

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA 20 NOV. 1978

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la solicitud adjunta.

(10) ES	(11) NUMERO 468.443	(12) A1
(21)	(22) FECHA DE PRESENTACION 31-3-1978	

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:	(32) FECHA	(33) PAIS
(31) NUMERO 783.531 887.165	1-4-1977 16-3-1978	EE.UU. "

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL G01V	(52) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
--------------------------	--	--

(54) TITULO DE LA INVENCION "UN DISPOSITIVO DETECTOR SISMICO PERFECCIONADO"
--

(71) SOLICITANTE (S) WESTERN GEOPHYSICAL COMPANY OF AMERICA (WD-292 SPN)
DOMICILIO DEL SOLICITANTE 10001 Richmond, Houston, Texas, EE.UU. 77042
(72) INVENTOR (ES) Ernest Marlin Hall, Jr.
(73) TITULAR (ES)
(74) REPRESENTANTE DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ (P.-68.611)

1

ANTECEDENTES DEL INVENTO

a) Campo del Invento

Este invento se refiere a un método de exploración geofísica en el que se emplean geófonos llenos de líquido, los cuales no requieren orientación y que están especialmente adaptados para ser remolcados por un miembro flexible sobre la superficie de la tierra. El método se caracteriza porque las señales eléctricas producidas por los geófonos tienen una polaridad que es independiente de la orientación de los ejes de los geófonos con relación a la vertical en una amplitud de arco que va desde 0° hasta 180°.

10

b) Referencia a la Técnica Anterior Asociada

En la prospección sísmica por reflexión, las señales sísmicas reflejadas son detectadas con detectores sísmicos, ya sean geófonos o ya sean hidrófonos. Los geófonos son típicamente para uso terrestre y los hidrófonos para uso marino. En uso, un geófono está acoplado a la tierra y es sensible a los movimientos de la misma. Un hidrófono está sumergido en agua y es sensible a los cambios de presión producidos en ella por los movimientos de la tierra. Se puede usar uno u otro tipo en aguas de poca profundidad, situado típicamente en el fondo de la masa de agua. Para mayor simplicidad, debe entenderse que en el término geófono, tal como se usa aquí, se han de incluir también los detectores sísmicos usados sobre o en agua. La mayoría de los geófonos prácticos actualmente empleados comercialmente están constituidos por un circuito electromagnético que incluye una bobina y un imán, movibles relativamente entre sí. Un geófono usual es sensible sustan-

15

20

25

30

1 cialmente sólo a los movimientos de la tierra que tienen
una componente de fuerza a lo largo de su eje y, en uso,
produce una señal eléctrica de salida que tiene una pola-
ridad que depende de la dirección de tal fuerza.

5 Durante la prospección sísmica normal, los geó-
fonos se disponen manualmente verticales sobre la superfi-
cie de la tierra con sus ejes sustancialmente en aline-
ación con la vertical. Cuando un geófono, accidentalmente
o por otra causa, queda dispuesto sobre la superficie de
10 la tierra de tal modo que su eje esté excesivamente incli-
nado con respecto a la vertical, o bien, en un caso extre-
mo, cuando el geófono está completamente de lado (a 90º
de la vertical) queda inoperante para todo fin práctico.
Además, cuando un geófono queda dispuesto accidentalmente
15 boca abajo (a 180º con respecto a la vertical) producirá
una señal de una polaridad opuesta a la polaridad de la
señal producida por el geófono cuando está vertical. En
uno u otro caso, el fallo en la producción de una señal
de salida, o bien la producción de una señal de polaridad
20 opuesta, afecta perjudicialmente a los registros produci-
dos por la prospección sísmica.

Para superar los problemas que se plantean cuan-
do tal posición vertical no resulta practicable, se montan
los geófonos sobre medios de orientación que están desti-
nados a mantener continuamente los geófonos en posición
25 vertical. Unos medios de orientación muy comunes son los
proporcionados por una montura cardánica. Más reciente-
mente, se han hecho intentos de montar los geófonos sobre
una correa plana, flexible, del tipo de transportador, que
30 es remolcada por un vehículo. La correa está destinada a

1 mantener los geófonos sustancialmente verticales. El --
arrastre de tales correas no ha producido, en muchos ca-
sos, los resultados previstos, y, por consiguiente, los
equipos que realizan prospecciones sísmicas siguen exten-
5 diendo los geófonos manualmente en posición vertical, to-
do lo cual lleva tiempo y es muy costoso.

A medida que la búsqueda de hidrocarburos se va
extendiendo cada vez más, a terrenos relativamente inacce-
sibles, la necesidad de disponer verticalmente los geófo-
nos sobre la superficie de la tierra, o bien de usar me-
10 dios de autoorientación, tales como monturas cardánicas,
impone una pesada carga en los equipos de prospecciones
sísmicas. Esta carga ha pesado sobre la industria sísmi-
ca durante muchos años, pese a los continuos esfuerzos pa-
15 ra idear geófonos que puedan ser remolcados y que no nece-
siten ser implantados verticalmente sobre la superficie
de la tierra, como antes se ha descrito.

Después de una larga experimentación, hemos idea-
do un nuevo geófono lleno de líquido que pueda sustituir
20 eficazmente a los geófonos usuales, especialmente a los
del tipo electromagnético que han sido los casi exclusiva-
mente usados comercialmente hasta la fecha.

Se han descrito acelerómetros en los que se usan
líquidos en las patentes para los EE.UU. núms. 3.270.565,
25 3.555.545, y en el Certificado de Inventor para la U.R.S.S.
núm. 171.676 expedido con fecha 26 de julio de 1.965. --
Tales dispositivos llenos de líquido, sin embargo, produ-
cen una respuesta que tiene la misma polaridad para todas
las excitaciones, independientemente de la dirección, o
30 bien son incapaces de satisfacer las exigencias peculiares

1 impuestas por la prospección sísmica.

5 El nuevo geófono es de peso relativamente ligero, de fabricación económica, capaz de soportar el mal trato normal en el campo y, por encima de todo, no ha de ser necesariamente implantado sobre la superficie de la tierra con orientación alguna particular. El geófono nuevo y mejorado no requiere por tanto medios de auto-orientación, que son costosos y que frecuentemente fallan durante el mal trato normal en el campo. La polaridad de la señal de salida producida por este nuevo geófono puede hacerse que sea independiente de la inclinación del eje del geófono con relación a la vertical. Para movimientos dirigidos hacia arriba y hacia abajo de la tierra, este geófono producirá señales eléctricas de polaridades opuestas, tal como se requiere para la prospección sísmica.

10

15

RESUMEN DEL INVENTO

El método comprende, en una realización preferida, remolcar un miembro largo y flexible sobre la superficie de la tierra, teniendo el miembro geófonos llenos de líquido montados sobre el mismo o acoplados al mismo y convenientemente espaciados a lo largo del mismo, y un cable sísmico para recibir las salidas individuales de los geófonos. Cada geófono lleno de líquido proporciona una señal eléctrica de salida que tiene características correspondientes a la dirección del movimiento de la tierra. El movimiento de la tierra puede ser producido por una fuente de energía sísmica que comunica energía a la tierra, de modo que produzca señales sísmicas reflejadas en ella de las capas que están debajo de la misma. Usando la realización preferida del geófono, la polaridad de las seña-

20

25

30

1 les eléctricas detectadas por los geófonos y transmitidas
por el cable sísmico a un dispositivo de utilización es
sustancialmente independiente de las orientaciones del
miembro flexible con relación a la superficie de la tie-
5 rra y de las orientaciones de los ejes de los geófonos
con relación a la vertical. En otra realización del mé-
todo de este invento, los geófonos son situados sobre la
superficie de la tierra según un patrón predeterminado;
sus señales de salida son transmitidas al dispositivo de
10 utilización; y luego se mueven los geófonos llevándolos
a otra posición y se repite el procedimiento.

En una realización de un aparato simplificado,
el geófono comprende una envuelta cilíndrica hueca que de-
fine en ella una cámara. Un líquido adecuado, de prefe-
15 rencia de una alta densidad, llena sustancialmente la cá-
mara. La cámara tiene una pared de fondo flexible que
constituye un transductor de fuerza o presión. El trans-
ductor produce una señal eléctrica que tiene caracterís-
ticas de amplitud y polaridad correspondientes a la magni-
tud y la dirección de la flexión del mismo. En una reali-
20 zación preferida del geófono, la cámara tiene además del
transductor de fondo flexible un transductor de parte su-
perior flexible. Cuando el eje del geófono está sustan-
cialmente vertical en dirección hacia arriba, el líquido
que hay en la cámara incide sobre el transductor del fon-
25 do solamente, mientras que para la mayor parte de las in-
clinaciones del geófono el líquido incide sobre ambos --
transductores flexibles, el del fondo y el de la parte su-
perior. Cuando el geófono está vuelto boca abajo, el lí-
quido incide solamente sobre el transductor de la parte
30

1 superior. El geófono proporciona en sus terminales de salida señales eléctricas correspondientes a las señales de salida del par de transductores.

5 Cuando se usan un par de transductores, los mismos deben estar montados en oposición. En este contexto, la frase "montados en oposición" está destinada a significar que los transductores de cada par están separados por al menos una parte sustancial del líquido, al menos para ciertas orientaciones del alojamiento. Un par de transductores pueden estar montados en oposición en envueltas separadas con partes de líquido separadas. Esto puede conseguirse convenientemente mediante el uso de dos envueltas separadas, cada una de las cuales tenga una parte del líquido asociado con un solo transductor.

10

15 En cualquier caso, es preferible que los planos de sensibilidad de cada uno de los transductores sean paralelos entre sí y, en una realización preferida, hacer que esos planos sean perpendiculares a la línea que une los transductores.

20 Los transductores generan señales de salida en respuesta a la presión ejercida sobre ellos por la interacción de la masa de fluido y los transductores, resultante de las excitaciones de la superficie de la tierra originadas por las señales sísmicas reflejadas. En particular, el geófono es principalmente sensible a las aceleraciones de la superficie de la tierra. Tales aceleraciones están típicamente comprendidas en el margen de 10 a 1.000 hertz y son del orden de menos del 3% de la aceleración debida a la gravedad. Las excitaciones de la superficie de la tierra a las cuales es sensible este dispositivo pue

25

30

1 den ser consideradas como que tienen componentes en ambos
sentidos, el vertical y el horizontal. La sensibilidad
de cualquier geófono a los componentes vertical o horizon-
tal puede controlarse mediante el modo en que se combinan
5 las señales de salida de los transductores individuales
de un par.

Los geófonos pueden hacerse sensibles principal-
mente a las componentes verticales combinando para ello
las salidas de los transductores individuales por suma.
10 La polaridad de la suma indicará entonces la dirección de
la componente vertical, sin tomar en consideración la --
orientación del geófono con respecto a la vertical. Es
decir, que puede usarse la polaridad positiva para indi-
car componentes verticales dirigidas hacia el centro de
15 la tierra y polaridad negativa para indicar componentes
verticales dirigidas en sentido de alejarse del centro de
la tierra. Si se eligen cuidadosamente las dimensiones
de la cámara y la proporción de la cámara llena de líqui-
do, se puede hacer constante la amplitud de la suma para
20 una componente vertical dada, independientemente de la
orientación del alojamiento. Las componentes de las seña-
les de salida de cada transductor generadas en respuesta
a las componentes horizontales son de polaridades opuestas
entre sí y de magnitudes iguales. Por consiguiente, se
25 anularán mutuamente cuando se combinen por suma.

Por otra parte, las salidas de los transductores
de cada par pueden combinarse por resta. Si los geófonos
están situados aproximadamente de lado, la señal resultan-
te de la resta es entonces proporcional solamente a las
30 componentes horizontales. Todas las señales que represen-

1 ten componentes verticales serán anuladas por la resta de-
bido a que, en esta orientación, las señales de salida de
cada transductor, generadas en respuesta a componentes ver-
ticales, serán de igual magnitud y de la misma polaridad.

5 Es por tanto particularmente conveniente situar
los geófonos aproximadamente de lado y registrar las seña-
les de salida de cada transductor de un par por separado.
Las señales pueden combinarse después, por suma y por res-
ta, para determinar ambas componentes, la horizontal y la
10 vertical, sin tener que volver a orientar los geófonos.

Se pueden añadir pares adicionales de transduc-
tores flexibles montados en oposición, para aumentar la
exactitud y la amplitud de las señales de salida resultan-
tes.

15 Las señales de salida de los transductores de
cada par pueden combinarse por suma y/o resta, en paralelo
o en serie, con las señales de los transductores de otros
pares, o bien pueden transmitirse por separado, según las
necesidades de una situación particular.

20 BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La Fig. 1 es una vista en corte, en alzado, de
una realización preferida del geófono de este invento;

La Fig. 2 ilustra el funcionamiento del geófono
para inclinaciones del mismo desde vertical hacia arriba
25 a vertical boca abajo, para movimientos de la tierra diri-
gidos hacia arriba;

La Fig. 3 es similar a la Fig. 2 pero para movi-
mientos de la tierra dirigidos hacia abajo;

La Fig. 4 ilustra la instalación del geófono del
30 invento en un cable sísmico remolcado;

1 La Fig. 5 ilustra un método preferido de prospección sísmica de acuerdo con el invento;

La Fig. 6 es una vista similar a la de la Fig. 1, de una realización simplificada del geófono;

5 La Fig. 7 es una ilustración similar a la de la Fig. 2 para la realización de geófono ilustrada en la Fig. 6;

La Fig. 8 es una vista en perspectiva de un alojamiento para el geófono;

10 La Fig. 9 ilustra la fijación de los alojamientos de geófono, ilustrados en la Fig. 8, sobre un cable de reparto sísmico, y el uso del cable de reparto para la prospección sísmica ilustrada en la Fig. 5;

15 La Fig. 10 es una vista en corte que ilustra un geófono que tiene una sección transversal rectangular; y

La Fig. 11 es una vista similar a la de la Fig. 10 con una sección transversal elíptica.

DESCRIPCION DETALLADA DE REALIZACIONES PREFERIDAS

20 La realización preferida del geófono de líquido, designado en general por 10, comprende un alojamiento metálico 12 que tiene una sección transversal correspondiente a un cilindro (Fig. 1). El alojamiento 12 puede también tener una sección transversal rectangular (Fig. 10), una sección transversal elíptica (Fig. 11) o variaciones de las mismas, dependiendo de la sensibilidad deseada de respuesta del geófono.

25 En la Fig. 1, el alojamiento 12 tiene tapas 14 y 16 inferior y superior, las cuales cierran herméticamente su cavidad cilíndrica interior 18. Un aro partido 20 descansa sobre la tapa inferior 14 y proporciona un apoyo

30

1 para una pared conductora circular 22, a la cara inferior
de la cual está sujeto un cristal 24 que tiene un electro-
do 26 de plata. En toda la descripción, y en la medida
5 posible, las partes que son similares se han designado por
los mismos signos de referencia seguidos por una tilde
('). Un aro partido 20' apoya a tope contra la tapa supe-
rior 16 y proporciona un apoyo para una pared conductora
circular 22', a la cara superior de la cual está sujeto
un cristal 24' que tiene un electrodo de plata 26'. El
10 alojamiento 12 está revestido con una envuelta 30 de plás-
tico tubular (Figs. 1, 10, 11) que se extiende entre las
tapas inferior y superior 14, 16. Las paredes 22, 22' apo-
yan a tope contra aros tóricos 32, 32' situados en resal-
tos 33, 33', respectivamente, formados en la envuelta 30.
15 Las paredes 22, 22' están sujetas a los resaltos 33, 33'
por los aros 20, 20' respectivamente. Las paredes 22, 22'
son flexibles y sus flexiones son percibidas por sus cris-
tales 24, 24', respectivamente. Así, cada pared flexible
y el cristal montado sobre la misma constituyen un trans-
20 ductor usual de fuerza o presión. Los transductores for-
mados por las paredes 22, 22' y sus respectivos cristales
24, 24' se han designado en general como 27, 27', respec-
tivamente.

Para los fines de esta descripción, se supone
25 que los transductores 27 y 27' están montados de modo que
generarán señales de la misma polaridad cuando una fuerza
o presión haga que los mismos flexionen hacia fuera en
sentido de separarse del líquido 36. Se pueden añadir pa-
res adicionales de transductores flexibles montados en
30 oposición (no representados) para aumentar la exactitud y

1 la amplitud de las señales de salida resultantes.

5 El alojamiento 12 puede hacerse también de un material no metálico, tal como de plástico, eliminándose la necesidad de la envuelta de plástico tubular 30. No es necesario que las paredes 22 y 22' estén hechas de material conductor, excepto en la medida exigida para proporcionar una conexión eléctrica a los cristales 24 y 24'.

10 Las señales de salida del transductor de presión 27 son conducidas a través de un par de hilos conductores 51, 52, y las señales de salida del transductor de presión 27' son conducidas a través de un par de hilos conductores 51', 52'. Los hilos conductores 51, 52 pasan a través de una rendija 53 en el aro 20, de una garganta longitudinal 54 en la pared exterior de la envuelta 30, y luego a través de una rendija 53' en el aro 20'. Las señales de salida conducidas por los hilos conductores 51, 52 y 51', 52' pueden ser sumadas, ya sea en serie o en paralelo, en un par de terminales 56, 58 de salida de geófono, que se extienden a través de la tapa superior 16. Por
15
20 otra parte, los hilos conductores 51, 52, 51' y 52', pueden ser conectados a cuatro terminales de salida (no representados).

25 Cuando los hilos conductores están conectados a cuatro terminales de salida, las salidas de cada transductor del par pueden ser registradas o, de lo contrario, ser utilizadas por separado. La suma y/o la resta pueden por tanto ser efectuadas durante el registro o después. Como otra alternativa, las señales de salida conducidas por los hilos conductores 51, 52 y 51', 52' pueden ser restadas una de otra, ya sea en serie o ya sea en paralelo, en
30

1 los terminales de salida 56 y 58.

5 El espacio interior encerrado entre los trans-
ductores y la pared cilíndrica interior de la envuelta 30
forma una cámara 34 que está llena sustancialmente, pero
no del todo, por un líquido 36 que sirve como la masa de
inercia para el geófono 10. Se desea por consiguiente que
el líquido 36 sea de alta densidad, y como tal líquido es
adecuado el mercurio. En la realización preferida, el lí-
quido 36 llena aproximadamente el 90% del espacio de la
10 cámara 34, dejando aproximadamente un 10% de espacio dis-
ponible para dilatación del líquido debido a los cambios
de temperatura dentro del margen de temperaturas de fun-
cionamiento para el geófono.

15 Debe entenderse que en las denominaciones "sus-
tancialmente" y "sustancialmente por completo", las cua-
les, cuando se usan, designan el grado en el cual está lle-
na del líquido la cámara, se incluyen todos los grados de
tal llenado más allá del 50% del total, en los cuales el
transductor superior está desacoplado, al menos parcial-
mente, del líquido cuando el geófono está en una posición
20 erecta o "de pie". La denominación "líquido", tal como
aquí se usa, está destinada a incluir otros fluidos, tales
como los metales en polvo, que sean adecuados para uso co-
mo masas de inercia en geófonos del tipo aquí descrito.

25 La acción del líquido inercial 36 sobre los --
transductores de presión 27, 27' se ilustrará a continua-
ción con referencia a las Figs. 2 y 3, en las que solamen-
te se han ilustrado las partes operativas del geófono, es
decir, la envuelta 30 y sus transductores inferior y supe-
rior asociados 27, 27'. Las líneas en trazo lleno ilus-
30

1 tran las posiciones de las paredes flexibles 22, 22' cuando
do los transductores están en reposo, y las líneas de tra-
zos ilustran sus posiciones flexionadas producidas por las
5 presiones del líquido inercial al reaccionar al movimiento
de la tierra.

En la Fig. 2 se ha representado el geófono 10
situado sobre la superficie de la tierra con varias incli-
naciones desde la posición A, de pie, hasta una posición
E, boca abajo. Se ha supuesto que la tierra experimenta
10 movimientos hacia arriba, representados por las flechas
42, los cuales son transmitidos al líquido inercial 36, el
cual, a su vez, produce una fuerza o presión dirigida ha-
cia fuera con respecto al eje de la envuelta 30. Así, en
la posición A el transductor 27 flexionará hacia fuera,
15 hacia la tapa 14, y el transductor 27' no flexionará ni ha-
cia fuera ni hacia dentro, puesto que está desacoplado del
líquido inercial 36. En la posición B, con una inclina-
ción de 45° con respecto a la vertical, el transductor 27
flexionará hacia fuera, hacia la tapa 14, y el transductor
20 27' flexionará hacia fuera, hacia la tapa 16. Esto mismo
es de aplicación para la posición C correspondiente a una
inclinación de 90° , en la que los geófonos están dispues-
tos completamente de lado, y para la posición D correspon-
diente a una inclinación de 135° . En la posición de com-
pletamente invertido, boca abajo, E, correspondiente a una
25 inclinación de 180° , el transductor 27' flexiona hacia fue-
ra hacia la tapa 16, y el transductor 27 no flexiona ni ha-
cia dentro ni hacia fuera, dado que en esta posición está
desacoplado del líquido 36.

30 Así, para todas las posiciones desde 0° hasta

1 1802 con relación a la posición erecta A, uno o los dos
transductores de presión 27, 27' experimentarán una fle-
xión dirigida hacia fuera. Los transductores 27, 27' pro-
ducirán por consiguiente señales eléctricas 43 de la misma
5 polaridad para todas las flexiones dirigidas hacia fuera.

Al aumentarse el nivel o el grado de llenado de
la cámara 34 con el líquido 36, se aprecia otro efecto.
Para grados de llenado suficientemente altos, el transduc-
tor superior en la posición vertical no puede ya ser des-
10 acoplado por completo, incluso aunque no incida líquido
36 realmente sobre este transductor. Es decir, el trans-
ductor 27' en la posición A y el transductor 27 en la po-
sición E, pueden, cada uno de ellos, presentar una tenden-
cia a moverse hacia dentro en respuesta a los movimientos
15 hacia arriba de la tierra, tal como se ha representado me-
diante las flechas 42. En tales situaciones ese transduc-
tor superior generará una señal de salida de polaridad
opuesta a la del otro transductor del par. La amplitud
de esa salida de polaridad opuesta no será jamás mayor que
20 la amplitud de la salida del transductor inferior. La se-
ñal de salida 43 del geófono, la cual es la suma de las
señales de salida de los transductores 27 y 27', tendrá
siempre por consiguiente la misma polaridad para todas
las componentes verticales en la misma dirección, sin to-
25 mar en consideración la orientación del geófono con res-
pecto a la vertical.

El grado de llenado de la cámara 34 tiene un
efecto diferente sobre la amplitud de la señal 43 de sali-
da del geófono en la posición A o E, que la que tiene so-
30 bre la amplitud de la señal 43 en las posiciones B, C o D.

1 -La cantidad de variación de amplitud de las señales 43 pa-
ra las mismas aceleraciones según las diversas orientacio-
nes de los geófonos, puede por tanto ser controlada en
cierto modo variando para ello el grado de llenado de la
5 cámara 34. La amplitud de la señal de salida de un trans-
ductor en respuesta a una amplitud particular de excita-
ción, es controlada principalmente por la altura del lí-
quido por encima de los transductores en esa orientación
particular.

10 El desacoplamiento parcial de un transductor en
ciertas orientaciones puede utilizarse a fin de configurar
un geófono en el cual la sensibilidad, es decir, la rela-
ción de la amplitud de la señal de salida a la amplitud
de la componente detectada, no se vea afectada por la orien-
15 tación del geófono con respecto a la vertical.

En la realización preferida, se elige la rela-
ción del diámetro a la altura de la columna encerrada de
líquido 36 de tal modo que la amplitud de las señales 43
permanezca sustancialmente constante para todas las posi-
20 ciones desde A hasta E del geófono, es decir, desde sus
posiciones de erecto a invertido.

El geófono 10 puede por tanto usarse en explora-
ción geofísica para detectar reflexiones sísmicas sin una
cuidadosa colocación en posición. Es decir, se pueden si-
25 tuar una serie de tales geófonos en orientaciones aleato-
rias y que, sin embargo, generen señales de salida que ten-
gan las amplitudes y polaridades correctas para represen-
tar componentes verticales de aceleración de la superficie
de la tierra.

30 De hecho, se puede hacer sensible el geófono 10

1 solamente a componentes verticales. Es decir, las compo-
nentes horizontales hacen que los transductores 27 y 27'
respondan de tal manera que los efectos de tales componen-
tes horizontales sean anulados por la suma de las salidas
5 de los transductores para formar señales 43.

Para facilitar la ilustración, se describirán los efectos de una componente horizontal suponiendo una aceleración de izquierda a derecha. A partir de esto, pue-
den comprenderse los efectos de las componentes horizontales en cualquier dirección. En la posición A, las compo-
nentes horizontales no tienen efecto alguno sobre ninguno
10 de los transductores, puesto que la aceleración es paralela a la superficie de los transductores. En la posición B, el transductor 27' flexionará hacia dentro y el transductor 27 flexionará hacia fuera. Esto mismo es de aplicación para las posiciones C y D. En la posición E no habrá efecto neto alguno, como se ha indicado en lo que antecede. En la posición C la magnitud de la flexión, y por lo tanto las amplitudes de las señales de salida de los
15 transductores 27 y 27' serán iguales. En las posiciones B y D se puede elegir la relación del diámetro a la altura de la columna encerrada (visto en la posición A), y se puede ajustar el grado de llenado de la cámara 34 con líquido 36, de modo que las amplitudes de las señales de salida de los transductores 27 y 27' sean aproximadamente --
20 iguales. Puesto que estas señales son de polaridades -- opuestas, se anularán cuando se sumen las salidas de los transductores 27 y 27' para producir la señal 43.

De esta manera puede verse que el geófono 10 pue-
de ser hecho sensible solamente a las componentes vertica-
30

1 les, y no a las horizontales. Es decir, que el eje sensi-
ble eficaz del geófono 10 permanece orientado automática-
mente en la vertical, independientemente de la orientación
real del dispositivo.

5 Como se ha indicado en lo que antecede, en la
posición C las amplitudes de las señales de salida resul-
tantes de las componentes horizontales son iguales pero
de polaridades opuestas. Cuando se combinen por resta,
10 estas señales no se anularán, sino que se reforzarán en-
tre sí. La señal 43 formada de esta manera será por tan-
to proporcional a los efectos de las componentes horizon-
tales. Además, las señales de salida resultantes de las
componentes verticales producidas por los transductores
27 y 27' en la posición C son iguales en amplitud y de la
15 misma polaridad. La combinación por resta dará por tanto
por resultado su anulación. Cuando se combinen por resta
las señales de salida de los transductores 27 y 27' en la
posición C, la señal 43 de salida de geófono resultante
20 contiene los efectos de las componentes horizontales pero
no los de las componentes verticales. Al ser cambiado de
orientación el geófono 10, de la posición C a las posicio-
nes B o D, se reduce la amplitud de la señal 43 de salida
del geófono formada por resta, en función del coseno del
ángulo de orientación con respecto a la horizontal. Cuan-
25 do se alcance la posición A o la E, la señal de salida 43
no es representativa en absoluto de las componentes hori-
zontales.

30 Es, por tanto, particularmente conveniente, uti-
lizar una pluralidad de geófonos 10 en posiciones sustan-
cialmente horizontales para detectar las señales sísmicas

1 reflejadas. Las salidas de los transductores individuales
27 y 27' de cada par pueden ser luego transmitidas por se-
parado al dispositivo de utilización, para combinación por
suma y resta en el dispositivo de utilización o bien para
5 registro y posterior combinación, de modo que puedan de-
terminarse ambas componentes, la vertical y la horizontal,
para la misma posición sobre la superficie de la tierra
mediante uno de los geófonos sin modificar la posición.

La descripción de la Fig. 3 es similar a la de
10 la Fig. 2, excepto en que los movimientos de la tierra,
representados por las flechas 42', se supone ahora que es-
tán dirigidos hacia abajo, produciendo flexiones dirigidas
hacia dentro resultantes del alivio de la presión estáti-
ca del líquido inercial y de la acción de resorte de las
15 paredes flexibles 22, 22'.

Como se ha ilustrado en la Fig. 3, para todas
las posiciones del geófono 10 desde su posición A, de pie,
hasta su posición E invertido boca abajo, los transducto-
res 27, 27' flexionarán hacia dentro, es decir, en senti-
20 do de separarse de sus respectivas tapas 14, 16. Los --
transductores 27, 27' producirán por consiguiente señales
eléctricas 43', que tienen una polaridad opuesta a la po-
laridad de las señales eléctricas 43 producidas por los
transductores 27, 27' en respuesta a los movimientos de
25 la tierra dirigidos hacia arriba, como se ha ilustrado en
la Fig. 2.

El diseño del geófono 10 hace que sea relativa-
mente fácil mantener la relación deseada entre la masa del
líquido inercial 36 y la masa de los restantes componentes
30 del geófono, incluido el alojamiento 12, en un valor mayor

1 que 1. Tal relación es favorable para la prospección sísmica, como se ha descrito en la Patente para los EE. UU. nº 3.067.404. En la técnica anterior, en la que se utilizan medios de auto-alineación, tales como monturas cardánicas, para orientar el geófono, la pesada masa de tales
5 medios hace que sea virtualmente imposible conseguir dicha relación deseada.

En la Fig. 6 se ha ilustrado una realización del geófono menos deseable, designada en general como 10'.
10 En el geófono 10', se emplea solamente un único transductor inferior 27, y se ha sustituido el transductor de presión 27' por una pared rígida 80. En todos los demás aspectos importantes los geófonos 10, 10' son idénticos.

En la Fig. 7 se han ilustrado varias inclinaciones A hasta E del geófono 10', similares a las inclinaciones A hasta E del geófono 10 en la Fig. 2. Se observará que cuando el geófono 10' está en la posición A, de pie o erecta, su señal de salida S_1 es idéntica en amplitud y en polaridad a la señal de salida 43 del geófono 10 cuando
15 está en su posición erecta, en respuesta a los movimientos 42a de la tierra dirigidos hacia arriba. A medida que el geófono 10' va adoptando inclinaciones graduales hacia la posición E boca abajo, disminuye la amplitud de la señal de salida del geófono, como se ha ilustrado mediante
20 las amplitudes decrecientes de las señales S_2, S_3, S_4 , producidas por el geófono en sus posiciones B, C, D, respectivamente. La señal de salida S_5 es sustancialmente cero cuando el geófono 10' está boca abajo. Se observará, sin embargo, que la polaridad de las señales $S_1 - S_4$ es la
25 misma que la polaridad de las señales 43 en la Fig. 2.

30

1 En estas comparaciones con la señal de salida 43 del geófono 10 se ignoran los efectos de la salida de polaridad opuesta del transductor superior, como se ha considerado en lo que antecede.

5 El geófono 10 o el 10' pueden ser alojados en un alojamiento adecuado 60 (Fig. 4), el cual está protegido por un manguito elástico cuyos extremos están convenientemente sujetos por una cinta 65 al manguito exterior de un cable sísmico remolcable 62. Un par de hilos conductores 10 66, 67 interconectan los terminales de salida del geófono con un par de conductores en el cable sísmico 62. Si se desea sensibilidad a ambas componentes, la vertical y la horizontal, serán necesarios un par de hilos conductores adicionales, no ilustrados, para conectar el geófono con 15 un par de conductores adicionales, no ilustrados, en el cable sísmico 62.

Por consiguiente, el cable 62 puede tener asociados con el mismo e interconectados con él una pluralidad de geófonos convenientemente espaciados entre sí. De -- 20 acuerdo con un aspecto muy importante de este invento, cada geófono puede estar de lado, como se ha ilustrado en la Fig. 4, y sin embargo seguir siendo totalmente operante y sensible, como se ha ilustrado en las Figs. 2C, 3C, 7C, a los movimientos de la tierra dirigidos hacia arriba 25 y hacia abajo representados por las flechas 42 y 42', respectivamente.

De acuerdo con una realización del método del invento, el cable sísmico 62, juntamente con sus geófonos, es remolcado con un camión sísmico 72 que tiene en el mismo 30 un dispositivo de utilización tal como un registrador

1 73, en el cual recibe y registra las señales procedentes
del cable 62. El cable 62 puede ser enrollado en y desen-
rollado de un carrete 70 montado giratoriamente, y la ener-
gía sísmica necesaria para la exploración sísmica puede
5 ser comunicada a la tierra mediante una fuente 74 de ener-
gía sísmica adecuada.

En una realización alternativa del método del
invento, cada geófono 10 está alojado en un alojamiento 90
(Fig. 8) y los terminales de salida del geófono están co-
nectados a un corto cable 91 de entrada que se extiende
10 desde un cable 93 de distribución. El equipo que efectúa
la prospección sísmica sitúa en posición el cable 93 sobre
la superficie 40 de la tierra, con los alojamientos 90 dis-
puestos según cualquier patrón de detección deseado, pero
15 sin que sea necesario que los alojamientos 90 estén orien-
tados en cualquier dirección particular con respecto a la
vertical. No obstante, si los alojamientos 90 contienen
geófonos 10', entonces no deberán disponerse los alojamien-
tos sobre la superficie 40 de la tierra en posición de bo-
ca abajo, para impedir el desacoplamiento del líquido iner-
20 cial 36 con respecto a la pared 22 del único transductor
27, como se ha ilustrado en la Fig. 7E.

En vez de emplear perceptores de presión de cris-
tal 24, 24', hechos típicamente de un material piezocerá-
mico, se pueden emplear igualmente otros perceptores de
25 presión, como será evidente para los expertos en la técni-
ca.

1

5

REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

15 1ª.- Un dispositivo detector sísmico perfeccionado que tiene un alojamiento con una cámara interna que incluye un par de transductores de presión y una masa fluida en la cámara, caracterizado porque la masa fluida llena la cámara sustancialmente pero no por completo, y porque los transductores, que actúan en reciprocidad con la masa fluida para generar señales de salida en respuesta a la excitación de la superficie de la tierra producida por señales sísmicas reflejadas, están montados en oposición, de modo que un transductor está desacoplado al menos parcialmente del fluido en ciertas orientaciones.

20 2ª.- Un dispositivo según la reivindicación 1ª, que comprende además: medios para combinar las señales de salida de cada transductor por suma, de modo que la polaridad de la suma de las mismas representa la dirección de las componentes verticales de las señales sísmicas, independientemente de la orientación del alojamiento con respecto a ellas.

09058

1 3ª.- Un dispositivo según la reivindicación 2ª,
en el que la magnitud de la suma representa la magnitud
de las componentes verticales, independientemente de la
orientación del alojamiento con respecto a la superficie.

5 4ª.- Un dispositivo según la reivindicación 2ª,
en el que las señales de salida de cada transductor que
representan componentes horizontales son anuladas de he-
cho por combinación por suma, independientemente de la
orientación del alojamiento con respecto a la vertical.

10 5ª.- Un dispositivo según la reivindicación 4ª,
en el que la amplitud de la suma de las señales de salida
de los transductores es sustancialmente la misma para com-
ponentes verticales de igual magnitud, independientemente
de la orientación del alojamiento con respecto a ellas.

15 6ª.- Un dispositivo según la reivindicación 4ª,
en el que las dimensiones de la parte de la cámara llena
por la masa de fluido se seleccionan de modo que el detec-
tor sea igualmente sensible a las componentes verticales,
independientemente de la orientación del alojamiento con
respecto a ellas.

20 7ª.- Un dispositivo según la reivindicación 4ª,
en el que se selecciona el grado de llenado de la cámara
por la masa fluida de modo que la amplitud de la suma de
las señales de salida de los transductores sea sustancial-
mente la misma para componentes verticales iguales para
cualquier orientación del alojamiento.

25 8ª.- Un dispositivo según la reivindicación 1ª,
que comprende además: medios para combinar las señales de
salida de cada transductor por resta, de modo que el re-
sultado de la misma representa las componentes horizonta-
30

1 les de señales sísmicas cuando el detector esté orientado
de modo que una línea trazada uniendo los transductores
sea en general horizontal.

5 9^a.- Un dispositivo según la reivindicación
8^a, en el que la sensibilidad del detector es función del
coseno del ángulo entre la línea y la horizontal.

10^a.- Un dispositivo según la reivindicación
1^a, en el que la masa fluida está contenida sustancialmen-
te entre los transductores.

10 11^a.- Un dispositivo según la reivindicación
1^a, en el que los planos de sensibilidad de cada uno de
los dos transductores son paralelos.

15 12^a.- Un dispositivo según la reivindicación
11^a, en el que los planos son perpendiculares a una línea
trazada uniendo los transductores.

13^a.- Un dispositivo según la reivindicación
1^a, en el que cada transductor comprende: una pared flexi-
ble que forma una parte de la cámara interna; y medios pa-
ra detectar la flexión de la pared flexible.

20 14^a.- Un dispositivo según la reivindicación
13^a, en el que los medios de detección de la flexión son
un cristal piezoeléctrico.

25 15^a.- Un dispositivo según la reivindicación
14^a, en el que la cámara interna es un cilindro circular
recto y las paredes flexibles forman los extremos circun-
lares del mismo.

30 16^a.- Un dispositivo según la reivindicación
1^a, en el que la cámara interna incluye dos partes separa-
das, cada una de las cuales incluye algo de la masa flui-
da y un transductor asociado.

1 17ª.- Un método de exploración sísmica, que
comprende las operaciones de: situar en posición una plu-
5 ralidad de detectores sísmicos llenos sustancialmente, pe-
ro no por completo, con masas fluidas, en orientaciones
aleatorias, sobre la superficie de la tierra; medir las
presiones ejercidas por las masas como resultado de exci-
taciones de la superficie de la tierra, producidas por se-
ñales sísmicas reflejadas, con un par de transductores de
presión montados en oposición en cada detector; y combinar
10 las señales de salida producidas por cada transductor de
un par para determinar las componentes de las excitacio-
nes.

15 18ª.- Un método según la reivindicación 17ª,
en el que la operación de combinar incluye la operación
de: combinar las señales de salida por suma para determi-
nar solamente las componentes verticales.

20 19ª.- Un método según la reivindicación 18ª,
que incluye las operaciones de: ajustar el grado de llena-
do del detector de modo que la sensibilidad del detector
para las componentes verticales sea la misma en todas las
orientaciones.

25 20ª.- Un método según la reivindicación 17ª,
en el que los detectores son situados en orientaciones ho-
rizontales y la operación de combinar incluye la operación
de: combinar las señales de salida por resta para determi-
nar solamente las componentes horizontales de las excita-
ciones.

30 21ª.- Un método según la reivindicación 17ª,
en el que la operación de combinar incluye las operacio-
nes de: combinar las señales de salida por suma y por res-

1 ta para determinar por separado las componentes verticales y horizontales de las excitaciones.

22a.- "UN DISPOSITIVO DETECTOR SISMICO PERFECCIONADO".

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

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

10

Madrid, [1 JUN 1978

P.A.

Alberto de Elzaburu
Por Poder



JAC.

04058



UNITED STATES PATENT OFFICE

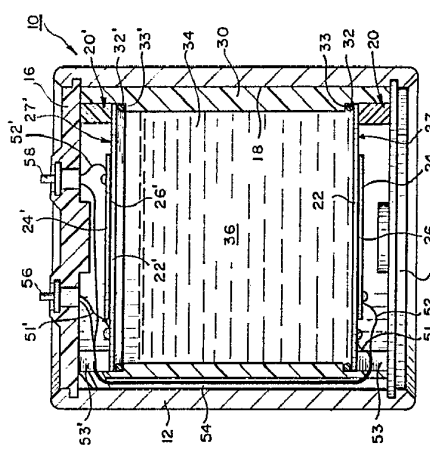


FIG. 1.

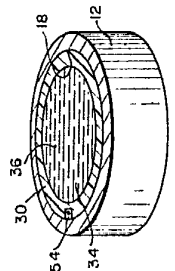


FIG. 11.

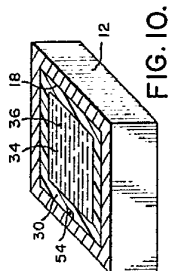


FIG. 10.

FIG. 4.

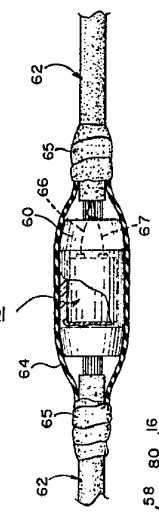


FIG. 6.

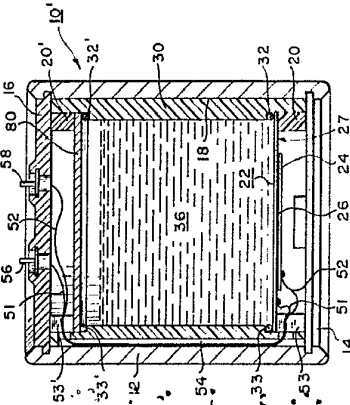


FIG. 8.

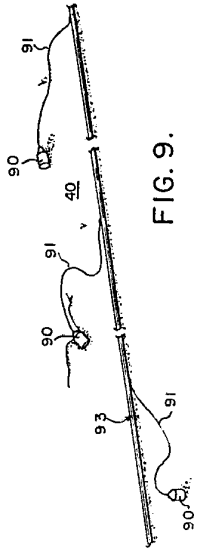
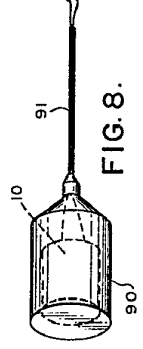


FIG. 9.

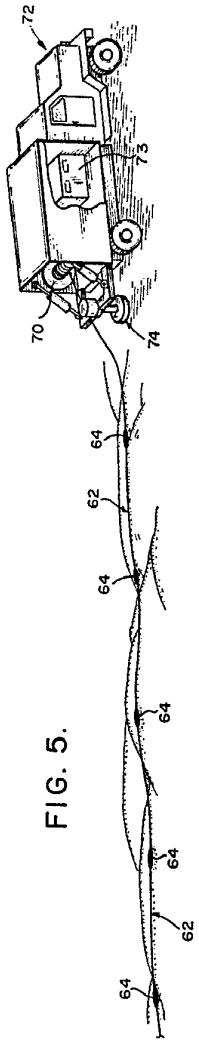


FIG. 5.

FIG. 2.

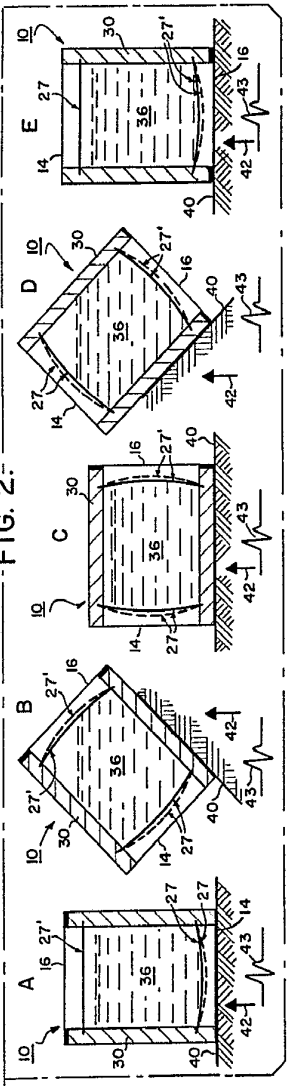


FIG. 3.

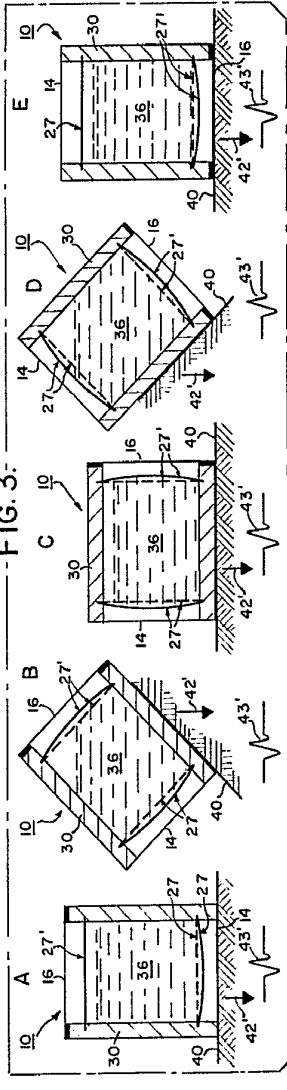
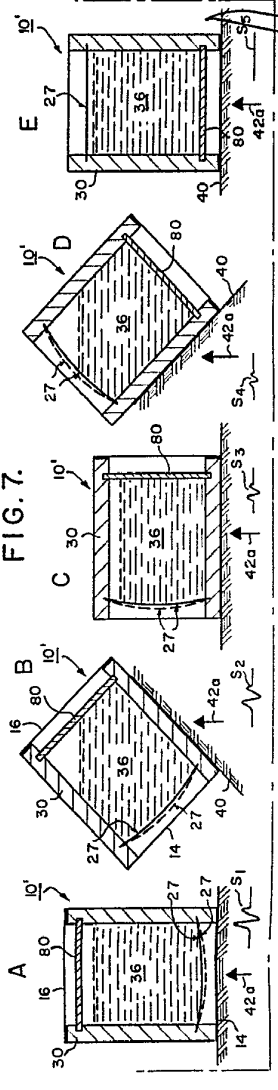


FIG. 7.



Alberico de Fozguerra

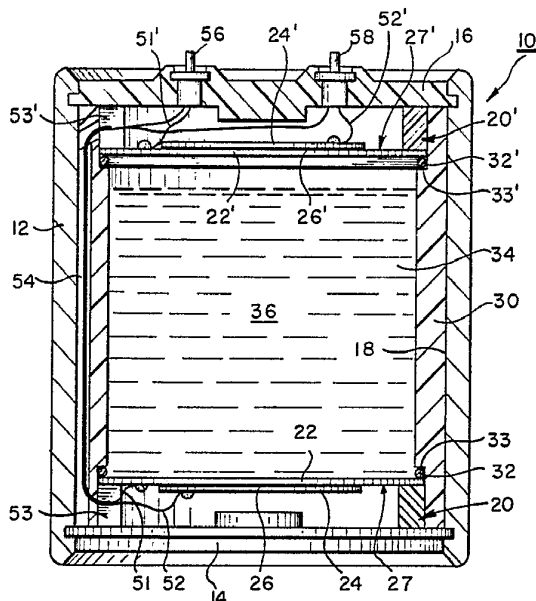


FIG. I.

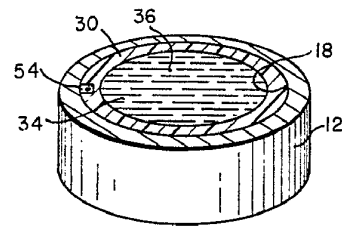


FIG. II.

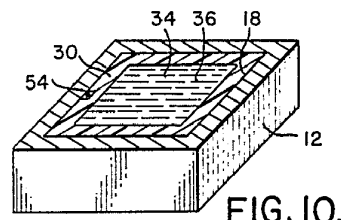
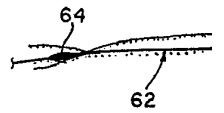


FIG. 4.

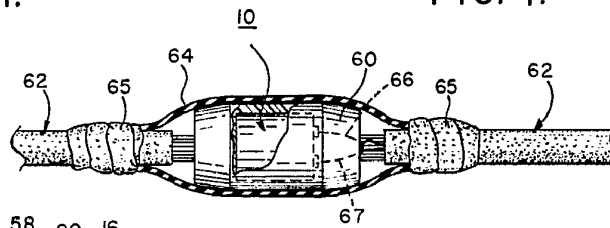
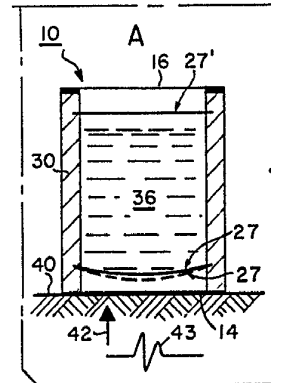


FIG. 6.

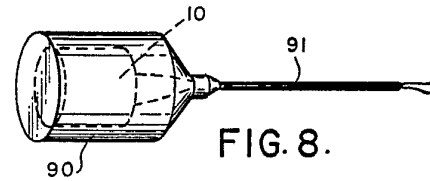
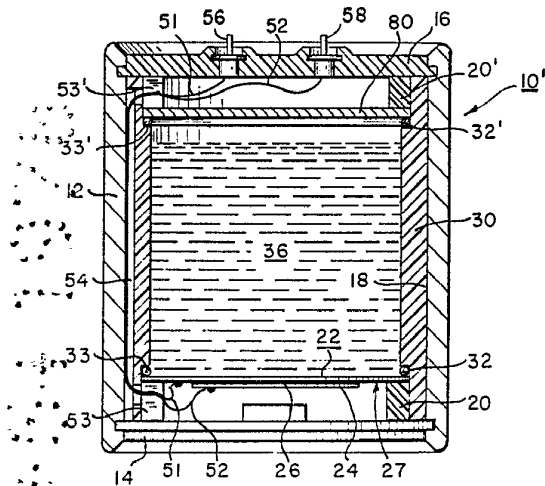


FIG. 8.

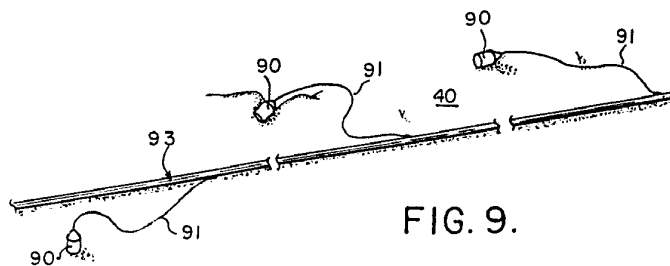
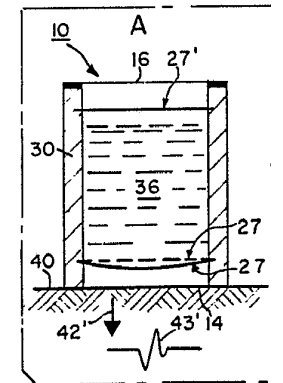


FIG. 9.

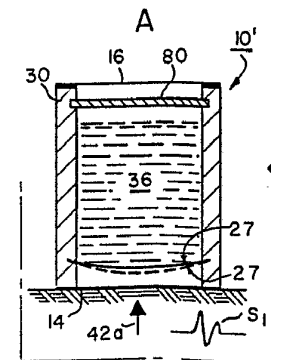


FIG. 5.

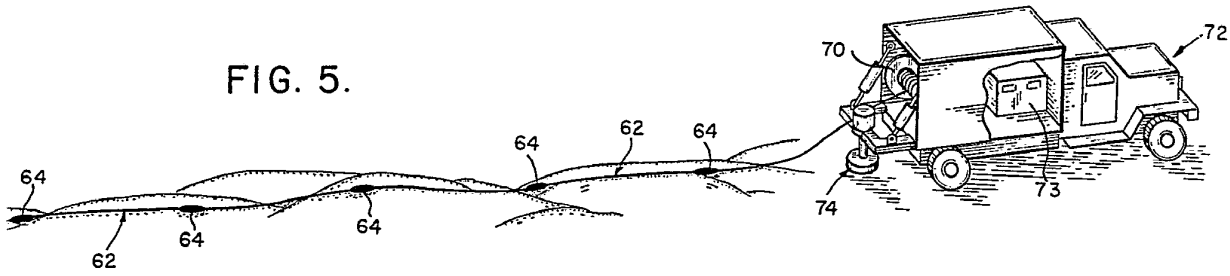


FIG. 2.

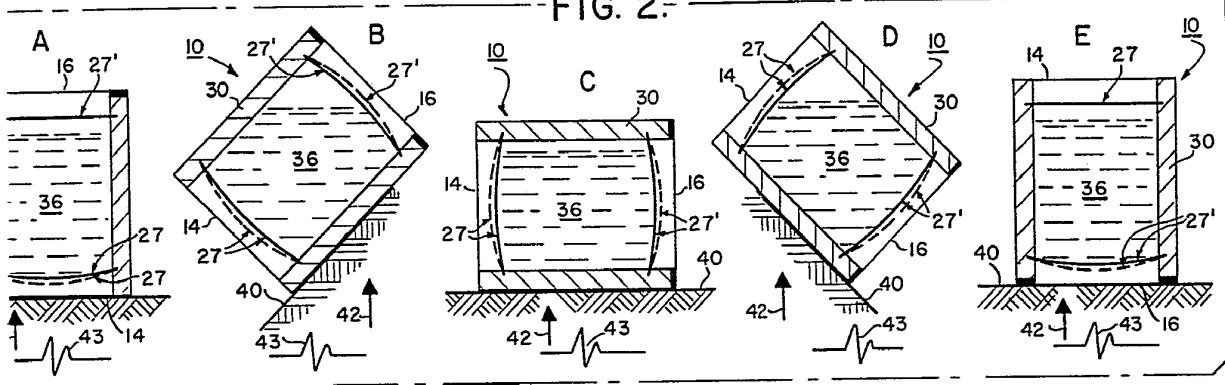


FIG. 3.

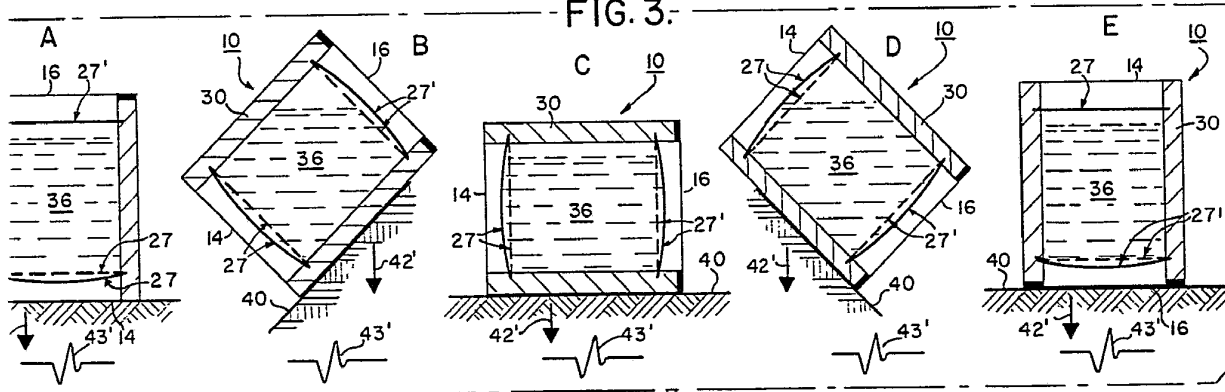
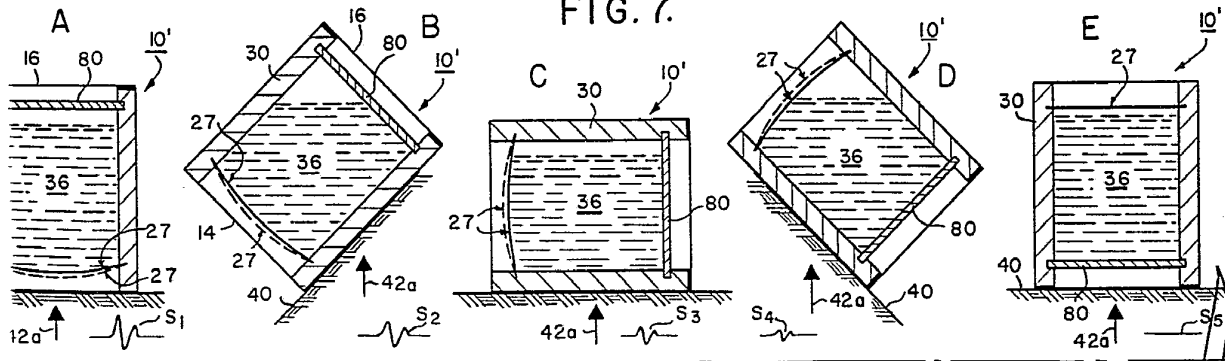


FIG. 7.



Alberto de Eizaburu
 For Patent