

Una Nueva Dimensión Para Geofísica GS-2000

Diseñado para ayudar al
observador en la adquisición
de datos de alta calidad.

GS-2000 SISTEMA DE ADQUISICION
DE DATOS ASESORADO POR
COMPUTADORA



Mejores Datos a Costo mas Bajo



P. O. Box 36374 - Houston - Texas 77036
5803 Glenmont Telephone 713-586-1611
Cable: GEOSPA Telex: 261 801

ONE OF THE *A* COMPANIES
APPLIED MAGNETIC CORPORATION



**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. 528-83-90 514-44-02

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

132 empleados especializados.

EQUIPO

1 Avión Queen Air A-40 Mat. XB-XAE
1 Avión Riley Rocket. Mat. XB-SAR
1 Avión Beech Craft Mat. XB-VIG
2 Aviones Piper Astec Mat. XB-MOJ y MOO
1 Avión Cessna 185 Mat. XB-TIS
Unidad Central de Proceso IBM. 1131
Lectora-perforadora de tarjetas IBM. 1442
Unidad impresora. IBM. 1132
1 Cámara Fotogramétrica Zeiss MKK-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 Teodolito MRA-3
4 Teodolitos Wild T-2
2 Niveles automáticos Wild NAE-2
4 Camionetas doble tracción
2 Autógrafos Wild A-7 con Registradora de
coordenadas
1 Estéreo cartógrafo Wild A-8
1 Autógrafo Wild A-9
4 Aviografos Wild B-8
1 Balplex 760, de 7 proyectores
2 Kelah K-5, de 4 proyectores c.u.
3 Kelah K-1, de 2 proyectores c.u.
2 Multiplex de 8 proyectores c.u.

DIRECCION

Av. Obispo Mundial Núm. 328 sq. con Postalosa.
Teléfonos: 43-38-30 con tres líneas directas y 19-87-45.
Cable: AEROFOTO, MEXICO. MEXICO 12, D. F.
Servicio Aéreo: Ave. Santos Dumont Núm. 212.

Schlumberger

SCHLUMBERGER SURENCO, S. A.

AGENCIA EN MEXICO

Av. Morelos 98, Desp. 306

Tel. 566-81-22

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

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

NORMAS RECOMENDADAS PARA FORMATOS
DE CINTA DIGITAL.

Por: E. P. Meiners, L. L. Lenz,
A. E. Dalby y J. M. Hornsby.
(Traducido por Ing. Antonio C. Limón)

METODO VARIACIONAL EN PROBLEMAS DE
PROPAGACION DE ONDAS.

Por: M. en C. Ricardo Díaz Navarro.

UNA REEVALUACION DE LOS PATRONES
PESADOS.

Por: W. Harry Mayne.

MESA DIRECTIVA PARA EL PERIODO 1971-1972

Presidente:	Ing. Antonio C. Limón
Vicepresidente:	Ing. Santiago Gutierrez
Secretario:	Ing. David Juárez T.
Tesorero:	Ing. Patricio Díaz Frías
Editor:	Ing. Antonio Roldán G.
Vocales	Ing. Fabián C. Chavira
	Ing. Raymundo Aguilera
	Ing. Luis Madrigal
	Ing. Rafael Chávez Bravo
	Ing. Felipe Neri España

Presidente saliente: Ing. Armando Eguía Huerta.

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

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

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

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

ING. ANTONIO ROLDAN G.
Apdo. Postal 53-077
México 17, D. F.

Imprenta LIOSARDEZ
Puente de la Morena 18-B
México 18, D. F., Tel. 515-69-31

CONVENCION INTERNACIONAL DE GEOFISICA EN MEXICO

Del 21 al 25 de octubre de 1973 tendrá verificativo en la Ciudad de México la convención Internacional de Geofísica que conjuntamente realizarán la Society of Exploration Geophysicists y nuestra Asociación. Siendo ésta la primera ocasión que en un país Latino Americano se lleve a cabo este tipo de convenciones; ya que normalmente la S E G las efectúa en la Unión Americana o Canadá.

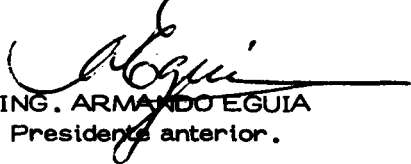
La Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración - desde hace tiempo ha iniciado las gestiones necesarias ante las autoridades competentes para la obtención de los servicios que se requieren en este tipo de convenciones; particularmente podemos mencionar la aceptación de la Dirección del Seguro Social en el uso del Auditorio de la Unidad de Congresos del Centro Medico para la realización de este evento, así como la entusiasta colaboración del Departamento de Turismo con el fin de brindar las mayores facilidades a los convencionistas.

Se ha establecido además un Comité Permanente para esta Convención, cuyos elementos en su mayoría son Ex-Presidentes de la A M G E, con el objeto de establecer una relación entre este Comité y el equivalente de la S E G.

Dado que todas las gestiones anteriormente mencionadas han sido efectuadas por la actual Mesa Directiva de la A M G E, el Comité Permanente ha decidido en junta plenaria, la conveniencia en la continuidad de estas gestiones, por lo que la mesa directiva actual continuará en funciones durante el año de 1973, siendo al final de este cuando se realicen las elecciones correspondientes.

Dada la importancia que esta convención tendrá para el medio geofísico en México, exortamos a ustedes para colaborar en la preparación de conferencias y artículos de alta calidad técnica que puedan ser presentados.

Atentamente,



ING. ARMANDO EGÜIA
Presidente anterior.

NORMAS RECOMENDADAS PARA FORMATOS DE CINTA DIGITAL

E.P. Meiners, L.L. Lenz,
A.E. Dalby y J.M. Hornsby.

(Traducido por Ing. Antonio C. Limón*)

Este artículo es el resultado del trabajo efectuado por un Subcomité del Comité de Normas de Grabación Digital de la S.E.G. Este recomienda un formato adicional para cinta de 9 pistas empleada en la grabación de información sísmica de campo, y el uso opcional de 1600 "bits" por pulgada, así como 800 b.p.p. para todos los formatos de campo.

INTRODUCCION

A principios de 1966, el número y la variedad de formatos en cintas de 9 pistas era exagerado y pocos los intentos para uniformarlos. Era necesario establecer un amplio convenio con la industria para limitar los formatos a solo unos cuantos preferentes. Para ayudar a resolver este problema, la S.E.G. fundó un Comité de Normas de Grabación Digital. Este Comité, bajo la dirección de E.J. Northwood, culminó sus actividades en una publicación (Northwood - 1967) en el que se recomiendan dos formatos para -- cintas de campo, denominados Formato A y Formato B. Estos formatos han sido generalmente aceptados, aplicándose primeramente para grabación de ganancia binaria. Respecto a los formatos de 21 pistas, la tendencia a normalizarlos no se consideró necesaria, ya que el peligro de su proliferación no era tan grande en ese terreno.

A principios de 1971, debido al número de innovaciones instrumentales, fué deseable considerar nuevamente el aspecto de normalización. Tales innovaciones fueron las siguientes:

- (1).- Amplificadores de punto flotante instantáneo.
- (2).- Densidad de grabación de 1600 b.p.p. y
- (3).- Posibilidad de requerir de mayor longitud de palabra para cubrir los requerimientos de composición de campo.

Numerosas proposiciones de formatos fueron presentadas por los fabricantes de equipo. Estas fueron subsecuentemente revisadas por el actual Comité. Las siguientes recomendaciones son el resultado de la debida consideración de tales proposiciones, por el Subcomité de Formatos de Cintas de Campo.

* Director del Centro de Procesamiento Geofísico.- I.M.P.

RECOMENDACIONES

El Subcomité recomienda la adopción de un formato tipo IBM, de -- cuatro "bytes" por muestra y palabra completa en punto flotante, el cual -- es designado Formato C.

El Formato SEG A no puede emplearse en los nuevos sistemas de grabación de punto flotante; por esta razón, el Subcomité considera que la industria mejoraría si un nuevo formato sencillo pudiera adoptarse. Es también recomendable que ambas densidades, 800 b.p.p. y 1600 b.p.p., sean aceptables para los Formatos A, B, y C.

ESPECIFICACIONES DE GRABACION

A continuación se describen las especificaciones generales del -- Formato C. Las referencias corresponderán a las Figuras 1 y 2.

- 1.- Tanto el método NRZI a una densidad de 800 b.p.p., como el método de fase codificada (PE) a 1600 b.p.p., pueden ser usados para grabación. (Debido a las limitaciones en la velocidad de la cinta en los sistemas de campo, el Formato C probablemente será limitado a 1 ms. de muestreo para 30 canales, 2 ms. de muestreo para 62 canales y 4 ms. para 126 canales, con densidad de 1600 b.p.p.; para 800 b.p.p. serán 2 ms. de muestreo para 30 canales y 4 ms. para 62 canales.)
- 2.- El registro sísmico unitario está dividido en una sección de encabezado, conteniendo la información de la identificación correspondiente al registro, y en una sección de datos, conteniendo los valores de los datos de los canales sísmológicos. La primera sección de encabezado en un carrete comienza por lo menos 3 pulgadas después de la marca indicadora en el punto de colocación. Para el método NRZI (800 b.p.p.) la cinta es borrada desde aproximadamente 1.7 pulgadas adelante de la marca indicadora de colocación, al comienzo de la primera sección de encabezado. Para el método PE (fase codificada) se graba un quiebre de identificación (PE) comenzando aproximadamente 1.7 pulgadas antes de la marca indicadora de colocación y continúa después de la orilla de dicha marca. El quiebre de identificación consiste de 1600 líneas de flujo inversas, por pulgada, en la pista P, con el resto de las pistas borradas a C.C. El preámbulo de la primera sección de encabezado está separado del quiebre de identificación por lo menos 0.5 pulgadas de cinta borrada.
- 3.- La inserción de un espaciamento tipo IBM entre la sección de encabezado y la de datos, es opcional.
- 4.- Los datos sísmicos serán grabados sin espaciamentos.
- 5.- Cuando se graba en el método de fase codificada (1600 b.p.p.), si

NORMAS RECOMENDADAS PARA FORMATOS DE CINTA DIGITAL

la sección de encabezado tiene espaciamiento, deberá ser precedida de un preámbulo consistente de 40 "bytes" de ceros y un "byte" de unos, y a continuación un epílogo consistente de un "byte" de unos y 40 "bytes" de ceros. El preámbulo de la sección de datos sísmicos puede escribirse inmediatamente después de un mínimo espaciamiento a continuación del encabezado.

Mientras no hay información, se tiene la pista P en uno y las pistas 0 a 7 en cero, hasta el momento de disparo en que comienza la iniciación del barrido.

La parte correspondiente a información nula debe contener un número entero, múltiple de cuatro "bytes".

La sección de datos sísmicos estará seguida de un epílogo y un -- "fin de registro" (end-of-file).

Si no existe espaciamiento entre las secciones de encabezado y datos sísmicos, el preámbulo precederá a la sección de encabezado y la información nula ("bit" P en uno y "bits" 0 a 7 en ceros) permanecerá hasta la aparición del tiempo de disparo y la iniciación del barrido. Nuevamente la información nula debe estar contenida en un número entero, múltiple de cuatro "bytes"; el epílogo y el "fin de registro" estarán a continuación de la sección de datos sísmicos.

- 6.- Cuando se graba en el método NRZI (800 b.p.p.), si la sección de encabezado está separada de la sección de datos sísmicos, la primera deberá ser seguida de marcas redundantes (CRC y LRC) antes del espaciamiento. Si la totalidad del registro sísmico está escrita sin espaciamientos (encabezado y datos sin separación), las marcas redundantes y el "fin de registro" estarán a continuación de la sección de datos sísmicos. La información nula (P en uno y 0 a 7 en ceros) estará presente hasta el tiempo de disparo y la iniciación del barrido. La información nula debe estar contenida en un número entero, múltiple de cuatro "bytes". La sección de datos sísmicos estará seguida por las marcas redundantes, el espaciamiento y finalmente el "fin de registro".
- 7.- Los valores de los datos están escritos en "bytes" de 8 "bits" en columna vertical (byte) de paridad impar.
- 8.- La marca "fin de registro" (end-of-file) es grabada después de cada registro sísmico, y para el último registro en un carrete se u sar án por lo menos dos indicaciones "end-of-file". La indicación de "fin de registro" consiste de caracteres de 800 b.p.p. en NRZI, ó 1600 b.p.p., según corresponda, precedido de un espaciamiento mínimo de 0.5 pulgadas de cinta borrada.
- 9.- Las especificaciones de cinta, localización y contenido de los caracteres indicadores redundantes, dimensión y número de pistas y todas aquellas especificaciones aplicables estarán de acuerdo a IBM, Forma GA-22-6862, titulada: "IBM 2400 Series Magnetic Tapes Units Original Equipment Manufacturers' Information".

MOVIMIENTO DE LA CINTA (CINTA VISTA CON EL OXIDO HACIA ABAJO)



QUIEBRE DE IDENTIFICACION PE
MARCA INDICADORA
OPCIONAL EN FORMATO C

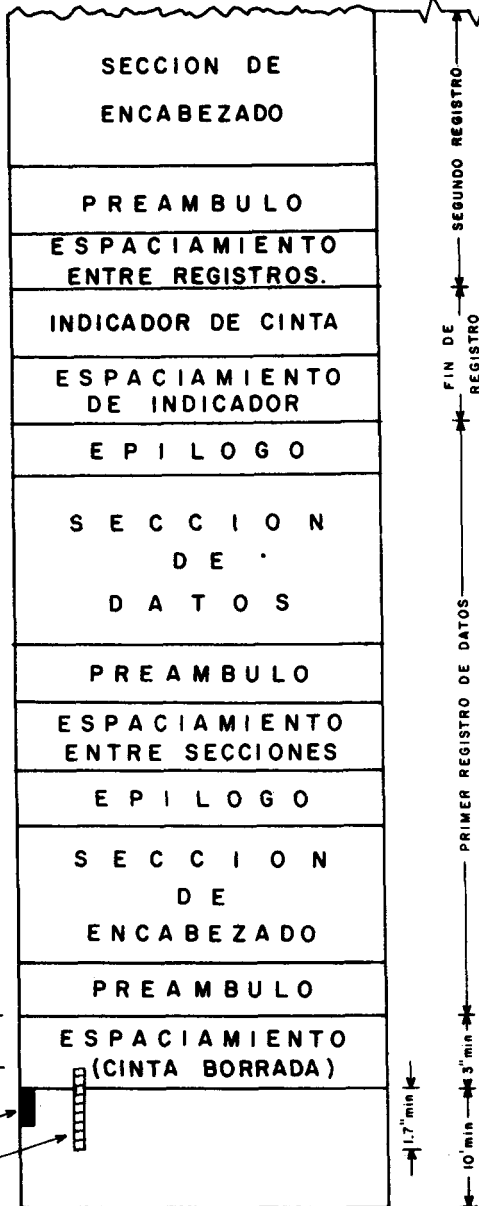


FIG. 1.- Especificaciones generales de grabación para Formato C, en 1600 b.p.p. grabación de fase codificada. Nota: Ordenamiento y localización de las pistas en la cinta, dirección de magnetización y otras especificaciones aplicables, de acuerdo a la Forma IBM GA-22-6862.

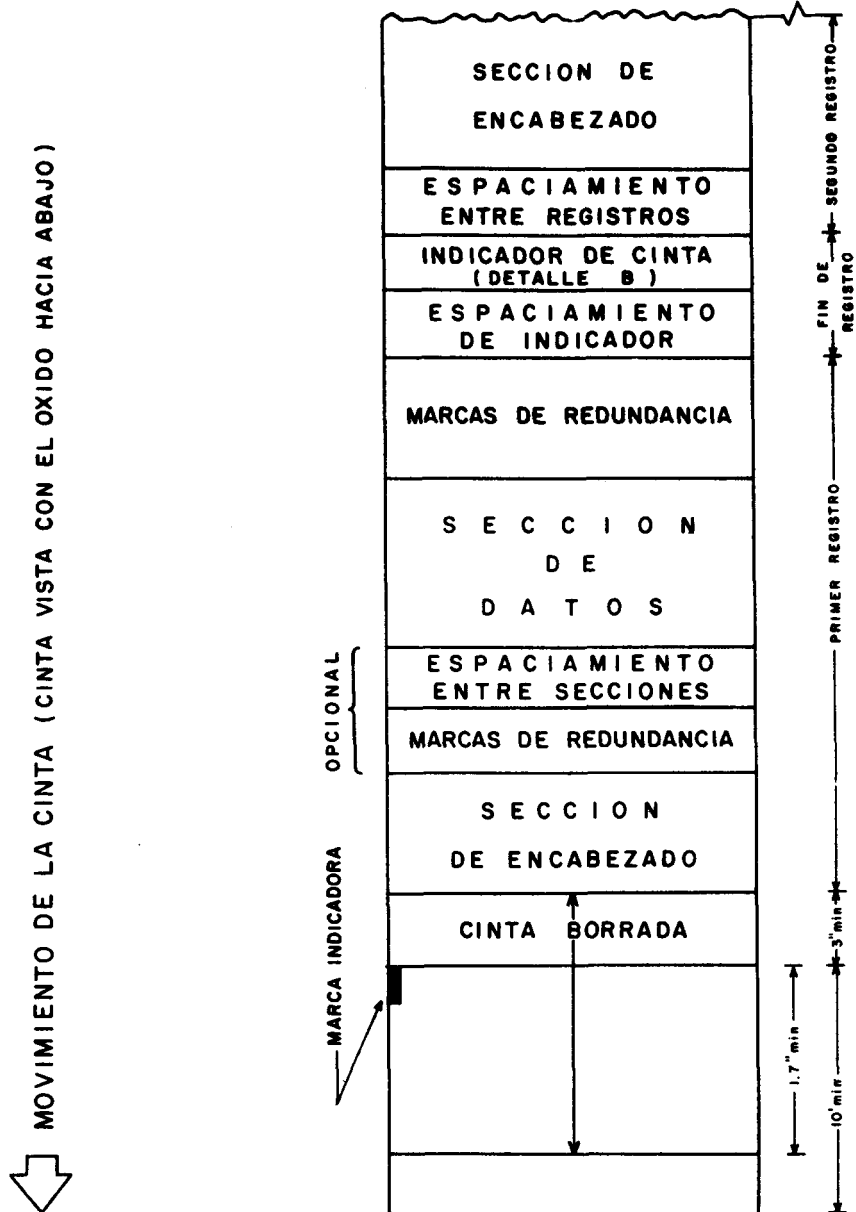


Fig. 2.- Especificaciones generales para formato C con grabación NRZI de 8 b.p.p. Nota: Ordenamiento y localización de las pistas en la cinta, dirección de magnetización y otras especificaciones aplicables, de acuerdo a la Forma IBM GA-22-6862.

DESCRIPCION DE LA SECCION DE ENCABEZADO

La sección de encabezado para el Formato SEG C se ilustra en la figura 3. Este tiene 24 "bytes" de información normal, idéntica a los primeros 24 "bytes" del encabezado para el Formato SEG A o SEG B, con una excepción: El LSD ("bits" 4 a 7) del "byte" 24 está asignado a una constante de ganancia y es común a todos los canales sísmicos. Esto puede evitar la necesidad de grabar la ganancia inicial en un canal individual, si la ganancia inicial es la misma para todos los canales.

Los datos están grabados en paquetes BCD.

A cada "byte" corresponden dos dígitos codificados binario decimal (BCD). La posición de los dígitos más significativos (MSD) está en los "bits" 0, 1, 2 y 3, con sus respectivos valores decimales de 8, 4, 2, y 1. Las últimas cifras significativas (LSD) corresponden a los "bits" 4, 5, 6 y 7 con sus respectivos valores decimales de 8, 4, 2 y 1.

Los números suscritos en código de letras en el formato, muestran la referencia a la posición de los dígitos decimales.

Así, por ejemplo: Y_1 = posición de código de formato de orden mayor y Y_4 = posición de código de formato de orden menor. Así, el Código de formato número 0273 estará escrito en la siguiente forma: $Y_1 = 0$; $Y_2 = 2$; $Y_3 = 7$; $Y_4 = 3$.

A continuación se muestra una tabla describiendo el encabezado completo.

Byte No.	LETRAS	DESCRIPCION
1	F_1, F_2	4 dígitos, número de archivo.
2	F_3, F_4	
3	Y_1, Y_2	4 dígitos, Código de formato asignado. por SEG para registro de formato.
4	Y_3, Y_4	
5	K_1, K_2	12 dígitos, constantes de identificación. (Ej: Fecha, No. de línea, No. de carrete, etc.)
6	K_3, K_4	
7	K_5, K_6	
8	K_7, K_8	
9	K_9, K_{10}	
10	K_{11}, K_{12}	

NORMAS RECOMENDADAS PARA FORMATOS DE CINTA DIGITAL

Byte No.	LETRAS	DESCRIPCION
11	B_1, B_2	Número de "bytes" por barrido.
12 MSD	B_3	
12 LSD	1	Intervalo de muestreo en milisegundos
13	M_1, M_2	2 dígitos, código del fabricante.
14	M_3, M_4	6 dígitos, número de serie del equipo
15	M_5, M_6	
16	M_7, M_8	
17	R_1, R_2	Longitud del registro en segundos. Código 00 indica grabación contínua.
18 MSD	J	Forma de Control de Ganancia en Amp. 8 = Ganancia binaria. 4 = Ganancia programada. 2 = C. A. G. colectivo. 1 = C. A. G. individual 9 = Control de gan. en punto flotante.
18 LSD	Z	Tipo de registro. 8 = Tiro 4 = Tiro de control 2 = Prueba 1 = Otro
19	LC_1, LC_2	2 dígitos, posición de filtro de corte bajo.
20 MSD	LS	Posición de la pendiente del filtro de corte bajo en DB/octava, el No. BCD <u>re</u> presenta la pendiente, (para calcular la pendiente real, multiplique el <u>núme</u> ro por 6 DB/octava).
20 LSD		Todos ceros
21	HC_1, HC_2	Primeros dos dígitos de los tres que - fijan la posición del filtro de corte alto
22 MSD	HC_3	Tercer dígito de los tres anteriores

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

Byte No.	LETRAS	DESCRIPCION
22 LSD	HS	Posición de la pendiente del filtro de corte alto en DB/octava, el número BCD representa la pendiente, (para calcular la pendiente real, multiplique el número por 6 DB/octava).
23	S ₁ , S ₂	2 dígitos, posición de filtro especial (eliminación u otros).
24 MSD	A	Posición de filtro alias 1, 2, 3 ó 4 indica muestreo o filtro alias.
24 LSD	G	Constante común de ganancia.

Si es necesario grabar la ganancia inicial de los canales sísmicos en un canal principal, éste comenzará con el "byte" 25 y usa una palabra de cuatro "bytes" para cada canal sísmico.

Para mantener la compatibilidad con la previa sección de encabezado SEG, los "bits" 3 a 7 del primer "byte" de cada palabra son usados - para la porción de ganancia fija tanto en ganancia binaria, como en amplificadores de punto flotante. Esta información es en forma binaria, con la cifra más significativa en el "bit" número 3 y la última cifra significativa en el "bit" número 7. Los "bits" 3 al 7 del segundo "byte" son usados para la posición inicial de la porción de ganancia variable en los amplificadores de ganancia binaria, si ellos son usados. Para los amplificadores de punto flotante, que no requieren de ganancia inicial, el segundo "byte" puede ser llenado con ceros, o bien puede ser grabada la ganancia del amplificador al tiempo de escribir el encabezado. Para los "bytes" que no se usan, a los "bits" 0 a 7 corresponden ceros y uno al "bit" P. Los ceros son también grabados en los "bits" que no se empleen de los primeros dos "bytes".

Nuevamente, para mantener la compatibilidad con el previo encabezado SEG, para cada palabra de la ganancia inicial, los "bits" 0, 1, y 2 del primer "byte" contienen el código de identificación de canal, empleando para identificar el uso de canal grabado, en la forma siguiente:

"Bit" No.	TIPO DE CANAL	
0 1 2		
0 0 0	Canal libre.	
1 0 0	Canal para arribos en agua.	
0 1 0	Canal para tiempo de corte.	
0 0 1	Canal sísmico	
1 0 1	Contador de tiempo.	

NORMAS RECOMENDADAS PARA FORMATOS DE CINTA DIGITAL

"Bit" No.	TIPO DE CANAL		
0	1	1	Canal de sismo de pozo.
1	1	1	Otro.

Aquella información no definida en la sección del encabezado normal y que sea requerida, podrá ser grabada a partir del "byte" 25, si las posiciones de ganancia inicial individual no están grabadas; o bien, comenzando en el "byte" siguiente, a continuación de las posiciones de ganancia inicial, cuando éstas están grabadas. Para llevar a cabo esta ampliación, deberá ser agregado un número entero múltiplo de cuatro "bytes", los "bits" no empleados deberán llenarse con ceros.

Para mantener la integridad del código de iniciación de barrido (start-of-scan) ninguna información podrá ser grabada en el encabezado en forma tal que produzca tres "bytes" sucesivos de unos.

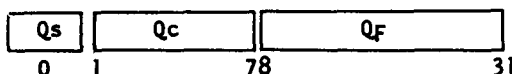
DESCRIPCION DE LA SECCION DE DATOS

Un diagrama detallado de la sección de datos, se ilustra en la figura 4. La sección de datos se inicia con la grabación de ocho "bytes" correspondientes al grupo de sincronización y que preceden a la iniciación del barrido de datos del canal sísmico No. 1. El primer grupo de sincronización coincide con el tiempo de corte.

Para mantener la compatibilidad con el Formato SEG A, la indicación de iniciación de barrido está provista por tres "bytes" sucesivos de unos, grabados en los "bits" 0 a 7 de los tres primeros "bytes" y ceros en los "bits" 0 a 7 del cuarto "byte" del grupo de sincronización.

Se recomienda grabar 15 "bits" de tiempo (contando el tiempo en ms. a partir del instante de tiro), los cuales pueden ser grabados en los "bytes" cinco y seis del grupo de sincronización ($T_1 - T_{15}$). El séptimo u octavo "byte" del grupo de sincronización contiene ceros en los "bits" 0 a 7. Existirá una sola indicación de iniciación de barrido, independientemente del número de canales que sean grabados.

Cada valor del dato en un canal sísmico es grabado en cuatro "bytes" sucesivos, usando la notación de punto flotante IBM, definida como -- IBM Forma GA-22-6821, en "Principios de Operación del Sistema IBM-360". -- Los cuatro "bytes" forman una palabra de 32 "bits", consistiendo de un "bit" de signo Q_s , siete "bits" de exponente o característica Q_c , y 24 "bits" de fracción Q_f .



Q_s indica el signo de polaridad y es uno para polaridad negativa.

Q_c representa la potencia de 16, de la que se substraen 64 unidades, expresadas en notación binaria; permitiendo que las potencias posi--

tivas o negativas de 16 representen un número real.

Q_F es un número hexadecimal de seis dígitos (24 "bits" binarios) con un punto base a la izquierda del dígito más significativo. El significado de la fracción es:

$$2^{-1} + 2^{-2} + 2^{-3} \dots \dots \dots + 2^{-23} + 2^{-24}$$

El valor del dato representado por un número en punto flotante es:

$$Q_s \times 16^{(Q_s - 64)} \times Q_F$$

Considerando una grabadora típica de campo, ésta usa 15 "bits" en conversión analógica-digital para medir la salida de un canal.

La conversión de salida es: Un "bit" de signo y 14 "bits" de magnitud binaria con el "bit" correspondiente a la última cifra significativa con un valor de 2^{-14} (0.00006103515625) veces el voltaje de referencia digitalizado, y el "bit" de la cifra más significativa, con un valor de 2^{-1} (0.5) veces el voltaje de referencia. Cuando el convertidor mide una señal positiva de escala completa, o sea, (1.0×2^{-14}) veces el voltaje de referencia, su salida es:

$$\begin{array}{r} 0 \\ \hline \text{SIGNO} \end{array} \quad \begin{array}{r} 1111 \quad 1111 \quad 1111 \quad 11 \\ \hline \text{MAGNITUD} \end{array}$$

De este modo, si el valor del dato registrado es considerado como un múltiplo del voltaje de referencia digitalizado, el valor grabado en esca la total sería:

$$\begin{array}{r} 0 \\ \hline Q_s \end{array} \quad \begin{array}{r} 1000000 \\ \hline Q_c \end{array} \quad \begin{array}{r} 1111 \quad 1111 \quad 1111 \quad 1100 \quad 0000 \quad 0000 \\ \hline Q_F \end{array}$$

Para el caso especial en que el voltaje de referencia puede ser expresado como una potencia de 16, el voltaje de referencia puede ser incorporado en Q_c . Multiplicando el valor del dato por 4096, ó 16^3 , produce la amplitud de la señal en milivolts, si el voltaje de referencia es 4096 mv. Entonces, la representación de la grabación en mv. en Formato C, sería:

$$\begin{array}{r} 0 \\ \hline Q_s \end{array} \quad \begin{array}{r} 1000011 \\ \hline Q_c \end{array} \quad \begin{array}{r} 1111 \quad 1111 \quad 1111 \quad 1100 \quad 0000 \quad 0000 \\ \hline Q_F \end{array}$$

Nótese que la fracción es un número real sin considerar la polaridad de la señal. Una señal negativa, de escala completa, sería grabada en complemento de unos, codificada en Formato SEG A o B, tal que:

$$\begin{array}{r} 1 \\ \hline \text{SIGNO} \end{array} \quad \begin{array}{r} 0000 \quad 0000 \quad 0000 \quad 00 \\ \hline \text{MAGNITUD} \end{array}$$

La representación correspondiente en Formato C es:

NORMAS RECOMENDADAS PARA FORMATOS DE CINTA DIGITAL

<u>1</u>	<u>1000000</u>	<u>1111</u>	<u>1111</u>	<u>1111</u>	<u>1100</u>	<u>0000</u>	<u>0000</u>
Qs	Qc	QF					

En éste y en todos los ejemplos siguientes, el valor grabado en milivolts, para un voltaje de referencia de 4096 mv, puede ser obtenido - mediante la adición de 3 (0000011 en binario) a Qc. Nótese también que la fracción es normalizada, ésto es, el dígito más significativo (cuatro -- "bits" más significativos) no puede ser cero a menos que la fracción entera sea cero.

Si la entrada al convertidor es igual al último "bit" significativo, la salida del convertidor es:

<u>0</u>	<u>0000</u>	<u>0000</u>	<u>0000</u>	<u>01</u>
SIGNO	M A G N I T U D			

La representación de la grabación:

<u>0</u>	<u>0111101</u>	<u>0100</u>	<u>0000</u>	<u>0000</u>	<u>0000</u>	<u>0000</u>	<u>0000</u>
Qs	Qc	QF					

lo cual se obtiene desplazando la magnitud 12 lugares a la izquierda (multiplicando por 16^3) y substrayendo 3 de la característica (dividiendo entre 16^3).

Para simplicidad, en los ejemplos previos se ha distribuido el nivel de salida del canal. En un sistema de grabación de ganancia variable, por supuesto, la entrada del canal, más que la salida, es el dato más importante.

En el Formato C el valor del dato grabado es el cociente de la salida del canal entre la ganancia o la señal de entrada respecto al voltaje de referencia.

A continuación se muestran las representaciones en Formato C de - señales que producen salida positiva a escala máxima, y a diferentes niveles de ganancia

6	db	0	1000000	0111	1111	1111	1110	0000	0000
18	db	0	1000000	0001	1111	1111	1111	1000	0000
24	db	0	0111111	1111	1111	1111	1100	0000	0000
72	db	0	0111101	1111	1111	1111	1100	0000	0000
96	db	0	0111100	1111	1111	1111	1100	0000	0000

Cualquier parte variable de la ganancia, individual o total (fija más variable) puede ser usada como divisor.

La ganancia total invariablemente será usada, cuando todos los canales no operen a la misma ganancia fija.

Cuando se usa la ganancia total, la grabación de las ganancias fija e inicial en el encabezado, es opcional para el Formato C

Para el caso especial en que todos los canales tienen salida cero, la representación de la grabación es siempre:

0 0000000 0000 0000 0000 0000 0000 0000

sin considerar el canal de ganancia.

Los canales auxiliares son grabados también en cuatro "bytes" cada uno, siendo grabados mediante la configuración especial de "bits", según el tipo de información. Cuando la información de los canales auxiliares corresponde a datos analógicos digitizados, éstos son grabados en la misma forma de un canal sísmico. Si los canales auxiliares contienen información digital, el "bit" más significativo corresponde al "bit" 0 del primer "byte" de la palabra.

Si bien las fracciones parciales de la notación de punto flotante pueden estar representadas en 24 "bits" significativos, en los ejemplos -- arriba indicados, que no contienen suma de campo y con 15 "bits" de conversión, se tendrán, por lo menos siete "bits" sin uso. Estos "bits" deberán llenarse con ceros. Para mantener la integridad del barrido, el "bit" 7 -- del cuarto "byte" de cada canal auxiliar o sísmico, deberá ser cero; y en el formato de punto flotante el número de mayor magnitud negativa que puede representarse es $-5.9 \times 10^{+75}$. Si en los canales auxiliares es grabada alguna información en notación diferente a la de punto flotante, deberá tenerse especial cuidado en que no aparezcan tres "bytes" sucesivos de -- unos.

La asignación de canales sísmicos o auxiliares es completamente flexible, considerando que los canales sísmicos tienen muestreo secuencial empezando en el canal 1 y seguido por los canales auxiliares.

Una sugerencia para la asignación de canales de los 30 que un sistema contiene, es la siguiente:

Canal	Asignación
1 - 24	Canales sísmicos.
25	Auxiliar.
26	Auxiliar o de equipo monitor.
27	Auxiliar.
28	Sismo de pozo o arribos en agua.
29	Tiempo de disparo.
30	Tiempo (100 hz. de una fuente independiente)

92

[illegible]

Fig. 4.- Sección de datos para formato C.

NOTA : LA INFORMACION NULA PERMANECE GRABADA EN CUALQUIER CINTA ANTES DE LA INICIACION DE BARRIDO DE DATOS DE LOS CANALES SISMICOS Y AUXILIARES DISPONIBLES.

NORMAS RECOMENDADAS PARA FORMATOS DE CINTA DIGITAL

EXPANSION DEL FORMATO C PARA MAS DE 30 CANALES

Para un sistema de 30 canales, el Formato C utiliza 128 "bytes" por barrido de datos. Para la expansión del formato arriba de 30 canales - será un número entero, múltiplo de 128 "bytes" por barrido de datos.

NORMAS RECOMENDABLES PARA GRABACION DE 1600 b.p.p. EN FORMATOS SEG A y B

El Subcomité de Formato de Cintas de Campo de SEG, considera a la grabación de fase codificada a 1600 b.p.p. como esencialmente independiente de cualquier formato particular. Por esta razón, el Comité recomienda - que ambos Formatos, SEG A y B permitan también grabar en 800 b.p.p. NRZI ó en 1600 b.p.p. en fase codificada, y que esos formatos permanezcan sin ningún cambio respecto a otros.

Las Figuras 1 y 2 ilustran las especificaciones generales de ambos métodos de grabación. A continuación se describe el formato de grabación en cinta de 1600 b.p.p.

- 1.- Para el método PE (fase codificada) se graba un "quiebre de identificación" comenzando como mínimo, a 1.7 pulgadas antes de la -- marca indicadora de colocación y continúa después de la orilla de dicha marca. El quiebre de identificación consiste en 1600 líneas de flujo inversas, por pulgada, en la pista P y el resto de las - pistas borradas a C.C.
- 2.- Un registro sísmico está dividido en un encabezado conteniendo la identificación constante de la información referente al registro y una sección de datos conteniendo los valores de los datos de los canales sísmicos. Un espaciamiento mínimo de 0.6 pulgadas separa a la sección de encabezado de la sección de datos.
La primera sección de encabezado en una cinta, comienza aproximadamente a 3 pulgadas como mínimo, de la marca indicadora de colocación de cinta.
- 3.- Cada sección, de encabezado o de datos, debe estar precedida de un preámbulo consistente en 40 "bytes" de "bits" en cero en todas -- las pistas, y un "byte" de "bits" en uno, y seguido por un epílogo consistente en un "byte" de unos y 40 "bytes" de ceros en todas las pistas. El prólogo de la primera sección de encabezado es -- tá separado del quiebre de identificación por lo menos 0.5 pulgadas de cinta borrada. El prólogo de la sección de datos debe es -- tar inmediatamente después de un espaciamiento mínimo respecto al encabezado.
La información nula ("bit" P en 1 y 0 a 7 en cero) podrá registrar -- se hasta que aparezca el barrido de datos.
- 4.- La marca "fin de registro" se escribe después de cada registro y en el caso de ser el último en una cinta, deberán escribirse por lo menos dos marcas de "fin de registro".
El "fin de registro" está precedido de por lo menos 0.5 pulgadas

de cinta borrada.

- 5.- Las especificaciones de cinta estarán de acuerdo a la Forma IBM GA-22-6862.

AGRADECIMIENTOS

Las diferentes propuestas fueron originalmente presentadas en una asamblea a la que concurrieron representantes de numerosas compañías petroleras, contratistas y fabricantes de instrumentos. La versión preliminar de las presentes recomendaciones se envió a cada uno de ellos para sus comentarios. Agradecemos ampliamente la ayuda y sugerencias recibidas.

REFERENCIA.- Northwood, E., J. Weisinger, R.C., and Bradey, J.J., 1967.- "Normas recomendables para formatos en cinta digital". Geophysics. V-32, pág. 1073 - 1084.

METODO VARIACIONAL EN PROBLEMAS DE PROPAGACION DE ONDAS +

M. en C. Ricardo Díaz Navarro *

RESUMEN

Se propone un algoritmo, basado en el Cálculo de Variaciones y en el Principio de Mínima Acción, para la solución de problemas de propagación de onda. Este método se compara con los métodos por diferencias finitas.

Se ajusta un polinomio de segundo grado entre cada nodo de la malla y se minimiza a la integral de Acción Mínima con respecto a los coeficientes del polinomio a cada intervalo de tiempo.

El tiempo de computadora empleado fue aproximadamente el mismo a pesar de que el intervalo de muestreo espacial pudo hacerse cuatro veces mayor en el Método Variacional que en el de Diferencias Finitas.

+ Este trabajo fue presentado en Colorado School of Mines como tesis de Maestría en Geofísica (1971).

* Instituto Mexicano del Petróleo, Centro de Procesamiento Geofísico, - Subdirección de Tecnología de Exploración.

INTRODUCCION

Los principios variacionales han tomado parte en el desarrollo de muchas ramas de la física.

Los problemas de dinámica de partículas para sistemas conservativos se pueden expresar en una forma basada en el principio de Mínima Acción de Mecánica, así como por medio de las ecuaciones de movimiento de Newton. Aunque existe una correspondencia entre estas dos presentaciones, muchas veces la solución que se obtiene en sistemas mecánicos complicados resulta más sencilla usando el método variacional que el de las ecuaciones de Newton. Los métodos variacionales también son útiles en determinar soluciones aproximadas en problemas que sea difícil tener una solución exacta.

Cavendish et al (2, 6, 7), han encontrado que los métodos variacionales en ecuaciones diferenciales parciales del tipo parabólico — dan soluciones aproximadas mejores que usando las técnicas por diferencias finitas. El propósito de este artículo es de mostrar explícitamente todos los pasos de un nuevo método variacional en problemas de propagación de onda la cual es del tipo hiperbólico.

EL PRINCIPIO DE MINIMA ACCION.

La configuración de un sistema mecánico está descrita por los valores de n — coordenadas generalizadas q_1, q_2, \dots, q_n , que corresponden a un punto en el espacio de configuración de dimensión n . A medida que el tiempo transcurre, el estado del sistema cambia, y el punto se — mueve en el espacio de configuración trazando una curva que describe el movimiento del sistema.

Sea C_1 la configuración de un sistema mecánico en el instante T_1 y C_2 la configuración en el instante T_2 , donde $T_2 > T_1$. Las posibles trayectorias del sistema son las que unen a C_1 y C_2 en el espacio de configuración, de los cuales únicamente una de ellas es la trayectoria actual o dinámica, que se puede determinar por el principio de mínima acción que establece "Un sistema mecánico con energía cinética T y energía Potencial U se comporta en el intervalo de tiempo $T_1 < T < T_2$ de tal manera que

(1)

$$A = \int_{T_1}^{T_2} L(q_i, \dot{q}_i, t) dt$$

METODO VARIACIONAL EN PROBLEMAS DE PROPAGACION DE ONDAS

asume un valor estacionario.

La integral A se conoce como la integral de Acción y el integrando L es el Lagrangiano del sistema definido como:

$$L = T - V \quad (2)$$

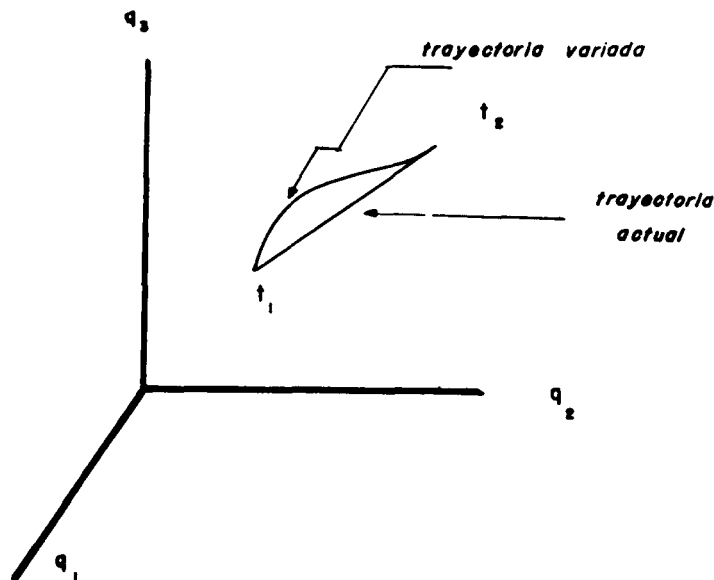


Figura 1.- Orbitas del sistema mecánico en un espacio tridimensional.

PROBLEMA DE PROPAGACION DE ONDA A TRAVES DE UN MEDIO ELASTICO IDEAL

Derivación de la ecuación diferencial parcial a partir del principio de Mínima Acción.

El propósito fundamental de esta investigación es la de comparar el método variacional con el de diferencias finitas en problemas con soluciones conocidas.

El problema que seleccionamos fue el de estudiar el desplazamiento de la onda cuando se aplica un impulso o desplazamiento conocido a un sólido elástico. (Fig. 2).

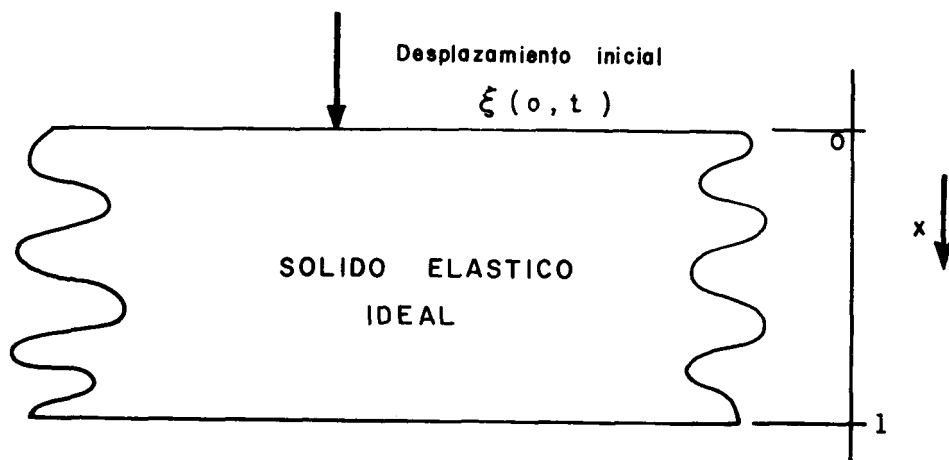


Figura 2.- El modelo Elástico.

El desplazamiento de la onda estará descrito por la función $\xi(x, t)$. Si ρ representa la densidad del sólido, su energía cinética estará dada por:

$$T = \frac{1}{2} \rho \int_0^1 \left(\frac{\partial \xi}{\partial t} \right)^2 dx \quad (3)$$

Los esfuerzos son proporcionales a los desplazamientos en el modelo elástico ideal. La energía potencial estará dada por:

$$U = \frac{1}{2} (\lambda + 2\mu) \int_0^1 \left(\frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^2 dx \quad (4)$$

donde λ y μ son las constantes elásticas del medio, conocidas en elasticidad como los coeficientes de Lamé.

Para encontrar el desplazamiento de la onda $\xi(x, t)$ en el intervalo de tiempo $t_1 < t < t_2$, debemos encontrar el valor mínimo de la integral

$$A = \frac{1}{2} \int_{t_1}^{t_2} \int_0^1 \left[\rho \left(\frac{\partial \xi}{\partial t} \right)^2 - \tau \left(\frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^2 \right] dx dt \quad (5)$$

METODO VARIACIONAL EN PROBLEMAS DE PROPAGACION DE ONDAS

Weinstock (9). demuestra que el valor mínimo de A sucede cuando se satisface la ecuación diferencial parcial

$$\tau \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} = \rho \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} \quad (6)$$

donde

$$\tau = \lambda + 2\mu$$

Esta ecuación es la que describe el movimiento de la onda a través del medio elástico.

SOLUCION ESTACIONARIA DE LA INTEGRAL DE MINIMA ACCION USANDO DIFERENCIAS FINITAS.

Se digitaliza la función $\xi(x,t) \rightarrow \xi(n\Delta x, m\Delta t)$ analizando la configuración de la onda de tres intervalos de tiempo consecutivos, i. e., $0, \Delta t, 2\Delta t$. De acuerdo con el principio de Mínima Acción, se mantienen fijas a la primera y tercera configuración y se calcula la posición de la onda en la segunda configuración tal que la integral de Mínima Acción sea mínima.

La propagación de la onda está descrita por una ecuación diferencial parcial de segundo orden. Para resolver esta ecuación se debe especificar las condiciones en la frontera y la posición de la onda en las primera y segunda configuraciones. Debido a que las tres configuraciones están relacionadas entre sí, podemos expresar a la tercera configuración en términos de las anteriores.

En general, el cálculo se hará como sigue: conociendo las posiciones de la onda en $(m-1)\Delta t$ y $m\Delta t$ se evalúa la posición en $(m+1)\Delta t$, para $m = 1, 2, \dots, M$.

En referencia a la figura 1, el sistema parte con los desplazamientos en los nodos de la malla marcados con X y el algoritmo calcula los desplazamientos en los nodos restantes.

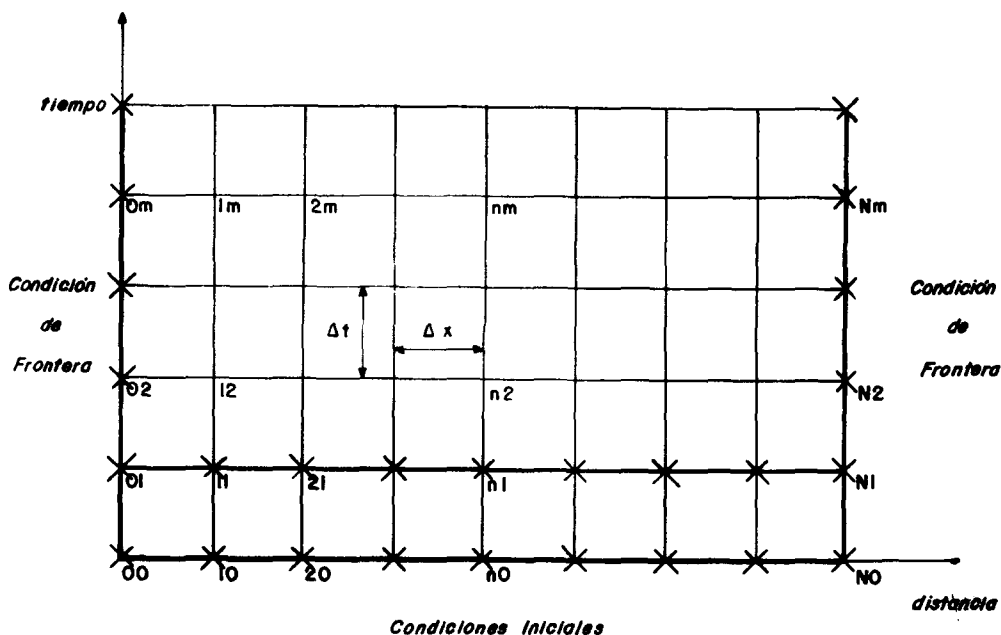


Figura 3 Malla usada en el Método por Diferencias Finitas.

El próximo paso es el de aproximar las integrales por sumas.

$$A = \frac{\rho}{2} \sum_{n=1}^N \left[\left(\frac{\xi_m - \xi_{n0}}{\Delta t} \right)^2 + \left(\frac{\xi_{n2} - \xi_{n1}}{\Delta t} \right)^2 \right] \Delta x \Delta t - \frac{T}{2} \sum_{n=1}^N \left[\left(\frac{\xi_{n0} - \xi_{n-1,0}}{\Delta x} \right)^2 + \left(\frac{\xi_{n1} - \xi_{n-1,1}}{\Delta x} \right)^2 + \left(\frac{\xi_{n2} - \xi_{n-1,2}}{\Delta x} \right)^2 \right] \Delta x \Delta t \quad (7)$$

La integral de Acción es estacionaria entre

$$0 \leq t \leq 2\Delta t$$

$$\text{si} \quad \frac{\partial A}{\partial \xi_{n1}} = 0 \quad \text{para } n = 1, 2, \dots, N-1$$

Por lo tanto se obtiene:

$$\xi_{n1} - \xi_{n0} - \xi_{n2} + \xi_{n1} - \frac{v^2}{\lambda^2} (\xi_m - \xi_{n-1,1} - \xi_{n+1,1} + \xi_{n1}) \quad (8)$$

MÉTODO VARIACIONAL EN PROBLEMAS DE PROPAGACIÓN DE ONDAS

donde
$$\lambda = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$v^2 = \frac{\tau}{\rho} \quad (9)$$

En general, la integral de acción entre $(m-1)\Delta t \leq t \leq (m+1)\Delta t$ estacionaria si

$$\frac{\partial A}{\partial \xi_{nm}} = 0 \quad \begin{array}{l} n = 1, 2, \dots, N-1 \\ m = 1, 2, \dots, M \end{array}$$

que da el siguiente resultado

$$\xi_{n,m+1} = -\xi_{n,m-1} + 2\left(1 - \frac{v^2}{\lambda^2}\right)\xi_{nm} + \frac{v^2}{\lambda^2}(\xi_{n-1,m} + \xi_{n+1,m})$$

Este resultado es el mismo que hubieramos obtenido si aplicamos diferencias finitas centrales directamente en la ecuación diferencial parcial (6)

SOLUCIÓN ESTACIONARIA DE LA INTEGRAL DE MINIMA ACCIÓN USANDO

AJUSTE DE POLINOMIOS

Las soluciones que se obtienen de la ecuación (9), son estables si $\left(\frac{\lambda}{v}\right)^2 > 1$ (Referencia 8).

Se propone ajustar una parábola de la forma $ax^2 + bx + c$ entre cada nodo de la malla, con lo que se espera obtener la misma exactitud en las soluciones en tiempos de computadora menores, ya que serán aceptables mayores intervalos de muestreo espacial (*).

Se digitaliza la variable temporal, dejando a la variable espacial continua, i. e., $\xi(x, t) \rightarrow \xi(x, m\Delta t)$

Considerando el intervalo $0 \leq x \leq 1$ y subdividiéndolo en N subintervalos de tal manera que la función $\xi(x, m\Delta t)$ puede representarse aproximadamente por N polinomios de 2º grado de la forma:

$$\eta_n(x, m\Delta t) = a_{nm} [x - (n-1)h]^2 + b_{nm} [x - (n-1)h] + c_{nm}$$

donde

$$h = x_n - x_{n-1}$$

(10)

(*) El criterio de estabilidad $\left(\frac{\lambda}{v}\right)^2 > 1$ no se viola al hacer Δx mas grande, $n = 1, 2, 3, \dots, N$

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

Tenemos que 3 N configuraciones diferentes para cada m, pero - debido a que el medio donde se propaga la onda es homogéneo tenemos continuidad de los desplazamientos y esfuerzos en $n = 1, 2, \dots, N$, que junto con las condiciones en la frontera en $n = 0$ y $n = N$, nos dan 2 N ecuaciones simultáneas. En consecuencia podremos eliminar 2 N coeficientes - y terminar únicamente con N coeficientes, los cuales podrán determinar - usando el Cálculo de Variaciones.

La condición de la frontera en $X = 0$ es: $\eta_1(x, m \Delta t)|_{x=0} = \xi_{0m}$.

$$C_{1m} = \xi_{0m} \quad (11)$$

La continuidad de los desplazamientos da el resultado.

$$a_{nm} h^2 + b_{nm} h + c_{nm} = c_{n+1,m} \quad (12)$$

La continuidad de los esfuerzos es equivalente a tener continuidad en la primera derivada de $\xi(x, m \Delta t)$, y se obtiene que:

$$2 a_{nm} h + b_{nm} = b_{n+1,m}$$

La condición de frontera en $X = Nh$ es:

$$\eta_N(x, m \Delta t)|_{x=Nh} = \xi_{Nm} \quad (13)$$

resultado:

$$a_{Nm} h^2 + b_{Nm} h + c_{Nm} = \xi_{Nm} \quad (14)$$

Ahora, usando de la ecuación (11) a la ecuación (14), podremos resolver los parámetros a_{nm} y c_{nm} en término de los b_{nm} . Tendremos un sistema de 2 N - 1 ecuaciones, ya que evaluamos explícitamente a los coeficientes C_{1m} .

Por simplicidad, vamos a trabajar el caso para $N = 4$. Más tarde, generalizaremos para cualquier número de intervalos.

De las ecuaciones (11) a (14), se obtiene el sistema de ecuaciones lineales.

$$\begin{bmatrix} h^2 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 2h & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & h^2 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 2h & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & h^2 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 2h & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & h^2 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{1m} \\ a_{2m} \\ a_{3m} \\ a_{4m} \\ c_{2m} \\ c_{3m} \\ c_{4m} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -b_{1m}h - \xi_{0m} \\ b_{2m} - b_{1m} \\ -b_{2h} \\ b_{3m} - b_{2m} \\ -b_{3h} \\ b_{4m} - b_{3m} \\ -b_{4m} - \xi_{4m} \end{bmatrix} \quad (15)$$

MÉTODO VARIACIONAL EN PROBLEMAS DE PROPAGACIÓN DE ONDAS

De los renglones pares, se obtiene:

$$a_{1m} = \frac{1}{2h} (b_{2m} - b_{1m}) \quad (16)$$

$$a_{2m} = \frac{1}{2h} (b_{3m} - b_{2m}) \quad (17)$$

$$a_{3m} = \frac{1}{2h} (b_{4m} - b_{3m}) \quad (18)$$

Desarrollando el primer renglón se tiene que:

$$h^2 a_{1m} - c_{2m} = -b_{1m}h - \xi_{0m}$$

Substituyendo la ecuación (16) en esta ecuación, se tiene que:

$$c_{2m} = \frac{h}{2} (b_{1m} + b_{2m}) + \xi_{0m} \quad (19)$$

Desarrollando el tercer renglón, se tiene que:

$$h^2 a_{2m} + c_{2m} - c_{3m} = -b_{2m}h \quad (20)$$

Substituyendo la ecuación (17) y (19) en esta ecuación se obtiene:

$$c_{3m} = \frac{h}{2} (b_{1m} + 2b_{2m} + b_{3m}) + \xi_{0m} \quad (21)$$

Desarrollando al quinto renglón, se tiene que:

$$h^2 a_{3m} - c_{3m} - c_{4m} = -b_{3m}h \quad (22)$$

Substituyendo (18) y (20) en esta ecuación, se obtiene:

$$c_{4m} = \frac{h}{2} (b_{1m} + 2b_{2m} + 2b_{3m} + b_{4m}) + \xi_{0m} \quad (23)$$

Finalmente desarrollando el séptimo renglón, se tiene que:

$$h^2 a_{4m} + c_{4m} = -b_{4m}h + \xi_{4m} \quad (24)$$

Substituyendo la ecuación (23) en esta ecuación, se obtiene:

$$a_{4m} = -\frac{1}{2h} (b_{1m} + 2b_{2m} + 2b_{3m} + 3b_{4m}) + \frac{1}{h^2} (\xi_{4m} - \xi_{0m}) \quad (25)$$

Para el caso de N subintervalos, los parámetros a_{nm} y b_{nm} se obtiene de una manera análoga y entonces la función $\eta_n(x, m\Delta t)$ queda finalmente como:

$$\eta_1(x, m\Delta t) = \frac{b_{2m} - b_{1m}}{2h} x^2 + b_{1m}x + \xi_{0m}$$

$$\eta_n(x, m\Delta t) = \frac{bn+1, m - bnm}{2h} \left[x - (n-1)h \right]^2 + bnm \left[x - (n-1)h \right] + \frac{n}{2} (b1m + 2b2m + \dots + 2bN-1, m + bnm) + \xi_{0m}$$

$$n = 2, 3, \dots, N-1$$

$$\eta_N(x, m\Delta t) = \left[\frac{b1m + 2b2m + \dots + 2bN-1, m}{2h} + \frac{\xi_{Nm} - \xi_{0m}}{h^2} \right] \left[x - (N-1)h \right]^2 + bNm \left[x - (N-1)h \right] + \xi_{0m} + \frac{h}{2} (b1m + 2b2m + \dots + 2bN-1, m + b1m) \quad (25)$$

De una manera análoga al caso discreto, conservamos los coeficientes en la primera y tercera configuración fijos y minimizamos a la Integral de Acción con respecto a los coeficientes b_{nm} de la segunda configuración.

Aproximado a la velocidad de la onda $\frac{\partial \xi(x, t)}{\partial t}$ entre $t_1 < t < t_2$ como

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} = \frac{\xi(x, t_2) - \xi(x, t_1)}{t_2 - t_1}$$

y entonces la integral de acción dada en ecuación (5), con límites $t_1 = 0$ y $t_2 = 2\Delta t$, quedará expresada como

$$A = \frac{1}{2} \rho \Delta t \int_0^1 \left[\left(\frac{\xi(x, \Delta t) - \xi(x, 0)}{\Delta t} \right)^2 + \left(\frac{\xi(x, 2\Delta t) - \xi(x, \Delta t)}{\Delta t} \right)^2 \right] dx - \frac{1}{2} \tau \Delta t \int_0^1 \left[\left(\frac{\partial \xi(x, 0)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \xi(x, \Delta t)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \xi(x, 2\Delta t)}{\partial x} \right)^2 \right] dx \quad (28)$$

Esta integral es estacionaria si $\frac{\partial A}{\partial b_{n1}} = 0$ $n = 1, 2, \dots, N$, entonces se obtiene

$$\frac{\partial A}{\partial b_{n1}} = \left(\frac{\rho}{\Delta t} \right) \int_0^1 \left[-\xi(x, 0) + 2\xi(x, \Delta t) - \xi(x, 2\Delta t) \right] \frac{\partial \xi(x, \Delta t)}{\partial b_{n1}} dx - \tau \Delta t \int_0^1 \frac{\partial \xi(x, \Delta t)}{\partial x} \frac{\partial^2 \xi(x, \Delta t)}{\partial x \partial b_{n1}} dx = 0 \quad (29)$$

Para tener una expresión más compacta, se definen las cantidades:

$$I_n = \int_0^1 \left(-\xi(x, 0) + 2\xi(x, \Delta t) - \xi(x, 2\Delta t) \right) \frac{\partial \xi(x, \Delta t)}{\partial b_{n1}} dx \quad (30)$$

METODO VARIACIONAL EN PROBLEMAS DE PROPAGACION DE ONDAS

$$J_n = \int_0^1 \frac{\partial \xi(x, \Delta t)}{\partial x} \frac{\partial^2 \xi(x, \Delta t)}{\partial x \partial b_{n1}} dx \quad (31)$$

Las últimas dos integrales I_n y J_n , $n = 1, 2, \dots, N$ están calculadas en el apéndice. Por lo tanto, en término de las integrales (30) - y (31), la ecuación (29) toma forma:

$$\frac{\rho}{\Delta t} I_n - \tau \Delta t J_n = 0 \quad (32)$$

Usando las ecuaciones (A - 3) y (A - 9) del apéndice, ésta última ecuación queda:

$$\frac{\rho}{\Delta t} \left[\frac{h^3}{120} R_{nk} (-b_{k0} + 2b_{k1} - b_{k2}) + \frac{h^2}{60} (-\xi_{00} + 2\xi_{01} - \xi_{02}) S_n + \frac{h^2}{60} (-\xi_{N0} + 2\xi_{N1} - \xi_{N2}) V_n \right] = \frac{\tau}{\rho} \Delta t \left[\frac{h}{6} U_{nk} b_{k1} + \frac{\xi_{01} - \xi_{N1}}{6} T_n \right]$$

$$n = 1, 2, \dots, N.$$

(33)

en donde se suma en índices repetidos.

Simplificando esta última ecuación y utilizando las definiciones dadas en (9) con $h = \Delta x$, Se obtiene:

$$\frac{R_{nk}}{20} (-b_{k0} + 2b_{k1} - b_{k2}) + S_n (-\xi_{00} + 2\xi_{01} - \xi_{02}) + \frac{V_n}{10h} (-\xi_{N0} + 2\xi_{N1} - \xi_{N2}) = \frac{V^2}{\lambda^2} (U_{nk} b_{k1} + \frac{\xi_{01} - \xi_{N1}}{h} T_n) \quad (33)$$

Si $(R)^{-1}$ es la matrix inversa de (R) , entonces multiplicando $(R)^{-1}$ por la ecuación (33) se obtiene

$$\frac{1}{20} (-b_{k0} + 2b_{k1} - b_{k2}) + \frac{1}{10h} (-\xi_{00} + 2\xi_{01} - \xi_{02}) R_{kn}^{-1} S_n + \frac{1}{10h} (-\xi_{N0} + 2\xi_{N1} - \xi_{N2}) R_{kn}^{-1} V_n = \frac{V^2}{\lambda^2} (R_{kn}^{-1} U_{nk} b_{k1} + \frac{\xi_{01} - \xi_{N1}}{h} R_{kn}^{-1} T_n)$$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

(34)

Una manera de probar la respuesta del algoritmo con respecto al contenido de frecuencias del desplazamiento inicial $\xi(x, t)$ es excitar al sistema primeramente con una función impulsiva. De acuerdo con la teoría de propagación de ondas, el impulso viaja en la dirección X con una velocidad V , que depende de las constantes elásticas del medio. Si se aplica la Transformada de Fourier a $\xi(x, t)$ para una X fija, se deberá de obtener, al menos en teoría, un espectro blanco. La parte del espectro que es plano es la región donde se pueden obtener soluciones precisas; entonces se debe excitar el sistema con funciones tales que la mayoría de sus componentes de frecuencia están dentro de esta región.

En la figura 5, se muestra el comportamiento del método variacional en un sólido elástico con dimensión longitudinal = 1000 m, velocidad de propagación $v = 4000$ m/seg. Se observa que el espectro plano se obtiene entre 0 a 50 hertz. Con fines de ilustración se experimentó con una función de entrada dada como el primer ciclo de una onda sinusoidal con período de 40 ms.

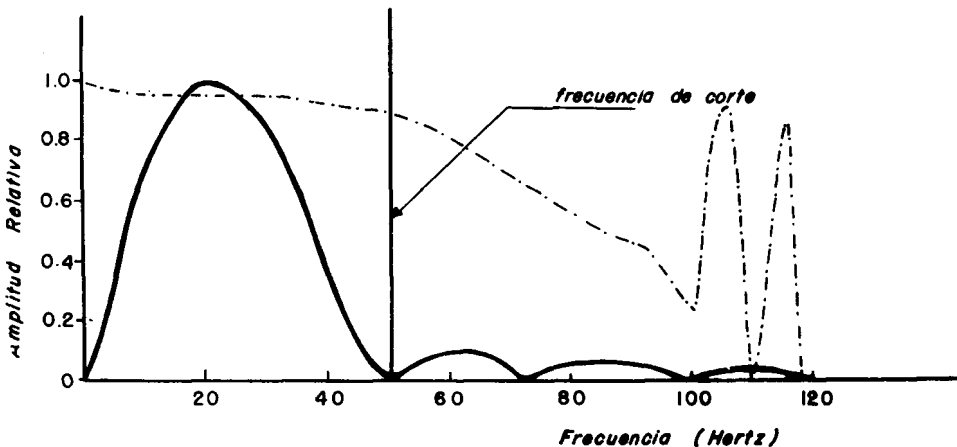
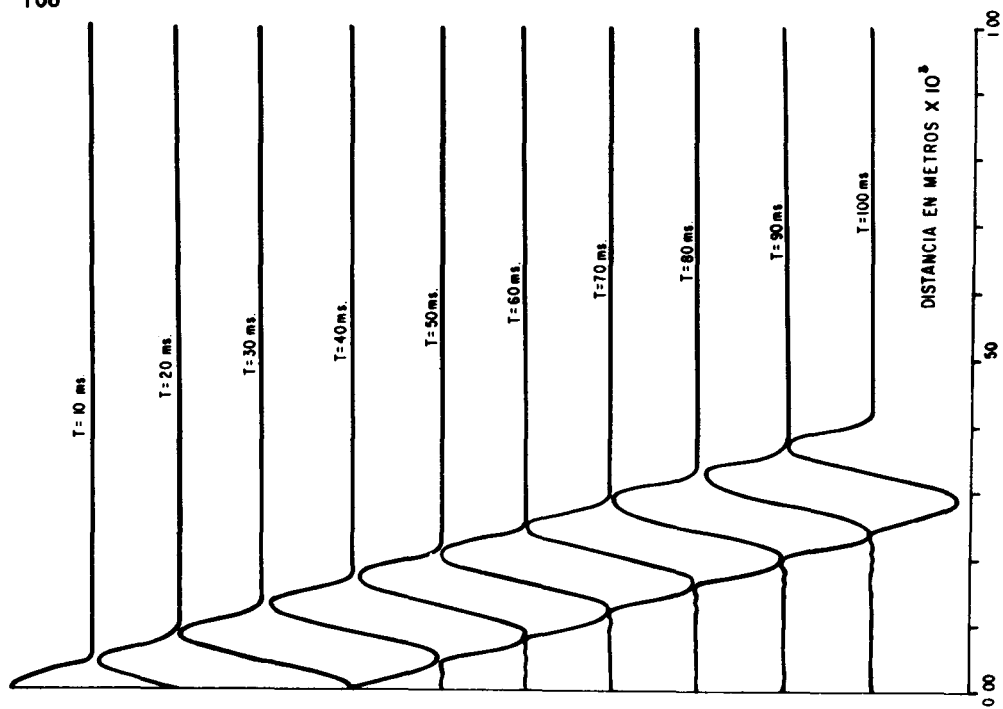


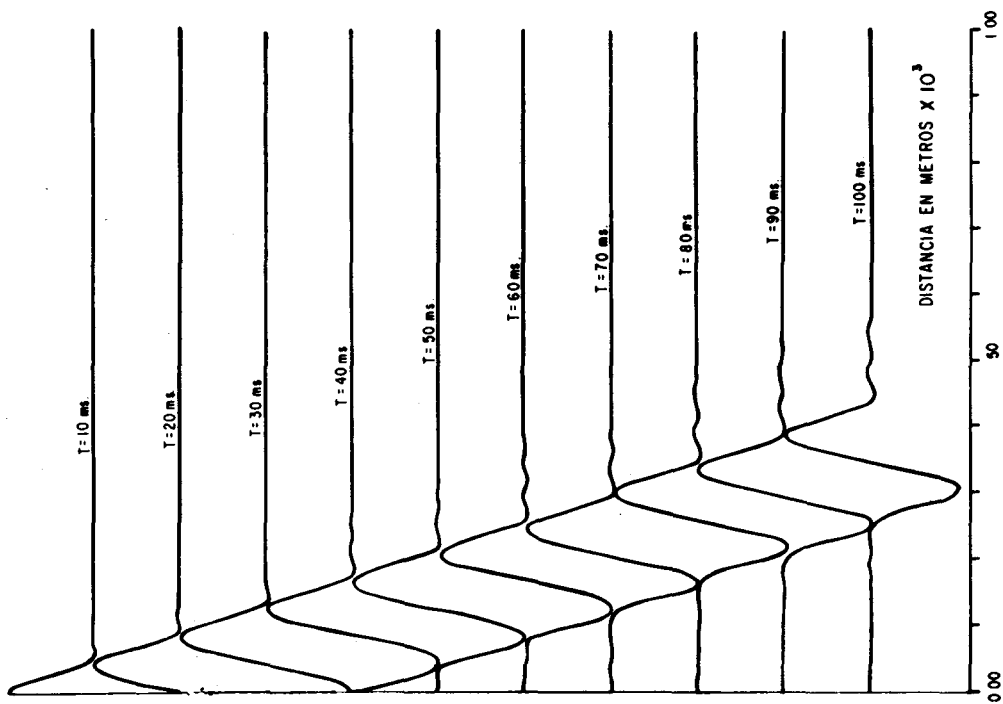
Figura 5.- Respuesta del Método Variacional a la distancia de 200 m. cuando el Sólido elástico se excita con un impulso.

----- Espectro de Amplitud de la Onda Sinusoidal Transitoria

De la figura 5, se puede predecir que con el muestreo $\Delta t = \text{ms.}$ se van a obtener soluciones con un pequeño porcentaje de ruido debido a que se tienen componentes de la función de entrada fuera del rango de 0 a 50 hertz. En la figura 6, se comparan las soluciones obtenidas con el método variacional y con el de diferencias finitas.



Soluciones obtenidas con el Método Variacional

usando: $\Delta x = 20\text{m.}$ y $\Delta t = 1\text{ms.}$ 

Soluciones obtenidas con el Método por Diferencias Finitas

usando: $\Delta x = 5\text{m.}$ y $\Delta t = 1\text{ms.}$

METODO VARIACIONAL EN PROBLEMAS DE PROPAGACION DE ONDAS +

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

El tiempo de computadora fue aproximadamente el mismo usando — el método variacional y el de diferencias finitas, a pesar de que el muestreo espacial se pudo hacer 4 veces más grande en el primer método que en el segundo.

Para encontrar el rango de valores de Δt que dan soluciones — aproximadamente adecuadas, se debe tener componentes de frecuencia de la función de entrada menor ó al menos igual que la frecuencia de corte, de finida como la máxima frecuencia del espectro plano que se obtiene cuando la función de entrada es un impulso. Por consiguiente la siguiente — desigualdad se debe satisfacer.

$$\text{donde} \quad f \Delta t \leq F \Delta T$$

f = frecuencia máxima de la función de entrada.

F = frecuencia de corte.

Δt = intervalo de muestreo.

ΔT = intervalo de muestreo usado en excitar el sistema con un impulso.

Una vez determinado Δt , la cota inferior de Δx se escoge de — tal manera que el criterio de estabilidad se satisfaga y su cota superior se selecciona lo suficientemente pequeña para que la aproximación con un polinomio de segundo grado de un ajuste razonable entre cada nodo de la malla.

La generalización del método a más de una dimensión es posible si el problema posee simetría esférica ó cilíndrica debido a que la integración sobre un volumen para un cuerpo de forma arbitraria presenta serias dificultades.

Se sugiere que se realice más investigación de la formulación Variacional en la generalización del Principio de Mínima Acción para sistemas no conservativos para ver la posibilidad de incluir medios disipativos y en el uso de polinomios de más alto grado para el ajuste de los nodos de la malla.

APENDICE

Cálculo de la Integral (30)

$$I_x = \int_0^1 \left[-\xi(x, 0) + 2\xi(x, \Delta t) - \xi(x, 2\Delta t) \right] \frac{\partial \xi(x, \Delta t)}{\partial b_{n1}} dx$$

El índice 1 en $\partial \xi(x, \Delta t) / \partial b_{n1}$, se refiere a la diferenciación — parcial con respecto a los coeficientes de término de $t = \Delta t$.

Para resolver esta integral, se divide la integración de 0 a — 1 en N intervalos ajustando un polinomio de segundo grado entre cada nodo de la malla.

$$I_n = -\alpha_{n0} + 2\alpha_{n1} - \alpha_{n2} \quad (A - 1)$$

donde

$$\alpha_{nm} = \sum_{j=1}^N \int_{(j-1)h}^{jh} \eta_j(x, m\Delta t) \frac{\partial \xi(x, \Delta t)}{\partial b_{n1}} dx \quad (A - 2)$$

Las cantidades α_{nm} se calculan a partir de la ecuación (26) y se obtiene el resultado siguiente:

$$\alpha_{nm} = \frac{h^3}{120} R_{nkbkm} + \frac{h^4}{60} \xi_{0m} S_n + \frac{h^2}{60} \xi_{Nm} V_m \quad (A - 3)$$

donde

$$\begin{aligned} R_{11} &= 32 + 30(N - 2) \\ R_{12} &= 91 + 60(N - 3) \\ R_{1j} &= 92 + 60(N - j - 1) & j = 3, 4, \dots, N - 1 \\ R_{jn} &= 66 & j = 2, 3, \dots, N - 1 \end{aligned} \quad (A - 4)$$

$$\begin{aligned} S_1 &= 36 + 30(N - 2) \\ S_n &= 92 + 60(N - n - 1) & n = 2, 3, \dots, N - 1 \\ S_N &= 33 \end{aligned} \quad (A - 5)$$

$$\begin{aligned} V_1 &= 4 \\ V_n &= 8 & n = 2, 3, \dots, N - 1 \\ V_N &= 7 \end{aligned} \quad (A - 6)$$

Cálculo de la Integral (31)

$$J_n = \int_0^1 \frac{\partial \xi(x, \Delta t)}{\partial x} \frac{\partial^2 \xi(x, \Delta t)}{\partial x \partial b_{n1}} dx$$

Análogamente como se calculó la integral (30), se divide la integración de 0 a 1 en N intervalos.

$$J_n = \sum_{j=1}^N \int_{(j-1)h}^{jh} L_j(x) M_{jn}(x) dx \quad (A - 7)$$

donde

$$\begin{aligned} L_j(x) &= \frac{\partial \eta_j(x, \Delta t)}{\partial x} \\ M_{jn}(x) &= \frac{\partial^2 \eta_j(x, \Delta t)}{\partial x \partial b_{n1}} \end{aligned} \quad (A - 8)$$

METODO VARIACIONAL EN PROBLEMAS DE PROPAGACION DE ONDAS

Estas cantidades se calculan a partir de la ecuación (26), entonces la ecuación (A - 7) queda como

$$J_n = \frac{\hbar}{6} U_{nk} b_{k1} + \frac{T_n}{6} (\xi_{\alpha 1} - \xi_{N1}) \quad (A - 9)$$

donde la matrix U_{nk} es simétrica y sus elementos arriba de la diagonal están dados por

$$U = \begin{bmatrix} 4 & 5 & 4 & \cdot & \cdot & \cdot & 4 & 3 \\ & 12 & 9 & 8 & \cdot & \cdot & 8 & 6 \\ & & 12 & 9 & 8 & \cdot & 8 & 6 \\ & & & \cdot & 9 & \cdot & \cdot & \cdot \\ & & & & \cdot & \cdot & 8 & \cdot \\ & & & & & \cdot & 9 & 6 \\ & & & & & & 12 & 7 \\ & & & & & & & 8 \end{bmatrix} \quad (A - 10)$$

y el rector T_n es

$$T_1 = 4$$

$$T_n = 8$$

$$T_n = 6$$

$$n = 2, 3, \dots, N - 1$$

$$(A - 11)$$

REFERENCIAS

- 1.- Balch, A. H., and Smolka, F. R., 1970, Plane and Spherical Voigt Waves: Geophysics, v. 35. no. 5 p. 745 - 761.
- 2.- Cavendish, J. C., Price, H. C., and Varga, R. S., 1969, Galerkin Methods for the Numerical Solution of Boundary Value Problems: Soc. — Pet. Eng. J., p. 204 - 220.
- 3.- Forysthe, A. R., 1960, Calculus of Variations: New York, Dover Publications Inc. 656 p.
- 4.- Forsythe, G. E., 1960, Finite - difference Methods for Partial Differential Equations: New York, John Wiley & Sons Inc. 444 p.
- 5.- Ralston, A., and Wilf, H. S., 1967, Mathematical Methods for Digital Computers: New York, John Wiley and Sons Inc., 187 p.
- 6.- Price H. S., Cavendish, J. C., and Varga, R. S., 1968, Numerical Methods of Higher Order Accuracy for Diffusion - Convection Equations: Soc. Pet. Eng. J., p. 292 - 303.
- 7.- Varga, R. S., 1964, Hermite Interpolations - type Ritz Methods for - two point Boundary Value Problems: New York, Academica Press, 300 p.
- 8.- Richtmyer and Morton, 1967, Difference Methods for Initial - Value - Problems: Interscience Publishers, New York, 404 p.
- 9.- Weinstock, 1952, Calculus of Variations: New York, Mc Graw - Hill — Book Co.

UNA RE-EVALUACION DE LOS PATRONES PESADOS

W. Harry Mayne

INTRODUCCION

La aplicación de factores de peso ó la disminución gradual de la efectividad relativa de los elementos en un arreglo conforme a un patrón determinado ha sido objeto de considerable estudio y experimentación.

En muchos casos los arreglos pesados han proporcionado un rendimiento superior, pero en otros casos los resultados han sido desalentadores.

Estudios recientes dirigidos a la utilización de los principios de aplicación de pesos con fuentes superficiales de energía han conducido a la revisión de la aplicación práctica de la teoría de peso.

El propósito de una discusión es ofrecer algunas explicaciones posibles a las contradicciones aparentes entre teoría y práctica que han sido observadas y el sugerir criterios para la optimización de compartimientos de los arreglos de fuentes superficiales.

La mayoría de los análisis técnicos que han sido hechos sobre arreglos han empleado el método de la onda sinusoidal continua. Aunque valioso como guía, este tipo de análisis no puede proporcionar toda la información contenida en este tipo de arreglo.

Si, por ejemplo, consideramos un solo pulso con una longitud de onda igual a, o menor que, el espaciamiento entre unidades, vemos inmediatamente que tal pulso nunca puede existir en más de un elemento del arreglo simultáneamente. Por lo tanto, el valor límite de la atenuación realizable no puede exceder la "atenuación aritmética" esto es, la razón entre la mayor respuesta de una sola unidad en el arreglo y la respuesta combinada del arreglo entero a una señal que ocurre de manera coincidente en todos los elementos simultáneamente.

Aún cuando la duración en tiempo del ruido suficientemente grande para establecer condiciones de estado quasi - estable en todos los elementos del arreglo, ocurrirán condiciones similares a la situación de un solo pulso durante el impulso inicial y emisión de cualquier excitación proveniente del arreglo; es razonable por tanto suponer que habrá poco beneficio en exceder apreciablemente esta atenuación en la mayor parte de las circunstancias prácticas.

Teoría .- La figura 1 ilustra el concepto de "atenuación aritmética" para arreglos con varios números cuyas unidades tienen un fac—

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

tor de peso uniforme.

La línea punteada indica la atenuación más pobre que será obtenida dentro de la banda de atenuación como función del número de elementos en el arreglo: esto es; aquella obtenida inmediatamente adyacente a la banda de paso.

La línea sólida indica la "atenuación aritmética" ó una atenuación igual al número de elementos. Se puede demostrar que esta "atenuación aritmética" es igual a la máxima atenuación "envolvente" deducida de la teoría de la onda sinusoidal continua en el centro de la banda de atenuación cuando la longitud de onda es el doble del espaciamiento entre las unidades discretas del arreglo. Aunque la teoría de onda sinusoidal indica que no se obtiene atenuación cuando la longitud de onda es igual al espaciamiento entre unidades, el funcionamiento pulso único de longitud de onda corta estará controlado principalmente por la "atenuación aritmética".

La proposición aquí presentada es que los valores de atenuación que excedan apreciablemente de los valores aritméticos correspondientes no serán de utilidad práctica pues estarán acompañados de una excesiva restricción en el ancho de banda con pocas posibilidades de mejoramiento en atenuación útil. Por lo tanto se tiene que el mejoramiento aprovechable en la relación señal - ruido obtenido al aplicar factores de peso a un arreglo estará indicado por la diferencia entre las dos curvas.

Se deben entonces escoger los coeficientes de peso para tener una atenuación tipo onda sinusoidal que no exceda mucho la atenuación aritmética para el número de elementos en uso, si el compromiso óptimo entre el ancho de banda y la cantidad útil de atenuación es efectuada.

Se muestra en la figura 2, curvas similares para los efectos combinados de fuente y arreglo de detectores idénticos.

Nuevamente la diferencia entre las dos curvas indica el máximo mejoramiento obtenible en la relación señal - ruido que puede realizarse mediante la aplicación adecuada de factores de peso en dos arreglos idénticos.

Si se usan distintos arreglos para fuentes y receptor, entonces el mejoramiento combinado obtenible será al menos tan bueno como la suma de los valores para cada arreglo.

Consecuentemente, es recomendable que los coeficientes de peso para cualquier arreglo sean seleccionados cuidadosamente de manera que la atenuación teórica de la onda senoidal en toda la banda de atenuación sea muy aproximadamente la atenuación aritmética proporcionada por el arreglo. El uso de coeficientes que proporcionen atenuaciones teóricas muy en exceso del valor aritmético para un arreglo dado resultará únicamente en una compresión significativa del ancho de banda de atenuación con poca posibilidad de aumento en la atenuación útil

UNA REEVALUACION DE LOS PATRONES PESADOS

de excitaciones transitorias o de longitud de onda corta.

Una extrema aplicación de factores de peso tenderá a disminuir el valor efectivo de la atenuación aritmética con respecto a la aplicación de factores uniformes de peso al aumentar indebidamente la efectividad relativa de las unidades centrales respecto a la efectividad del arreglo total.

Para facilitar la elección de coeficientes que se ajusten a la atenuación aritmética deseada, se han graficado las razones de efectividad centro - extremo 2, 3, 4 y 5 usando las distribuciones Parr - Mayne en la figura 3. El uso de estas razones centro - extremo con las distribuciones indicadas producirá atenuaciones de aproximadamente 20, 26, 30 y 33 Db respectivamente para arreglos con 8 ó más elementos. La distribución idealizada de los coeficientes puede ser determinada a partir de cualquier curva al subdividir la escala de distancia horizontal entre C y E en el número correspondiente de partes iguales para el número deseado de elementos.

El coeficiente correspondiente a cada elemento puede ser determinado entonces en la curva apropiada.

Las figuras 4, 5, 6 y 7 pueden ser usadas para determinar los coeficientes como valores fraccionarios mientras que la figura 3, da la misma información cuando la efectividad de las unidades centrales es un múltiplo entero de la efectividad unitaria de las unidades extremos.

La figura 3, indica la manera más conveniente en el diseño de arreglos de fuentes de energía superficial. Después de que se ha hecho la elección de la progresión de un número dado de unidades a través del arreglo completo para tener longitud suficiente total y un número conveniente de puntos, las curvas de la figura 3, pueden ser usadas para determinar los coeficientes de peso adecuados.

El número de excitaciones fuente para cada posición de las unidades fuente en el arreglo es escogido para obtener la mejor aproximación a la aplicación deseada de los factores de peso.

Un procedimiento similar puede ser usado para diseñar arreglos de geofonos compuestos de unidades integrales con igual efectividad. También pueden ser diseñados arreglos de geofonos en los que los factores de peso sean eléctricos usando estos mismos criterios con la característica de que los coeficientes deseados se obtienen con mayor precisión y flexibilidad.

La inter-relación entre los arreglos de fuentes y geofonos es de gran importancia. Es extremadamente importante el evitar la coincidencia entre las porciones de las dos respuestas con atenuación pobre. La situación ideal sería situar los puntos de máxima atenuación de un arreglo en los puntos de mínima atenuación del otro.

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

Para arreglos de coeficientes de peso similares, esto puede ser mejor aproximado usando una diferencia de una estación entre los dos arreglos; esto no es práctico comúnmente pero la respuesta combinada de los dos arreglos es sumamente importante y debe ser siempre comprobada.

Consideraciones Especiales de las Fuentes Superficiales de Energía

Con las fuentes superficiales de energía, los coeficientes de peso deseados sólo pueden ser obtenidos sumando el número total de excitaciones hechas por todas las unidades en todos los puntos del arreglo; consecuentemente, siempre estaremos limitados a sumas del números enteros si se observa una progresión regular; esta limitación impone severas restricciones en la elección de coeficientes de peso disponibles, el número de puntos en el arreglo y la máxima longitud del arreglo en relación al intervalo de tendido cuando se desea multiplicidad total de apilamiento PRC.

Esto se ilustra en el ejemplo de la figura 8 que usa 3 unidades fuente en un arreglo de tiro completo; el "tiro" de un arreglo está definido como la razón del espaciamiento entre los puntos individuales de un arreglo y el espaciamiento entre las unidades de un conjunto; Así un arreglo de tiro completo sólo puede tener un espaciamiento entre puntos igual al espaciamiento entre unidades, y el grupo avanzaría progresivamente un intervalo de un punto entre excitaciones sucesivas.

En este ejemplo, vemos que 3 unidades que avancen de esta manera darán un máximo de 5 puntos en el arreglo con 3 posiciones, 6 puntos en el arreglo para 4 posiciones y 7 puntos del arreglo con 5 posiciones.

Aún más importante, si se desea obtener multiplicidad total de apilamiento; es decir los arreglos sucesivos son idénticos y espaciados regularmente al intervalo de tendido, se tendrá que existe una relación definida entre el intervalo de tendido y el espaciamiento de los puntos, si se evita el rastrear retrospectivamente a las unidades fuente entre el final de un arreglo y el comienzo del siguiente.

Para 3 posiciones, el espaciamiento entre puntos será exactamente la mitad del intervalo de tendido, para 4 posiciones la razón será $1/3$ y para 5 posiciones $1/4$. Así la atenuación de una longitud de onda mínima especificada, especificará inmediatamente una cierta razón entre un intervalo dado de estación y el espaciamiento de los puntos y por ende el número requerido de posiciones.

Esto en sí no es algo objetable, pero consideremos el efecto de un número cada vez más grande de posiciones en la longitud del arreglo relativo al intervalo de tendido; se ve inmediatamente que 3 posiciones proporcionan una longitud total del arreglo igual al doble del intervalo de tendido. 4 posiciones darán una longitud del arreglo a -

UNA REEVALUACION DE LOS PATRONES PESADOS

5/3 del intervalo de tendido y 5 posiciones darán una longitud de — arreglo igual a 3/2 del intervalo de tendido; consecuentemente, esto indica que la longitud de onda más larga que puede ser atenuada efectivamente disminuirá progresivamente a medida que aumenta el número de posiciones si el intervalo de tendido es constante. Estas relaciones se presentan en la Tabla I.

Se observa que el arreglo de tiro — completo puede proporcionar solamente un número limitado de puntos sin limitar severamente el extremo largo de la banda de atenuación para un intervalo específico de estación. Por ejemplo, aún el intervalo de tendido relativamente — corto de 50 metros requerirá un arreglo de 6 posiciones para dar un — espaciamiento entre puntos de 10 metros y la longitud de onda más larga que puede ser atenuada para efectividad uniforme sería únicamente alrededor de 80 metros; como tal arreglo está inherentemente pesado — su rendimiento real estará aún más limitado.

Con solamente 8 puntos, la atenuación aritmética efectiva no puede exceder 18 db y el mejoramiento debido a la aplicación de factores de peso sobre la efectividad uniforme sería alrededor de 5 db.

Arreglos de Tiro Fraccional

Estos efectos adversos pueden ser reducidos mediante el uso de progresiones de arreglos de tiro fraccional está ilustrado en la — figura 9; en la que se ve que el conjunto de unidades avanza solamente la mitad del espaciamiento entre unidades para excitaciones sucesivas; los resultados están tabulados en la segunda sección de la Tabla I

La situación se mejora algo en varios aspectos puesto que a 3 posiciones dan ahora un total de 7 puntos y la máxima longitud del arreglo es aumentada a 3 veces el intervalo de tendido; el uso de solo 4 posiciones dará 8 puntos, el mismo número dado por 6 posiciones con el arreglo de giro completo; pero los puntos estarán ahora más espaciados ya que la longitud total del arreglo ha aumentado a 2 1/3 veces el intervalo de tendido comparado con la razón 1:4 obtenido con el arreglo de tiro completo para 6 posiciones.

Ambas propiedades son de gran importancia ya que más puntos del arreglo pueden ser obtenidos con menos esfuerzo y la longitud de onda más larga que puede ser atenuada con un intervalo de tendido dado ha aumentado significativamente.

Otro punto de interés en relación a las figuras 8 y 9 es el número de posiciones requeridas por la última unidad al principio del patrón. Sólo se requieren 3 posiciones para obtener esta condición para el arreglo de tiro completo mientras que se requieren 5 posiciones para el arreglo de $\frac{1}{2}$ tiro.

Esto se conoce como la posición "de trecho completo" para cada tiro y es la posición donde la longitud del arreglo es exactamente el doble del intervalo de tendido sin importar el tiro.

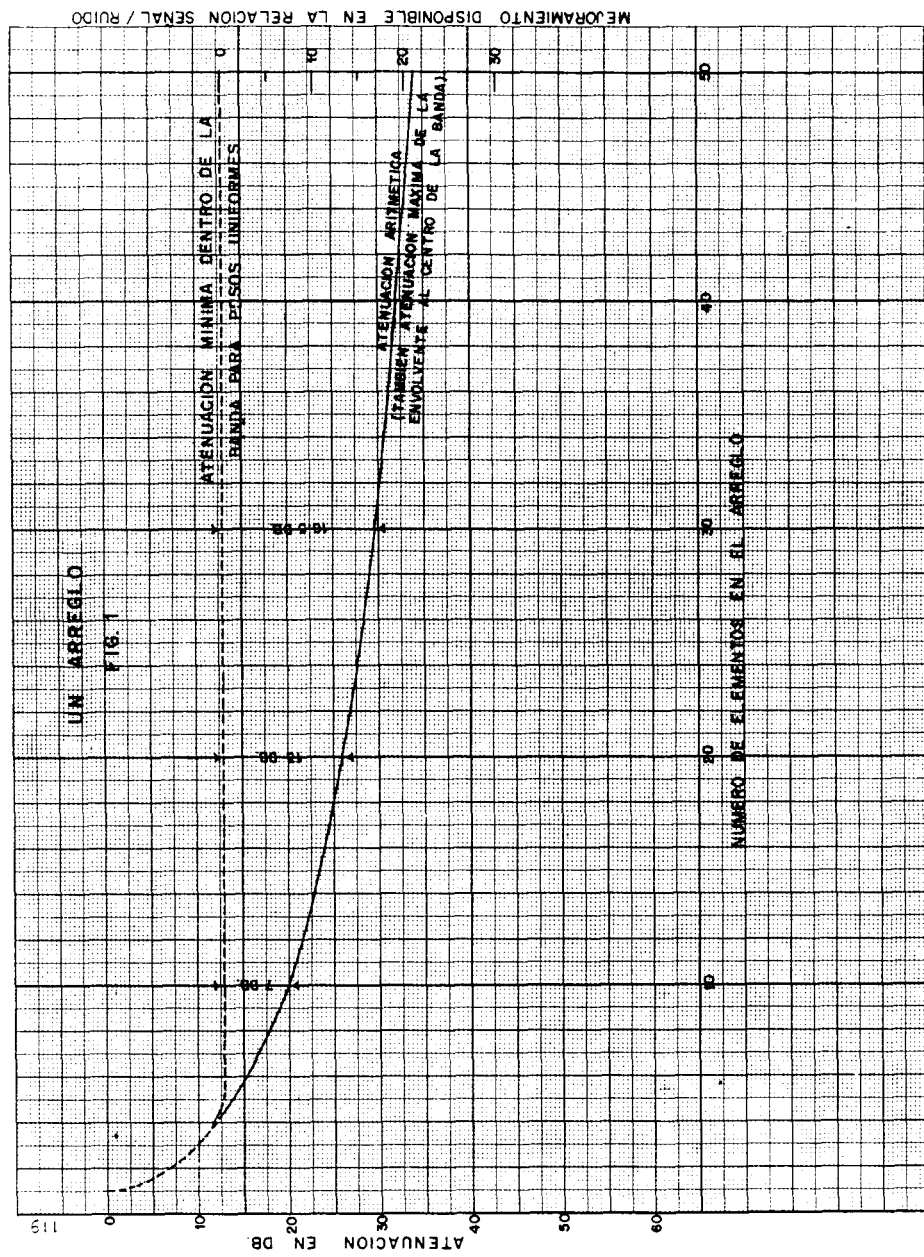
ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

La Tabla I tiene la información para arreglos con tiros de $1/3$, $1/4$, $1/5$. A partir de esta información, el conocimiento del intervalo de tendido, la longitud de onda más pequeña de ruido que debe ser atenuada, y la atenuación aritmética deseada, se puede escoger - adecuadamente un arreglo de tiro adecuado y el número de posiciones; se requiere entonces únicamente diseñar una secuencia de excitaciones en las varias posiciones que produzcan los coeficientes de peso requeridos para lograr la atenuación aritmética en todo lo ancho de banda deseada.

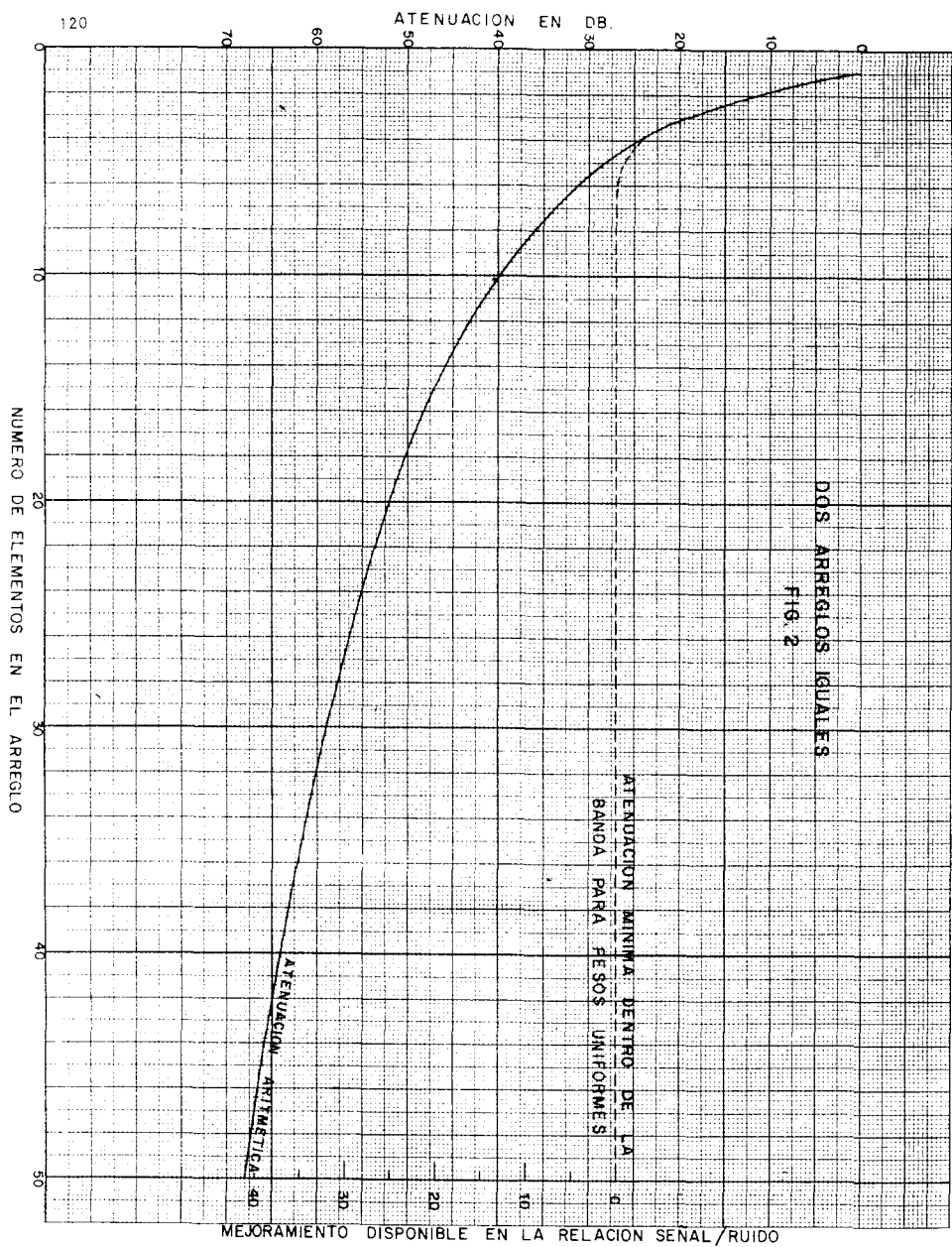
La Tabla II resume la misma información para un conjunto que consiste de 4 unidades. Nuevamente aquí los tiros fraccionales son más eficientes en producir más puntos del arreglo con menos posiciones y en mantener mayores longitudes del arreglo en proporción al intervalo de tendido.

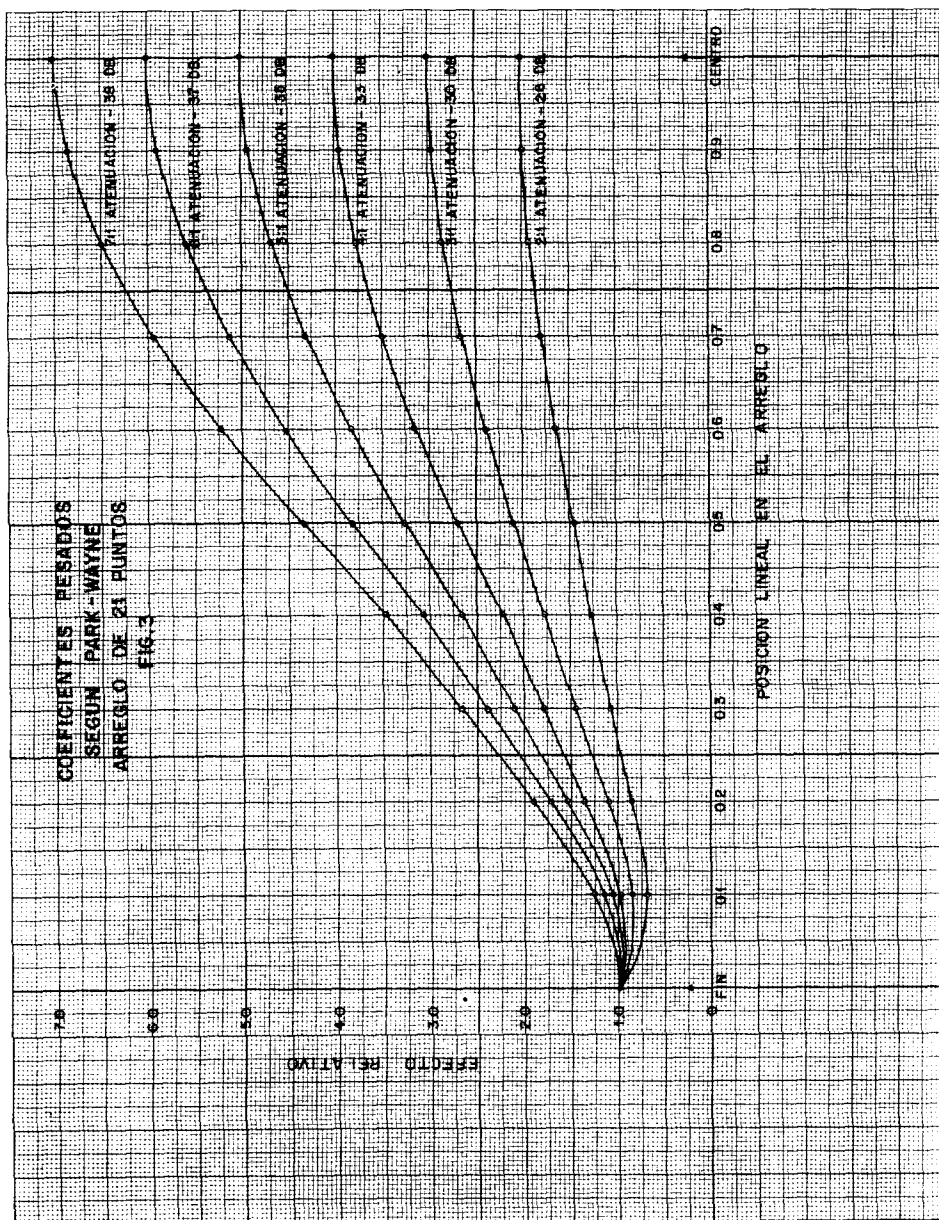
Conclusión

El uso de los principios descritos permitirá el diseño de un amplio rango de arreglos superficiales de fuentes de energía o geofonos, los cuales ofrezcan un compromiso óptimo entre el ancho de banda de atenuación y el grado útil de atenuación.

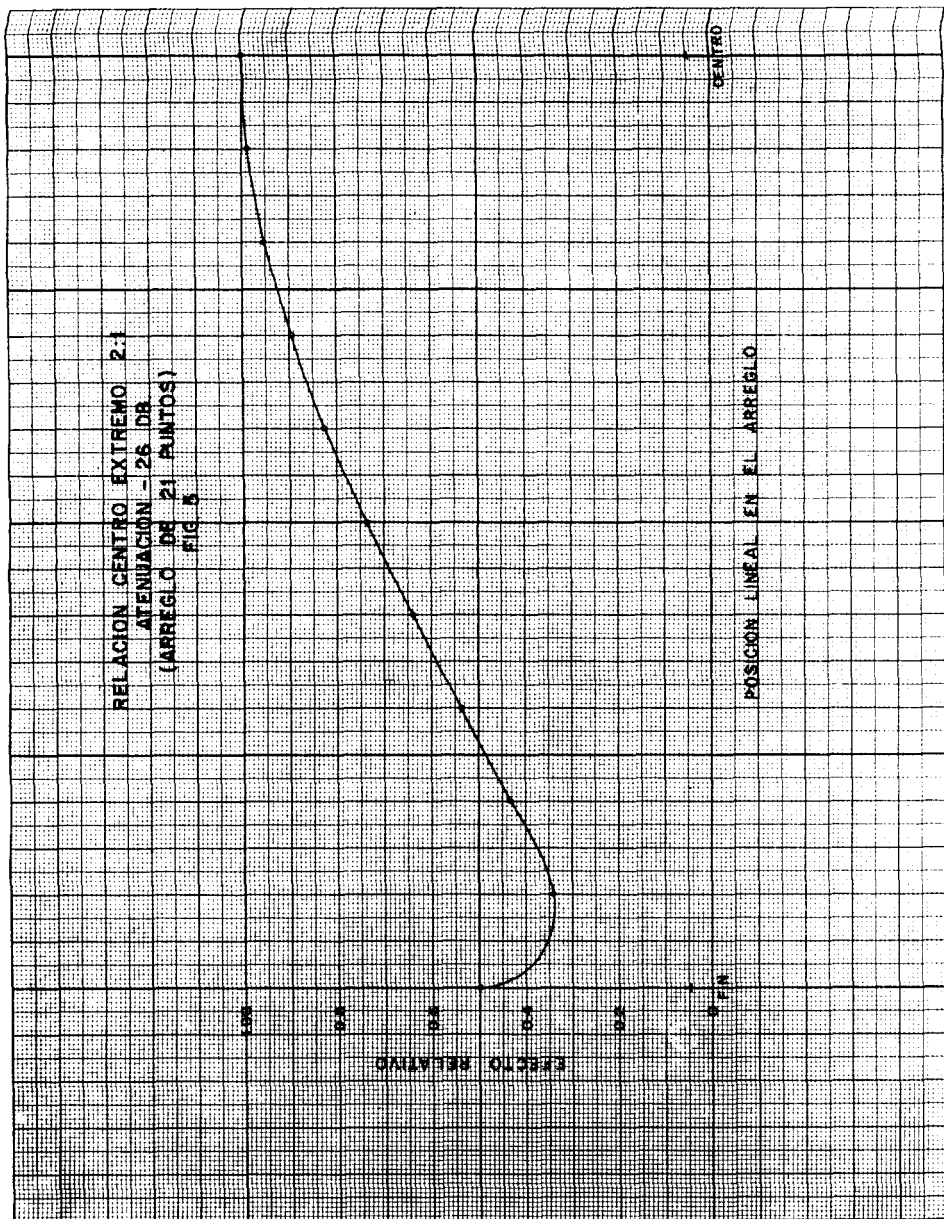


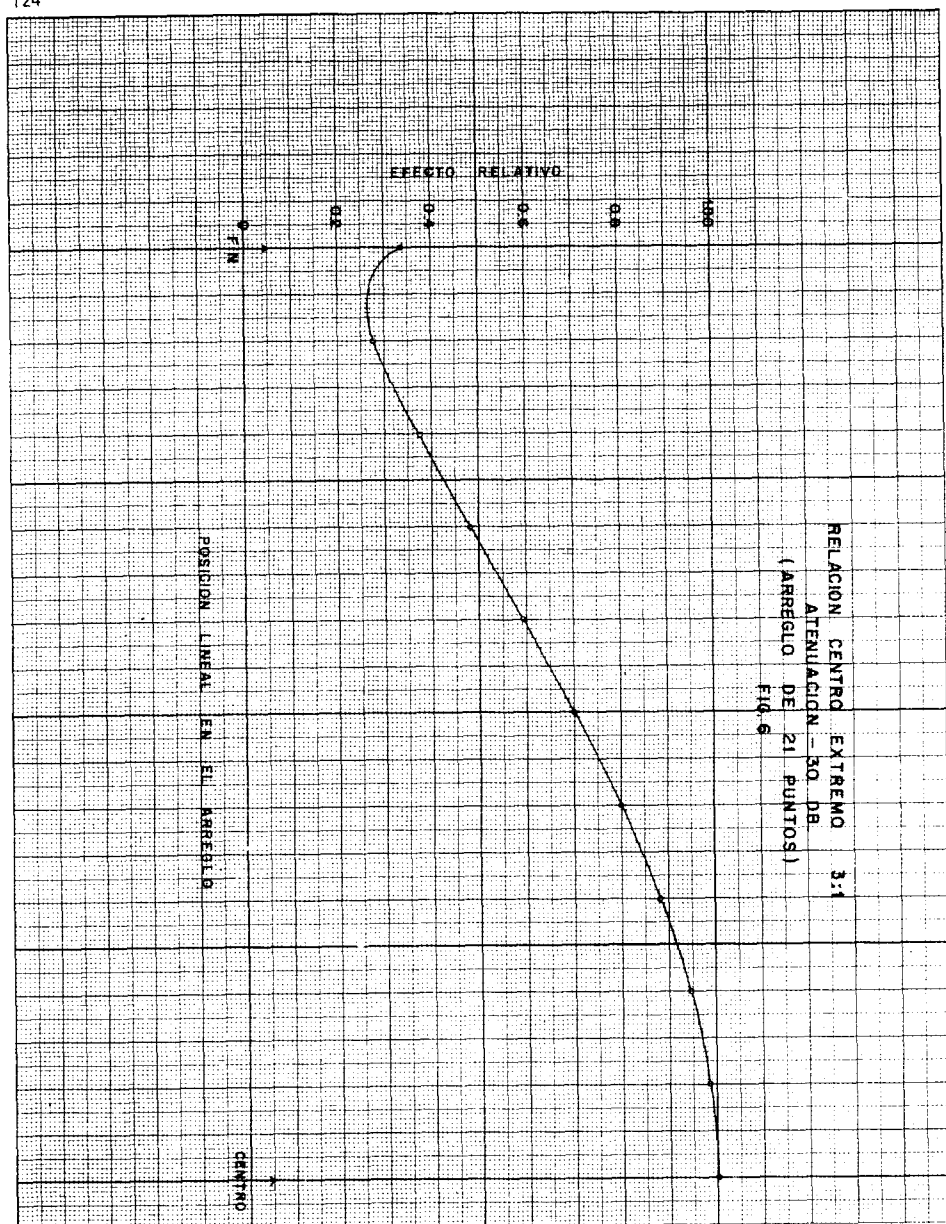
MEJORAMIENTO DISPONIBLE EN LA RELACION SENAL / RUIDO

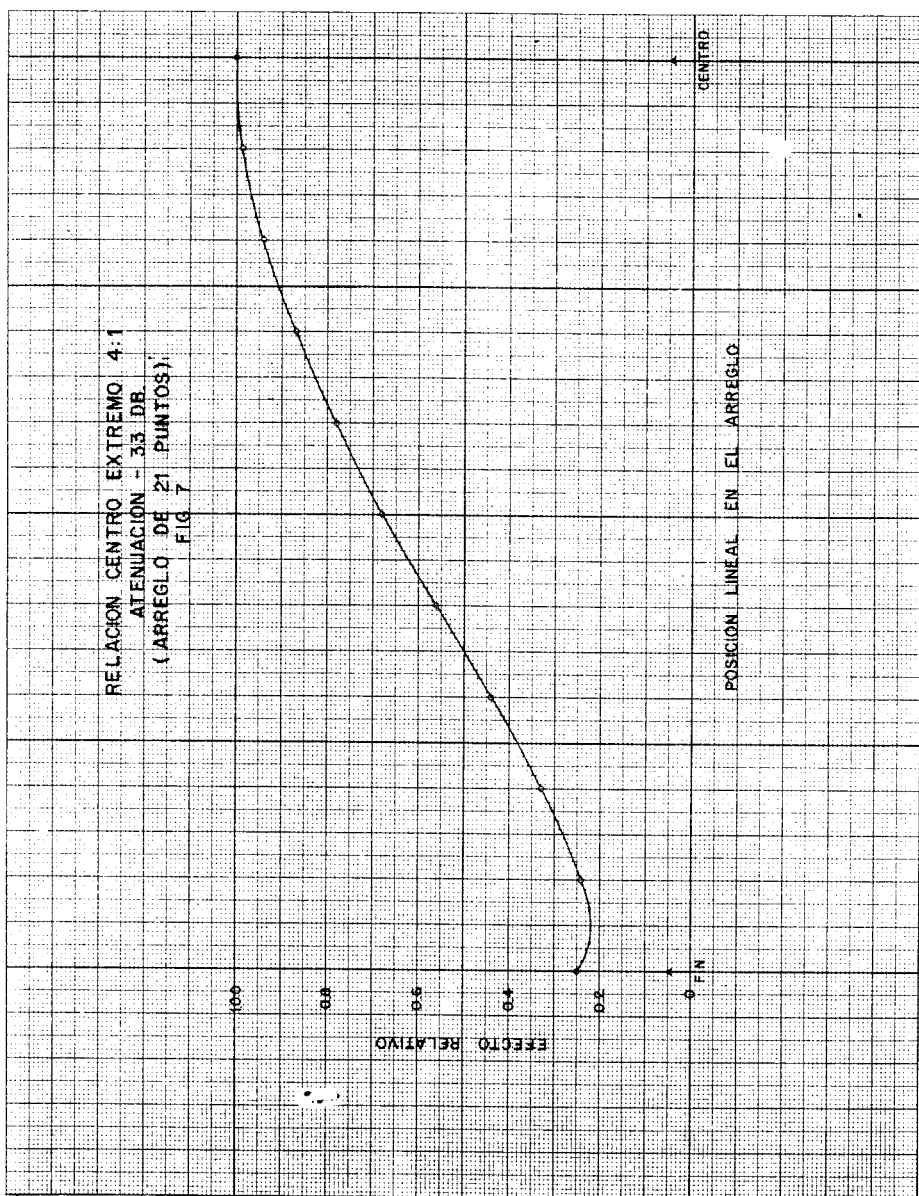


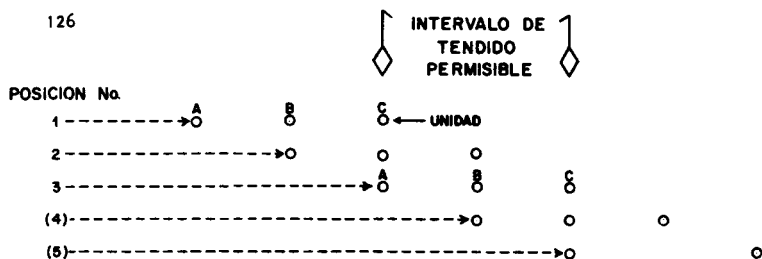


RELACION CENTRO EXTREMO 2:1
 ATENUACION -26 DB
 (ARREGLO DE 21 PUNTOS)
 FIG. 5





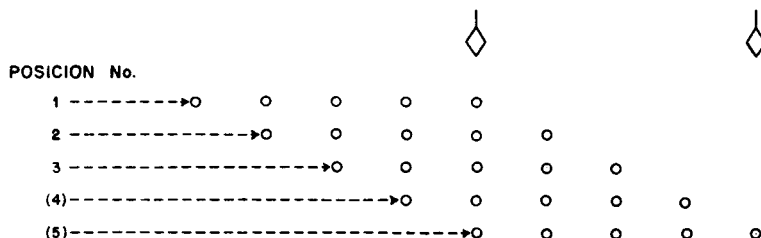




**CADA UNIDAD Y CADA POSICION CON PESOS
EQUIVALENTES Y LA MISMA EXCITACION**

3 POSICIONES	X	X	X	X	X			ARREGLO DE 5 PUNTOS
	1	2	3	2	1			
4 POSICIONES	X	X	X	X	X	X		ARREGLO DE 6 PUNTOS
	1	2	3	3	2	1		
5 POSICIONES	X	X	X	X	X	X	X	ARREGLO DE 7 PUNTOS
	1	2	3	3	3	2	1	

**SEPARACION TOTAL DEL ARREGLO CON 3 UNIDADES
FIGURA 8**



**CADA UNIDAD Y CADA POSICION CON PESOS
EQUIVALENTES Y LA MISMA EXCITACION**

3 POSICIONES	X	X	X	X	X	X	X		ARREGLO DE 7 PUNTOS
	1	1	2	1	2	1	1		
4 POSICIONES	X	X	X	X	X	X	X	X	ARREGLO DE 8 PUNTOS
	1	1	2	2	2	2	1	1	
5 POSICIONES	X	X	X	X	X	X	X	X	ARREGLO DE 9 PUNTOS
	1	1	2	2	3	2	2	1	1

**MEDIA SEPARACION DEL ARREGLO CON 3 UNIDADES
FIGURA 9**

AUTORES



I. en G. Ricardo Díaz Navarro.

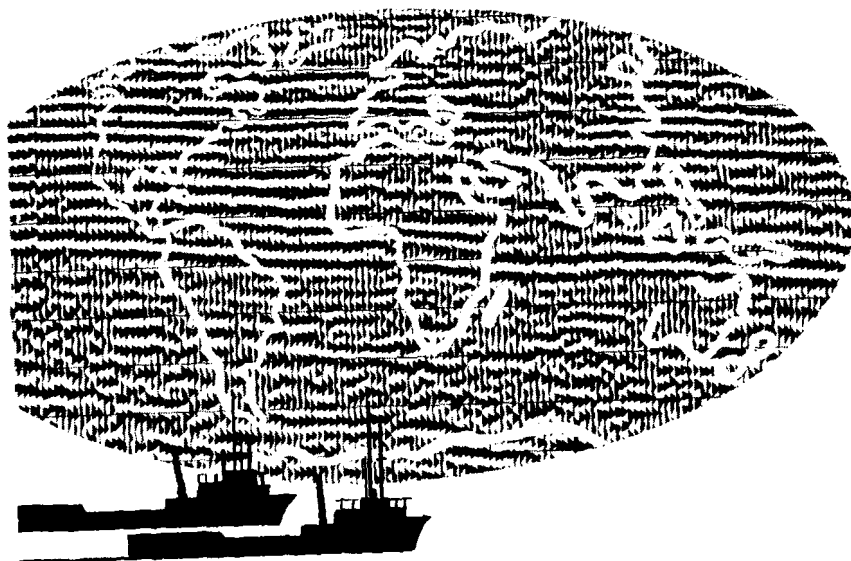
Originario de San Luis Potosí, S. L. P. Obtuvo el título de Lic. en Física y Matemáticas en la Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN en el año de 1965. Cursó los estudios de Maestría en Física en Northeastern University of Boston, Mass. 1967. Ingresó al Departamento Geofísica dependiente de la Subdirección de Exploración del IMP en julio de 1967 realizando estudios sobre la aplicación de técnicas digitales a la información sísmica. En el año de 1969 fue becado por el mismo Instituto en Colorado School of Mines donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Geofísica (1971). Al reincorporarse al Instituto ocupó el puesto de Geofísico Analista y en la actualidad pertenece al Departamento de Investigación del Centro de Procesamiento Geofísico. Es miembro de la SEG.



M. en C. W. Harry Mayne.

W. Harry Mayne oriundo de Austin, Texas. Estudió en la Universidad del mismo estado, y obtuvo la Maestría en Ciencias con especialización en Ingeniería Eléctrica en 1935. El Sr. Mayne trabajó en la compañía Petty Geophysical Engineering Co. durante 1935 como asistente de observador, calculista y Jefe de brigada, comisionado en Oklahoma, Texas, Louisiana, Cuba, Venezuela, Colombia y Trinidad. En 1939 fué nombrado Ingeniero Investigador y consejero en los procesos de campo teniendo su oficina principal en San Antonio. Ha sido vicepresidente de servicios técnicos de la citada compañía desde 1958. El Sr. Mayne es miembro de las Asociaciones: AAPG, AFCEA, AGI, AGU, AMGE, EAEG, IEEE, MTS y SEG. Recibió de la SEG una medalla al mérito en 1965. Ha sido vicepresidente durante 66-67; presidente 68-69 y Post-presidente de la Sociedad de Geofísicos de Exploración y miembro del Comité de Geólogos, del Centro Educacional Internacional de Gas y Aceite de la Fundación Legal Sur-Occidental y Vicepresidente de la Asociación de Fuerzas Armadas Comunicaciones y Electrónica. El Sr. Mayne tiene la patente más antigua de entre más de treinta patentes Norteamericanas y extranjeras en el campo de la Electrónica y Geofísica y es autor de numerosas publicaciones.

NUESTRO "SIS" ES MUNDIAL



La Petty Geophysical Engineering Company está creciendo. La demanda constante por más y más productos derivados del petróleo y la consiguiente búsqueda de reservas, dan la oportunidad de crecer. Lo demás es cosa nuestra. La respuesta, creemos, es obtener resultados positivos para Ud. a través de nuestra experiencia, conocimientos, habilidades y creatividad. No es por accidente que las cuadrillas de la Petty están formadas por gente que ha tomado parte en el desarrollo de métodos nuevos—aceptados por toda la industria. Como líder en la exploración geofísica, la Petty minimiza sus riesgos exploratorios con los datos más precisos disponibles.

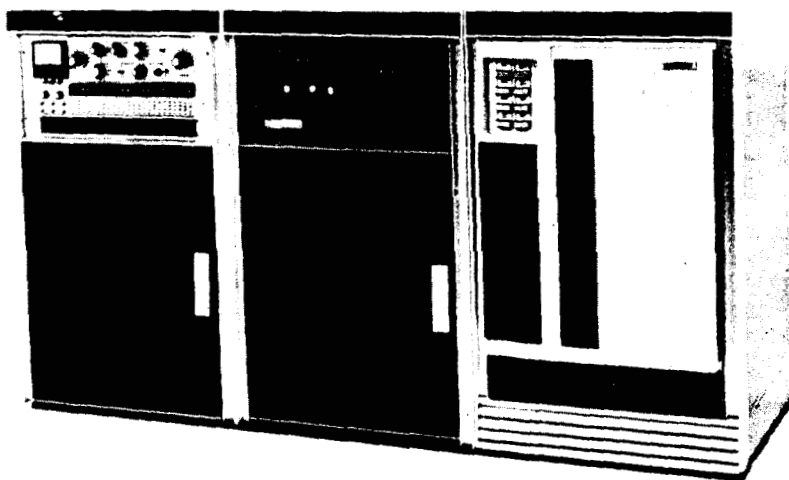
97 Avenida Juárez, Desp. 405, Mexico 1, DF
Tel. 521-08-34



"Desde 1925, Progreso por Excelencia"

El equipo digital de campo SUM-IT VII es un sistema completo para emplearse en el registro sísmico de datos con cualquier técnica de campo: Vibroseis, Dinoseis, Dinamita y otros generadores de energía. El formato empleado es SEG-A de 9 pistas -- en cinta de $\frac{1}{2}$ ".

SUM-IT VII



Para mayor información dirigirse a : Electro -
Technical Labs Div. , Mandrel Industries, Inc.
P. O. Box 36306, Houston, Texas 77036

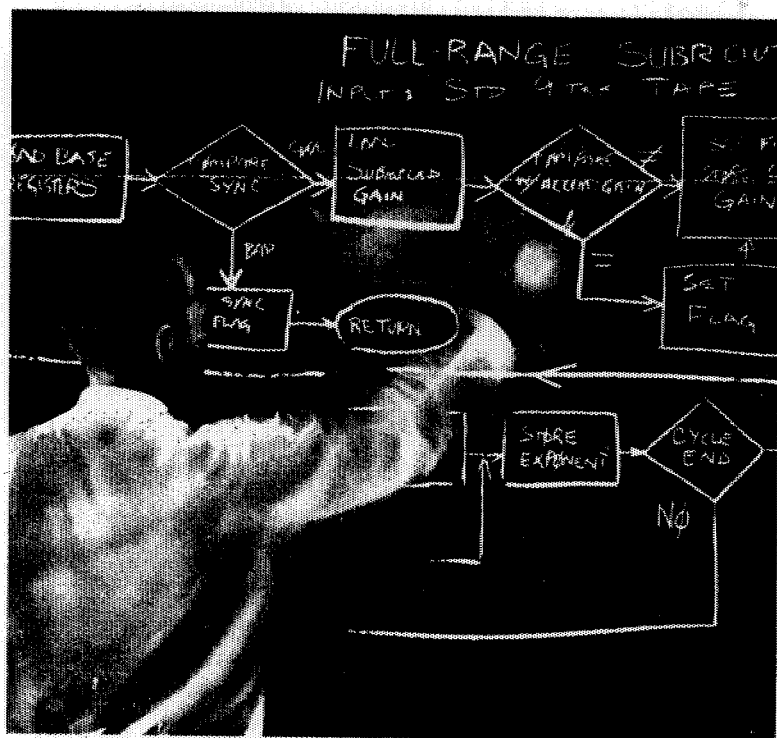


ELECTRO-TECHNICAL LABS

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.

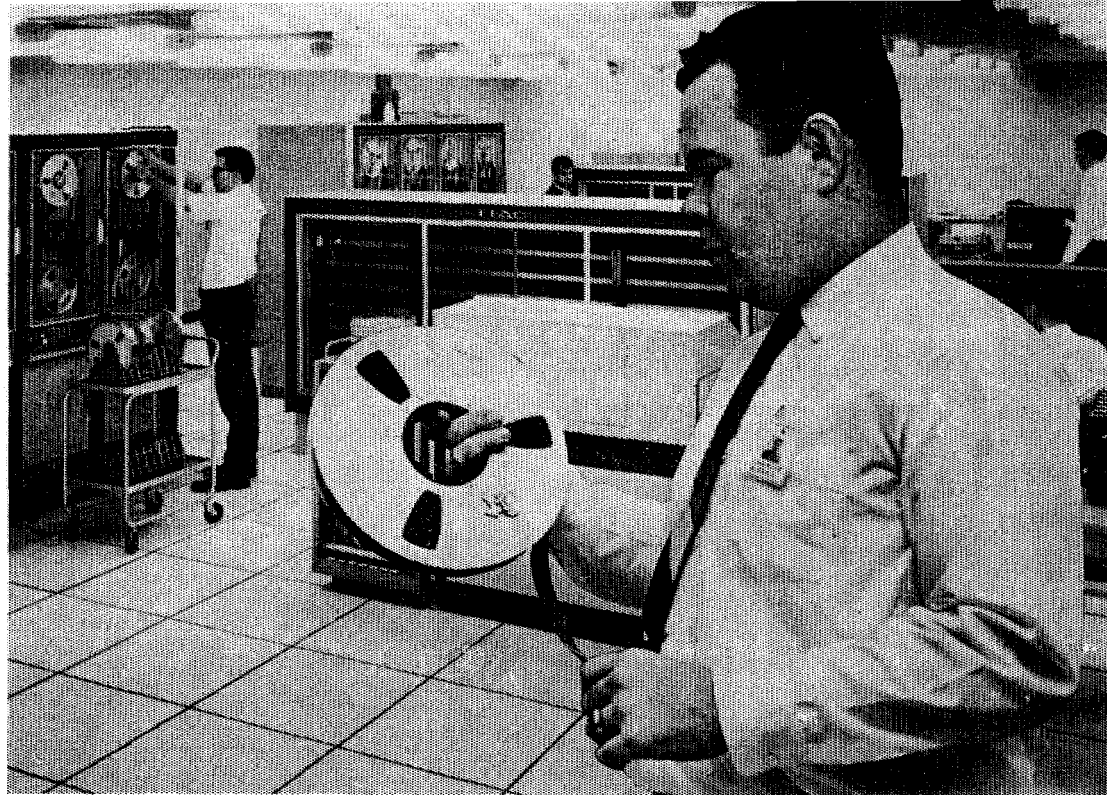
**CIA. FUNDIDORA DE FIERRO Y
ACERO DE MONTERREY, S. A.**

Y PARTICULARES

AVENIDA JUAREZ No. 119 - 5o. PISO

TEL. 566-44-11 CON 2 LINEAS

MEXICO 1, D. F.



Su trabajo: **PRODUCCION SISMICA!**

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

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

¿Qué le ayuda a Carlos a producir? Primero, 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 1, D.F.





CORPORATION

THOMPSON BUILDING
TULSA, OKLAHOMA 74103

CONSULTORES INTERNACIONALES DE
GEOLOGIA Y GEOFISICA

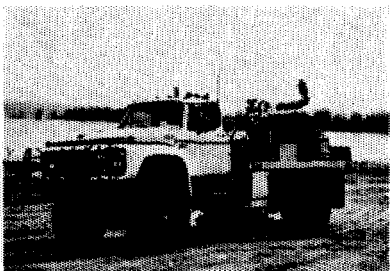
Ben. F. Rummerfield.- Presidente

Norman S. Morrisey.- Vice-Presidente

John Rice.- Jefe de Geofisicos

Operación con unidades Vibroseis*

Aplicada a la tecnología de campo

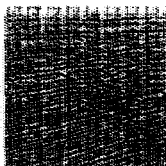


- Diseño de vehículo adaptado al terreno.
- Correlación digital de campo,
- Diseño específico de campo.

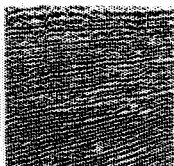
Adecuada para el proceso de datos

TVAC

Normal correlation and deconvolution



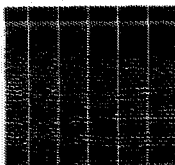
Adaptive correlation



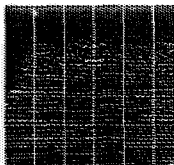
- Técnica de pulsos compresionales para el contenido de información traza por traza.
- Deconvolución apropiada a la mezcla de fases, característica del Vibroseis.
- Apilamiento vertical con la consiguiente supresión de ruido de gran amplitud.

ANSAC

computed statics



ANSAC statics



Esta técnica está diseñada para determinar y aplicar correcciones estáticas inherentes al sistema CDP basada en las siguientes consideraciones.

- Correcciones por fuente de energía.
- Correcciones por detección
- Echado
- Dinámicas residuales

La técnica de Vibroseis requiere de una continua evaluación de los parámetros de campo y su relación con una cuidadosa planeación del proceso de datos. Y esta es la función del Seiscom/Delta en

las operaciones Vibroseis. Eficiencia en el trabajo de campo, calidad en el centro de proceso. Mayor información con el representante Seiscom/Delta.



Seismic Computing Corp.

P. O. Box 36789



Delta Exploration Company, Inc.

Houston, Texas 77036 713/785-4060

*Registered trademark and service mark of Continental Oil Company