 canales analógicos que operan simultáneamente, cada canal está equipado con un ajuste de sensibilidad, un ajuste de posición y un interruptor para eliminar el canal.

La pantalla es un tubo de rayos catódicos de 21 pulgadas, de tipo de almacenamiento. Se tiene un barrido horizontal especial que puede retardarse, permitiendo observar cualquier porción del sismograma para un estudio detallado.

En el monitor se examinan rápidamente los ajustes del T.B., los filtros y el mezclado sin recurrir a reproducciones fotográficas u otra clase de escritura.

Las líneas de tiempo que aparecen en el monitor pueden derivarse de un canal extremo, de la cinta magnética de campo o de una fuente interna. El intervalo entre ellas puede ser de 10, 50, 100 milisegundos o cualquier combinación.

Toda la unidad está autoprotegida contra sobrecargas y el tubo de rayos catódicos se desconecta en caso de falla de cualquiera de las fuentes de poder o los amplificadores de barrido.

Este tipo de osciloscopio es capaz de almacenar secuencial

mente información de tipo analógico, en períodos largos de tiempo del orden de 3 a 4 minutos.

MUESTREO DE TRAZAS

El muestreo o colección de trazas ("Trace Collection") sirve esencialmente para supervisar la calidad del procesado efectuado a los datos sísmicos de campo. Sobre la sección de muestreo de trazas se realizan operaciones para determinar si las correcciones estáticas y dinámicas aplicadas fueron las adecuadas; en caso contrario, pueden calcularse sobrecorrecciones estáticas o dinámicas para mejorar el proceso.

Operación.- De las cintas de composición se toman 24 señales por medio del banco de cabezas de reproducción, en forma similar al segundo paso de operación (Apilamiento) y sin sumarlas se pasan a través del "Switch X" directamente a la Cámara Electrónica, donde se imprime una película o papel fotográfico que muestra cada una de las señales individuales que se suman para obtener una traza apilada.

En la sección de muestreo de trazas interesa que las señales de campo pertenecientes a un mismo punto de reflejo se presenten en forma agrupada y ordenada. Esto se consigue con el "Switch X".

La información de campo, al corregirse, queda grabada en las cintas de composición, agrupadas las trazas correspondientes al mismo punto de reflejo, Figura No. 7.

Como puede verse en la Figura No. 8, la información grabada por la cabeza grabadora No. 21 del tambor de composición es: - T-21, PT-1; T-17, PT-2; T-13, PT-3; T-9, PT-4; T-5, PT-5 y T-1, PT-6, o sea de la traza larga (Traza No. 21) a la traza corta (Traza No. 1) ésto sucede hasta la cabeza grabadora No. 24. Obsérvese que la información grabada por las cabezas grabadoras Nos. 25 y 26 está desordenada.

El "Switch X" es un tablero donde se programa por medio de cables la forma en que se ordenan las trazas; o sea, a la entrada del tablero pueden tener un arreglo desordenado pero se programa el tablero y a la salida se tienen en una cierta disposición, por ejemplo: De trazas cortas a largas o viceversa y así aparecerán en la sección fotográfica.

De esta manera se conoce el arreglo de las trazas y al efectuar el análisis del muestreo se identificarán rápidamente el número de la traza y a qué punto de tiro pertenece.

PROCESADO DE CINTAS CONVENCIONALES

El equipo de proceso GSC serie 1000 puede procesar cintas magnéticas grabadas analógicamente con el sistema sísmico convencional.

La Figura No. 3 muestra el diagrama a bloques de las operaciones que se efectúen en el procesado de cintas convencionales.

Operación.- La cinta de campo (SIE-AM o FM o TECHNO) se coloca en el tambor correspondiente, sincronizándola al cero del equipo, en la forma descrita para el proceso de punto de reflejo común.

Por medio de la Consola Maestra de Control se envía una señal de mando para tomar las primeras 12 trazas sísmicas (Trazas 1 a 12) que se amplifican y se les aplica CAG y filtrado; las señales amplificadas pasan al sistema corrector donde se les aplican las correcciones estáticas y dinámicas de primer orden (no requieren correcciones de segundo orden ya que la longitud de los tendidos es pequeña).

A la salida del corrector se coloca el Osciloscopio-Monitor donde se observará que los eventos que aparezcan estén adecuadamente corregidos y que las trazas sean aproximadamente de la misma amplitud.

De la salida del corrector, las 12 trazas sísmicas corregidas van al control de la Cámara y de ahí al tubo de Rayos Catódicos, en la forma descrita anteriormente, grabándose finalmente en una película fotográfica.

Simultáneamente, puede grabarse una cinta de transferencia que contendrá la información corregida. Si se procesan cintas de campo tipo SIE se obtendrán cintas de transferencia tipo TECHNO y viceversa, ya que solo se cuenta con 2 tambores.

Enseguida, nuevamente por medio de la Consola Maestra - de Control, se genera otra señal de control para tomar de la cinta de campo las siguientes 12 trazas sísmicas (trazas Nos. 13 a 24) y se efectúa el mismo proceso; se tiene entonces una cinta convencional - procesada, obteniendo una cinta de transferencia y un sismograma corregido grabado en galvanómetro, área variable, densidad variable o combinaciones entre éstas.

Continuando este procedimiento se obtendrá una sección sismológica convencional y una serie de cintas de transferencia.

Conclusiones. - Se ha visto que la secuencia de procesado en este tipo de equipo, requiere la intervención de un gran número de circuitos y componentes electrónicas que en un momento determinado pueden ocasionar fallas o errores en las secciones procesadas. Por lo tanto, es necesario un control de calidad riguroso en el laboratorio y un primer exámen cualitativo de las secciones sismológicas.

Un buen proceso de laboratorio se basa fundamentalmente en cintas de campo bien grabadas, en un manejo instrumental adecuado de las señales sismológicas y en una técnica de campo correctamente - utilizada.

EL METODO MAGNETOTELURICO EN LA EXPLORACION PETROLERA *

Por: Dr. Keeva Vozoff (**)
Dr. Thomas Cantwell (***)
William M. Mebane (***)

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

La exploración petrolera depende en un alto porcenta
je de la exploración geofísica, para encontrar nuevas localizaciones que
deberán ser perforadas, éste ha sido el caso desde los años 30 cuando
casi todas las estructuras someras habían sido perforadas y se hizo ne
cesario el uso de métodos geofísicos para cartografiar el Subsuelo.

Los primeros métodos geofísicos que se utilizaron fueu
ron el magnético, gravimétrico y sismológico de refracción. El método
sismológico de reflexión empezó a utilizarse poco tiempo después, y ha
sido el más utilizado de todas las herramientas geofísicas para la explou
ración petrolera. Los Geofísicos están continuamente tratando de deu
sarrollar métodos nuevos y más útiles, que ayuden en la búsqueda del
petróleo.

(*) Traducido por los Ings. Enrique del Valle y Patricio Díaz.
(**) Geoscience Inc.
(***) Mandrel Industries Inc.

Las Compañías Geoscience Incorporated y Ray Geophysical, División de Mandrel Industries Inc., han desarrollado recientemente una nueva herramienta que resulta útil. Su utilidad se basa en el hecho de que mide las propiedades eléctricas, mientras que todos los otros métodos geofísicos ahora de uso común, miden propiedades magnéticas, densidad, o propiedades sísmicas de la tierra.

Esta nueva técnica es llamada el "Método Magnetotelúrico" y será explicada en este artículo. Puede pensarse como un método que proporciona a los exploradores del petróleo un registro eléctrico crudo, aplanado burdamente, obtenido desde la superficie de la tierra.

CONCEPTOS BASICOS

El Método Magnetotelúrico utiliza como "FUENTE DE SEÑALES" las variaciones naturales del campo magnético de la Tierra, que están siempre presentes. Un campo magnético variable produce un campo eléctrico. La amplitud de la corriente depende de la resistencia de las rocas. Si el campo magnético varía senoidalmente a una frecuencia pura "f", la corriente eléctrica varía en la misma forma. Si el campo magnético se duplica en magnitud, igualmente lo hará la corriente.

El campo magnético variable trata de penetrar a la tierra, al hacerlo induce corrientes que se oponen al campo magnético propio, de tal manera que entre más lejos se observe en el conductor, más débil será el campo magnético. Este es el familiar efecto "pelicular". La profundidad a la cual los campos y las corrientes han decaído al valor $1/e$ (cerca de $1/3$) de su amplitud en la superficie, se llama "Profundidad pelicular". Entre mejor sea el conductor, y más alta sea la frecuencia, más pequeña será la profundidad pelicular.

La relación E (amplitud del campo eléctrico) a la perpendicular H (amplitud del campo magnético) a una frecuencia dada, medida en la superficie, depende de la caída de conductividad aproximadamente a una profundidad pelicular.

Para determinar esta relación a una serie de frecuencias, puede encontrarse la resistividad aparente contra la frecuencia. Para muchos casos puede convertirse a una gráfica de conductividad contra profundidad dentro de la tierra, sin embargo la conversión no da una solución única. Si la geometría es muy complicada, es necesario hacer las determinaciones en numerosas localidades con objeto de permitir discriminación entre cambios laterales y cambios verticales en la conductividad.

En el Método Magnetotelúrico descrito por Cagniard (1), tanto E como H son medidos simultáneamente en una sola estación. En tal caso, si la relación puede ser determinada como una función de la frecuencia, la resistividad aparente ρ_a puede calcularse directamente. La habilidad para medir valores absolutos de la resistividad aparente es una de las ventajas distintivas del Método Magnetotelúrico al correlacionar formaciones geológicas a grandes distancias.

En el procedimiento de campo utilizado, dos componentes horizontales perpendiculares del campo E y tres componentes perpendiculares de H se registran simultáneamente. Esto permite la determinación de las componentes de la resistividad aparente, tanto paralela al rumbo como perpendicular al rumbo. Una razón para medir la componente magnética vertical, es que ésta muestra rápidamente las variaciones laterales mayores.

PROCEDIMIENTOS DE CAMPO E INSTRUMENTACION

Las variaciones del campo magnético son detectadas mediante bobinas de inducción con núcleo de metal "mú". Estas son enterradas en zanjas poco profundas para que el ruido inducido por movimientos sea mínimo. La bobina vertical es colocada en un agujero hecho con un taladro eléctrico. Los sensores del campo eléctrico (corriente telúrica) son electrodos no polarizados. El espaciamiento de los electrodos es normalmente del orden de 300 a 600 metros.

La localización de los puntos de observación y el espaciamiento depende de las condiciones geológicas y de la topografía. En los trabajos de reconocimiento algunas veces se utilizan estaciones a 16 ó 32 Km. de distancia, mientras que en investigaciones de detalle muchas veces se requieren varias estaciones en líneas paralelas y transversales con intervalos de 1.5 a 3 Km.

Las mediciones con el Método Magnetotelúrico típico requieren de 4 a 10 horas por estación. Utilizando doble juego de sensores, pueden observarse de 3 a 9 posiciones en una semana de trabajo. La brigada de campo usualmente está formada por seis personas. La producción y el tamaño de la brigada puede variar de acuerdo con las condiciones del terreno, el espesor y la conductividad de la sección de interés.

El diagrama a cuadros del sistema registrador se muestra en la Figura No.1. Después de la amplificación y el filtrado, la información analógica es convertida a forma digital y grabada en una cinta magnética digital, en el vehículo registrador.

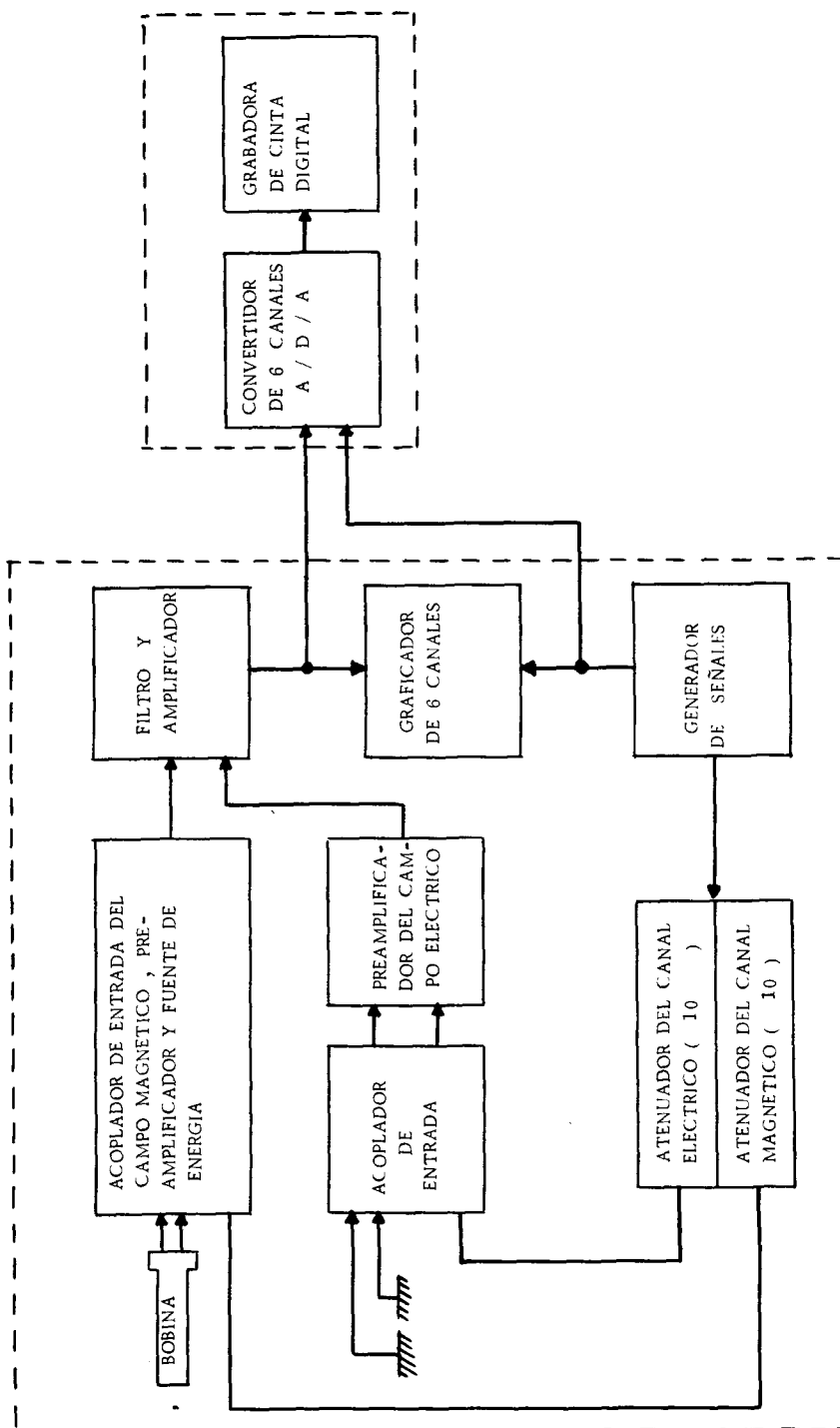


FIGURA 1 .- DIAGRAMA DEL SISTEMA MAGNETOTELURICO NT- 1000 DE LA COMPAÑIA GEOSCIENCE

ETAPAS DE EXPLORACION.

La concepción original del Método Magnetotelúrico era estrictamente el de una herramienta para "sondeo de profundidad". Esta es la más simple de sus aplicaciones, siendo una operación que puede desarrollarse en forma barata y con buenos resultados. De un simple "sondeo", que requiere un día o menos de trabajo, se puede determinar la profundidad del basamento con una aproximación de $\pm 10\%$. Con los mismos datos se puede obtener un "registro de inducción" muy generalizado indicando las secciones de mayor conductibilidad y resistividad en la columna sedimentaria. Este sondeo también muestra la dirección del rumbo y sus variaciones con la profundidad, pero con una ambigüedad de 90° que puede ser resuelta si se hacen registros en uno o dos lugares cercanos. En muchos casos la ambigüedad puede resolverse con los datos registrados, sin necesidad de observar en posiciones adicionales.

Estos resultados pueden ser usados para planear reconocimientos sísmicos, así como también levantamientos aeromagnéticos y gravimétricos. Como el método puede mostrar la presencia y la localización de lutitas, se puede definir un tipo de posibles trampas.

Cuando el Método Magnetotelúrico se desarrolla después del trabajo aeromagnético, los resultados proporcionan información adicional e independiente para comprobar la profundidad del basamento, así como indicar la presencia de posibles intrusiones y la información litológica mencionada anteriormente. Cuando el método M-T se realiza después del Gravimétrico, se puede distinguir si una anomalía negativa es producida por sal o por lutitas.

Todas las mediciones llevadas a cabo en una fase preliminar, pueden por supuesto, llevarse a un nivel más intenso para ob

tener secciones transversales y cubrir superficies.

El método M-T es más efectivo en exploraciones detalladas en dos clases de localidades: Aquellas donde no se puede obtener información sísmica, y aquellas donde el contraste de velocidades es insuficiente para que la sismología sea efectiva. En áreas donde la sismología dá resultados, es difícil justificar el uso del método M-T, donde los costos son comparables y la sismología proporciona mejor resolución.

En áreas sin información sísmica, las condiciones predominantes de dispersión o absorción acústica no influyen en las mediciones del método M-T, lo que representa una ventaja apreciable. Cuando los problemas acústicos están condicionados por los problemas de la perforación de puntos de tiro, como sucede en formaciones superficiales muy duras o demasiado suaves, el método M-T se hace aún más atractivo.

En algunas localidades, los contrastes de velocidades a través de un tipo particular de contacto puede ser muy débil, pero el contraste de conductibilidad eléctrica puede ser un factor de 10 ó 100, permitiendo una resolución para el metodo M-T, más no para la sismología. El contraste de conductibilidad entre arena y lutita tiene comunmente un factor de 10 (5-ohms-metro VS 50-ohms-metro) y puede hasta ser mayor de 100, particularmente en lutitas muy compactas. Cuando las dos están intercaladas, aún un ligero echado tiene un fuerte efecto sobre los resultados del método M-T.

La diferencia entre diapiros de sal y diapiros de lutitas, un problema clásico de la exploración, se simplifica con el método M-T por la diferencia en sus conductibilidades que es de una magnitud de sexto orden.

Cambios de facies consistentes en la transición de al tos contenidos de lutitas a altos contenidos de arenas, ó en carbonatos de baja porosidad a carbonatos de alta porosidad, implican cambios de la conductibilidad de uno o mayor grado de magnitud y pueden ser detectados por el método M-T bajo algunas circunstancias.

Una zona con echado muy fuerte y con alto contraste de conductibilidad produce grandes efectos en el método M-T aún cuando la zona sea delgada. Ejemplos tales como intrusiones resistivas en forma de dique en medios conductores y tramos conductores en medios resistivos.

Siguiendo la fase de exploración detallada, a menudo pueden presentarse dudas en la correlación. El M-T en muchos casos ha probado ser una herramienta muy poderosa de correlación burda por que muestra a gran escala propiedades promedio e ignora muchos de los pequeños detalles desorganizados. Existen obviamente muchas situaciones donde éste es el único medio efectivo para hacer la correlación.

Los datos de baja frecuencia en muchas localidades son indicativos de condiciones internas de basamento. Comunmente se observa que el basamento contiene vetas conductoras que favorecen fuerte algunas de las varias tendencias gravimétricas o magnéticas que pueden existir. La tendencia elegida es usualmente aquella de mayores cala tectónica y puede ser la más reciente en cada área. Sin embargo, el método M-T mostrará la estructura, aún cuando no sea evidente en gravimetría o magnetometría, por la falta de contraste en sus propiedades.

METODO DE INTERPRETACION Y PROCESADO DE DATOS

El resultado del análisis de cálculo proporciona los valores para los tensores de resistividad aparente y las relaciones del campo magnético a cada lado. Puede obtenerse también información que describa las direcciones del rumbo eléctrico y magnético. Los resultados en varias estaciones a lo largo de secciones transversales son combinadas para formar una seudo-sección magnetotelúrica. La evaluación de este material proporciona una sección de resistividad interpretada. Son determinados rumbo y echado de estructuras que muestren contraste -- eléctrico dando origen a representaciones en dos dimensiones.

La calidad de los datos se mejora combinando varios paquetes de datos y usando algunas cifras diferentes para descartar información de calidad inferior o difícil de interpretar. Estas cifras incluyen magnitudes de resistividades aparentes de tensores girados, fases de resistividad aparente de tensores girados, ángulo de giro con respecto al eje de las X de las medidas de campo a la resistividad mas grande, relación de Potencia del campo magnético vertical a horizontal, fases del campo magnético vertical a horizontal y el cambio de pendiente del tensor de impedancia. Por ejemplo, el tensor de resistividad aparente, la fase y ángulo de giro deberán tener un cambio de pendiente de orden menor que 0.1, la coherencia entre las componentes magnéticas horizontales menor de 0.9 y una coherencia entre los campos eléctricos medidos y pronosticados menor que 0.95. Los puntos que no pasen la prueba no serán graficados ni usados para la interpretación.

En todos los casos, menos los más complejos, se inicia la interpretación por ajustes aproximados de un modelo de estratificaciones horizontales, a los datos. Como un ejemplo: La Figura 2 muestra el modelo al que fué ajustado una localidad típica. Si la información indica diferentes resistividades en diferentes direcciones, son

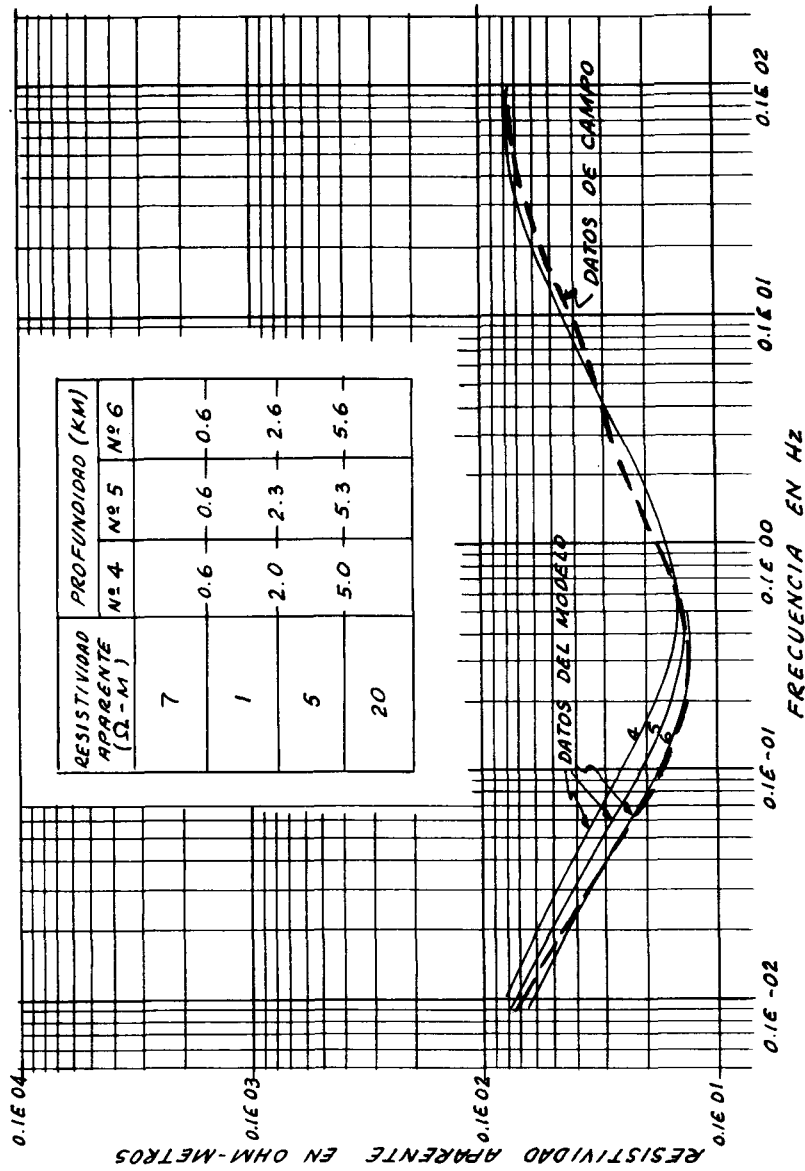


FIGURA 2 .: MODELO DIMENSIONAL DE LA ESTACION G - 2

ajustados dos modelos de estratificación, uno para cada una de las direcciones principales. Esto proporciona una estructura básica sobre la cual construir una interpretación más detallada, indicando las resistividades que están presentes, a qué rango de profundidad se convierte el rango de frecuencia y la clase de problemas interpretacionales a las que se está encarando.

Para mejorar el modelo de estratificación se puede dibujar sobre él, una de las varias ayudas interpretacionales. Se tienen los modelos de dos dimensiones, el modelo anisotrópico general de estratificación y el modelo magnético vertical (el cual realmente es una parte del programa del modelo de dos dimensiones). En algunos casos, como el presente, la estructura no es lo suficientemente compleja para justificar el cálculo de modelos de dos dimensiones, de cualquier manera se utilizó la experiencia acumulada con ella para ayudar a la interpretación.

Un nuevo desarrollo en el análisis es calcular de los datos de campo un operador inclinado. Este operador actúa sobre las componentes magnéticas horizontales para producir la componente vertical. La operación se hace manualmente en el Método AFMAG, y equivale a resolver la dirección del rumbo y la dirección del incremento de la conductibilidad, sin la ambigüedad de 90° que se presenta en los datos del M-T obtenidos en un solo lugar. Esto también permite hacer un empleo cuantitativo de las relaciones del campo magnético vertical-horizontal.

Otro desarrollo reciente es el método y programa para calcular resistividades aparentes, etc., para un modelo general anisotrópico de estratificación. Es el caso en donde los rumbos de estratificación y los echados pueden ser variados arbitrariamente con la profundidad, pero los contactos entre las capas deben ser horizontales. Un

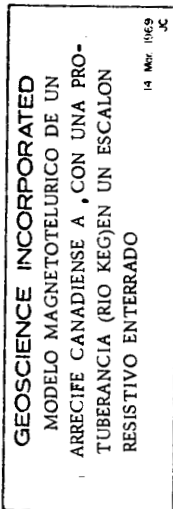
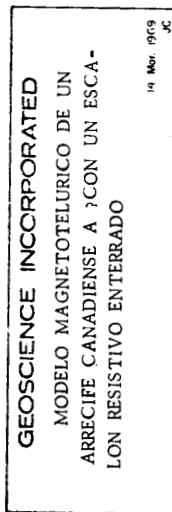


FIGURA 3



caso obvio de esta situación es la que se tiene en discordancias. Las discordancias mismas aparecen con frecuencia relativamente planas, sin embargo, las capas entre ellas no lo son. En los datos de la costa del Golfo presentados en la sección II, mucho de lo que se ha observado puede ser modelado en esta forma.

Este programa ilustra hasta que grado los cambios en la estructura de la tierra pueden modificar la resistividad aparente resultante. Por ejemplo, la figura No. 3 muestra dos modelos diferentes con sus respectivas pseudo-secciones de resistividad aparente, que podrían ser obtenidos al correr una sección transversal de M-Ta través de ella y con su respectiva relación de campos de pulsación magnética vertical a horizontal. El lado izquierdo de la figura muestra un modelo de un arrecife de barrera en la parte más occidental de Canadá, con valores tomados burdamente de un grupo de registros, en los territorios del Noroeste y el Yukón. Un valor intermedio de resistividad de 100 ohms-metros es utilizado para representar la sección completa del pre-arrecife, incluyendo el Precámbrico, mientras que los parámetros del manto superior son típicos de los que se han observado en Alberta Central.

El modelo de la extrema izquierda está identificado como Arrecife A Canadiense. La parte superior derecha de la figura es el Arrecife A Canadiense, al cual ha sido agregada una estructura substancial. La magnitud de la estructura (0.24 Km de alto x 0.31 Kms. de ancho) es restringida por consideraciones del modelo; su alto valor de resistividad (500 ohm-m) es empleado para representar el arrecife saturado de aceite, (Ref: R. Boulware, 1967. Seismic Exploration for stratigraphic traps in Canada, 7th World Petr. Cong. Vol. 2, p. 471-479).

La diferencia entre los dos modelos en resistividad aparente El se vé facilmente, estando arriba del 50% de su posición. El significado de esta diferencia es, en realidad, dudosa debido a lo exa

gerado de la construcción.

De aquí que puede probablemente ser considerado como un caso extremo. "Halos" conductivos, donde existan, podrían dar como resultado una gran diferencia en la resistividad aparente E_H y en la relación $\frac{H \text{ vert}}{H_1}$.

II. SECCION TRANSVERSAL DE PRUEBA MAGNETOTELURICA

La sección transversal de prueba del método Magnetotélurica de la Cía. Geoscience se extiende al Noroeste por 185 Kms., de Port Lavaca, Texas, sobre la Costa del Golfo, a un punto a 14.5 Km al Suroeste de Lockhart, Texas (Figura 4). Cinco estaciones magnetotélúricas fueron localizadas a lo largo de la sección. Una estación adicional, G-2, fué localizada a 26 Km al noreste de la estación G-3 para examinar la continuidad de los datos fuera de la sección.

Esta área, la cual es relativamente bien conocida geológicamente, es una de las más importantes para la industria petrolera de los Estados Unidos. Con el buen control geológico, fué posible situar las estaciones de tal manera que cada estación sucesiva hacia el sureste mostrara el efecto de los depósitos posteriores. Por lo tanto, los perfiles permiten visualizar, a escala burda, una sección magnetotélurica de la Costa del Golfo. También se trató de detectar la presencia de lutitas muy compactas. Esta región fué seleccionada en forma parcial ya que se prolonga hacia el Golfo y las condiciones que se espera encontrar mar adentro, son muy parecidas.

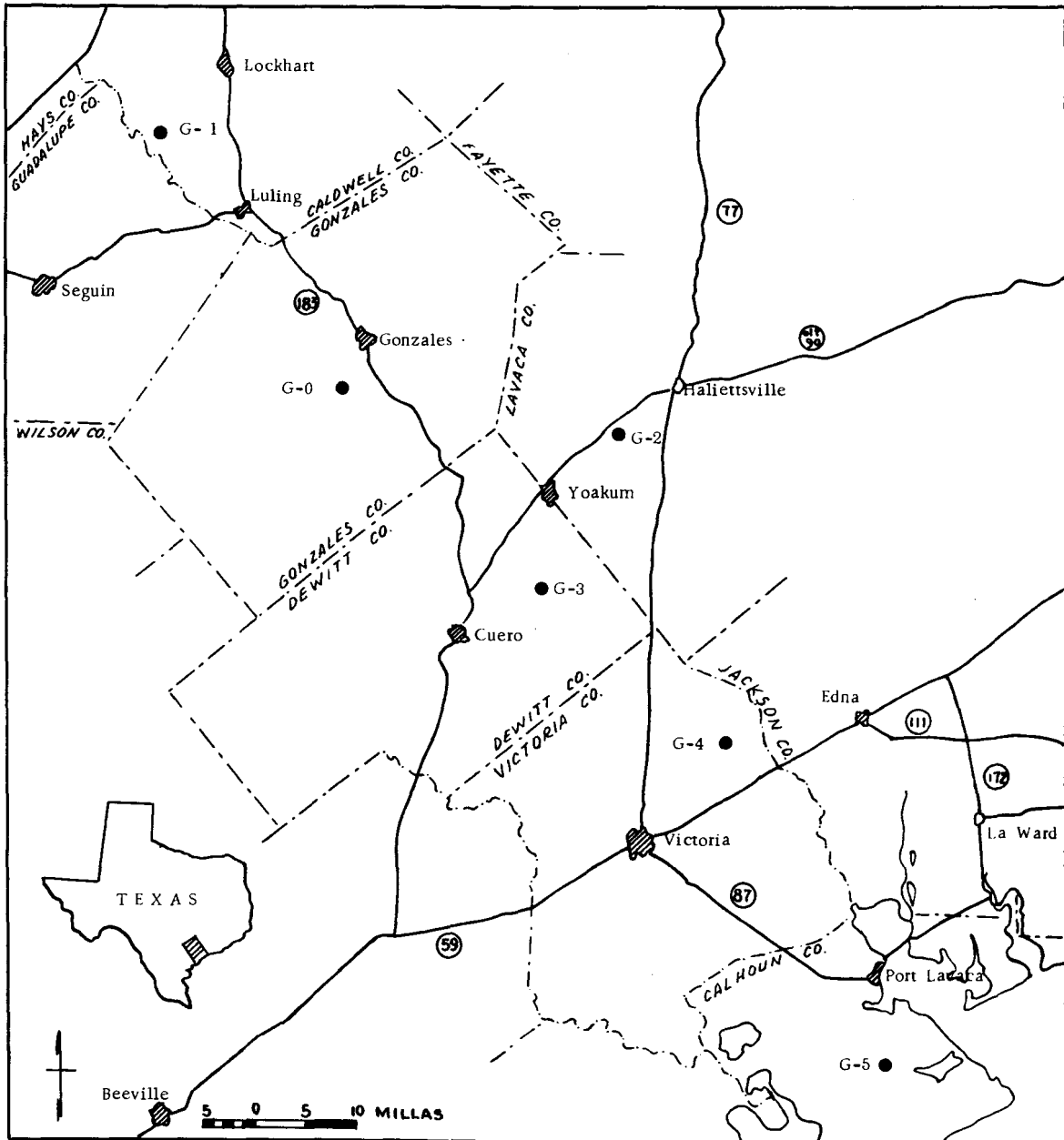


FIGURA 4 ..- SECCION DE PRUEBA MAGNETO-TELURICA DE LA CIA, GEOSCIENCE

GEOLOGIA DEL AREA

El interés obvio de las Compañías Petroleras de la región de la Costa del Golfo, era el disponer de información exploratoria más completa. La línea estudiada se extiende del flanco de la Faja de plegamientos de Ouachita en el noroeste, hacia el sureste, a través de enormes depósitos de sedimentos de la Costa del Golfo (Figs. 4 y 5).

La línea se extiende a lo largo del Arco de San Marcos entre las cuencas de Houston y Río Grande. Las unidades estratigráficas tienen rumbo noreste y el echado al sureste. Así, la sección se extiende echado hacia abajo en la dirección de G-1 a G-5. En general, de Noroeste a Sureste las estaciones encuentran sedimentos más jóvenes y un engrosamiento de los sedimentos mas antiguos (Fig. 5). Existen numerosos cambios de facies dentro de las unidades.

La sección atraviesa una serie de zonas de falla-flexura que "buzan hacia la costa".

GENERALIDADES DE LA INTERPRETACION

La sección de resistividad interpretada (Fig. 6) muestra tres rangos de valores:

- 0.5 a 3 ohm-m, isotrópico
- 4 a 10 ohm-m, isotrópico
- 2 ohm-m, anisotrópico.

La última categoría es predominante en las capas profundas. Se interpretó que ésto era debido al buzamiento de las capas o a plegamientos monoclinales, con alternaciones de materiales resistentes y conductivos. Observando de NW a SE, estos materiales quedan cubiertos por rocas isotrópicas conductivas cuyo espesor va incre-

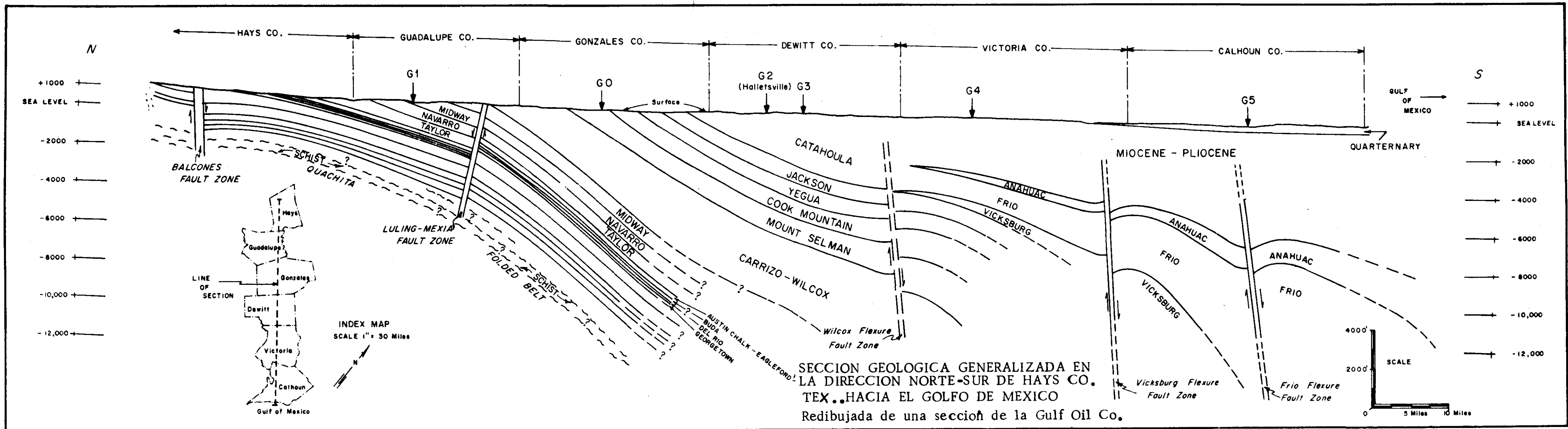


FIGURA 5

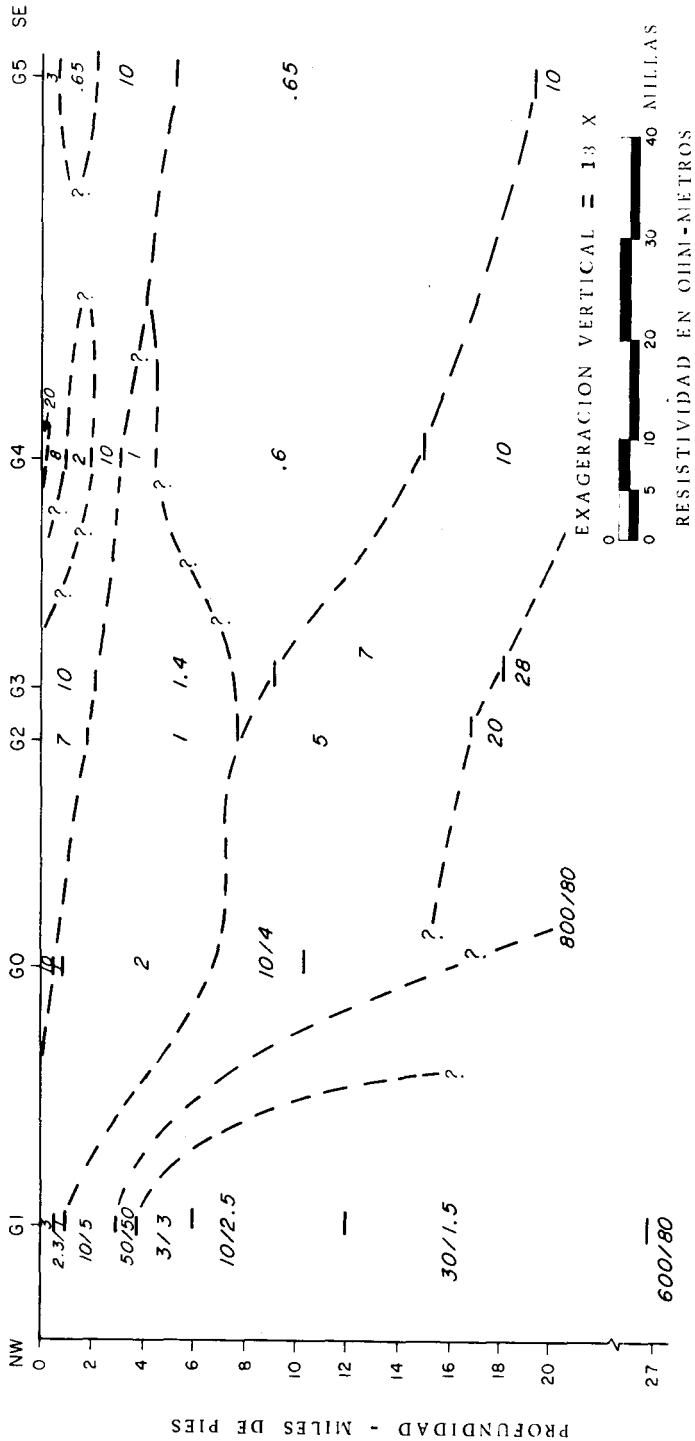


FIGURA 6. - SECCION DE RESISTIVIDAD INTERPRETADA, DE UN PERFIL DE PRUEBA MAGNETOTELURICA DE LA COMPAÑIA GEOSCIENCE

mentándose, y en particular, por una zona de resistividad de 0.6-2 ohm-m casi isotrópica.

Menor anisotropía aparente, indicando echados menores y pequeñas anisotropías verdaderas, prevalecen a través de la sección entera. Los ángulos de giro de la resistividad calculada y los cambios de pendiente, permiten pensar que estos echados se deben a estructuras locales pequeñas debajo de la estación y que se pueden interpretar como variaciones del rumbo y el echado en las capas profundas. Está todavía pendiente, hacer una interpretación más completa de estos datos.

En vista del gran espaciamiento que existe entre estaciones, la continuidad y configuración de los contornos de resistividad están obviamente abiertos y sujetos a reinterpretación.

SECCION DE RESISTIVIDAD

La sección de resistividad interpretada en la Figura 6, es el resultado de haber dibujado las resistividades interpretadas, en sus posiciones y profundidades correspondientes y de haber hecho varios intentos por establecer la continuidad de la resistividad.

En cierta forma, éste es un registro eléctrico burdo de dos dimensiones. Debe tenerse en mente que en ningún caso las interpretaciones son únicas, que la resolución es pobre y que en este caso las estaciones están muy separadas.

Cuando estos factores se toman en cuenta, la semejanza entre esta figura y la sección geológica generalizada (Fig. 5) es muy clara.

Hay algunas diferencias interesantes que son signifi-

cativas. Por ejemplo, la tendencia de los contornos de iso-resistividad a estar más cerca de la horizontal que los contactos geológicos reales, se debe probablemente al contenido de agua y arcilla y a la compactación. La resistividad en el Eoceno decrece sistemáticamente hacia el mar posiblemente por un incremento sistemático en el contenido de arcilla. El material de 10 ohms-m cerca de la superficie probablemente indica la presencia de agua dulce.

Uno de los objetivos buscados, era la lutita compacta; por ejemplo, una lutita teniendo una resistividad substancialmente menor que 1 ohm-m, la cual parece estar presente en grandes cantidades abajo de la estación G-4 y virtualmente ausente debajo de la estación G-2.

Los limitados contrastes y la simplicidad de la estructura, permitió evaluar la resistividad con un alto grado de resolución. Haciendo conversiones de la resistividad a composición, las cuales no tenían base en ninguna información publicada, se dedujo la sección geológica interpretada, Figura 7. Aparte de los errores en la conversión, debe suponerse, entre otras cosas, una correlación 1 a 1 entre un valor de resistividad y una composición, esta resolución en resistividad es raramente posible. Esto puede hacerse en el caso presente, porque los contrastes son pequeños y puede probablemente hacerse en otros casos de estructuras eléctricas simples y contraste limitados. En tal situación, el método M-T toma el aspecto de una herramienta estratigráfica. Se anticipa que la técnica podrá ser útil en el futuro, como una herra-mienta estratigráfica. En combinación con determinaciones de velocidades sísmicas del punto de reflejo común, es ahora posible llegar a construir mapas estratigráficos.

El rumbo promedio obtenido por el Método M-T puede aumentar la información del registro de echados. Asimismo, el uso

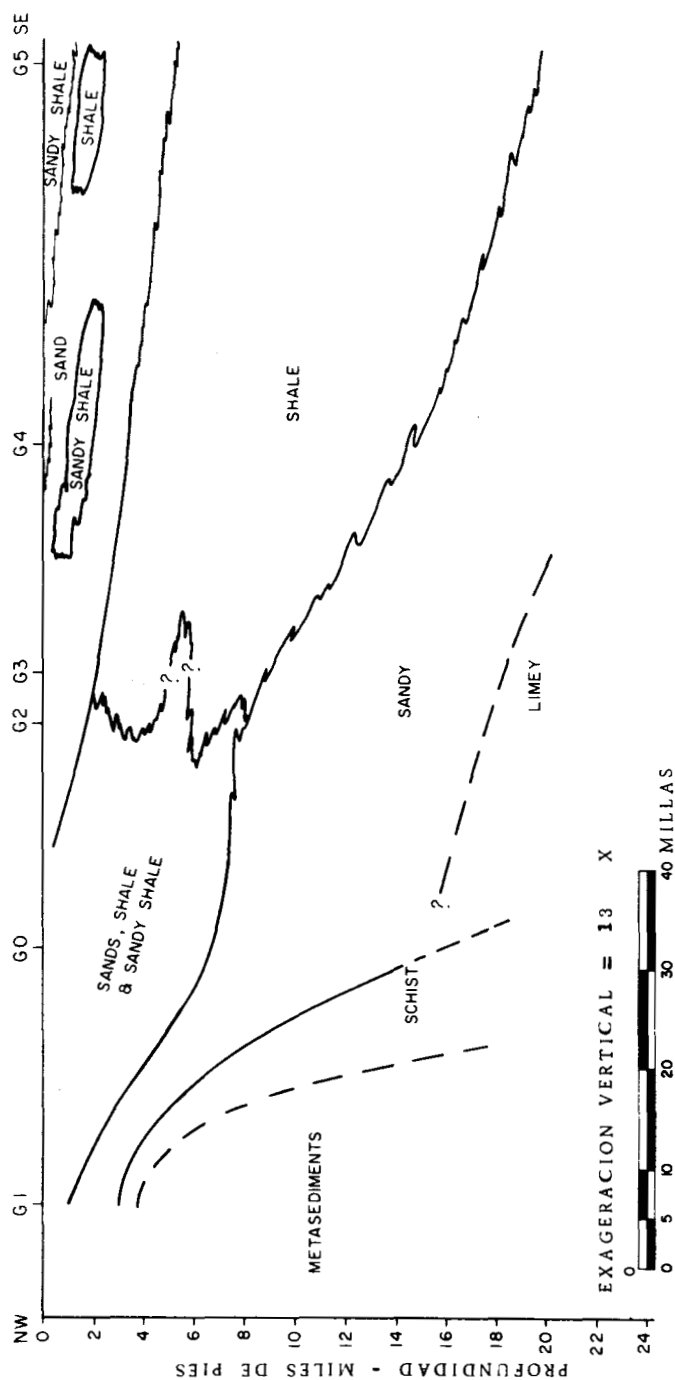


FIGURA 7.- SECCION GEOLOGICA INTERPRETADA, DE UN PERFIL DE PRUEBA
MAGNETOTELURICA DE LA COMPANIA GEOSCIENCE

intensivo de los registros de conductibilidad darán mayor poder de resolución al método magnetotelúrico en problemas estratigráficos y en la exactitud de la interpretación.

COMPARACION DE LA SECCION DE RESISTIVIDAD CON REGISTROS ELECTRICOS.

Al terminar la interpretación, se obtuvieron registros eléctricos de varios pozos perforados a lo largo del perfil que se compararon con la sección interpretada. La localización de las perforaciones con relación a las estaciones registradas se muestran en la figura 8. La comparación de la información de los registros eléctricos y la estructura interpretada se muestra en la figura 9. Los registros eléctricos fueron suavizados burdamente a mano, para generar estratos de resistividad homogénea. Se observa que la coincidencia es bastante buena. Los desajustes en D.H. 6 (parte inferior) pueden ser atribuidos al efecto producido por el echado de los estratos, D.H. 8 está más alejado de G-1 que D.H. 9 y probablemente refleja variaciones laterales cerca de la superficie de la estructura.

La discrepancia entre D.H. 3 y la sección interpretada en G-3 puede referirse al hecho de que el registro del pozo fué tomado hace 20 años.

CONCLUSION

El Método Magnetotelúrico puede proporcionar información geológica positiva en muchos casos importantes en la exploración petrolera. El estado del método de interpretación es tal, que la mayor parte de los datos obtenidos están siendo interpretados con éxito en términos estructurales y estratigráficos, así que es de esperarse que

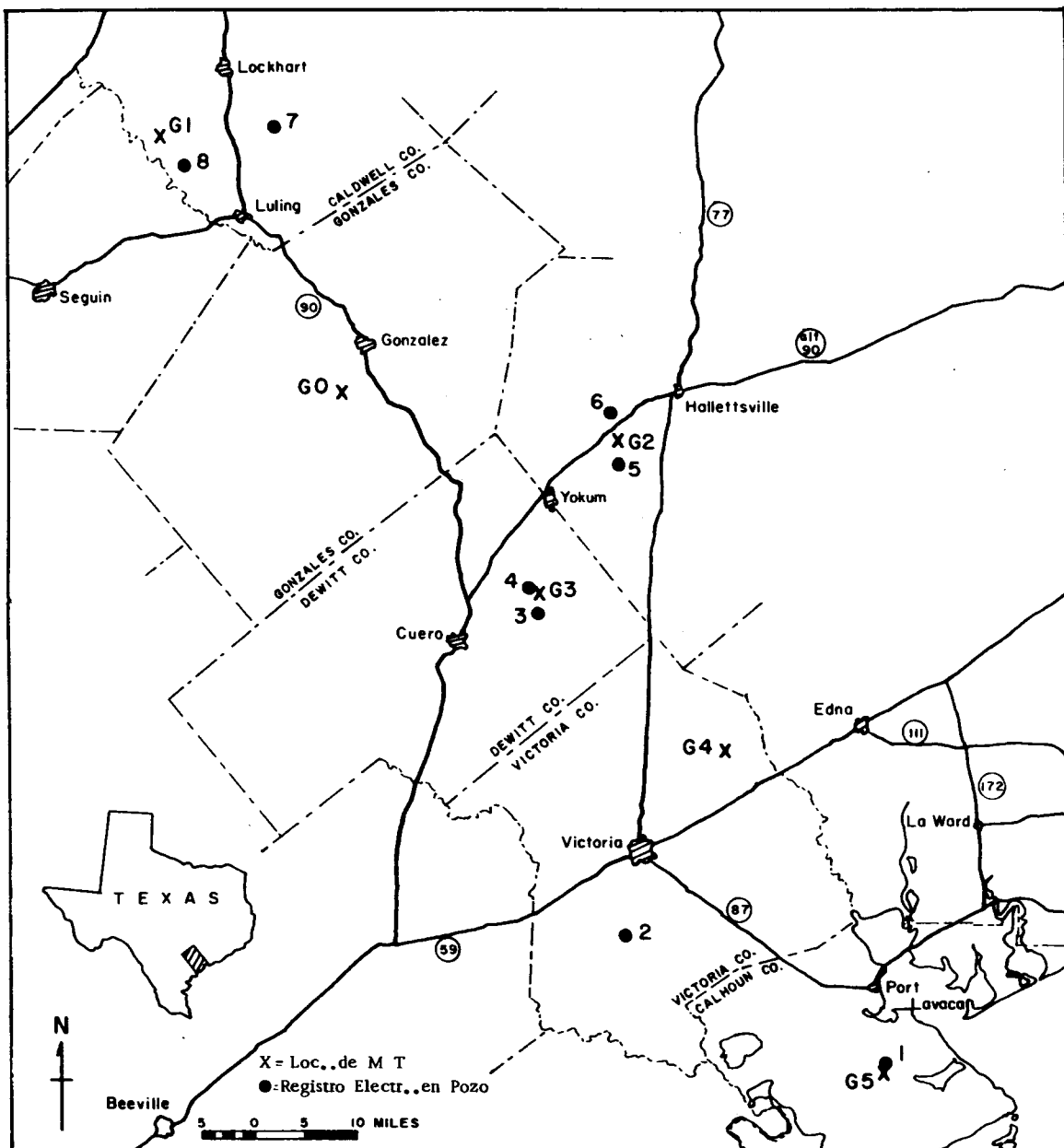


FIGURA No. 8 .- SECCION DE PRUEBA MAGNETOTELURICA DE LA CIA. GEOSCIENCE

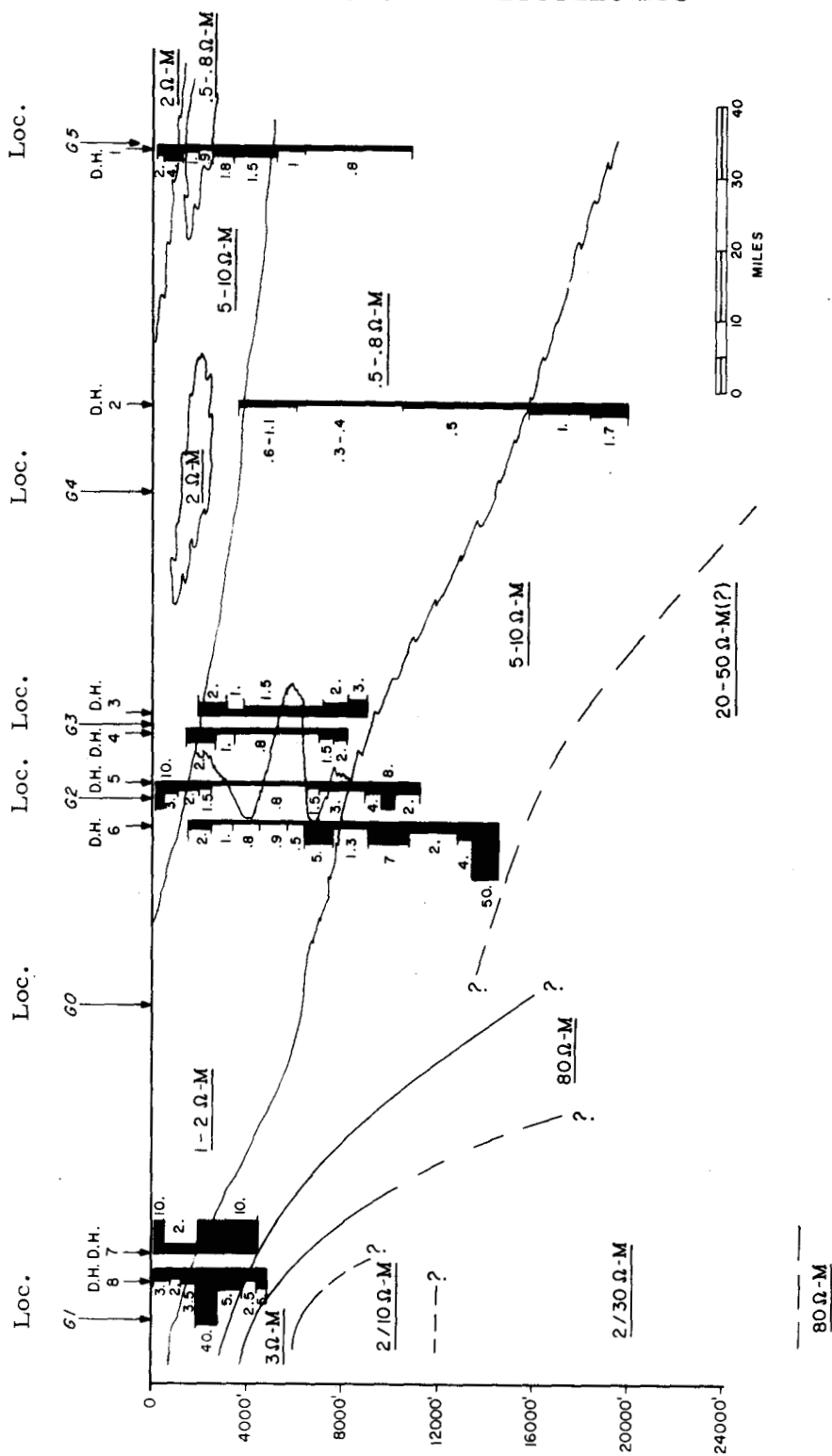


FIGURA 9. - SECCION GEOLOGICA INTERPRETADA CON LA INFORMACION OBTENIDA EN POZOS, SUPERPUESTA

el método sea útil en muchas aplicaciones adicionales, que todavía no han sido intentadas. Estas aplicaciones aparecen casi en cada etapa durante el desarrollo de la exploración, desde el reconocimiento preliminar a los levantamientos detallados. Se tiene confianza de que nuevas aplicaciones motivarán que más grupos de exploración inicien el uso del Método Magnetotelúrico.

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

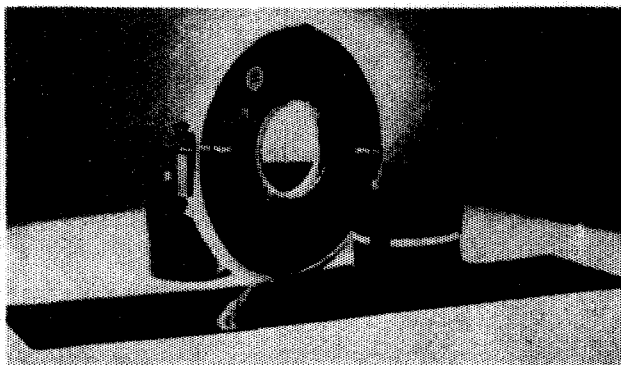
1. Cagniard, L., "Basic Theory of the Magneto-telluric Method of Geophysical Prospecting ", Geophysics 18, No. 3, pp. 605-635, 1953.
2. Fournier, Hugo G., "Essai d'un Historique des Connaissances Magneto-telluriques ", Note. No.17, Institut de Physique du Globe, Faculte des Sciences, Universite de Paris, September, 1966, 272 pp.
Una bibliografía histórica completa hasta 1965.
3. Swift, C. M. Jr., "A Magneto-telluric Investigation of an Electrical Conductivity Anomaly in the Southwestern United States" Ph. D. Thesis, Geophysics Laboratory MIT, Cambridge, Massachusetts, 02139, August 1967, 213 pp. Also issued as a report on ONR projects NR-371-401 and NR-081-264.
Descripción de una aplicación en geología regional.
4. Vozoff, K., and C.M. Swift, Jr., "Magneto-telluric Measurements in the North German Basin", Geophysical Prospecting. In press.
Un estudio estructural en un área sedimentaria compleja.

5. Strangway, D. W., and K. Vozoff, "Mining Exploration with Natural Electromagnetic Fields", To appear in Proceedings of the Canadian Centennial Conference on Mining and Ground water Geophysics, October, 1967, published by the Geologic Survey of Canada, Ottawa.

Una descripción de la aplicación en pequeña escala del método M-T en la exploración minera.

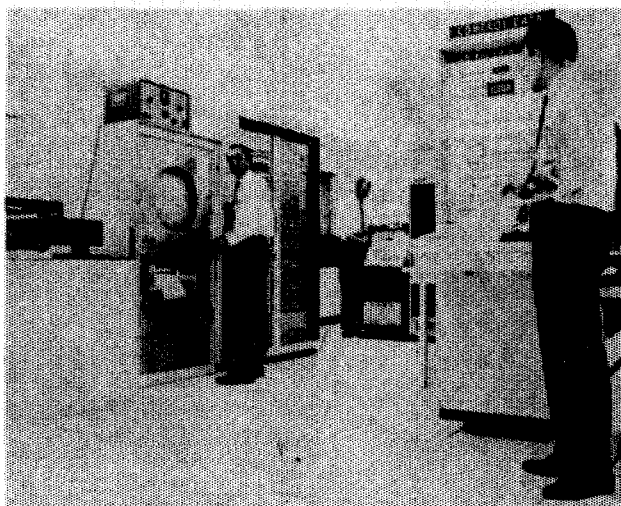
Petty procesa cintas como estas

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



en estas computadoras

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



con

programas sofisticados

(Punto Común de Reflección,
apilamiento, deconvolución
de reverberación filtrado de
fase 0, etc.)

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

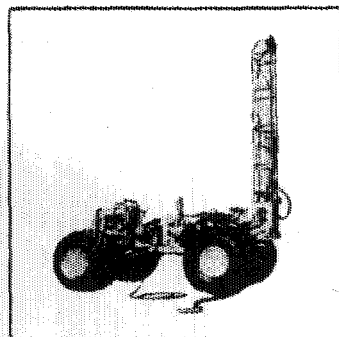


HOME OFFICE: TOWER LIFE BUILDING
SAN ANTONIO, TEXAS, U.S.A. — TEL: 512 CA 6-1393

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



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



"TRANSPORTADOR FLOTANTE CAREY"

Considere estas ventajas cuando usted planee su próximo trabajo:

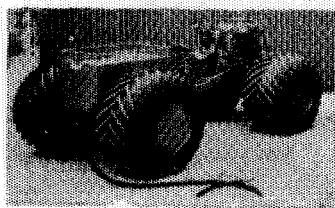
ROBUSTEZ.—Eje de Conducción Planetario (standard en todos los "transportadores flotantes" CAREY) elimina rompimientos del eje y diferencial.

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

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

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

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



VEHICULO ANFIBIO CAREY
ROBUSTEZ - SEGURIDAD - ECONOMIA



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



Vector
Fabrica Cables
para todo
uso en
Geofísica

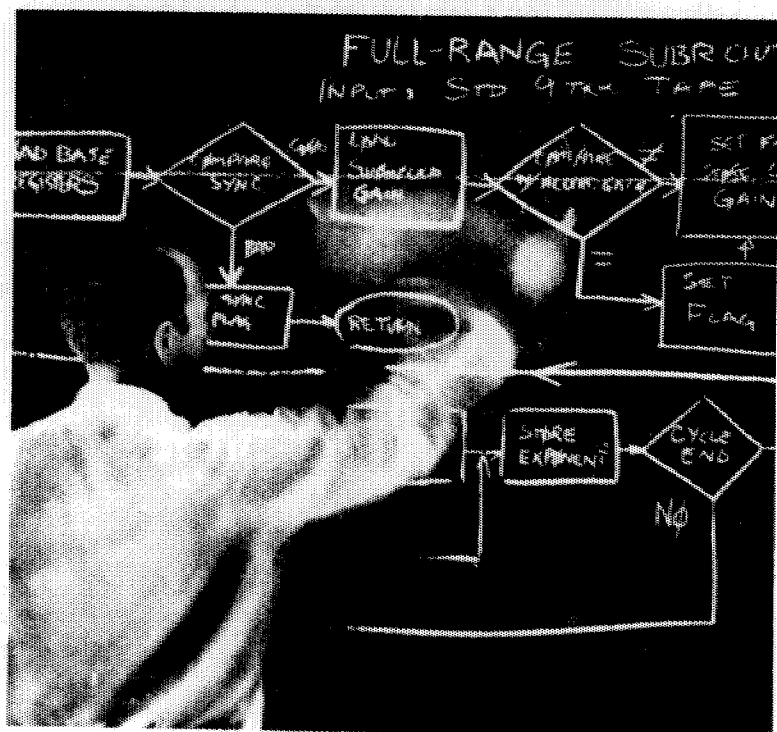
Vector Cable Company

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

WESTERN

SIEMPRE *EN MARCHA*

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



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

WESTERN
GEOPHYSICAL
DIVISION OF CITICORP INDUSTRIES

PERFORACIONES, S. A.

**CONTRATISTA DE PERFORACION
EXPLORATORIA DESDE 1950 PARA**

PETROLEOS MEXICANOS

SECRETARIA DE MARINA

CONSTRUCTORA MALTA, S. A.

NATIONAL SOIL SERVICES, CO.

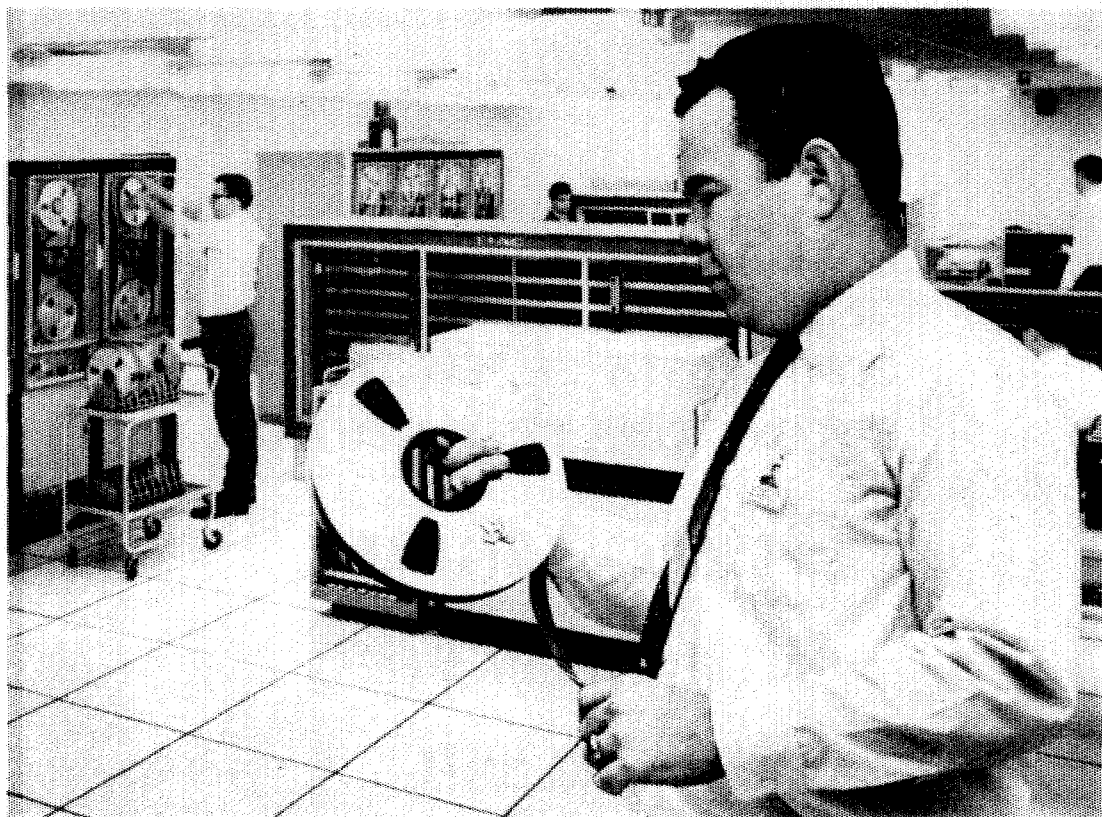
**CIA. FUNDIDORA DE FIERRO Y
ACERO DE MONTERREY, S. A.**

Y PARTICULARES

AVENIDA JUAREZ No. 119 - 5o. PISO

Teléfonos: 21-37-25 y 21-36-42

MEXICO 1, D. F.



Su trabajo: PRODUCCION SISMICA!

Procesos solicitados: PROGRAMAS AEN-O, DCN-1, DPG-O

La cinta que Carlos Bissell se prepara a montar en un centro GSI dé 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.

