

MINISTERIO DE INDUSTRIA  
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

10 ES	11 NUMERO 461.058	10 A1
	22 FECHA DE PRESENTACION 27-7-1977	

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO		

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL G01V	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
------------------------	--	--------------------------------------

54 TITULO DE LA INVENCION "UN APARATO PARA EXPLORACION SISMICA MARINA"
---

71 SOLICITANTE (S) MOBIL OIL CORPORATION (File:F-8852)
---

DOMICILIO DEL SOLICITANTE 150 East 42nd Street, Nueva York, Nueva York 10017, Estados Unidos de America
--

72 INVENTOR (ES) William Harold Ruehle
---

73 TITULAR (ES)
-----------------

74 REPRESENTANTE DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ (P-66.459)
--

11

4-63-11

El presente invento se relaciona con métodos y aparatos para exploración sísmica marina, y se refiere más particularmente a disposiciones de fuentes y receptores que tienen una direccionalidad vertical.

En la exploración sísmica marina, la energía sísmica puede ser generada mediante una formación o disposición lineal de fuentes que son remolcadas por detrás del barco. Los cables de remolque establecen una separación fija entre las fuentes. De manera típica, cada fuente puede comprender un "cañón de aire" que descarga impulsos de aire comprimido dentro del agua. Un cañón de aire típico se muestra en la patente norteamericana No. 3.506.085, concedida a nombre de George B. Loper. Tales cañones emiten impulsos sísmicos que tienen una frecuencia característica, incluyendo la frecuencia más baja, la frecuencia más alta y la frecuencia predominante de la energía sísmica presente en cada impulso.

El barco remolca también una cola o ristra de hidrófonos que detectan la energía sísmica reflejada por formaciones de subsuelo. Las disposiciones en las que hay una separación grande entre las fuentes y los hidrófonos están expuestas a ruidos generados por la fuente, de gran amplitud y que se propagan en dirección aproximadamente horizontal.

Se puede demostrar que existe una distancia crítica a partir de la fuente, que es determinada por la velocidad acústica en el agua y la velocidad acústica en el fondo. Más allá de tal distancia crítica, la energía es totalmente reflejada y se propaga horizontalmente. Resulta deseable utilizar fuentes y receptores que permitan discriminar tal propagación horizontal.

Según las técnicas anteriores, el largo de la disposición y la separación que media entre los elementos de la disposición han sido determinados por la frecuencia predominante del impulso sísmico. Tales técnicas proveen direccionalidad para la energía a la frecuencia predominante, pero no permiten obtener una buena direccionalidad dentro de la banda amplia del impulso sísmico. Por ejemplo, en la patente norteamericana No. 3.479.638, la separación que media entre las fuentes es un número entero correspondiente a la mitad de la longitud de onda de la frecuencia deseada. En la patente norteamericana No. 3.613.823, la longitud de la disposición es mayor que una longitud de onda de la frecuencia predominante. Tales arreglos no proporcionan direccionalidad dentro de la banda amplia del impulso sísmico.

De acuerdo con el presente invento, se utilizan disposiciones de fuentes y detectores que tienen direccionalidad vertical para discriminar el ruido generado por la fuente y propagado horizontalmente en la exploración sísmica marina.

La direccionalidad vertical dentro de la banda amplia del impulso sísmico es obtenida mediante disposiciones horizontales de fuentes y receptores que tienen un largo mayor que la longitud de onda de la frecuencia más baja presente en el impulso sísmico. La separación que media entre los elementos del conjunto es menor que la longitud de onda de la frecuencia más alta

del impulso sísmico.

La direccionalidad de la disposición de fuentes puede ser cambiada cambiando el retardo de tiempo que media entre el disparo de las fuentes con tenidas en la disposición.

Las antedichas y otras finalidades, características y ventajas del invento podrán ser mejor comprendidas con ayuda de la siguiente descripción detallada y las reivindicaciones adjuntas.

El invento será descripto con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

Las figuras 1 y 2 muestran el aparato de exploración sísmica marina.

La figura 3 muestra la frecuencia característica de una típica fuente sísmica marina.

La figura 4 muestra la direccionalidad de una disposición lineal de fuentes sísmicas.

La figura 5 muestra la respuesta de una disposición lineal de dieciséis elementos.

Finalmente, la figura 6 es una representación gráfica polar de la respuesta de una disposición lineal.

Las figuras 1 y 2 muestran un aparato de exploración sísmica marina. Un barco 11 recorre un trayecto de exploración sísmica para reconocer la formación de subsuelo 12 que se encuentra por debajo de la capa de agua 13. Una disposición o formación horizontal y lineal de fuentes sísmicas 14, 15, 16 y otras, es remolcada por detrás del barco mediante un cable 17. Flotadores de superficie 18, 19, 20 y otros, ayudan a mantener la equidistancia entre las fuentes. Por detrás del barco es remolcada también una cola o ris-

tra de hidrófonos 21. El primer hidrófono de la ristra puede ser dispuesto en cualquier lugar por fuera del barco. De manera ideal, el primer hidrófono está dispuesto directamente frente al centro de la disposición o formación de fuentes. Una boya 22 de soporte de superficie ayuda a mantener la relación apropiada entre la ristra de hidrófonos y la disposición de fuentes. Entre ambas alineaciones media una separación indicada por la flecha 23. Esta separación es tal que los hidrófonos de la ristra 21 resultan expuestos al ruido propagado horizontalmente desde la disposición de fuentes.

Las fuentes de esta disposición pueden ser cualquier tipo convencional adecuado de cañones de aire, tales como los descritos en la antedicha patente norteamericana No. 3.106.085. En estos cañones, una señal eléctrica acciona una válvula electromagnética para permitir que aire comprimido a gran presión sea descargado repentinamente desde una cámara provista en el interior del cañón, produciendo de esa manera un impulso sísmico en el agua. Típicamente, los cañones de aire de este tipo tienen una capacidad comprendida dentro del orden de 1.300 - 3.200 cm<sup>3</sup> (80 - 200 pulgadas cúbicas). La frecuencia característica del impulso sísmico producido por un cañón de aire típico se muestra en la figura 3, en la que la amplitud del impulso sísmico acústico es representada gráficamente como una función de la frecuencia. Tal como puede verse en la figura 3, la frecuencia más baja del impulso sísmico es de 10 Hz, la frecuencia más alta es de 100 Hz, y la frecuencia predominante es de 30 Hz. Resulta deseable que tanto la disposición de fuentes como la disposición de hidrófonos tengan una direccionalidad vertical para discriminar ruido propagado horizontalmente, y para obtener en los hidrófonos el máximo de respuesta al contenido de frecuencia de banda amplia de un impulso sísmico tal

como el ilustrado en la figura 3. Los intentos efectuados anteriormente para obtener en los hidrófonos el máximo de respuesta al impulso sísmico han configurado la disposición de fuentes para obtener el máximo de respuesta a la frecuencia predominante, por ejemplo de 30 Hz, del impulso sísmico ilustrado en la figura 3.

De acuerdo con el presente invento, la longitud 24 de la disposición, tal como se muestra en la figura 1, es mayor que la longitud de onda de la frecuencia más baja del impulso sísmico. Por ejemplo, cuando se utilizan cañones de aire que tienen una frecuencia característica tal como la mostrada en la figura 3, y si se supone que el impulso se propaga por el agua con una velocidad de 1500 metros por segundo (5000 pies por segundo), la disposición tiene una longitud sustancialmente mayor que  $1500/10$ , o sea 150 metros.

Además, de acuerdo con el presente invento, la separación entre los elementos de la disposición, indicada por la flecha 25 de la figura 1, es menor que la longitud de onda de la frecuencia característica más alta presente en el impulso. También en este caso, con referencia al ejemplo del cañón de aire que tiene una frecuencia característica tal como la ilustrada en la figura 3, la separación es menor que  $1500/100$ , o sea 15 metros.

Como ejemplo de la práctica del presente invento, la disposición tiene una longitud total de 240 metros, que es sustancialmente mayor que 150 metros. Esta disposición está formada por 16 cañones separados a intervalos de 15 metros.

Los hidrófonos de la cola o ristra 21 pueden tener la misma separación y largo de disposición. Las razones por las que tales disposiciones permiten obtener una direccionalidad vertical y una buena respuesta dentro de

la banda amplia del impulso sísmico podrán ser comprendidas mediante la siguiente explicación.

Las disposiciones direccionales pueden ser descritas con referencia a la figura 4. La directividad de la disposición se identifica como  $\Delta T$  que es el tiempo que un impulso emitido por la fuente 26 necesita para llegar al punto 27. Dicho de otra manera, es el tiempo que un impulso sísmico emitido por una fuente que se encuentra en un extremo de la disposición necesita para llegar al frente de onda plano de los impulsos emitidos por las otras fuentes. El valor  $\Delta T$  es dado por:

$$T = n \left( \tau - \Delta x \frac{\cos \Phi}{v_w} \right) \quad (1)$$

En esta fórmula,  $n$  es la cantidad de elementos de la disposición,  $\Delta x$  es la separación que media entre los elementos,  $\Phi$  es el ángulo formado entre la vertical y el paso del impulso,  $v_w$  es la velocidad del impulso sísmico en el agua y  $\tau$  es el retardo de tiempo que media entre el momento del disparo de cada fuente. La frecuencia del impulso sísmico es  $1/T$ . En el caso de la disposición horizontal de fuentes que se está considerando,  $\tau$  es igual a 0 a fin de obtener el máximo de direccionalidad vertical.

La respuesta de estado estable de la ristra de hidrófonos para tal disposición lineal de fuentes es dada por:

$$R \left( \frac{\Delta T}{T} \right) = \frac{\text{Sen } \pi \Delta T/T}{\pi \Delta T/T} \quad (2)$$

Esta respuesta se muestra en la figura 5.

En la práctica, la respuesta de la disposición es determinada eligiendo valores para  $\bar{\Phi}$  y  $V_w$  y calculando  $\Delta T$  sobre la base de la ecuación (1). En el ejemplo que se está considerando,  $\Delta T = (240) \left( - \frac{\cos \bar{\Phi}}{1500} \right)$ .

Con este valor de  $\Delta T$ , se asigna diversos valores de  $T$  o frecuencia para formar la relación  $\Delta T/T$ . A partir de los valores de esta proporción se determina la respuesta desde la anterior ecuación (2) o desde la curva de respuesta de la figura 5. Un orden de tales valores es tabulado y puede ser luego representado gráficamente como curvas polares de respuesta. La figura 6 muestra tales curvas e indica la respuesta correspondiente a una disposición lineal horizontal que tiene 16 elementos separados a 15 metros y sin retardo entre las fuentes. La representación polar de la respuesta indica la fuerza relativa de la energía sísmica para una determinada propagación de frecuencia a diferentes ángulos, cuando se la compara con la propagación proveniente de una fuente puntual. La representación polar de la respuesta de una fuente puntual se caracteriza por el círculo de amplitud 1,0.

Se deberá notar que cuando  $T$  tiene un valor muy grande, el orden de valores de  $\Delta T/T$  estará comprendido entre 0 y 1. Conforme disminuye el valor de  $T$ , el valor de dicha relación aumentará por encima de 1 y en la representación polar de la respuesta aparecerán lóbulos laterales (curva trazada con puntos). Las curvas son simétricas alrededor del valor de  $0^\circ$  para el ángulo  $\bar{\Phi}$  en el caso en que  $T$  sea igual a 0.

Las disposiciones horizontales propuestas por el presente invento resultan particularmente adecuadas para ser usadas cuando las fuentes son disparadas en grupos separados a fin de producir un impulso sísmico que tiene una característica de dominio de tiempo representativa de la inversa del efec

to de distorsión producido por la reverberación ocurrida en la capa de agua. Tal técnica se describe en la solicitud de patente holandesa co-  
pendiente No. 7601413.

Si bien se ha mostrado y descrito una realización particular del  
invento, dentro del verdadero espíritu y alcance del invento caben varias  
modificaciones. Las reivindicaciones adjuntas están destinadas a abarcar  
todas tales modificaciones.

### REIVINDICACIONES

Habiendo así especialmente descripto la naturaleza de la presente invención y la manera en que la misma puede ser llevada a la práctica se declara reivindicar como de derecho y propiedad exclusivos:

1. Un aparato para exploración sísmica marina que comprende un barco, una pluralidad de fuentes de energía sísmica, cada una de las cuales produce impulsos sísmicos que tienen un contenido de frecuencia de banda amplia que incluye la frecuencia más baja, la frecuencia más alta y la frecuencia predominante de la energía sísmica de cada impulso, una pluralidad de hidrófonos para detectar impulsos sísmicos reflejados, y medios para remolcar dichas fuentes y dichos hidrófonos en disposiciones lineales horizontales por detrás de dicho barco, con una separación fija entre dichas fuentes, una separación fija entre dichos hidrófonos, y una distancia de separación entre la disposición de fuentes y la disposición de hidrófonos, caracterizado por el hecho de que al menos una de dichas disposiciones tiene un largo mayor que la longitud de onda de la frecuencia más baja comprendida dentro del contenido de frecuencia de banda amplia de dichos impulsos sísmicos, y porque la separación entre los elementos de dicha disposición es menor que la longitud de onda de la frecuencia más alta comprendida dentro del contenido de frecuencia de banda amplia de dichos impulsos sísmicos.

2. Un aparato para exploración sísmica marina de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la disposición de fuentes tiene una longitud mayor que la longitud de onda de la frecuencia más baja comprendida dentro del contenido de frecuencia de banda amplia de dichos impulsos sísmicos, y porque la separación entre las fuentes es menor que la



longitud de onda de la frecuencia más alta comprendida dentro del contenido de frecuencia de banda amplia de dichos impulsos sísmicos.

3. Un aparato para exploración sísmica marina de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la disposición de hidrófonos tiene una longitud mayor que la longitud de onda de la frecuencia más baja comprendida dentro del contenido de frecuencia de banda amplia de dichos impulsos sísmicos, y porque la separación entre los hidrófonos es menor que la longitud de onda de la frecuencia más alta comprendida dentro del contenido de frecuencia de banda amplia de dichos impulsos sísmicos.

4. Un aparato para exploración sísmica marina que comprende: un barco, una pluralidad de fuentes de energía sísmica, cada una de las cuales produce impulsos sísmicos que tienen un contenido de frecuencia de banda amplia que incluye la frecuencia más baja, la frecuencia más alta y la frecuencia predominante de la energía sísmica presente en cada impulso, y medios para remolcar dichas fuentes en una disposición lineal por detrás de dicho barco con una separación fija entre dichas fuentes, caracterizado por el hecho de que dicha disposición de fuentes tiene una longitud mayor que la longitud de onda de la frecuencia más baja comprendida dentro del contenido de frecuencia de banda amplia de dichos impulsos sísmicos, y en la que la separación que media entre dichas fuentes es menor que la longitud de onda de frecuencia más alta comprendida dentro del contenido de frecuencia de banda amplia de dichos impulsos sísmicos.

5. Un aparato para exploración sísmica marina que comprende: un barco, una fuente de energía sísmica que produce impulsos sísmicos que tienen un contenido de frecuencia de banda amplia que incluye la frecuencia más



baja, la frecuencia más alta y la frecuencia predominante de la energía sísmica de cada impulso, una pluralidad de detectores sísmicos que forman una disposición lineal horizontal por detrás de dicho barco, habiendo una separación fija entre dichos detectores, caracterizado por el hecho de que dicha disposición de detectores tiene una longitud mayor que la longitud de onda de la frecuencia más baja comprendida dentro del contenido de frecuencia de banda amplia de dichos impulsos sísmicos y porque la separación entre los detectores es menor que la longitud de onda de la frecuencia más alta comprendida dentro del contenido de frecuencia de banda amplia de dichos impulsos sísmicos.

6a.- UN APARATO PARA EXPLORACION SISMICA MARINA.

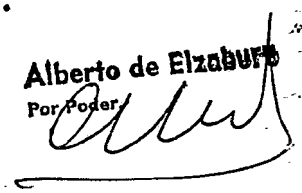
Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de once hojas escritas a máquina por una sola cara.

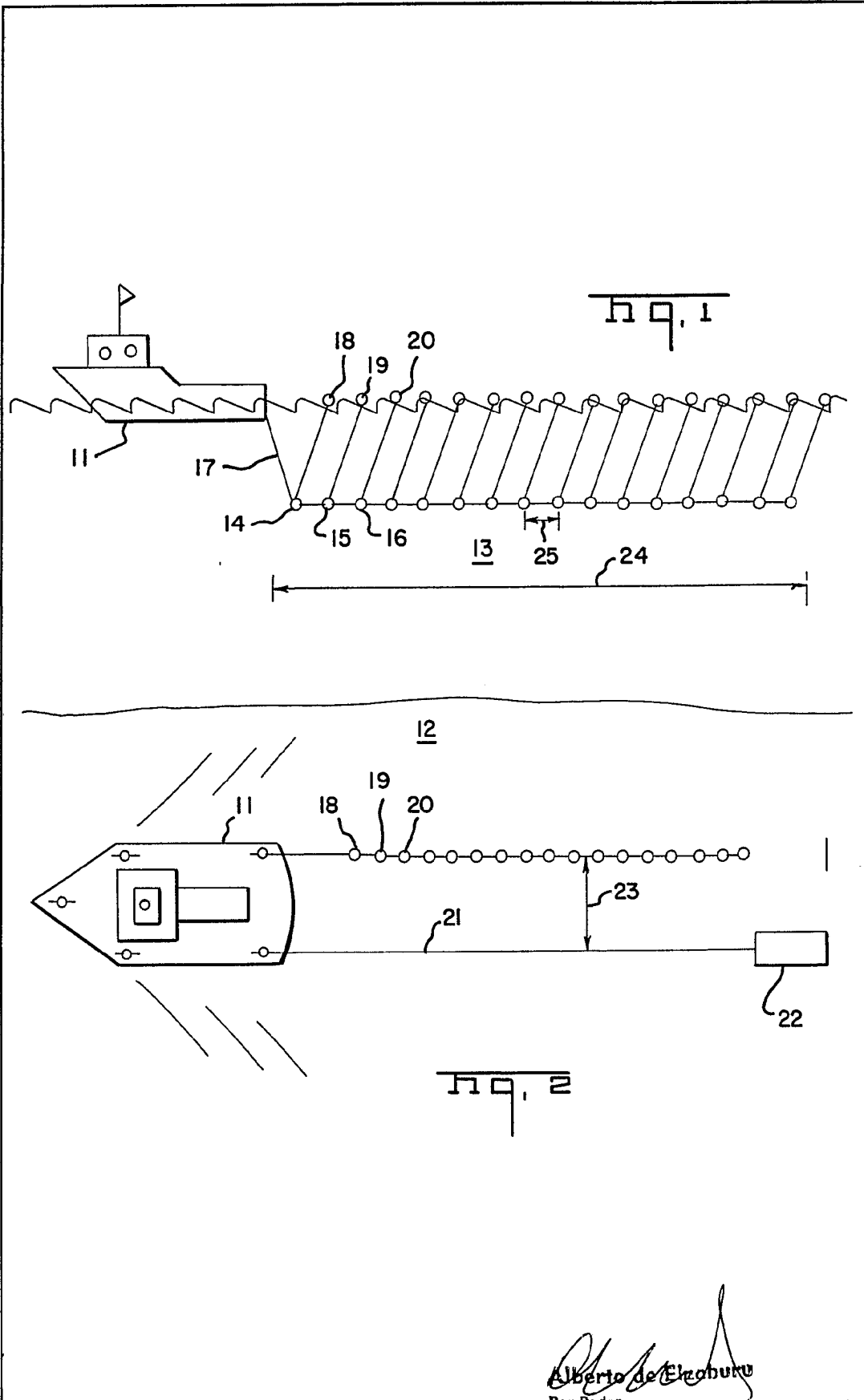
Madrid, 12. AGO. 1957

P.A.

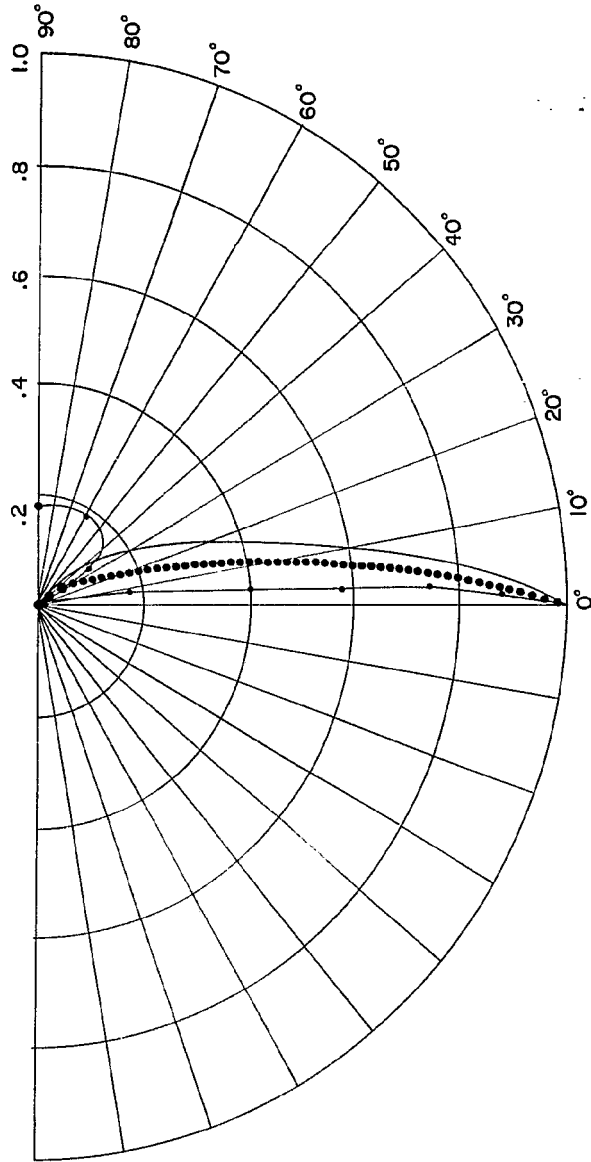
Alberto de Elzaburo  
Por Poder



VGD.



*Alberto de Echeburu*  
Por Poder,



— 20 Hz  
 ..... 30 Hz  
 —•— 60 Hz

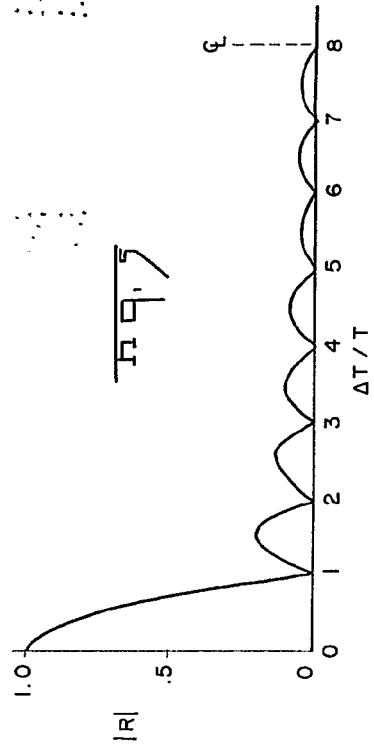
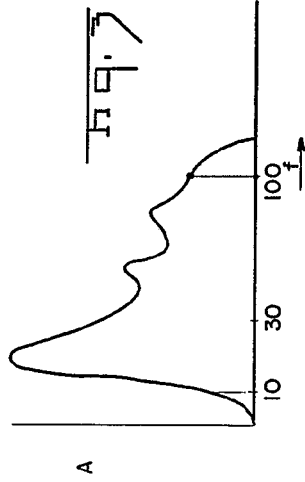


Fig. 6

Fig. 5

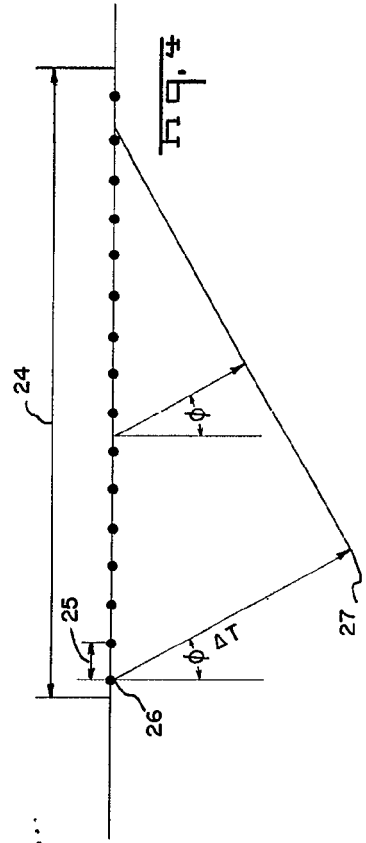


Fig. 4

H. S. ...  
 ...

COBIL (IL CORRECTION)

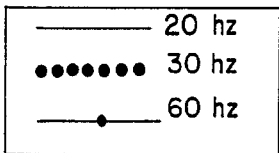
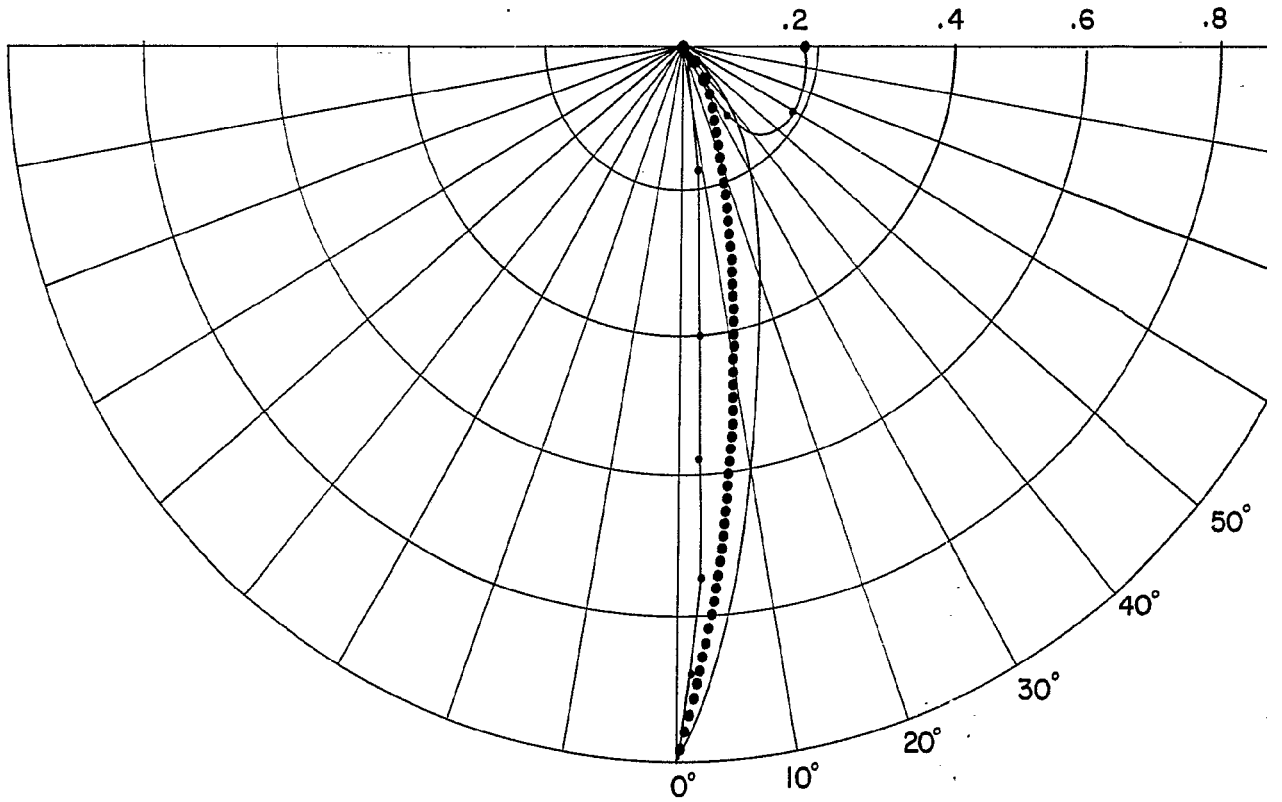


Fig. 6

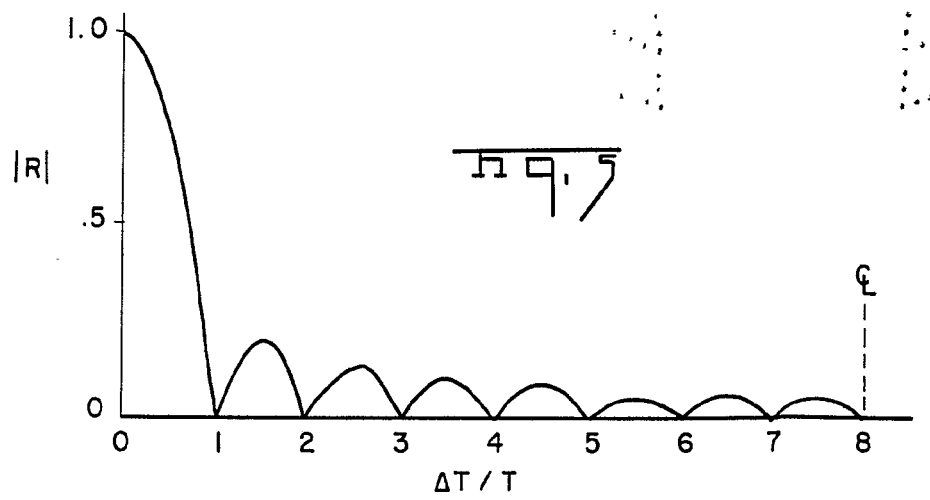
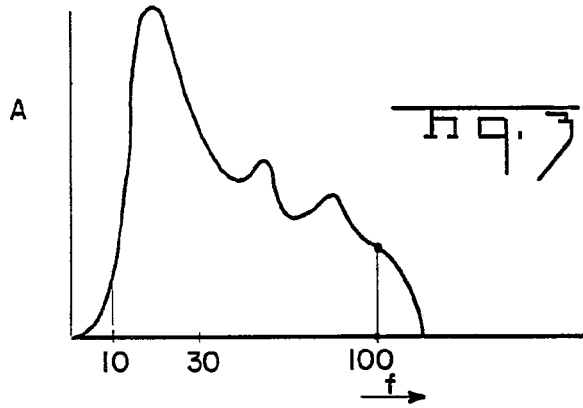
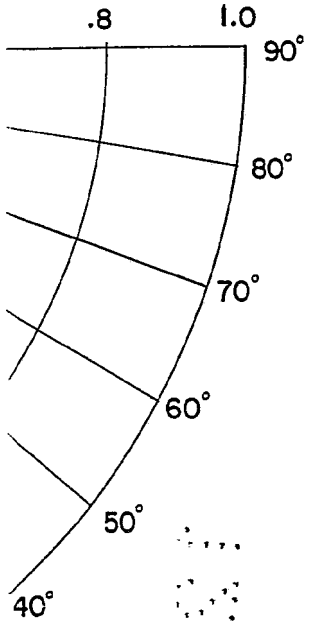
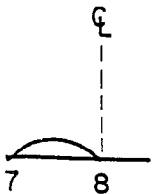
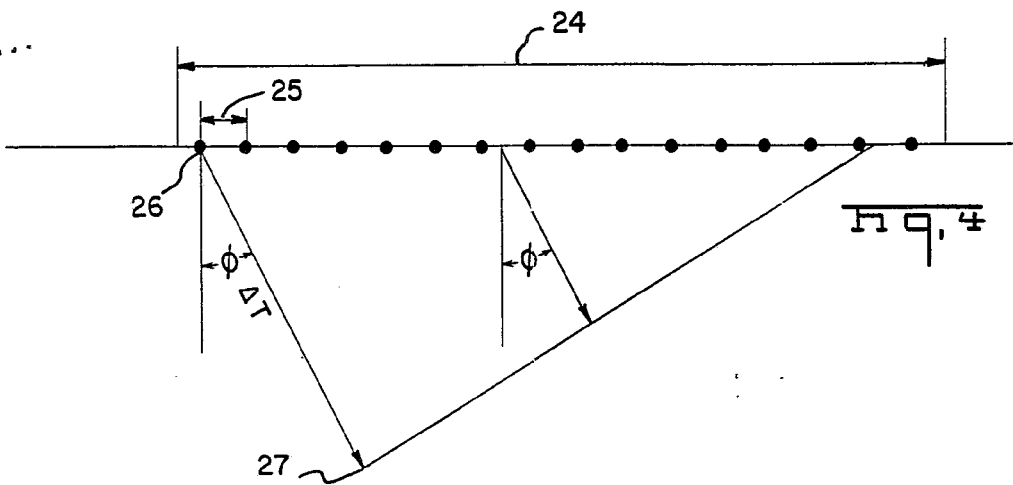


Fig. 5



6



*[Signature]*  
Bureau de Structure  
For Power,