

B O L E T I N
D E L A
ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

S U M A R I O :

- EVALUACION DE DATOS DE VIBROSISMO
OBTENIDOS CON UN BARRIDO NO LINEAL.
ALVARO CHAVESTE G.
- CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS
PATRONES DE DETECCION A DISTANCIAS
VARIABLES.
MARCO A. GHENO JUÁREZ.

VOLUMEN XXVIII

ENE-JUN 1988

Nos. 1 y 2

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

MESA DIRECTIVA

1987-1988

Presidente	Ing. Héctor Palafox Rayón
Vicepresidente	Ing. Salvador Hernández González
Secretario	Ing. Francisco Ramos García
Tesorero	Ing. Carlos López Ramírez
Pro-Tesorero	Ing. Jaime Guerra Ortiz
Editores	Ing. Rodolfo Marines Campos
	Ing. Jorge Vera Sánchez
Coord. Eventos Técnicos	Ing. Fco. Javier Sánchez de Tagle
	Ing. Rubén Rocha de la Vega
Coord. Eventos Sociales	Ing. Sergio García del Toro
	Ing. Rafael Centeno Urrutia

PRESIDENTES DELEGACIONALES

Reynosa	Ing. Gorgonio García Molina
Tampico	Ing. José Ponce de León
Poza Rica	Ing. Julio Cerillo Cruz
Coatzacoalcos	Ing. Salvador Maldonado Cervantes
Villahermosa	Ing. Leopoldo Soberanes M.
Cd. del Carmen	Ing. Carlos Puerto Zapata
San Luis Potosí	Ing. Juan López Martínez
Córdoba	Ing. Benigno Bautista Mena
Chihuahua	Ing. Enrique de la Rosa Santoscoy
Morelia	Ing. Jesús Arredondo Fragoso

VOCALES

I.M.P.	Ing. José Salinas Altés
I.P.N.	Ing. Jaime Villanueva Sánchez
U.N.A.M.	Ing. Juan M. Brandi Purata
México	Ing. Andrés Ramírez Barrera

Para todo asunto relacionado con el Boletín Técnico, como manuscritos, subscripciones, descuentos especiales a bibliotecas públicas o universidades, publicaciones, anuncios, etc., dirigirse a:

M. en C. Rodolfo Marines Campos
Apartado Postal 57-275
México, D. F., C.P. 06500
Tel. 567-82-61

Las aseveraciones y opiniones expresadas en los escritos en este boletín, son de la exclusiva responsabilidad de los autores.

Boletín de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración. Boletín trimestral editado por la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, Apartado Postal 57-275, México, D. F., C.P. 06500, Tels. 545-79-68, 531-63-18 y 254-20-44 Ext. 22537 y 23519. Solicitada la autorización como correspondencia de segunda clase en la Administración de Correos, D. F. Solicitada la licitud correspondiente a la Dirección de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Educación Pública. Prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de la A.M.G.E.

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

MESA DIRECTIVA

1987-1988

Presidente	Ing. Héctor Palafox Rayón
Vicepresidente	Ing. Salvador Hernández González
Secretario	Ing. Francisco Ramos García
Tesorero	Ing. Carlos López Ramírez
Pro-Tesorero	Ing. Jaime Guerra Ortiz
Editores	Ing. Rodolfo Marines Campos Ing. Jorge Vera Sánchez
Coord. Eventos Técnicos	Ing. Fco. Javier Sánchez de Tagle Ing. Rubén Rocha de la Vega
Coord. Eventos Sociales	Ing. Sergio García del Toro Ing. Rafael Centeno Urrutia

PRESIDENTES DELEGACIONALES

Reynosa	Ing. Gorgonio García Molina
Tampico	Ing. José Ponce de León
Poza Rica	Ing. Renato Vázquez Benítez
Coatzacoalcos	Ing. Salvador Maldonado Cervantes
Villahermosa	Ing. Leopoldo Soberanes M.
Cd. del Carmen	Ing. Carlos Puerto Zapata
San Luis Potosí	Ing. Juan López Martínez
Córdoba	Ing. Benigno Bautista Mena
Chihuahua	Ing. Enrique de la Rosa Santoscoy
Morelia	Ing. Jesús Arredondo Fragoso

VOCALLES

I.M.P.	Ing. José Salinas Altés
I.P.N.	Ing. Jaime Villanueva Sánchez
U.N.A.M.	Ing. Juan M. Brandi Purata
México	Ing. Andrés Ramírez Barrera

Para todo asunto relacionado con el Boletín Técnico, como manuscritos, subscripciones, descuentos especiales a bibliotecas públicas o universidades, publicaciones, anuncios, etc., dirigirse a:

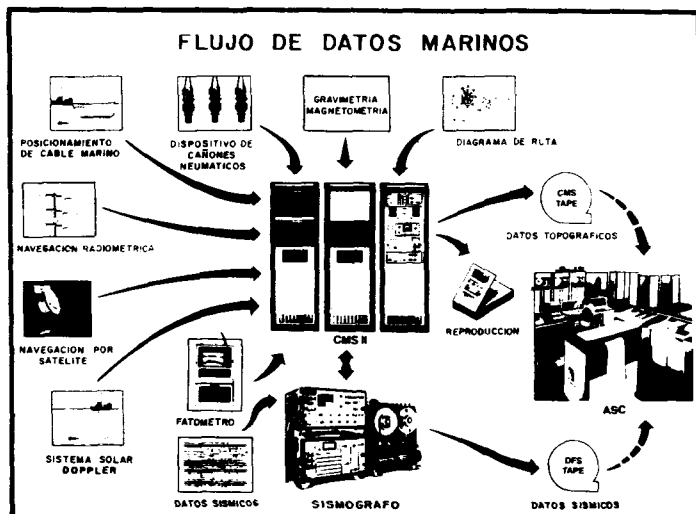
M. en C. Rodolfo Marín Campos
Apartado Postal 57-275
México, D. F., C.P. 06500
Tel. 567-82-61

Las aseveraciones y opiniones expresadas en los escritos en este boletín, son de la exclusiva responsabilidad de los autores.

Boletín de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración. Boletín trimestral editado por la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, Apartado Postal 57-275, México, D. F., C.P. 06500, Tels. 545-79-68, 531-63-18 y 254-20-44 Ext. 22537 y 23519. Solicitada la autorización como correspondencia de segunda clase en la Administración de Correos, D. F. Solicitada la licitud correspondiente a la Dirección de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Educación Pública. Prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de la A.M.G.E.

CMS II

El corazón del sistema marino totalmente Integrado



El sistema de exploración marina de GSI proporciona el poder y la flexibilidad necesaria para la exploración geofísica marina de hoy.

El sistema marino configurado CMS II, con características de registro de datos automático, integra un conjunto de subsistemas opcionales en el más potente sistema marino de exploración con que cuenta la industria.

- ☐ GEONAV® Sonar/Sistema de navegación por Satélite.
- ☐ Sistema multisensor radiométrico de posicionamiento.
- ☐ ADL Sistema de Registro Automático de Datos.
- ☐ SEISTRACK® Sistema de posicionamiento de cable marino

☐ TIGER Sistema de control de cañones neumáticos.

☐ MARISAT® Sistema de comunicación mediante Satélites.

El sistema CMS II virtualmente elimina el error humano—disminuyendo el tiempo de entrega y proporcionando mayor exactitud en el procesamiento sísmico de los datos.

Esta capacidad de GSI puede ser adaptada a sus necesidades.

A disposición inmediata.

Para mayor información, llame o escriba a
GSI DE MEXICO, S.A. DE C.V. RIO RHIN No. 22
7° PISO MEXICO 5, D.F. TEL. 566-32 44



GSI DE MEXICO, S.A. DE C.V.

SUBSIDIARIA DE

TEXAS INSTRUMENTS

INCORPORATED



GEOEVALUACIONES, S. A.

ESPECIALISTAS EN EXPLORACION

- EXPLORACION GEOELECTRICA.
- LEVANTAMIENTOS GEOHIDROLOGICOS INTEGRALES.
- EXPLORACION GEOLOGICA.
- PROSPECCION GRAVIMETRICA Y MAGNETOMETRICA.
- FOTOINTERPRETACION.
- LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y GEODESICOS.
- PROCESAMIENTO DE DATOS GEOFISICO-GEOLOGICOS.
- EXPLORACION MINERA.
- SERVICIOS DE INTERPRETACION.
- ASESORIAS ESPECIALES.

Av. Amacuzac # 615 Tel. 5-32-39-19 y 6-72-09-92 Codigo Postal 09440
Col. San Andres Tetepilco México, 13 D.F.

EVALUACION DE DATOS DE VIBROSISMO OBTENIDOS
CON UN BARRIDO NO LINEAL

Ing. Alvaro Chaveste G. *

RESUMEN

El objetivo de la Sismología de Reflexión es definir condiciones estructurales y estratigráficas favorables para el entrapamiento de hidrocarburos.

Debido a la relativa facilidad de definición de trampas estructurales, éstas han sido descubiertas en casi su totalidad. Por esta razón mucha de la atención en técnicas de sismología de reflexión se ha enfocado a la definición de trampas estratigráficas. La definición de éstas implica que capas de espesores pequeños deben poder ser identificadas en una sección sísmológica.

Aunque en el procesado de datos los avances a este respecto han sido amplios, las técnicas empleadas en campo se han limitado al uso de filtros de grabación de preénfasis, -sismodetectores con frecuencias naturales altas, y patrones de detección cortos.

Los barridos no lineales fueron introducidos a la técnica de vibrosismo con la finalidad de definir capas más delgadas que con otras fuentes de energía.

En el primer escrito se analizan datos obtenidos con un barrido lineal y se comparan con los obtenidos con un barrido no lineal; poniendo especial atención a la definición de capas delgadas con uno y otro tipo de barrido.

* G.S.I. de México, S. A. de C.V.

INTRODUCCION

La definición de una capa en una sección sísmológica implica que las ondículas resultantes de la convolución del pulso generado por la fuente con los coeficientes de reflexión en los límites superior e inferior de la capa podrán ser identificados como dos eventos diferentes. Cuando el espesor es pequeño, la ondícula asociada al coeficiente de reflexión superior interferirá con la asociada al coeficiente de reflexión inferior, y estas ondículas no podrán ser identificadas como dos eventos diferentes.

El espesor mínimo de una capa que podrá ser resuelto es:

$$(Ec. 1) \quad \Delta Z = \frac{T V_{int}}{4}$$

donde

ΔZ = Mínimo espesor a resolver

V_{int} = Velocidad de intervalo de la capa

T = Ancho del pulso

La velocidad de intervalo de una capa (V_{int} en Ec. 1) es una propiedad física inherente a ésta y no puede ser variada. Por esta razón, si se quiere reducir el espesor mínimo a resolver (Δz en Ec. 1), se tiene que hacer menor el ancho de pulso (T).

En el resto de esta introducción se hará un análisis de los factores que afectan el ancho del pulso y la relación de éste con los barridos no lineales.

BARRIDOS NO LINEALES Y ANCHO DE PULSO

En la técnica de vibrosismo la energía introducida al subsuelo es una onda senoidal de frecuencia variable con el tiempo.

Generalmente la frecuencia se varía con tiempo en forma lineal (barrido lineal) dando igual peso a las frecuencias dentro del ancho de banda del barrido.

Con el uso de barridos no lineales la variación de frecuencia sigue una función predeterminada diferente a la lineal y da mayor peso a las altas frecuencias (Fig. 1). Esto trae como consecuencia que los anchos de pulso y los espectros de amplitud de los diferentes tipos de barrido difieran entre sí para un mismo ancho de banda. La figura 2 muestra los espectros de amplitud de dos diferentes tipos de barrido. El ancho de pulso es función de la frecuencia máxima de barrido (F_{max}) y del tipo de barrido. En la gráfica 1 se aprecia que los anchos de pulso para tres diferentes tipos de barrido (de dos octavas o más de ancho de banda) están dados por las siguientes ecuaciones:

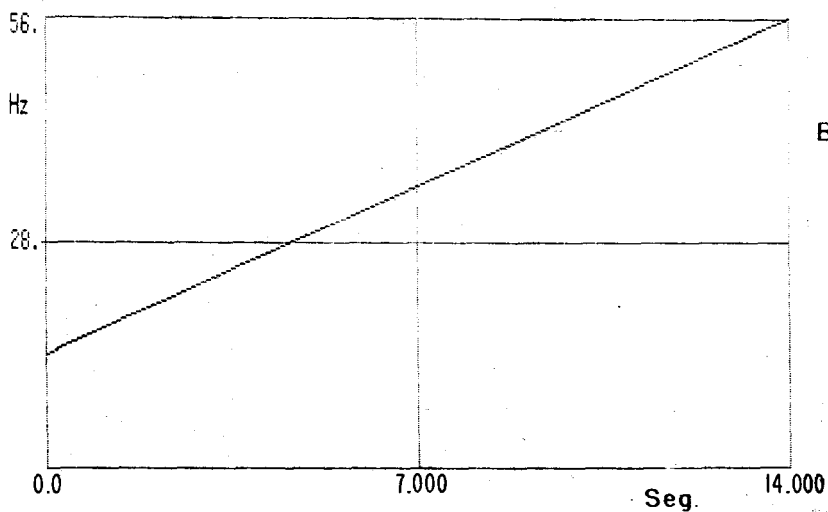
$$B. \text{ Lineal } 1.42/F_{max} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$B. \text{ Logaritmo } 1.23/F_{max} \quad (\text{Ec. 3})$$

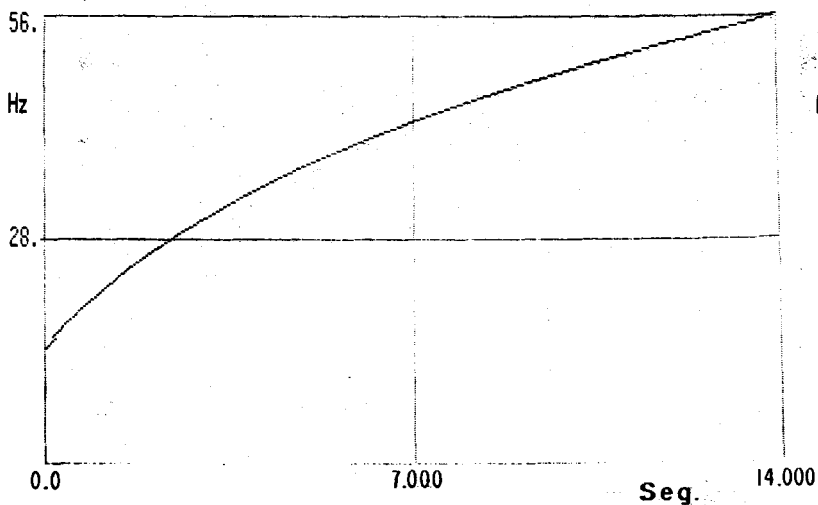
$$B. \text{ Cuadrático } 1.15/F_{max} \quad (\text{Ec. 4})$$

VARIACION DE FRECUENCIA CON TIEMPO DE DOS TIPOS DE BARRIDO

$F_0 = 14 \text{ Hz}$, $F_1 = 56 \text{ Hz}$, $T = 14 \text{ seg.}$



B. Lineal



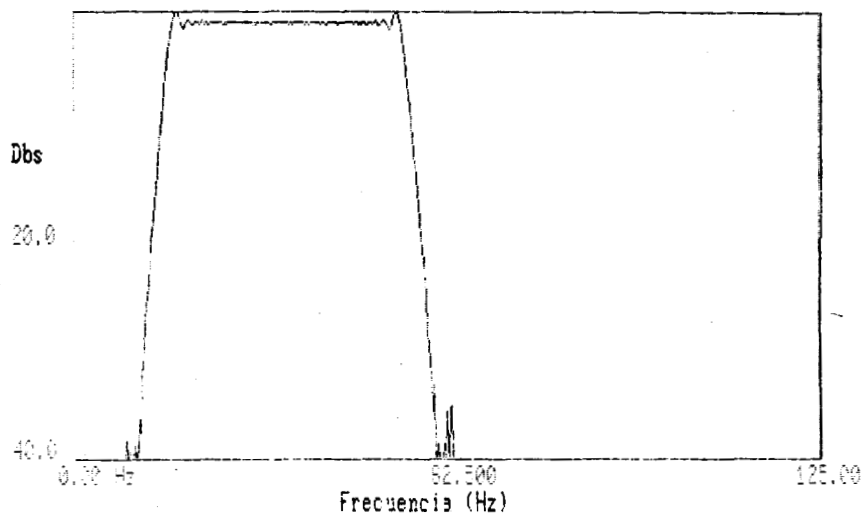
B. Logarítmico

FIGURA - 1

Espectro de amplitud

Frecuencia inicial= 14 Hz, Frecuencia final= 56 Hz,

BARRIDO LINEAL



BARRIDO LOGARITMICO

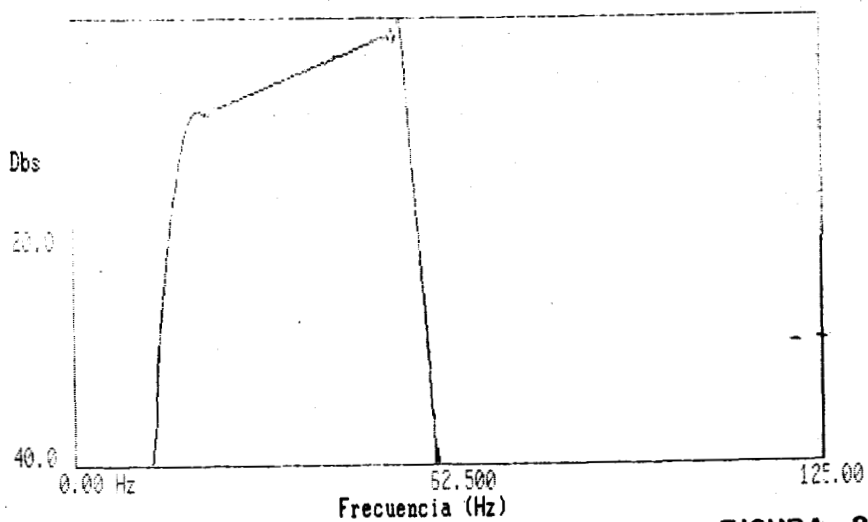
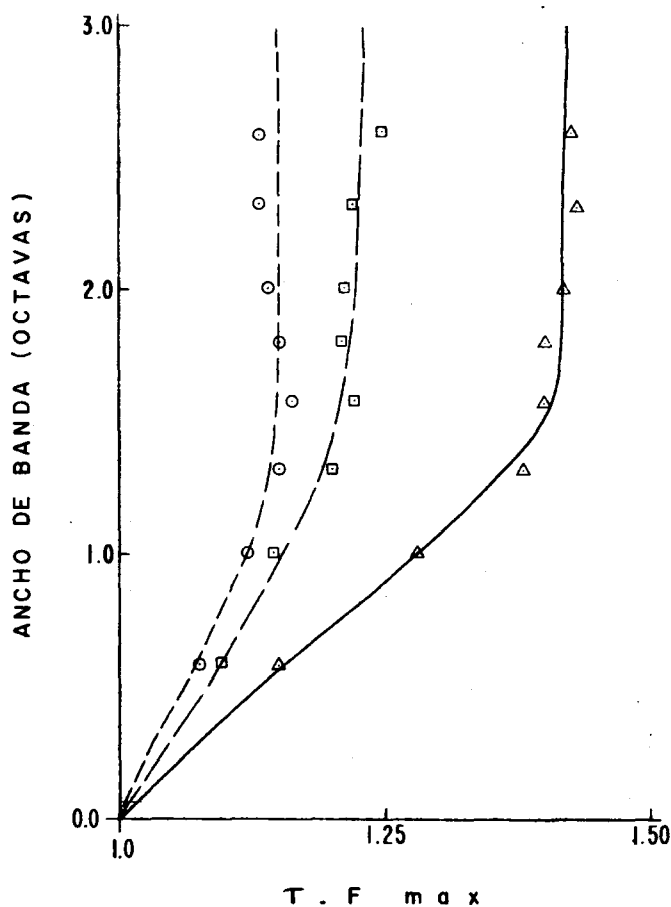


FIGURA - 2

T.F max VS ANCHO DE BANDA



Leyenda.-

- △ B. LINEAL
- B. LOGARITMICO
- B. CUADRATICO

NOTA: Las curvas fueron obtenidas midiendo el ancho del pulso directamente de pulsos generados por la autocorrelación de barridos de diferentes tipos y anchos de banda. **GRAFICA - 1**

De las ecuaciones 1, 2, 3 y 4, se concluye que dada F_{max} se podrá resolver una capa más delgada con un barrido lineal (Fig. 3).

ABSORCION Y ANCHO DE PULSO

La absorción es un efecto de transmisión de la tierra que consiste en la atenuación de energía transmitida a través del subsuelo. Es un proceso irreversible y dependiente del tiempo de reflejo y de la frecuencia de la ondícula. Es mayor para frecuencias altas. La atenuación (en Dbs) que sufrirá una ondícula debido a la absorción está dada por:

(Ec. 5)

$$D_b = - \frac{27 f t}{Q}$$

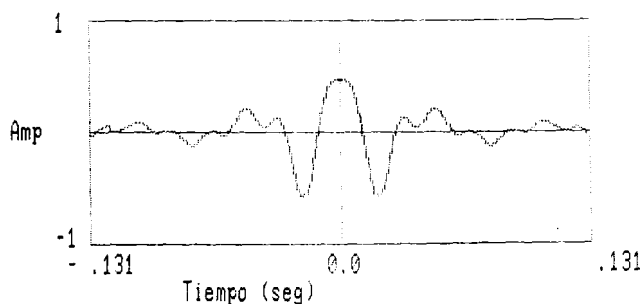
donde:

f	=	frecuencia
t	=	tiempo de reflejo
Q	=	factor de absorción
D _b	=	atenuación en Dbs

CONVOLUCION DE ONDICULAS GENERADAS POR DOS DIFERENTES TIPOS DE BARRIDO CON LOS COEFICIENTES DE REFLEXION DE UNA CAPA DELGADA

BARRIDO LINEAL

FRECUENCIA INICIAL= 14 Hz, FRECUENCIA FINAL= 56 Hz
COEFICIENTES DE REFLEXION= 1 , 1
Velocidad de barrido= 3000 r/seg
Espesor del horizonte= 10 m
Delta T= 10 Mseg



BARRIDO LOGARITMICO

FRECUENCIA INICIAL= 14 Hz, FRECUENCIA FINAL= 56 Hz
COEFICIENTES DE REFLEXION= 1 , 1
Velocidad de barrido= 3000 r/seg
Espesor del horizonte= 10 m
Delta T= 10 Mseg

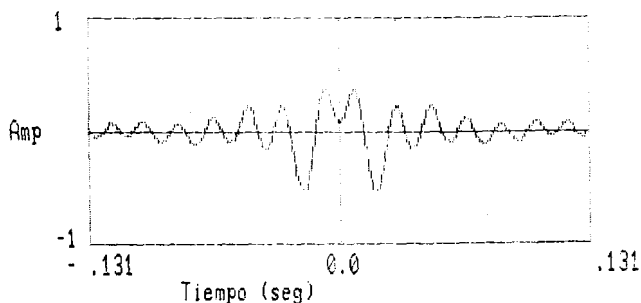


FIGURA -3

El espectro de amplitud de una ondícula que ha viajado un tiempo "t" a través de un medio con un factor de absorción "Q" tendrá una pendiente "m" igual a:

$$(\text{Ec. 6}) \quad m = \frac{Db}{Hz} = - \frac{27t}{Q}$$

y a este espectro de amplitud corresponde una ondícula de fase cero que tendrá un ancho de pulso mayor al de la ondícula característica de la fuente (sin absorción).

La gráfica 2 muestra el ancho de pulso en función de la pendiente del espectro "m" para un ancho de banda de 12-56 Hz.

BARRIDOS NO LINEALES Y COMPENSACION POR ABSORCION

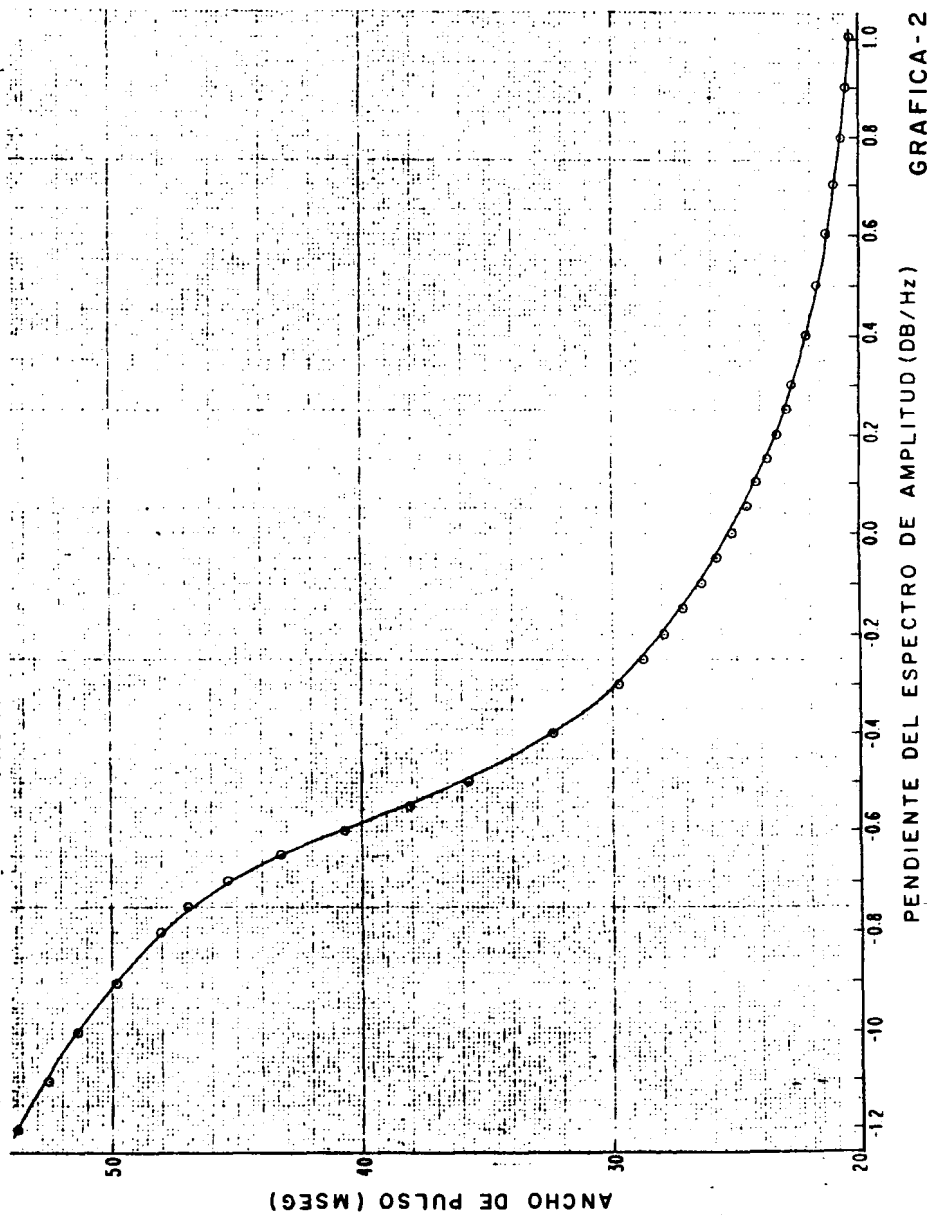
El espectro de amplitud de los pulsos característicos de los barridos no lineales presentan una pendiente positiva; y para éstos la pendiente del espectro de amplitud después de absorción es:

$$(\text{Ec. 7}) \quad m = \frac{Db}{Hz} = - \frac{27t}{Q} + m_i$$

donde "m_i" es la pendiente del espectro de la ondícula característica de la fuente (sin absorción).

De las ecuaciones 6 y 7 se aprecia que, después de absorción las pendientes de los espectros de amplitud de dos pulsos, uno generado por un barrido lineal y otro por un barrido no lineal, serán diferentes; y que la pendiente del espectro del pulso del barrido lineal será más negativa. Esto implica que el ancho del pulso correspondiente al barrido no lineal será menor; y que con éste se podrá resolver una capa más delgada que con el pulso del barrido

ANCHO DE PULSO VS PENDIENTE DE ESPECTRO
ANCHO DE BANDA 12-56 Hz



GRAFICA - 2

lineal (Fig. 4).

EVALUACION DE DATOS DE CAMPO

La realización de la prueba en campo consistió en observar dos veces una línea conservando los mismos parámetros excepto por el tipo de barrido; en una ocasión se observó con un barrido lineal y la otra con un barrido cuadrático.

En el centro de análisis de datos ambas líneas se procesaron con los mismos parámetros.

Los datos se evaluaron poniendo especial interés en la recuperación de altas frecuencias y en la resolución obtenida con uno y otro tipo de barrido.

La evaluación se realizó en cuatro etapas del procesado:

- 1.- Registros de campo crudos
- 2.- Registros de campo con procesos antes de apilar
- 3.- Sección apilada
- 4.- Sección migrada

La lista de láminas presentadas y una descripción de éstas se da a continuación.

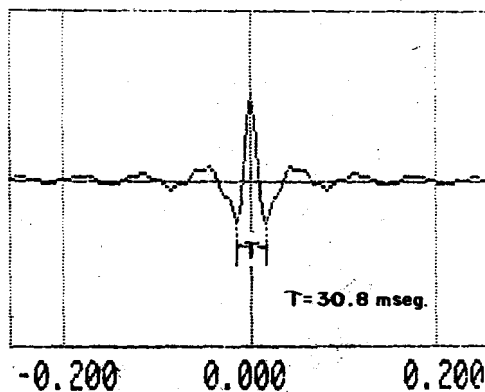
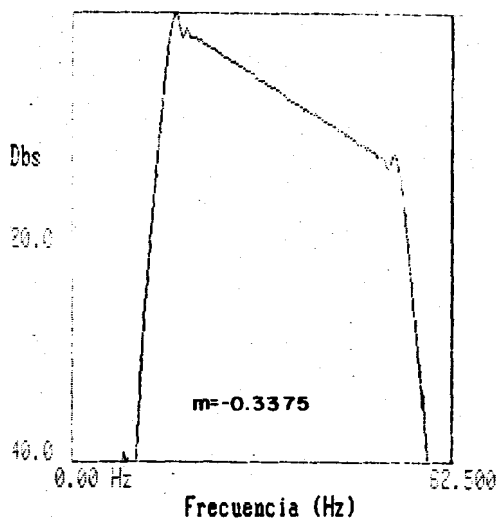
- Lámina 1.- Registros de campo crudos graficados de 1.0 a 3.0 seg.
- Lámina 2.- Amplificación del recuadro "A" del registro de campo obtenido con el barrido lineal y espectro de amplitud de una traza de éste.
- Lámina 3.- Amplificación del recuadro "A" del regis-

ESPECTROS DE AMPLITUD Y PULSOS DE CORRELACION DE DOS DIFERENTES TIPOS DE BARRIDOS CON ABSORCION

$Q = 80$, Tiempo de reflejo = 1 Seg

Frecuencia inicial = 14 Hz, Frecuencia final = 56 Hz,

BARRIDO LINEAL



BARRIDO LOGARITMICO

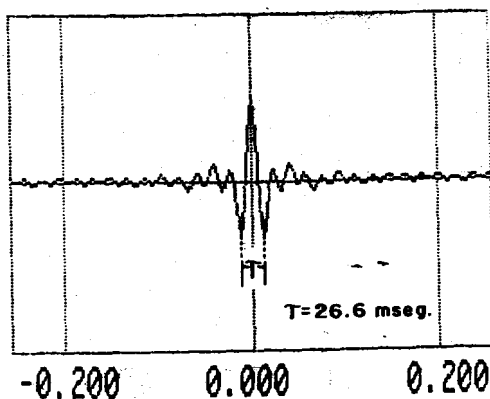
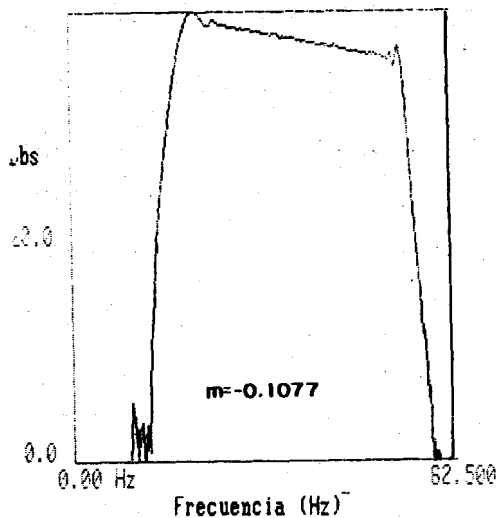


FIGURA - 4

tro de campo obtenido con el barrido cuadrático y espectro de amplitud de una -
traza de éste.

De los espectros de amplitud de las láminas 2 y 3 se observa una mayor recuperación de las altas frecuencias al emplear un barrido cuadrático.

La resolución obtenida al emplear uno y otro barrido no difiere mucho, aunque se ve mayor continuidad en el reflector marcada como "I" al emplear un barrido cuadrático.

Lámina 4.- Registros de campo con procesos. Graficados de 1.0 a 3.0 seg.

Estos registros pasaron por los siguientes procesos:

- . Recuperación de amplitud verdadera
- . Deconvolución
- . Filtro de velocidades
- . Escalares

NOTA: Aunque la correcta evaluación de los datos requiere que éstos sean desplazados en amplitud verdadera, se optó por aplicarles escalares debido a que los fuertes cambios de amplitud en la sección no permiten que ésta sea evaluada en su totalidad sin la aplicación de este proceso. Se considera que la aplicación de escalares a los registros de campo y las secciones apiladas migradas no tiene un efecto significativo en los resultados y conclusiones a los que se llegó.

Lámina 5.- Amplificación del recuadro "B" de la lámina 4 y espectro de amplitud de una traza de éste. Registro obtenido con barrido lineal.

Lámina 6.- Amplificación del recuadro "B" de la lámina 4 y espectro de amplitud de una traza de éste. Registro obtenido con barrido cuadrático.

De los espectros de amplitud de las láminas 5 y 6 se observa una mayor recuperación de altas frecuencias al emplear un barrido cuadrático.

La resolución obtenida en los registros de campo al pasar éstos por los procesos mencionados anteriormente no difiere mucho. El reflector marcada como II en ambos re tablos tiene mayor amplitud en el registro obtenido con el barrido cuadrático.

Lámina 7.- Sección apilada. Datos obtenidos con un barrido lineal.

Lámina 8.- Sección apilada. Datos obtenidos con un barrido cuadrático.

Lámina 9.- Amplificación del recuadro "C" de la lámina 7 y espectro de amplitud de una de las trazas. Datos obtenidos con un barrido lineal.

Lámina 10.- Amplificación del recuadro "C" de la lámina 8 y espectro de amplitud de una de las trazas. Datos obtenidos con un barrido cuadrático.

Los espectros de amplitud de las láminas 9 y 10 muestran una mayor recuperación de altas frecuencias en los datos obtenidos con un barrido cuadrático. La mejora en resolución al emplear un barrido cuadrático es notoria. Esta se aprecia al comparar los horizontes marcados como III y IV en ambos recuadros.

Lámina 11.- Ampliación de los recuadros "D" de las láminas 7 y 8. Datos apilados obtenidos con barrido lineal y barrido cuadrático respectivamente.

Debido a que en esta porción de la sección no se presentan capas delgadas que definir, la mejora en resolución obtenida al emplear un barrido cuadrático no es notoria.

En los detalles V y VI marcados en ambas ampliaciones puede ver que al emplear un barrido lineal se define únicamente una reflexión de amplitud alta; mientras que al emplear un barrido cuadrático se definen dos reflexiones de amplitud baja. Ambos detalles (V y VI) ilustran que al usar el barrido lineal el ancho del pulso es grande, y la ondícula asociada al coeficiente de reflexión inferior interfiere con la asociada al coeficiente de reflexión inferior de la capa delgada.

Lámina 12.- Sección migrada. Datos obtenidos con un barrido lineal.

Lámina 13.- Sección migrada. Datos obtenidos con un barrido cuadrático.

Lámina 14. Ampliación del recuadro "E" de la lá-

mina 12 y espectro de amplitud de una de las trazas. Datos obtenidos con un barrido lineal.

Lámina 15.- Ampliación del recuadro "E" de la lámina 13 y espectro de amplitud de una de las trazas. Datos obtenidos con un barrido cuadrático.

Los espectros de amplitud de las láminas 14 y 15 muestran que al emplear un barrido cuadrático se obtiene mayor recuperación de altas frecuencias. La mejoría en resolución que implica el mayor contenido de altas frecuencias se aprecia en la continuidad de los horizontes marcados - como VII y VIII en ambos recuadros. En el caso de la sección obtenida con un barrido lineal, estos reflectores - pierden continuidad al hacerse la capa demasiado delgada.

El detalle IX muestra que el barrido cuadrático definió un espesor más delgado en un acuñaiento.

Lámina 16.- Ampliación de los recuadros "F" de las láminas 12 y 13. Datos migrados obtenidos con barrido lineal y barrido cuadrático respectivamente.

Los recuadros "F" de las secciones migradas corresponden a los recuadros "D" de las secciones apiladas, y las observaciones hechas por éstos son válidas para las secciones migradas.

CONCLUSIONES

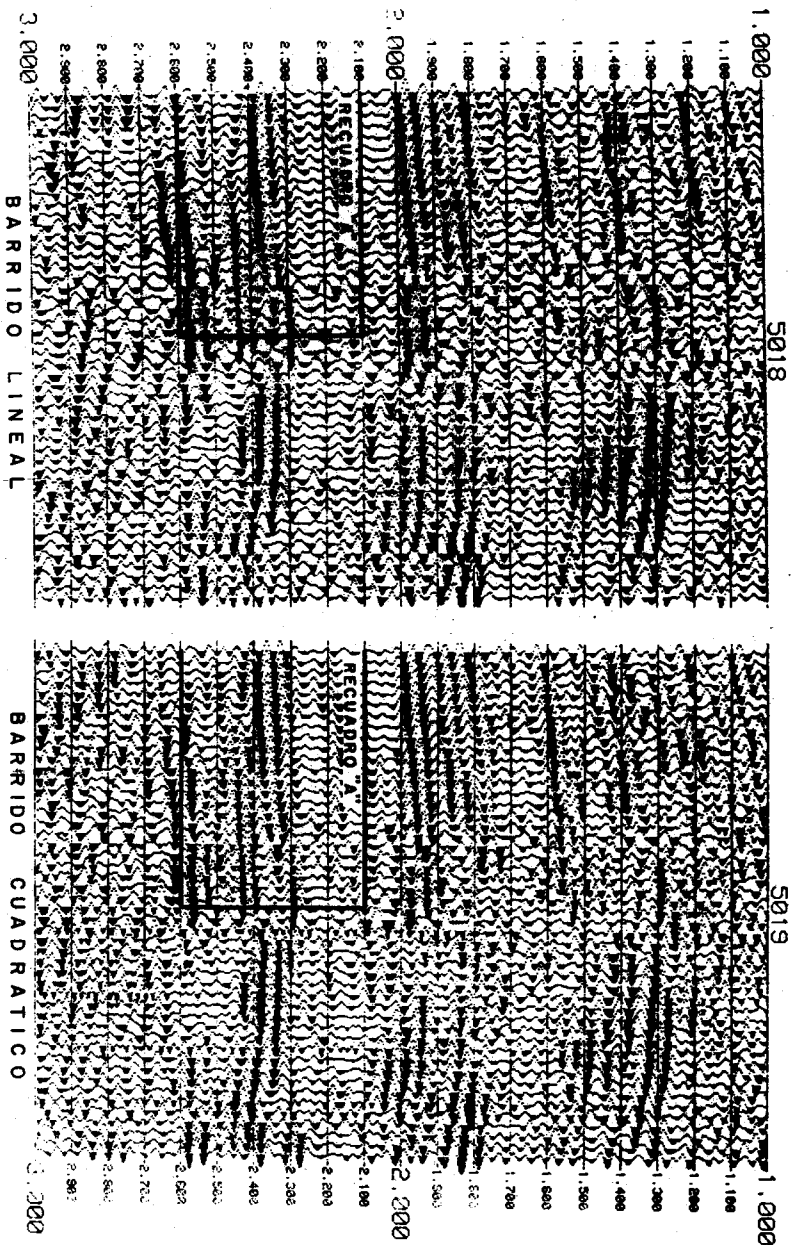
El uso de barridos no lineales en la técnica de vibrosismo trae como consecuencia una mayor recuperación de altas frecuencias de la energía introducida al subsuelo. Esto implica que el pulso asociado a un barrido no lineal será menor al asociado a un barrido lineal; y que con este pulso se podrán definir capas de espesores más pequeños.

En los datos obtenidos en campo se aprecia la mayor recuperación de altas frecuencias en los datos obtenidos con un barrido cuadrático a través de todos los pasos de procesamiento a los que fueron sometidos éstos. La mejor resolución que el mayor contenido de altas frecuencias implica es más notorio en las secciones apiladas y migradas.

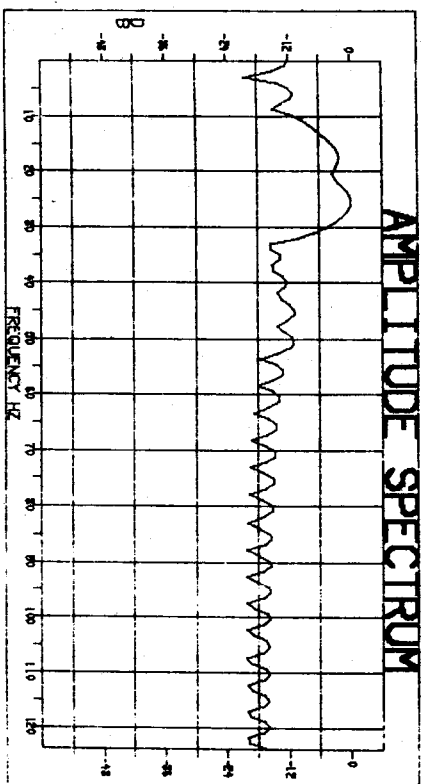
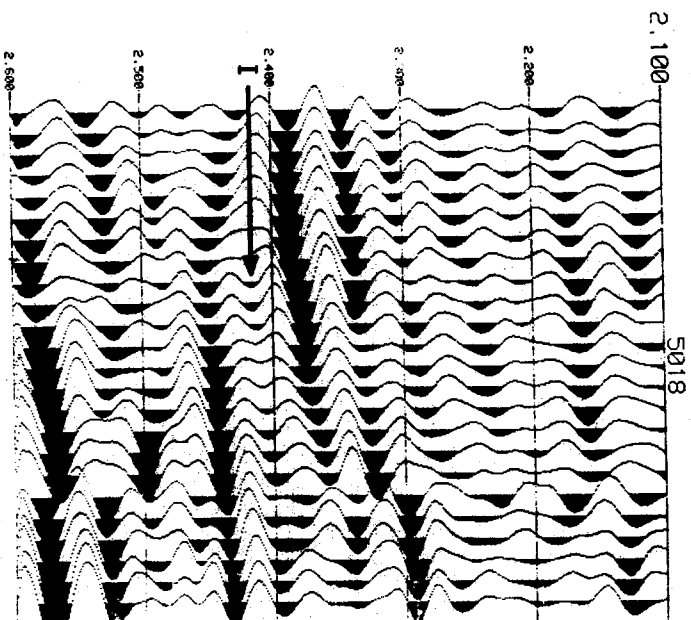
Los barridos no lineales actúan a manera de filtros de pre-énfasis, con los que se pretende modificar la forma del espectro de amplitud al momento de recolectar los datos.

REGISTROS DE CAMPO CRUDOS

PV - 504

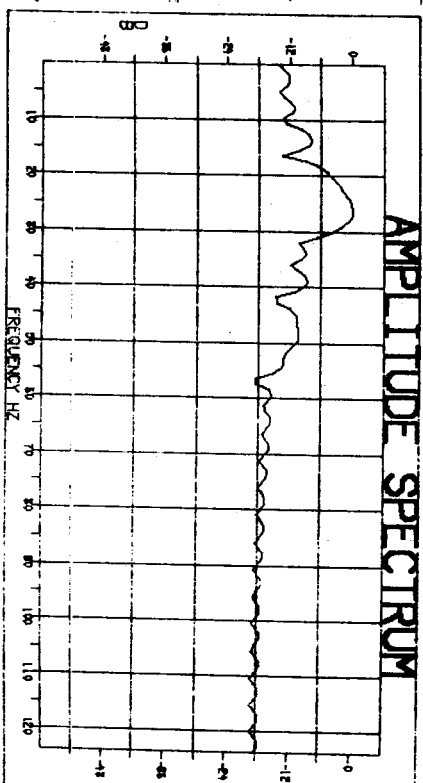
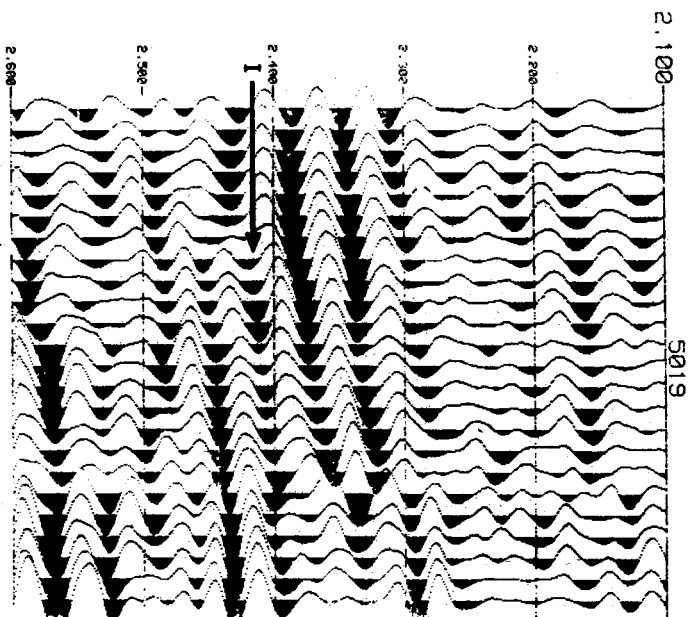


RECUADRO "A"
REGISTRO DE CAMPO CRUDO
BARRIDO LINEAL



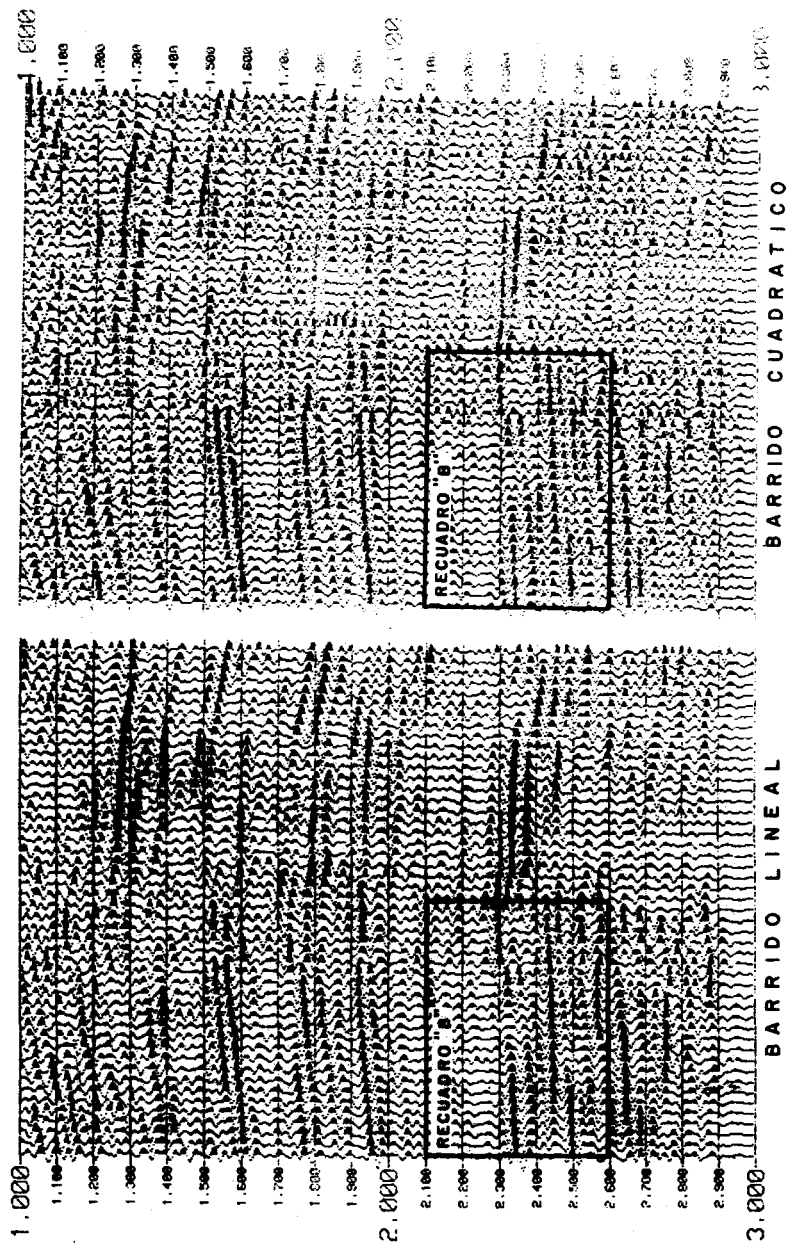
PV _____ 50.4
TRAZA _____ 39
TIEMPO INICIAL _____ 2300
TIEMPO FINAL _____ 2500
NIVEL DE O DB _____ 58.06 DB

RECUADRO "A" REGISTRO DE CAMPO CRUDO BARRIDO LOGARITMICO

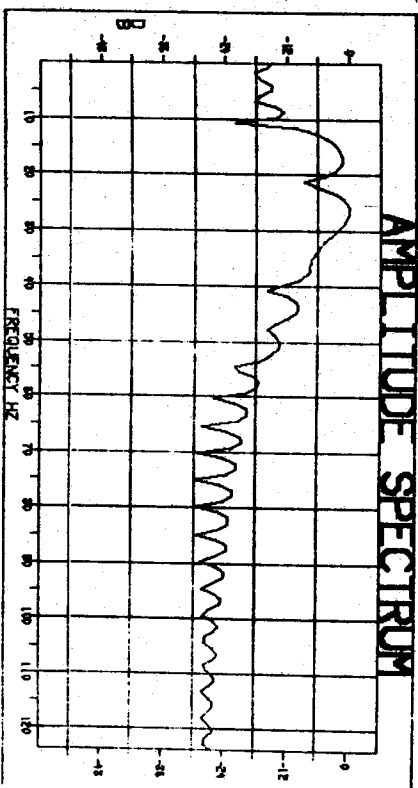
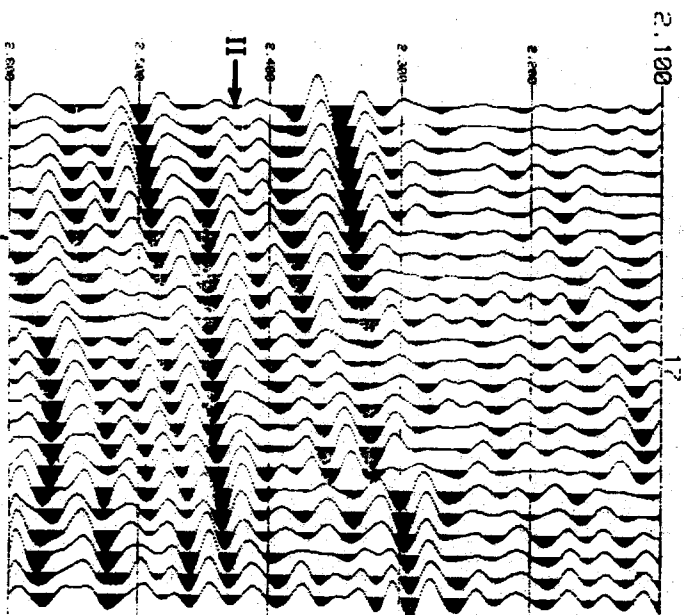


PV _____ 504
TRAZA _____ 39
TIEMPO INICIAL _____ 2300
TIEMPO FINAL _____ 2500
NIVEL DE 0 DB _____ 58.84 DB

REGISTRO DE CAMPO CON PROCESOS ANTES DE APILAR PV-504

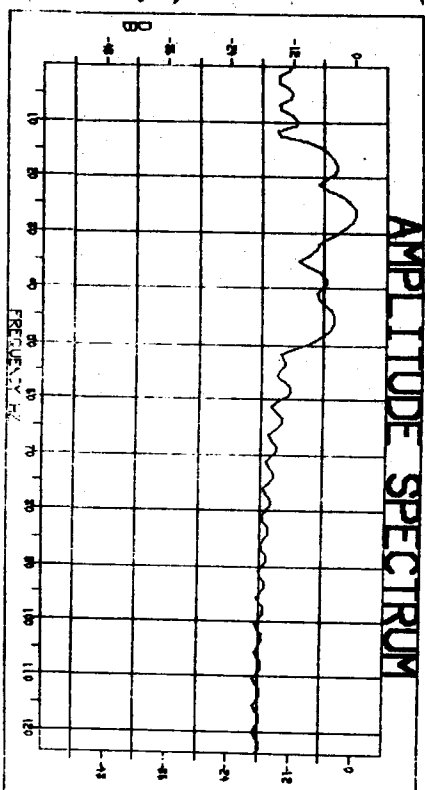
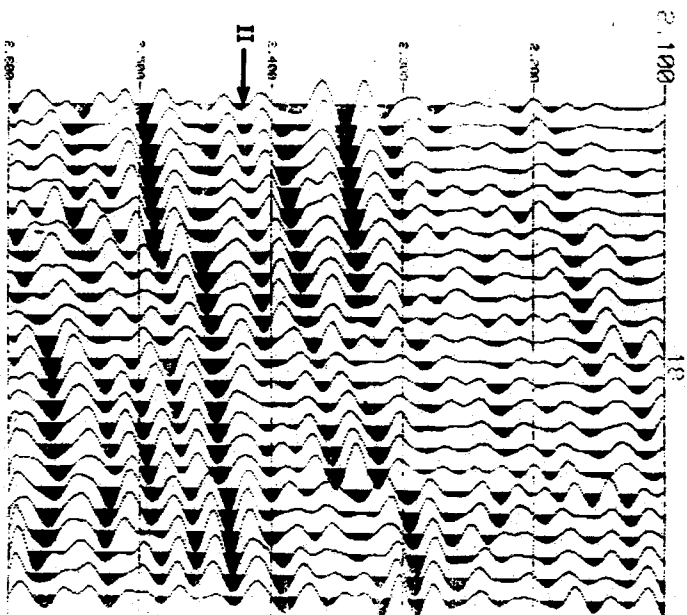


RECUADRO "B" REGISTRO DE CAMPO CON PROCESOS ANTES DE APILAR BARRIDO LINEAL

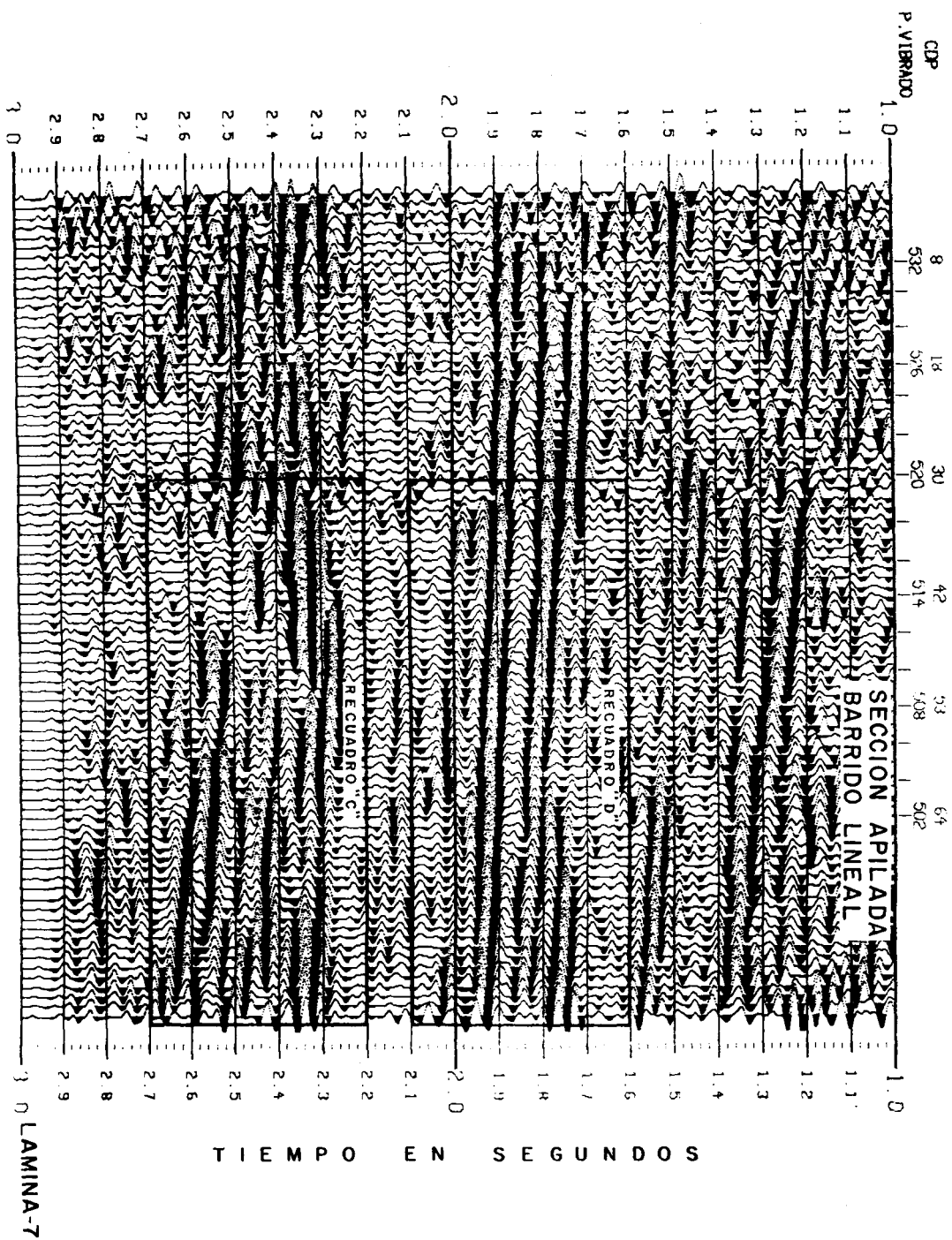


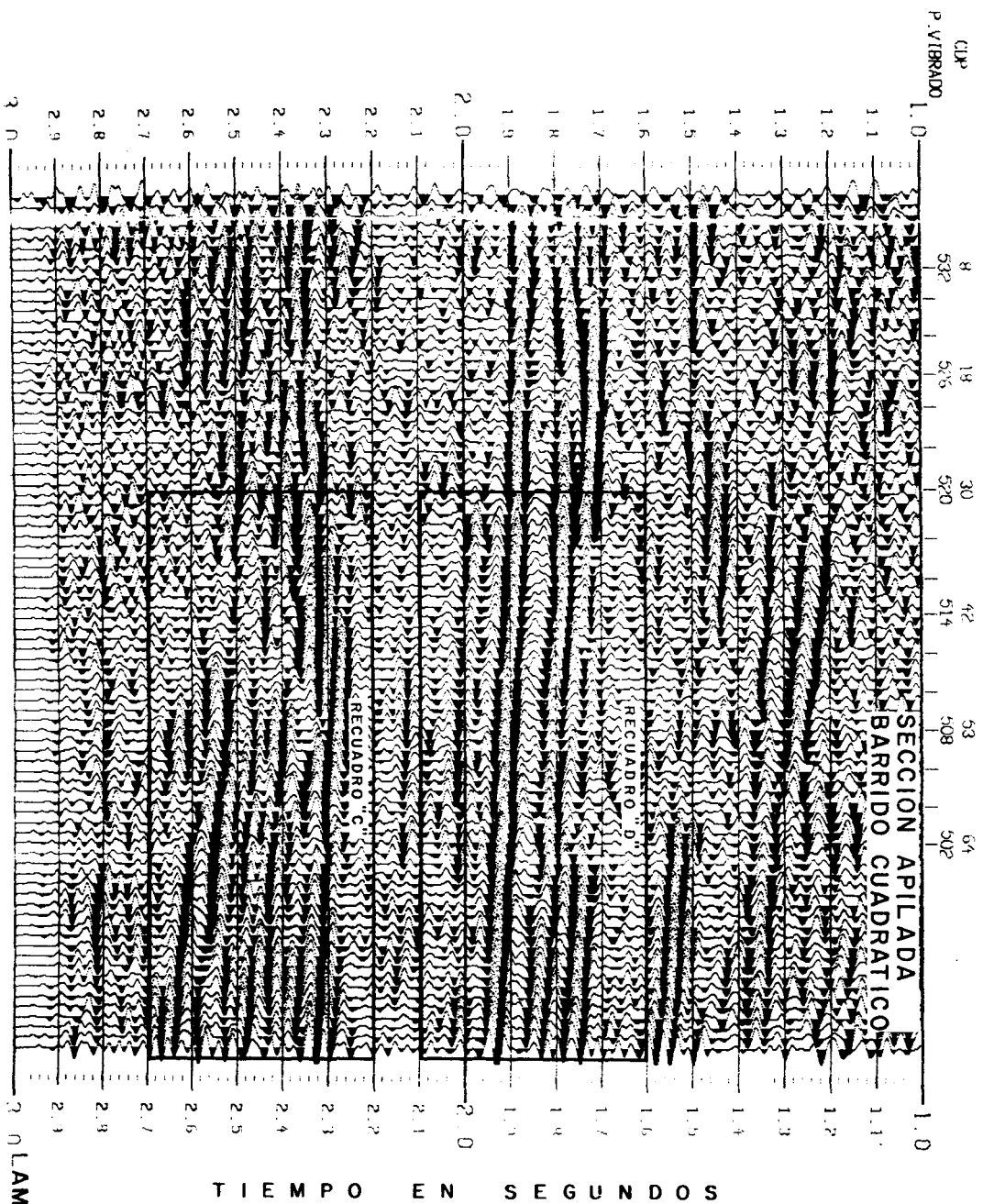
PV _____ 504
TRAZA _____ 39
TIEMPO INICIAL _____ 2300
TIEMPO FINAL _____ 2500
NIVEL DE 0 DB _____ 47.9508

RECUADRO "B"
REGISTRO DE CAMPO CON PROCESOS ANTES DE APILAR
BARRIDO CUADRATICO

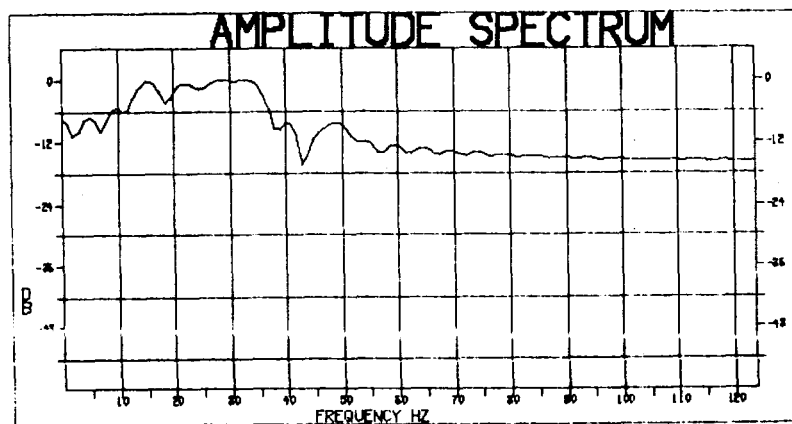
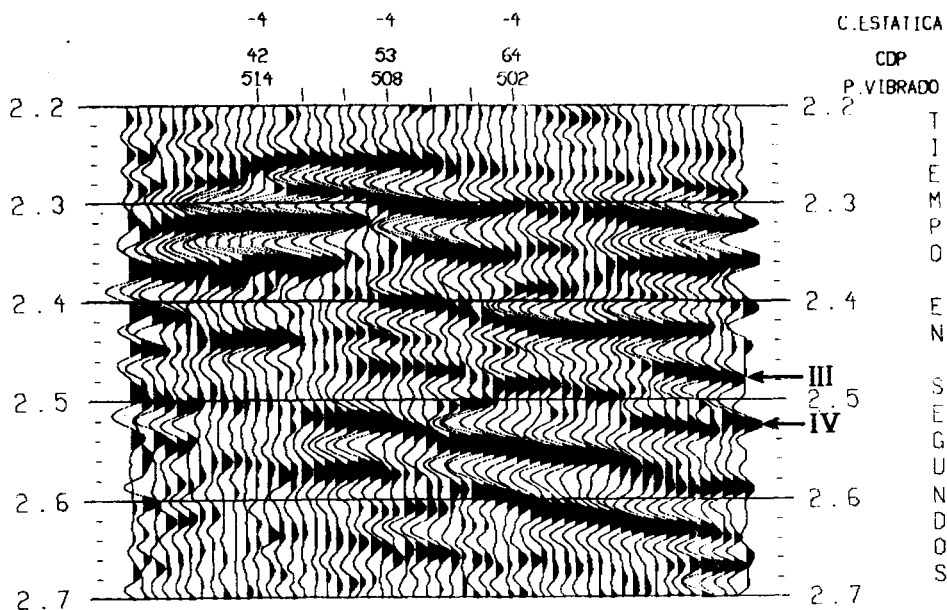


PV _____ 504
TRAZA _____ 39
TIEMPO INICIAL _____ 2300
TIEMPO FINAL _____ 2500
NIVEL DE 0 DB _____ 47.81 DB



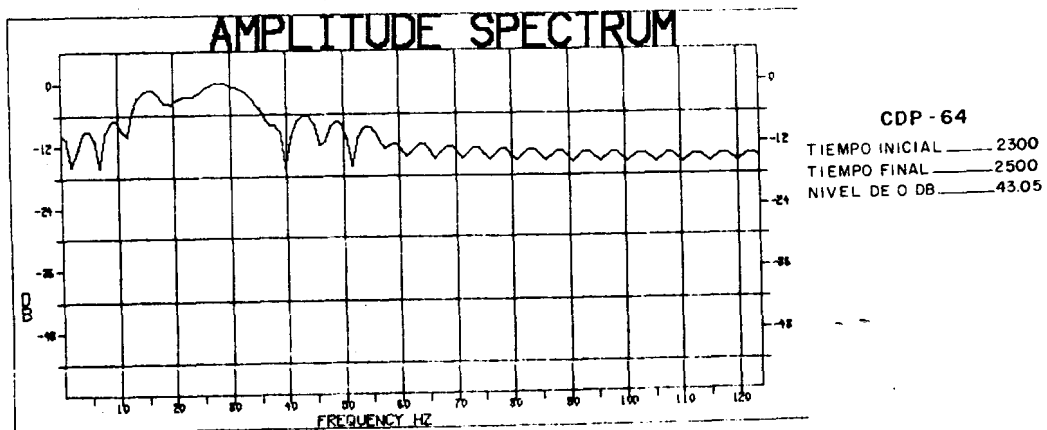
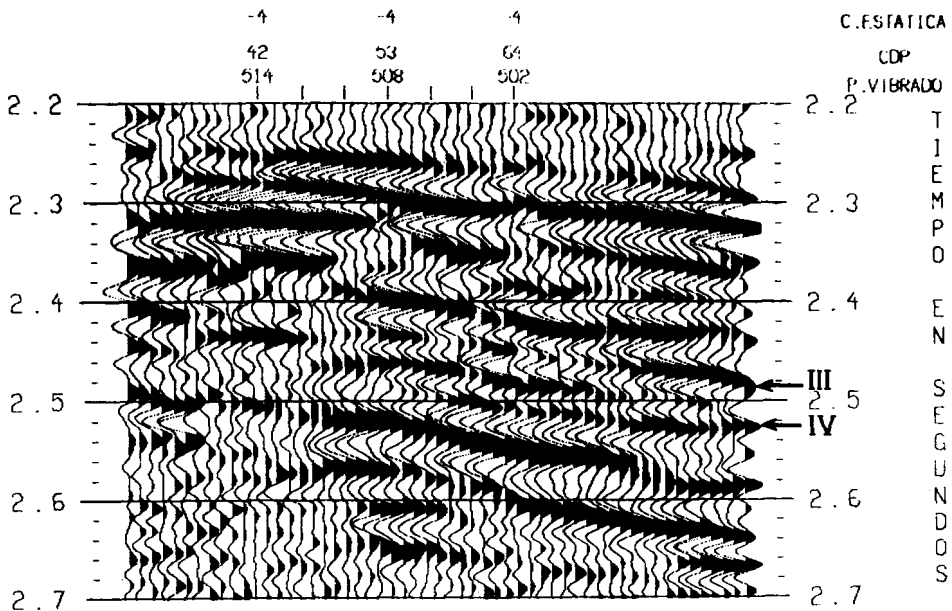


RECUADRO "C" SECCION APILADA BARRIDO LINEAL

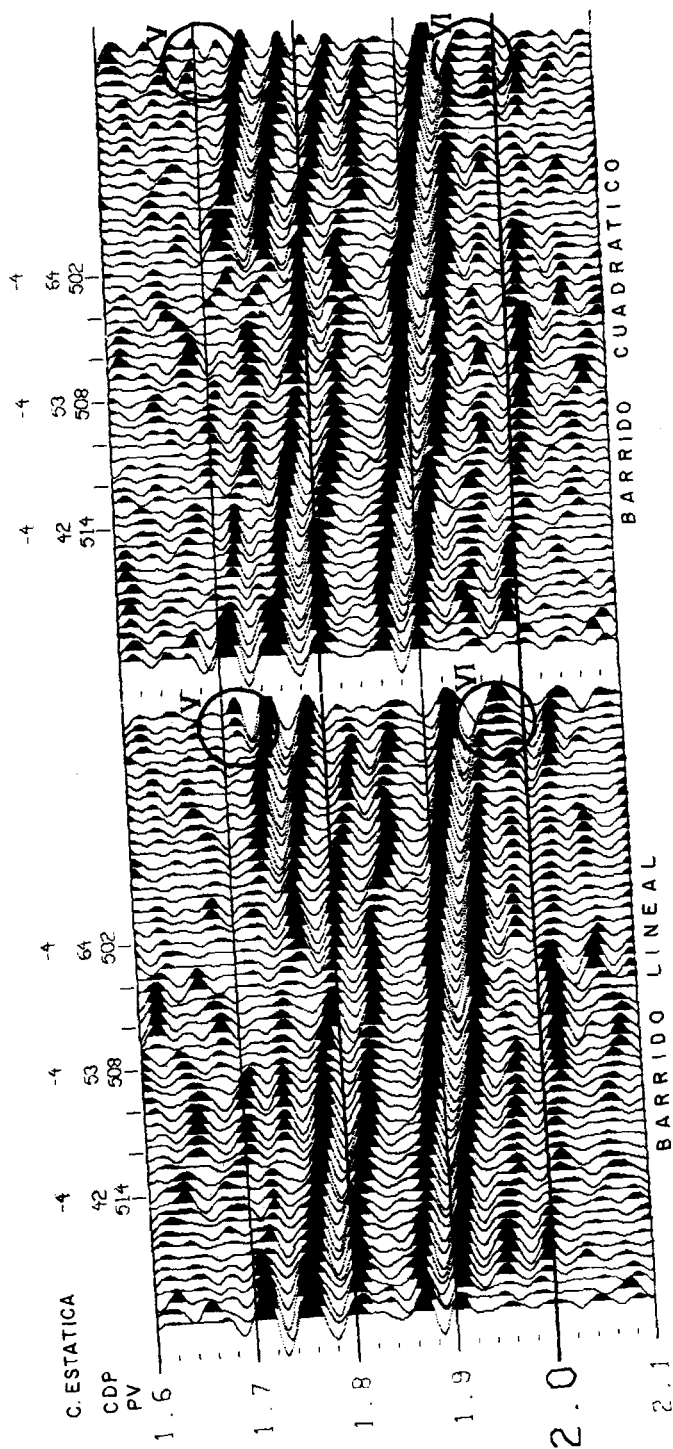


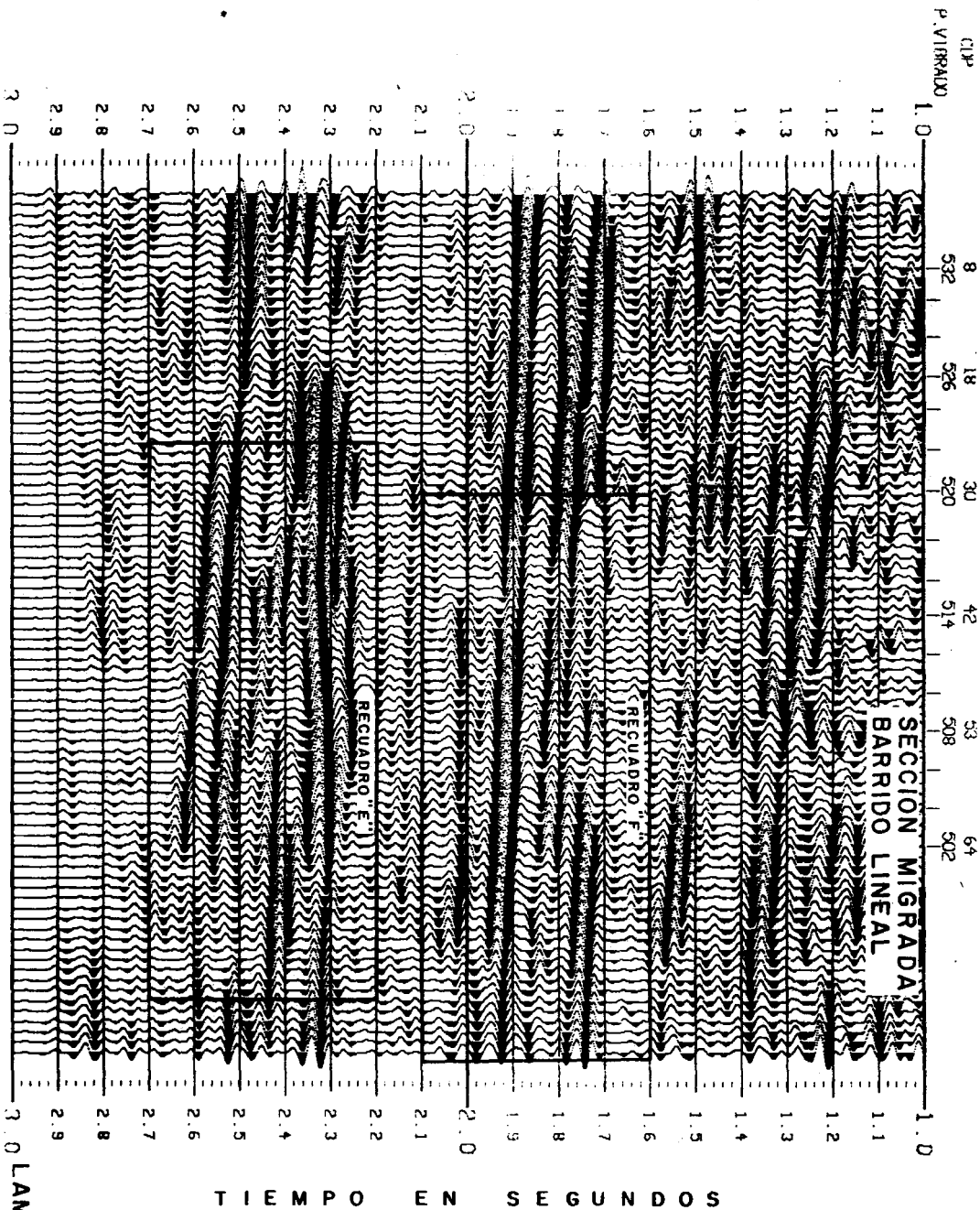
CDP - 64
TIEMPO INICIAL 2300
TIEMPO FINAL 2500
NIVEL DE 0 DB 41.88

RECUADRO "C"
SECCION APILADA
BARRIDO CUADRATICO



RECUADRO "D" SECCION APILADA

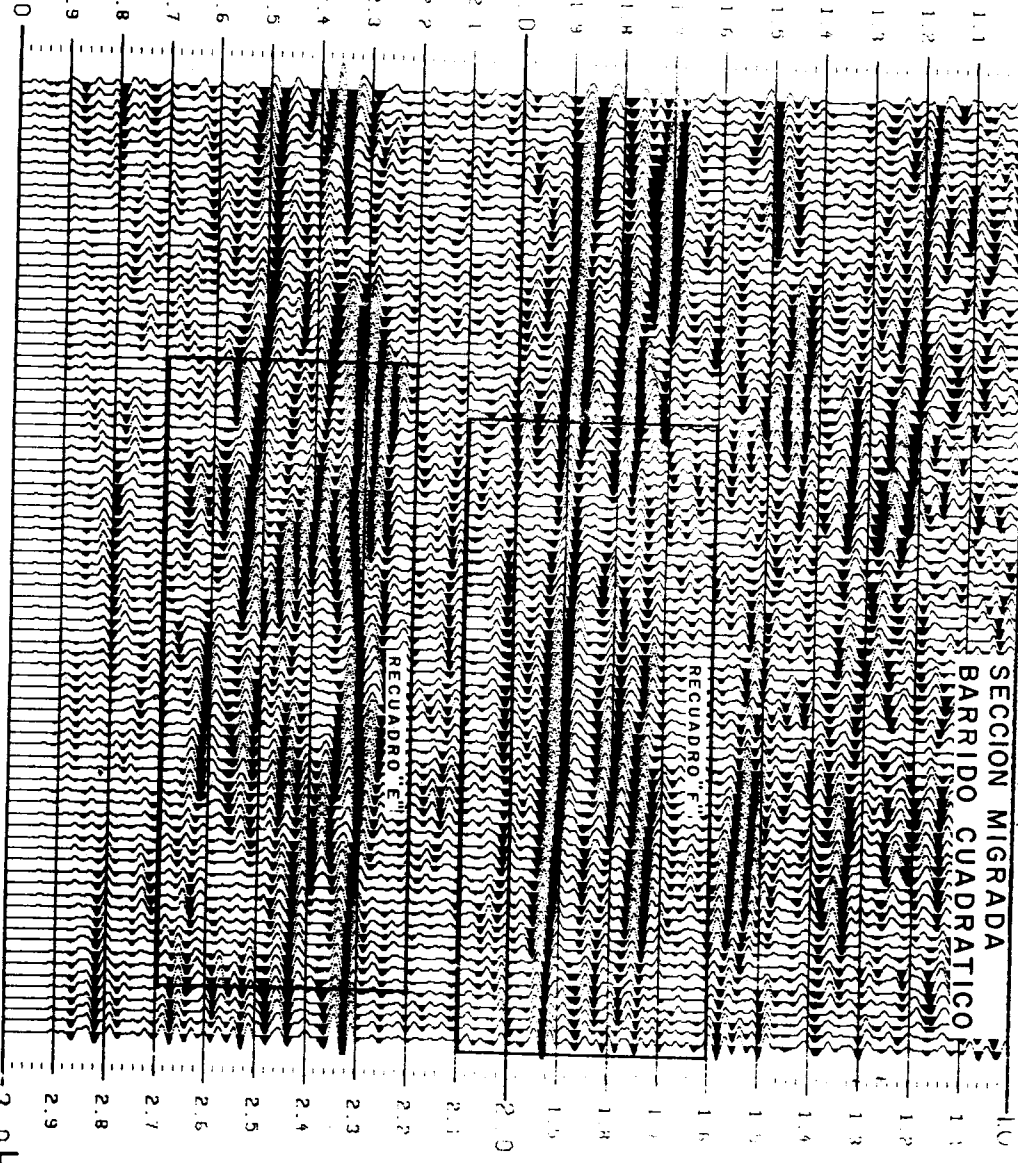




Ubr
P. VILIBRADO

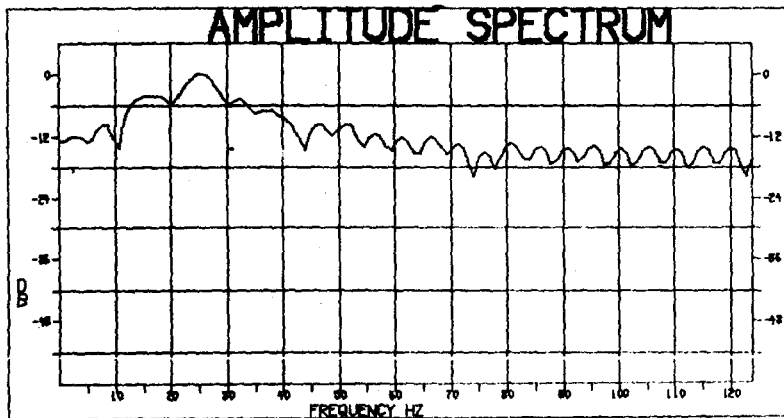
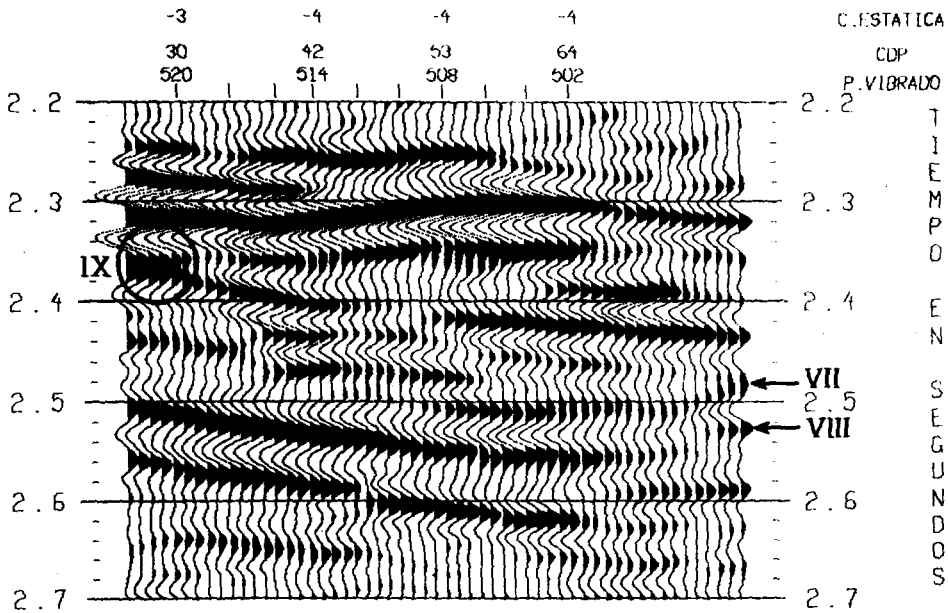
1.0
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
1.6
1.7
1.8
1.9
2.0
2.1
2.2
2.3
2.4
2.5
2.6
2.7
2.8
2.9
3.0

SECCION MIGRADA
BARRIDO CUADRATICO



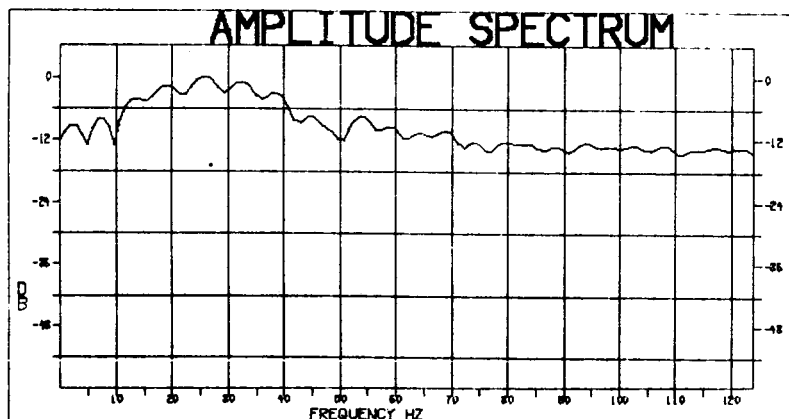
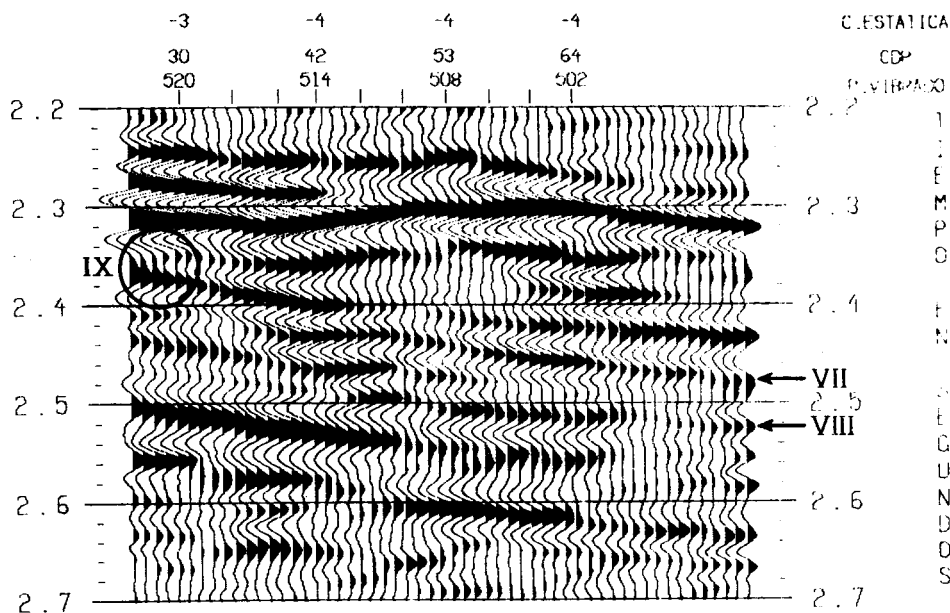
TIEMPO EN SEGUNDOS

RECUADRO "E" SECCION MIGRADA BARRIDO LINEAL



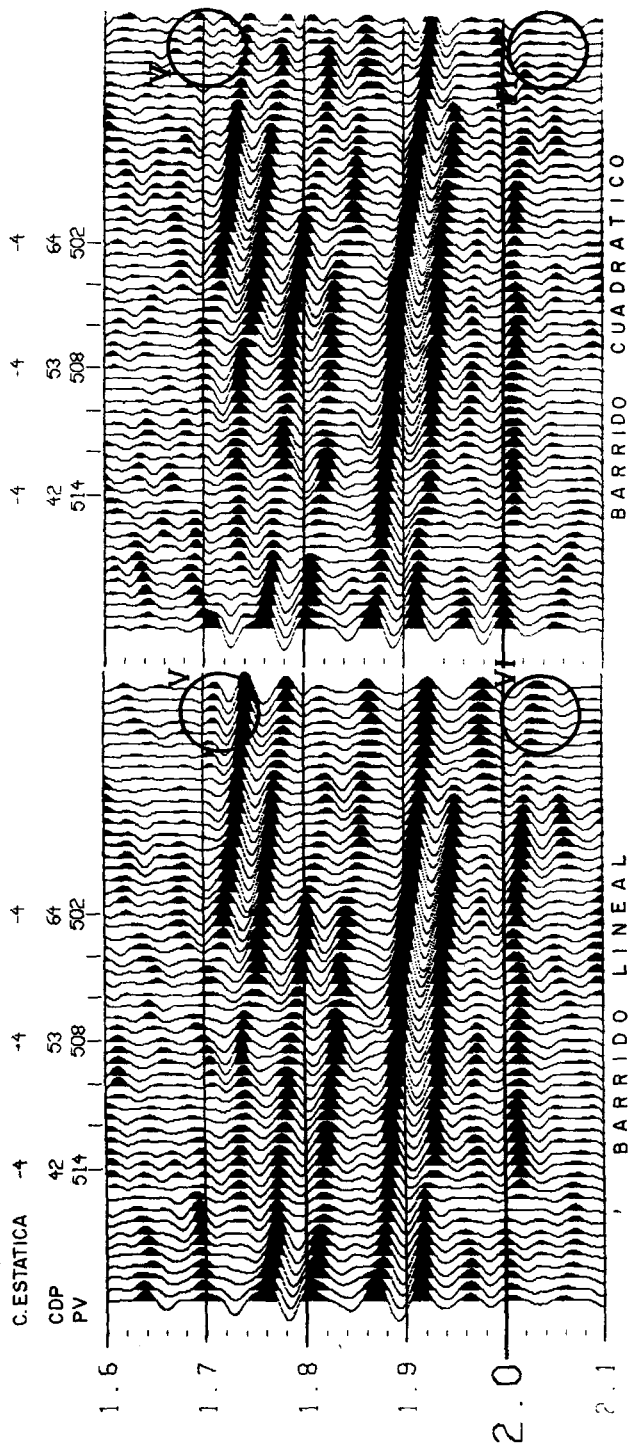
CDP - 64
TIEMPO INICIAL 2300
TIEMPO FINAL 2500
NIVEL DE 0 DB 45.52DB

RECUADRO "E"
SECCION MIGRADA
BARRIDO CUADRATICO



CDP - 64
 TIEMPO INICIAL _____ 2300
 TIEMPO FINAL _____ 2500
 NIVEL DE 0 DB _____ 43.03

RECUADRO "F" SECCION MIGRADA



CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS PATRONES DE
DETECCION A DISTANCIAS VARIABLES

Ing. Marco A. Gheno Juárez *

RESUMEN

Es indiscutible la ventaja que presentan los patrones pesados, en cuanto a atenuación, sobre los patrones lineales, pero presentan el inconveniente de la gran cantidad de tiempo que se requiere para colocar los detectores según el arreglo necesitado. Debido a esto, se trata de diseñar un patrón que utilice detectores alineados con distancia variable para una rápida colocación en el campo y que tenga un efecto de atenuación semejante al de los patrones pesados. Considerando estas necesidades, se desarrolló la teoría de los patrones a distancia variable, los cuales comenzaron a utilizarse en el país por la Compañía Seismograph Service Corp. en sus brigadas sísmológicas.

Actualmente, la Compañía Mexicana de Exploraciones, S. A. continúa utilizando este tipo de patrones, los cuales han demostrado su efectividad para atenuar ruidos superficiales.

El presente trabajo trata sobre los principios teóricos del diseño de patrones a distancia variable, incluyendo el desarrollo de las ecuaciones para el cálculo de las distancias y su fórmula de atenuación. Se presentan los programas empleados para la elaboración de los cálculos en función de las distancias entre detectores y finalmente se hace una breve -

* Compañía Mexicana de Exploraciones, S. A.
Brigada SS-40

explicación sobre la utilización de las gráficas de atenuación y el diseño de patrones para atenuar los ruidos superficiales existentes en una área determinada. Lo anterior se hizo con base a los apuntes desarrollados por Jesse Cornett y supervisado por el Ing. Esteban Vega Santander.

También se da un ejemplo de cómo combinar patrones de detección con patrones de pozos y cómo determinar el patrón de pozos ideal para atenuar la banda de ruidos que se desee.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS PATRONES DE DETECCION A DISTANCIAS VARIABLES

Se sabe que los patrones de detección denominados "pesados" proporcionan una mayor atenuación de los ruidos superficiales que los patrones lineales. El patrón de detección a distancias variables se puede considerar como un patrón pesado, pero en este tipo de patrón se incrementa el peso con distancias en lugar de incrementarlo con número de detectores, lo que facilita la operación de campo.

Debido a la distribución de los sismodetectores en un patrón pesado (ver Fig. 1) y considerando que la ganancia que proporcionan todos los sismodetectores es la misma, se puede observar que la parte central del patrón es la que presenta mayor número de detectores y por lo tanto mayor ganancia.

Si se considera la ganancia de cada sismodetector como una ganancia unitaria y se representa como una área también unitaria, se obtendría una gráfica como la mostrada en la Figura 2. Esta analogía es posible porque existe una razón de proporcionalidad entre la ganancia y el área que la representa.

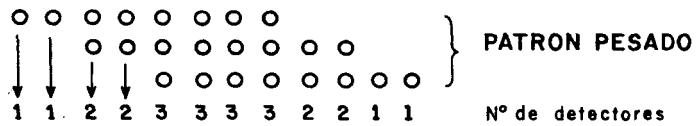


Fig.- 1

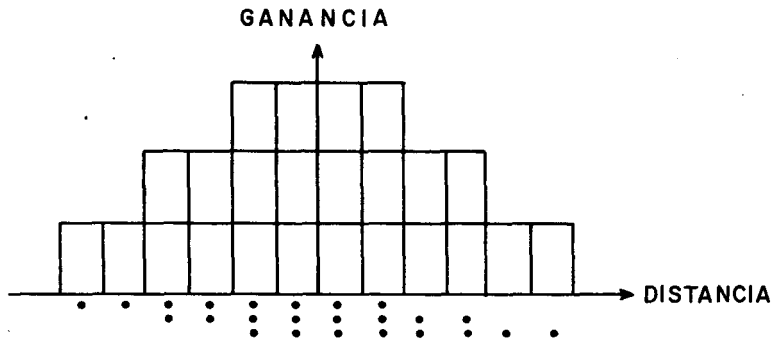


Figura - 2

En el patrón a distancias variables se requiere que la gráfica ganancia - distancia también tenga mayor peso en el centro del patrón y hay varias curvas que se adaptan a estas necesidades, una de ellas es la función $Y = \cos^2 X$, cuya forma se muestra en la Figura 3.

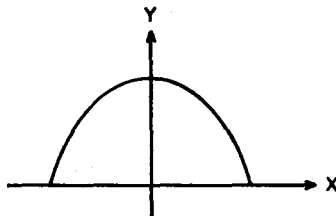


Figura - 3

considerando a Y como la ganancia y a X como la distancia.

Como la ganancia de cada sismodetector es la misma, se debe dividir el área bajo la curva entre el número de detectores "n" para tener "n" áreas iguales.

Los patrones de detección a distancia variable generalmente utilizan muchos detectores, por lo que se hará el cálculo para un valor de "n" de 30.

Se tiene que:

$$dA = Y dX = \cos^2 X dX \Rightarrow A = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos^2 X dX$$

Como la curva es simétrica, los cálculos se pueden hacer para la mitad del área y simplificar las operaciones al eliminar el límite negativo.

$$\frac{A}{2} = \int_0^{\pi/2} \cos^2 X dX$$

Se sabe que: $\cos^2 X = 1/2 + 1/2 \cos 2X$, por lo que se tiene:

$$\frac{A}{2} = 1/2 \int_0^{\pi/2} dX + 1/2 \int_0^{\pi/2} \cos 2X dX$$

$$\frac{A}{2} = \frac{X}{2} + 1/2 \int_0^{\pi/2} \cos 2X dX$$

$$\frac{A}{2} = \frac{X}{2} + \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} \int_0^{\pi/2} \cos u du \right] = \frac{X}{2} + \frac{1}{4} \sin u = \frac{X}{2} + \frac{1}{4} \sin 2X$$

Si se sustituyen los límites, se tiene:

$$\frac{A}{2} = \frac{\pi}{4} - 0 + \frac{1}{4} \cancel{\text{Sen}}^0 \pi - \frac{1}{4} \cancel{\text{Sen}}^0 0 \Rightarrow \frac{A}{2} = \frac{\pi}{4} \quad \therefore A = \frac{\pi}{2}$$

El área de cada sismodetector será $\pi (2n)$ que se considerará como el área unitaria que representa la ganancia unitaria de cada sismodetector (ver Figura 5).

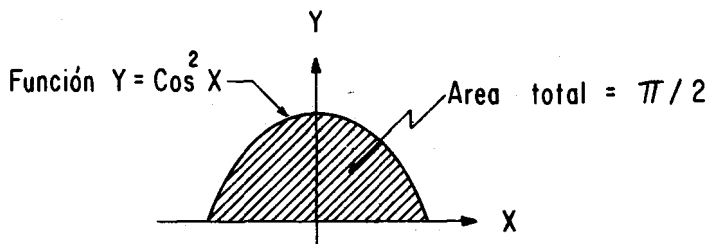


Figura 4.- Curva de ganancia cosenoidal cuadrática

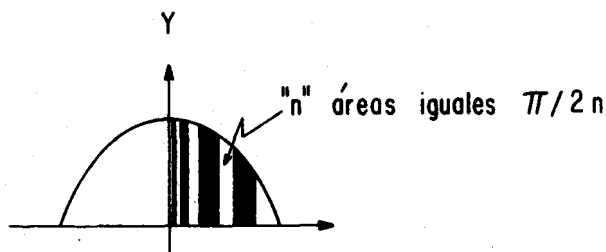


Figura 5.

Como se puede observar, las áreas bajo la curva de ganancia se mantienen a un valor constante, y a medida que se alejan del centro las barras se hacen más anchas para compensar la diferencia de altura y conservar su valor unitario de área.

Debido a esta diferencia de forma, se necesita conocer el centroide de cada área para determinar la posición de cada sig modetector en el eje de las X.

Por definición, la distancia centroidal está dada por la expresión:

$$\bar{X} = \frac{\sum X dA}{A} \quad \text{donde:} \quad dA = Y \cdot dX = \cos^2 X \, dX$$

$$\Rightarrow \sum X dA = \sum X \cos^2 X \, dX \quad \sum X dA = \int X \cos^2 X \, dX$$

Resolviendo la integral por partes, se tiene:

$$u = X$$

$$dv = \cos^2 X \, dX \Rightarrow v = \int \cos^2 X \, dX = \int \left(\frac{1}{2} + \left(\frac{1}{2} \right) \cos 2X \right) dX$$

$$v = \frac{1}{2} \int dX + \frac{1}{2} \int \cos 2X \, dX = \frac{X}{2} + \frac{1}{2} \int \cos 2X \, dX$$

$$v = \frac{X}{2} + \frac{1}{4} \sin 2X$$

Sustituyendo los valores de u y v, se tiene:

$$\sum X dA = \int X \cos^2 X \, dX = X \left[\frac{X}{2} - \frac{1}{4} \sin 2X \right] - \left[\int \left[\frac{X}{2} - \frac{1}{4} \sin 2X \right] dX \right]$$

$$\int \left[\frac{X}{2} + \frac{1}{4} \sin 2X \right] dX = \int \frac{X}{2} \, dX + \frac{1}{4} \int \sin 2X \, dX$$

$$= \frac{1}{2} \int X \, dX + \frac{1}{4} \int \sin 2X \, dX = \frac{X^2}{4} + \frac{1}{4} \int \sin 2X \, dX -$$

$$\text{Haciendo } a = 2X \Rightarrow X = \frac{a}{2} \quad \therefore \quad dX = \left(\frac{1}{2}\right) da$$

$$\Rightarrow \int \text{Sen } 2X dX = \frac{1}{2} \int \text{Sen } a \, da = -\frac{1}{2} \text{Cos } a = -\frac{1}{2} \text{Cos } 2X$$

$$\frac{X^2}{4} + \frac{1}{4} \int \text{Sen } 2X dX = \frac{X^2}{4} + \frac{1}{4} \left(-\frac{1}{2} \text{Cos } 2X\right) = \frac{X^2}{4} - \frac{1}{8} \text{Cos } 2X$$

$$\Rightarrow X dA = X \left[\frac{X}{2} + \frac{1}{4} \text{Sen } 2X \right] - \left[\frac{X^2}{4} - \frac{1}{8} \text{Cos } 2X \right]$$

$$\therefore \bar{X} = \frac{\frac{X^2}{2} + \frac{1}{4} X \text{Sen } 2X - \frac{X^2}{4} + \frac{1}{8} \text{Cos } 2X}{\frac{\pi}{60}} \Bigg]_{X_1}^{X_2}$$

Donde X_2 y X_1 son los límites de cada área y $\pi/60$ el valor del área unitaria de cada sismodetector, que se calculó anteriormente, cuando se utilizaron 30 detectores en el patrón, es decir, $n = 30$ y:

$$A = \frac{\pi}{2n} = \frac{\pi}{60}$$

Los valores de $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ se obtienen de la fórmula del área que se calculó en un principio:

$$A = \left[\frac{X}{2} + \frac{1}{4} \text{Sen}(2X) \right]$$

X_1 será el valor de X que sustituido en la ecuación nos dé una área igual a $\pi/60$, es decir:

$$A = \frac{X_1}{2} + \frac{1}{4} \text{Sen}(2X_1) = \frac{\pi}{60}$$

X_2 será el valor de X que sustituido en la ecuación nos dé una área igual a dos veces el área unitaria, es decir, $\pi/30$.

$$A = \frac{X_2}{2} + \frac{1}{4} \quad \text{Sen}(2X_2) = \pi/30$$

X_3 será el valor de X que nos dé una área igual a tres veces el área unitaria $\pi/60$, es decir, $\pi/20$ y así sucesivamente hasta encontrar el valor de X_{15} que nos dará la mitad del área bajo la curva, es decir, $\pi/4$.

Las distancias encontradas para la mitad de la curva positiva, serán las mismas para la otra mitad, debido a la simetría de la curva (ver la Figura 6).

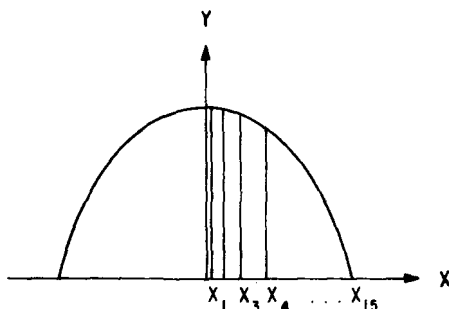


Figura 6

Como no se puede despejar a X de la ecuación:

$$A = \frac{X}{2} + \frac{1}{4} \quad \text{Sen}(2X) = \pi/60$$

se determina el valor de X por tanteo. Esto nos obliga a emplear una micro-computadora que determine el valor de X_1 para $A = \pi/60$, X_2 para $A = \pi/30$, hasta X_{15} para $A = \pi/4$.

Se utilizó una micro-computadora CASIO - FX 750 para desarrollar estos cálculos, utilizando el programa en lenguaje Basic que se muestra a continuación:

```

10 WAIT 20
20 PRINT "CALCULO DE UN PATRON DE DIST. VAR."
30 INPUT "NUM. DE DETECTORES" ; N
40 A = PI / (2*N) : B = N/2
50 INPUT "VALOR DE X" ; X
60 DIM Z (N/2)
70 FOR I = 1 TO B
80 ANGLE 1
90 Y = (X/2) + (SIN(2*X)/4) - (I*A)
100 IF Y > 0.0008 THEN 130
110 IF Y < -0.0008 THEN 150
120 GOTO 170
130 X = X - 0.0001
140 GOTO 90
150 X = X + 0.0001
160 GOTO 90
170 Z(I) = X : BEEP 0
180 X = X + (X/I)
190 WAIT 90
200 PRINT " X( " ; I ; " ) = " ; Z (I)
210 NEXT I
220 FOR J = 1 TO B
230 PRINT " X( " ; J ; " ) = " ; Z(J)
240 NEXT J
250 END

```

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: - -

$X_0 = 0$	$X_8 = 0.4466790476$
$X_1 = 0.0517$	$X_9 = 0.5132139286$
$X_2 = 0.1043$	$X_{10} = 0.5852376984$

$X_3 = 0.15765$	$X_{11} = 0.6684614683$
$X_4 = 0.2118$	$X_{12} = 0.7560034199$
$X_5 = 0.26735$	$X_{13} = 0.8663037049$
$X_6 = 0.32452$	$X_{14} = 1.017342451$
$X_7 = 0.3841066667$	$X_{15} = 1.436809769$

Una vez obtenidos los valores de $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, se procede a calcular los centroides mediante la función que ya se había determinado:

$$\bar{X} = \frac{X \, dA}{A} = \frac{\frac{X^2}{2} + \frac{1}{4} X \operatorname{Sen} 2X - \frac{X^2}{4} + \frac{1}{8} \operatorname{Cos} 2X}{\frac{\pi}{60}} \quad \left. \vphantom{\frac{X^2}{2}} \right\} \begin{array}{l} X_n \\ \text{para } 1 \leq n \leq 15 \\ X_{n-1} \end{array}$$

simplificando la ecuación, se tiene:

$$\bar{X}_n = \frac{30 X^2 + 15 \operatorname{Sen} 2X - 15 X^2 + 7.5 \operatorname{Cos} 2X}{\pi}$$

generalizando:

$$\bar{X}_n = \frac{30 X^2 + 15 \operatorname{Cos} 2X + 30 X \operatorname{Sen} 2X}{2 \pi} \quad \left. \vphantom{\frac{30 X^2}{2 \pi}} \right\} \begin{array}{l} X_n \\ X_{n-1} \end{array}$$

Para obtener los centroides de una manera más rápida, se utilizó el siguiente programa:

```

10 WAIT 20
20 PRINT " CALCULO DE CENTROIDES "
30 INPUT " NUMERO DE DETECTORES " ; N
40 A = N/2 + 1 : B = 2*PI
50 DIM X(A), Y(A)
60 WAIT 20
70 PRINT " LIMITES DE LAS AREAS "
```

```

80 FOR I = 1 TO A
90 INPUT "X = "; X(I)
100 ANGLE 1
110 X(I) = ((30 * X(I) ^ 2) + (15 * COS (2*X(I))) + (30 * X(I) *
      SIN (2* X(I))))/B
120 NEXT I
130 FOR J = 2 TO A
140 Y(J-1) = X(J) - X(J - 1)
150 WAIT 80
160 PRINT " X CENT. = " ; Y (J-1)
170 NEXT J
180 END

```

Los resultados obtenidos fueron:

$\bar{X} (1) = 0.0254901279$	$\bar{X} (9) = 0.4793421743$
$\bar{X} (2) = 0.07782812473$	$\bar{X}(10) = 0.548931223$
$\bar{X} (3) = 0.1310823647$	$\bar{X}(11) = 0.6241512913$
$\bar{X} (4) = 0.1844606533$	$\bar{X}(12) = 0.7093590824$
$\bar{X} (5) = 0.2396763266$	$\bar{X}(13) = 0.8083485302$
$\bar{X} (6) = 0.2954009699$	$\bar{X}(14) = 0.9367084055$
$\bar{X} (7) = 0.354370701$	$\bar{X}(15) = 1.153565277$
$\bar{X} (8) = 0.415174011$	

Estos valores centroidales representan el valor de \bar{X} donde se localiza el centro de cada una de las 15 áreas en las que se dividió la mitad del área bajo la curva $\cos^2 X$.

Si se divide cada valor de \bar{X} entre el mayor de ellos, se obtendrán los coeficientes que multiplicados por $L_c/2$ (L_c = Longitud de la cubierta de detectores), nos darán las distancias físicas a las que deberán colocarse los detectores de cada cubierta.

Más adelante se verá como determinar el valor de L_c para

que la atenuación de ruidos del patrón sea efectiva.

Se tiene un programa para calcular las distancias entre detectores, el cual sigue los siguientes pasos:

$$D_1 = \frac{L_c}{2} \left[\frac{\bar{X}_1}{\bar{X}_{15}} \right], \quad D_2 = \frac{L_c}{2} \left[\frac{\bar{X}_2}{\bar{X}_{15}} \right], \dots D_{15} = \frac{L_c}{2} \left[\frac{\bar{X}_{15}}{\bar{X}_{15}} \right]$$

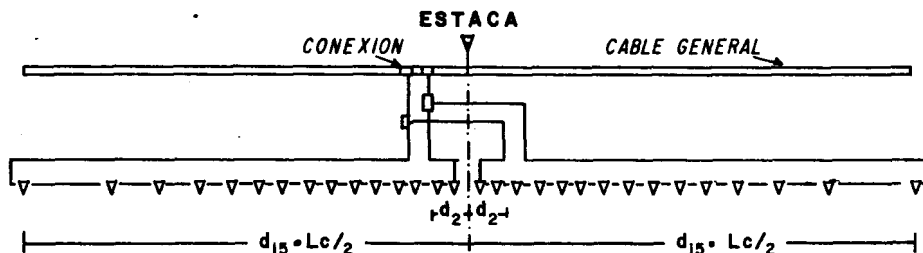
y que puede considerarse además, como una continuación del programa anterior:

```

180 WAIT 20
190 PRINT " CALCULO DE DIST. "
200 INPUT " LONG. DE LA CUERDA "; L
210 V = 1/Y(A-1)
220 FOR K = 1 TO (A-1)
230 D(K) = (L/2) * (Y(K) * V)
240 WAIT 80
250 PRINT "D ( " ; K ; " ) = " ; D(K)
260 NEXT K
270 END

```

PATRON DE SISMODETECTORES A DISTANCIA VARIABLE ($\cos^2 x$)



30 SISMODETECTORES TIPO GSC-20-D de 8 Hz A SEPARACION VARIABLE

Figura 7.- Distribución de los detectores.

FORMULA DE ATENUACION

La fórmula de atenuación para un patrón lineal es:

$$A = 2 (\cos W T_1 + \cos W T_2 + \cos W T_3 + \dots + \cos W T_n)$$

pero en el patrón de distancias variables los tiempos también son variables, pues están en función de la distancia:

$$T_1 = \frac{d_1}{V} , T_2 = \frac{d_2}{V} , T_3 = \frac{d_3}{V} , \dots T_n = \frac{d_n}{V}$$

Sustituyendo estos valores en A y sabiendo además que $W = 2 \pi F$, se tiene:

$$A = 2 (\cos 2 \pi F \frac{d_1}{V} + \cos 2 \pi F \frac{d_2}{V} + \cos 2 \pi F \frac{d_3}{V} + \dots + \cos 2 \pi F \frac{d_n}{V})$$

Como el número de onda "k" está dado por:

$$k = \frac{F}{V}$$

la atenuación en función del número de onda k será:

$$A(k) = 2 (\cos 2 \pi k d_1 + \cos 2 \pi k d_2 + \cos 2 \pi k d_3 + \dots + \cos 2 \pi k d_n)$$

y finalmente, la atenuación dada en decibels estará dada por la expresión:

$$A(k) = -20 \log \frac{2}{N} (\cos 2 \pi k d_1 + \cos 2 \pi k d_2 + \dots + \cos 2 \pi k d_n)$$

como se puede observar, la suma de cosenos se multiplica por dos, para considerar la curva completa, y N es el número total de detectores, es decir, $N = 2n$

generalizando se tiene:

$$A(k) = -20 \log \frac{2}{N} \sum_{i=1}^{N/2} \cos 2 \pi k d_i$$

donde N es el número total de detectores (en este caso 30) y los valores de d son las distancias entre detectores.

Como los valores de d varían, esta suma de cosenos no puede ser convertida a una función equivalente de senos y conocer de esta manera los valores de k para los que la atenuación es infinita o mínima, debido a esto, no se pueden predecir los puntos de corte y para tener una idea de la forma de la gráfica, habrá que construirse encontrando el valor de la atenuación para cada valor de k.

Se puede obtener el ancho de banda (en número de onda k) de atenuación que se requiera, desplazando la gráfica hacia la izquierda o a la derecha, de los valores de k de los ruidos que se deseen atenuar.

Para desplazar la gráfica a la izquierda, es decir, hacia valores menores de k, simplemente se aumenta la longitud de la cuerda Lc. Y si se quiere desplazar la gráfica a la derecha o aumentar el valor de kc, (primer punto de corte), disminuimos el valor de Lc.

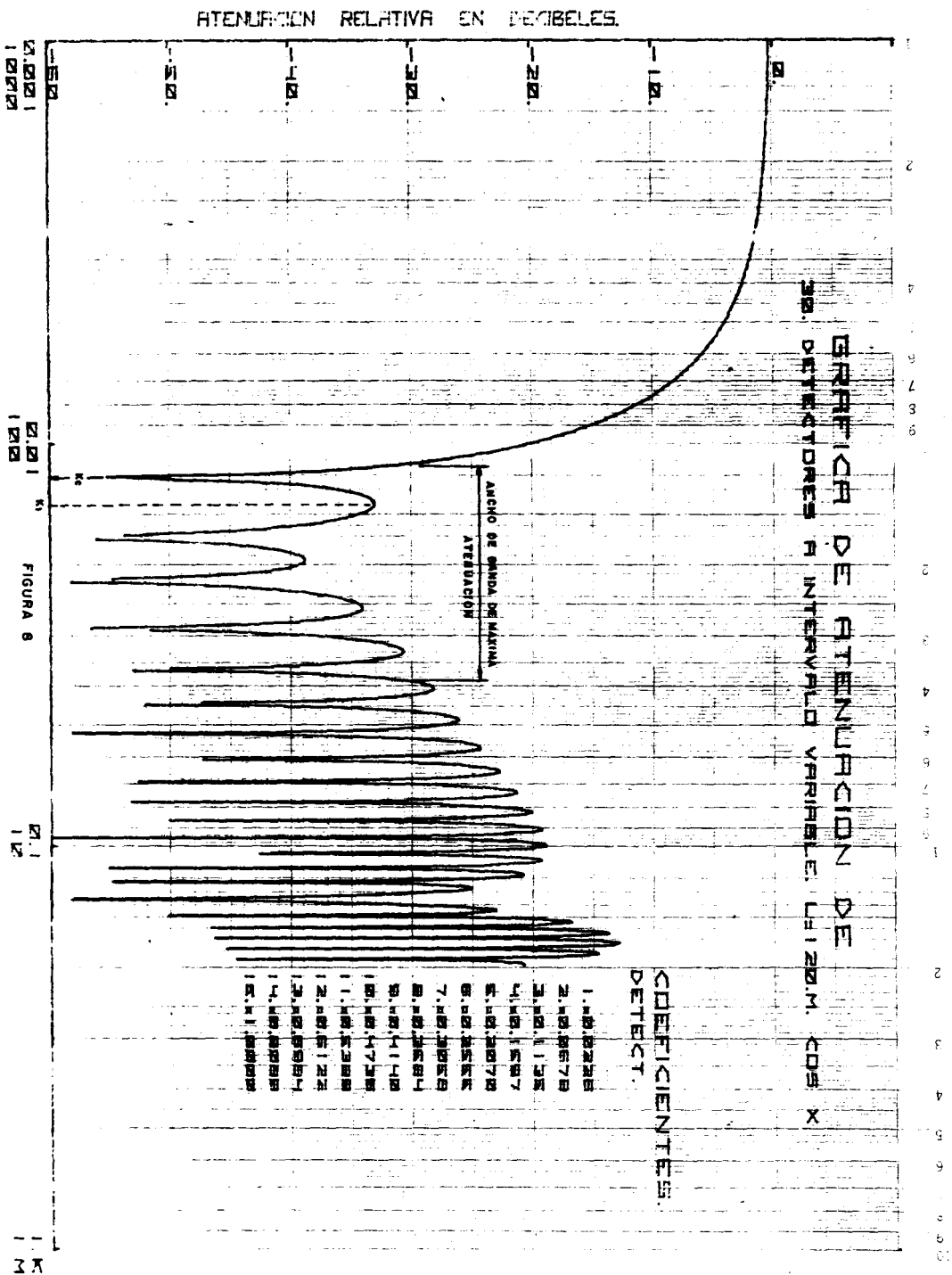
En los patrones de distancias variables con las mismas características (mismo número de detectores y función $\cos^2 X$), el producto de kc x Lc es una constante. Por ejemplo, en la figura 8 que es la gráfica de atenuación de un patrón de 30 detectores a distancia variable $\cos^2 X$ y cubierta Lc de 120 mts., el primer punto de corte (kc) es 0.01216 y el producto será:

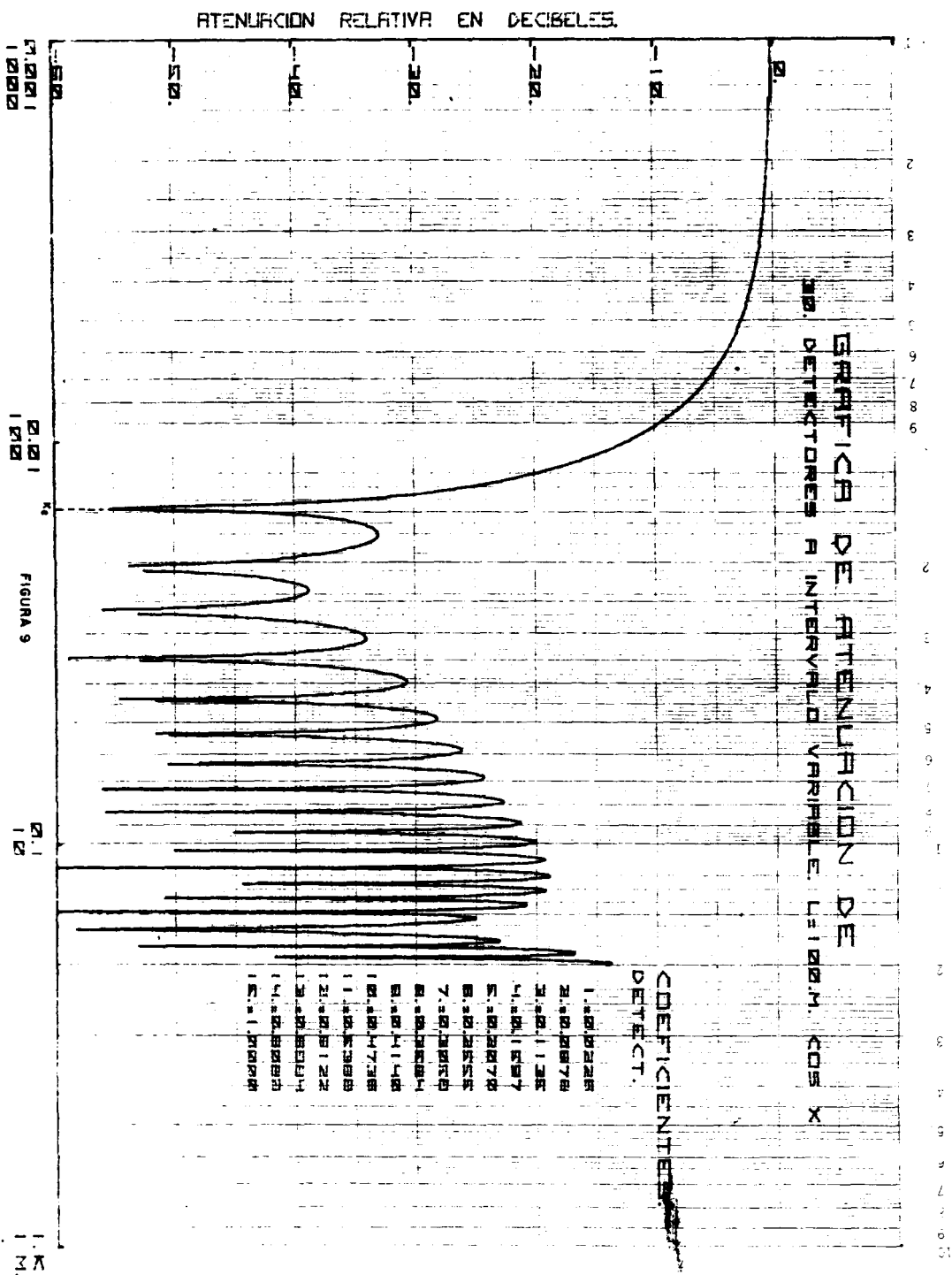
$$kc \times Lc = 0.01216 \times 120 = 1.46$$

Si se observa la gráfica de atenuación de la figura 9, correspondiente a un patrón de 30 detectores a distancia variable $\cos^2 X$ pero con una cubierta Lc de 100 mts., el valor de kc es 0.0146, por lo que:

$$kc \times Lc = 0.0146 \times 100 = 1.46$$

Esto indica que para cualquier patrón de 30 detectores





a distancia variable función $\text{Cos}^2 X$, se cumple la relación:

$$k_c = \frac{1.46}{L_c}$$

Para la función $\text{Cos}^2 X$ el valor de esta constante (1.46), cambiará al variar el número de elementos.

Existen otros tipos de funciones de ganancia como lo es $\frac{\text{Sen } \theta}{\theta}$, que para un mismo número de elementos, su curva de atenuación tiene un valor de k_c diferente al del patrón que emplea la curva de ganancia $\text{Cos}^2 X$.

La función $\frac{\text{Sen } \theta}{\theta}$ generalmente se utiliza para patrones de pocos elementos, por ejemplo patrones de pozos que también pueden ser a distancias. La curva $\frac{\text{Sen } \theta}{\theta}$ tiene menor peso en el eje de simetría, y el cálculo de los coeficientes para determinar las distancias entre elementos se realiza del mismo modo que se trató al principio de este trabajo, calculando el área bajo la curva, dividiéndola en "n" áreas iguales y calculando sus centroides. Su fórmula de atenuación será la misma que la vista anteriormente:

$$A(k) = -20 \log \frac{2}{N} \sum_{i=1}^{N/2} \text{Cos } 2\pi k d_i$$

donde N será el número de elementos ó pozos, en el caso de patrones de pozos.

ACOPLAMIENTO DE PATRONES DE POZOS CON PATRONES DE DETECCION, AMBOS A DISTANCIAS VARIABLES.

Como se vió anteriormente, todos los patrones de distancias variables presentan la propiedad:

$$k_c \times L_c = \text{Cte.}$$

siempre y cuando el número de elementos y la función sean los mismos.

Sin embargo, cuando se hace una combinación de patrones de detección con patrones de pozos, la constante del patrón de pozos es diferente a la constante del patrón de detección, es decir, hay un cambio de número de elementos y/o un cambio de función.

Podemos desplazar la gráfica de atenuación del patrón de pozos de la misma forma que la gráfica de atenuación del patrón de detección, aumentando o disminuyendo la longitud de la cubierta.

Para el acoplamiento de un patrón de pozos con un patrón de detección de 30 detectores a distancia variable función $\cos^2 X$ sea el óptimo, es decir, que la combinación de ambos patrones den la mayor atenuación, se requiere que el valor de k_c de la gráfica de atenuación del patrón de pozos sea igual al valor de k del máximo del primer lóbulo de la gráfica de atenuación del patrón de detección (k_1).

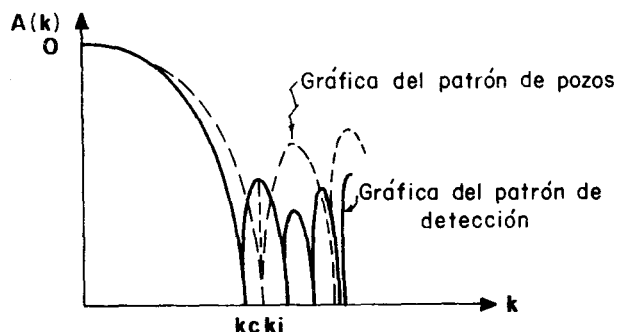


Figura 10.- Combinación de patrones

Esto es posible cambiando el valor de la longitud de la cubierta del patrón de pozos para desplazar su gráfica de atenuación como ya se ha visto anteriormente.

Para determinar la longitud de la cubierta del patrón de pozos (L_s), que proporcione el acoplamiento óptimo con un

patrón de detección, se realizan unas operaciones muy sencillas que se verán más claras en el siguiente ejemplo:

Se requiere aumentar la atenuación que proporciona un patrón de detección de 30 detectores a distancia variable función $\cos^2 X$ y una cubierta (L_c) de 120 mts. con un patrón de pozos de 4 pozos a distancia variable función $\frac{\sin \theta}{\theta}$.

Se necesita conocer la longitud de la cubierta del patrón de pozos (L_s) que proporcione un acoplamiento óptimo, para lograrlo se hace lo siguiente:

- 1.- De la gráfica de atenuación del patrón de detección (Figura 8), se tiene que:

$$k_c = 0.01216 \Rightarrow k_c \times L_c = 0.01226 \times 120 = 1.46 \therefore L_c = \frac{1.46}{k_c}$$

se observa además que:

$$k_1 = 0.0144 = \text{valor de } k \text{ del máximo del primer lóbulo después del punto de corte.}$$

- 2.- De una gráfica de atenuación cualquiera de 4 elementos a distancia variable función $\frac{\sin \theta}{\theta}$, por ejemplo la de $L_s = 35$ mts. mostrada en la figura 11, se tiene que:

$$k_{cs} = 0.0223$$

$$\Rightarrow k_{cs} \times L_s = 0.0223 \times 35 = 0.78 \therefore L_s = \frac{0.78}{k_{cs}}$$

haciendo:

$$k_1 \times L_c = 0.0144 \times 120 = 1.73$$

$$k_{cs} \times L_s = 0.0223 \times 35 = 0.78$$

$$\Rightarrow k_1 = \frac{1.73}{L_c} \quad \text{y} \quad k_{cs} = \frac{0.78}{L_s}$$

$$\text{Para que } k_{cs} = k_1, \quad \frac{1.73}{L_c} = \frac{0.78}{L_s}, \text{ despejando } L_s:$$

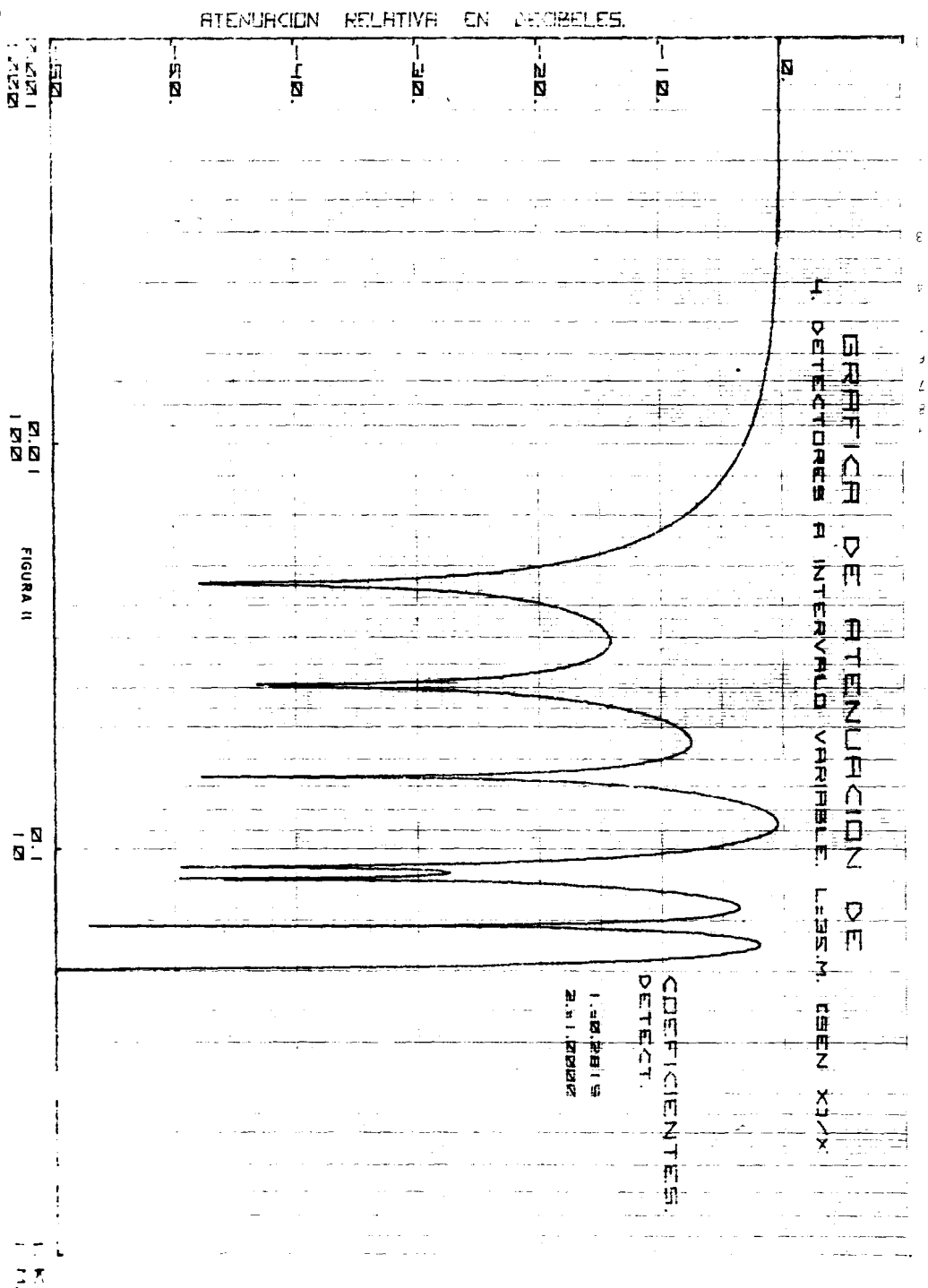


FIGURA II

$$L_s = \frac{0.78}{1.73} L_c = 0.45 L_c \quad ; \quad \text{como } L_c = 120$$

$$L_s = 0.45 (120) = \underline{\underline{54.00 \text{ mts.}}}$$

Si se observa la gráfica de atenuación de un patrón de 4 elementos a distancia variable función $\frac{\text{Sen } \theta}{\theta}$ con una longitud de cubierta de 54 mts. (Figura 12) se notará que el valor de kcs ha cambiado a 0.0144, que es el valor de k_1 de la gráfica de atenuación del patrón de detección.

4.- Como se conocen además los valores de los coeficientes para un patrón de cuatro elementos a distancia variable función $\frac{\text{Sen } \theta}{\theta}$, que son:

$$C_1 = 0.2819 \quad \text{y} \quad C_2 = 1.000$$

simplemente se multiplica el valor de L_s que se encontró (dividido entre dos) por cada uno, para posteriormente de terminar la distancia a la que deben estar los pozos, de la estaca a la que está asignado el patrón.

$$L_s/2 = 27 \quad ; \quad 27 \times C_1 = 7.61 \text{ mts.} \quad \text{y} \quad 27 \times C_2 = 27 \text{ mts.}$$

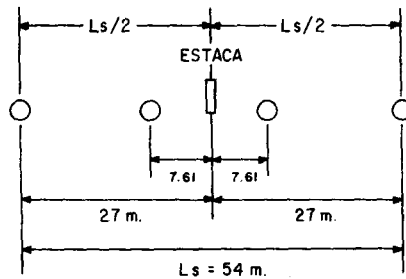


Figura 13.- Patrón de pozos determinado

GRÁFICA DE ATENUACIÓN DE

30. DETECTORES A INTERVALO VARIABLE. L=120M. C=0.8 X

1. PUNOS A INTERVALO VARIABLE L=5M. C=0.8 X/X

COEFICIENTES.
DETECT. PUNOS

- 1. 0.00228
- 2. 0.00708
- 3. 0.1135
- 4. 0.1507
- 5. 0.2070
- 6. 0.2445
- 7. 0.2816
- 8. 0.3187
- 9. 0.3558
- 10. 0.3929
- 11. 0.4300
- 12. 0.4671
- 13. 0.5042
- 14. 0.5413

ATENCIÓN RELATIVA EN DECIBELAS.

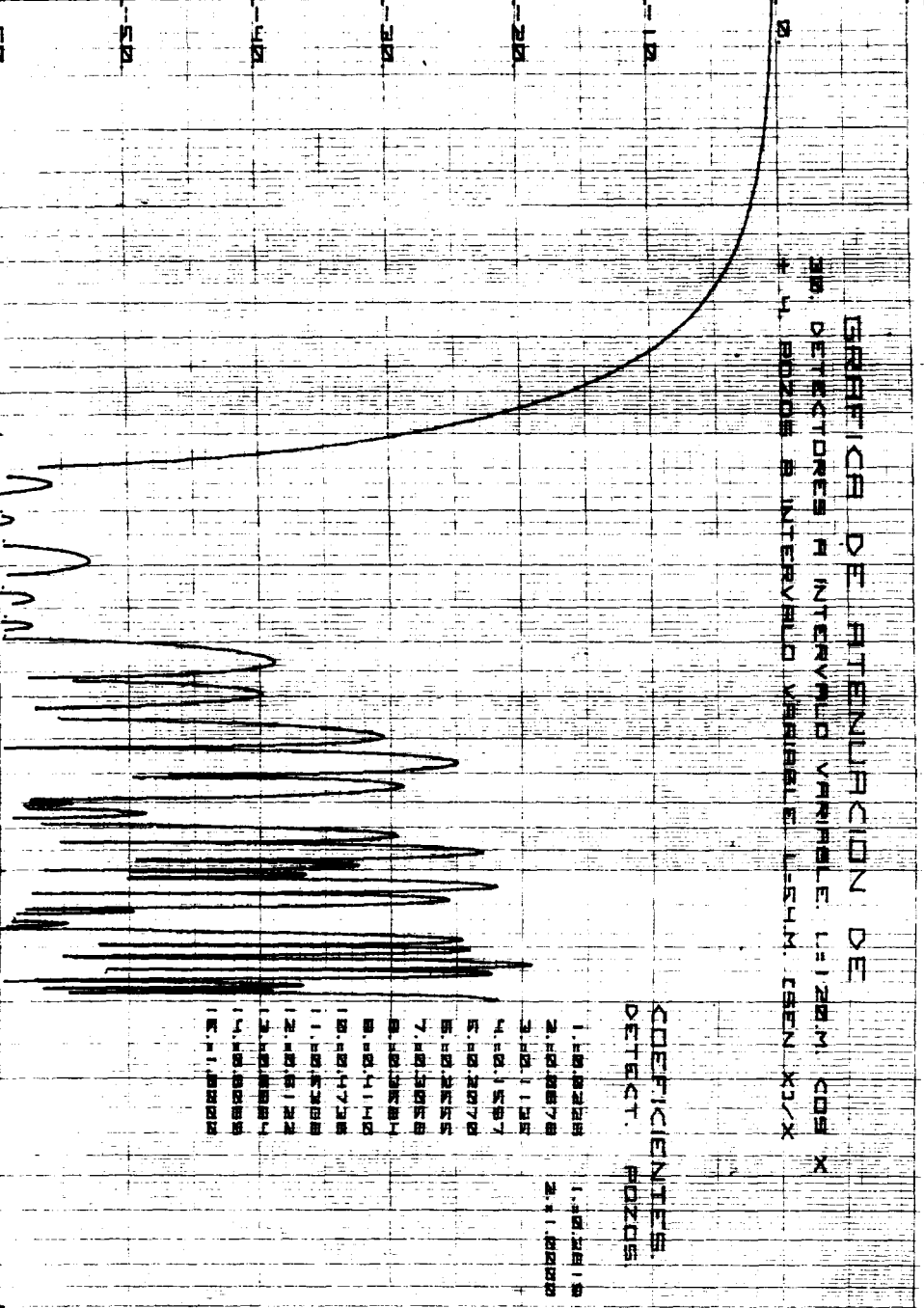
0.001
1.000

0.001
1.000

FIGURA 14

0.1
1.0

1.0
10.0



Finalmente, la gráfica de atenuación resultante de esta combinación de patrones de pozos con patrones de detección, será la suma de ambas gráficas o bien, estará dada por la expresión:

$$A(k) = -20 \log \left(\frac{2}{4} \sum_{i=1}^2 \cos 2\pi k d_i \right) \left(\frac{2}{30} \sum_{i=1}^{15} \cos 2\pi k d_i \right)$$

cuya gráfica de atenuación se muestra en la figura 14.

CONCLUSIONES

Existe un gran número de combinaciones de patrones de detección con patrones de pozos, ambos pueden ser de función $\cos^2 x$ ó $\frac{\sin \theta}{\theta}$, o inclusive combinaciones con patrones de pozos a distancias constantes o patrones pesados con variación de carga, pero observando todas las gráficas de atenuación resultantes de estas combinaciones, se ha comprobado que la que proporciona mejores resultados para la atenuación de ruidos de alta velocidad, es la combinación de patrones de detección a distancia variable función $\cos^2 x$ con patrones de pozos a distancia variable función $\frac{\sin \theta}{\theta}$, ya que con un número menor de pozos se logra, además de una mayor atenuación en los ruidos de alta velocidad (valores pequeños de k), un ancho de banda de atenuación más grande.

Los patrones de distancias variables, ya sean patrones de detección ó de pozos, proporcionan mejores resultados en la atenuación de ruidos de alta velocidad y baja frecuencia que los patrones pesados, con la ventaja de que todos los detectores (o pozos), están alineados y facilitan de esta manera el trabajo de campo.

REFERENCIAS

Vega Santander E. "Teoría básica sobre patrones y aplicaciones prácticas".

Palafox Rayón H. "Apuntes del seminario de titulación Sismología Estratigráfica", 1986.

**GEOFISICOS CONSULTORES PARA
PETROLEOS MEXICANOS**



**Selscor Corporation
of Mexico**

**RIO TIBER 50-101 MEXICO 5, D.F.
TELEFONOS : 514-47-94 514-47-96**

**SUBSIDIARIA DE
SEISMOGRAPH SERVICE CORPORATION
6200 East 41st St. • Box 1590 • Tulsa, Oklahoma, U.S.A.**

ESPECIALIZADOS EN :

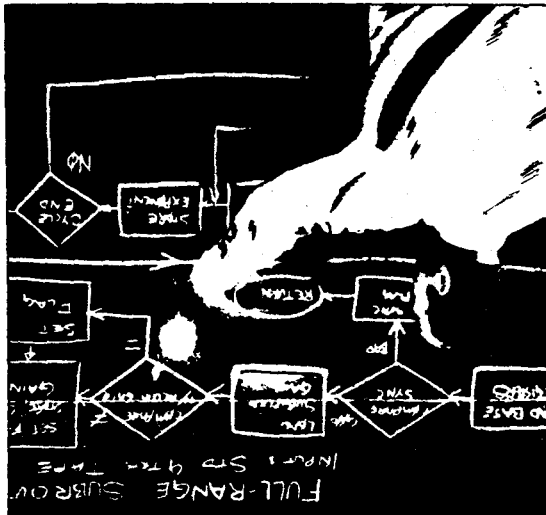
**SERVICIO DE
GEOFISICA**

- Levantamientos :**
- Sirológicos
 - 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

1. The first step is to identify the variables involved in the problem. In this case, the variables are the number of hours worked (H) and the number of hours of leisure (L). The total number of hours available is 24 hours per day.



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

WESTERN SEMPRE **EN MARCHA**



CONSULTORES Y CONTRATISTAS
DE
GEOLOGIA Y GEOFISICA

Compañía Mexicana de Exploraciones, S. A.

RIO BALSAS 101 8º PISO APDO. POSTAL 5.255

MEXICO S. D. F.

TELS 28-83-90 14-44-02