

267.276



267276

PATENTE DE INTRODUCCION

Que por diez años se solicita, para España y sus posesiones, a favor de la firma Robert H. Ray International, Inc., con domicilio en Panama City, República del Panama, y que ha de recaer sobre "METODO DE EXPLORACION GEOFISICA POR GENERACION Y REGISTRO DE ONDAS SISMICAS"

Memoria Descriptiva

El registro de Patente de Introducción que se solicita tiene por objeto garantizar la explotación exclusiva en todo el territorio nacional y sus posesiones de un método de exploración geofísica por generación y registro de ondas sísmicas.

La presente invención se refiere a un método para explorar la geología del subsuelo mediante un sismógrafo, y particularmente a ciertos procedimientos nuevos y mejorados para generar y registrar ondas sísmicas.

Si bien los actuales métodos y aparatos para la exploración sísmica proporcionan informaciones valiosas con respecto



5 a muchas formaciones, tienen limitaciones definidas. En esencia,
las actuales técnicas de generación de ondas comprenden el uso
de una carga de explosivo que se coloca en un pozo y luego se
dispara. La detonación resultante crea una onda elástica que se
propaga en todas las direcciones. Cuando se encuentra con limi-
tes de materiales desemejantes, una parte de la energía de onda
es reflejada, estando la magnitud, el carácter y la dirección de
propagación de la onda reflejada de acuerdo con leyes bien co-
nocidas. Uno o más detectores, conectados con un dispositivo re-
gistrador y situados en una posición predeterminada con respec-
to al pozo de la explosión, reciben estas ondas reflejadas. Su
tiempo de llegada, con respecto al disparo de la explosión, se
determina a partir de los registros obtenidos por el registra-
dor. Si los sucesos reflejados son suficientemente claros y
15 definidos en el registro, la profundidad y la inclinación de los
límites reflectores pueden ser determinadas fácilmente con me-
dios bien conocidos. En tales determinaciones, los componentes
de las ondas que se desplazan en una dirección relativamente
vertical son las porciones principales de la onda que son úti-
les al geofísico para trazar las formaciones del subsuelo.
20

Algunas de las dificultades con tales métodos son causa-
das por las marcadas anomalías que frecuentemente ocurren en
la zona próxima a la superficie, como consecuencia de las cua-
les el instrumento registra no solamente las ondas reflejadas
que se desplazan de manera relativamente vertical, sino también
25 una gran profusión de ondas que se desplazan de manera substan-
cialmente horizontal. Estas ondas que se desplazan de manera a-
proximadamente horizontal son reflejadas o refractadas a partir
de numerosos límites que pueden ser causados por una variedad
de condiciones, tales como marcados cambios de velocidad en los
30



sedimentos proximos a la superficie, interestratificación de arenas, arcillas, rocas, etc., superficies de erosión, fallas e intrusiones, todas ellas bien conocidas al geólogo. Las ondas que se desplazan horizontalmente, reflejadas a partir de estos límites, son a menudo de una magnitud tal que oscurecen en gran parte o completamente los fenomenos registrados que más interesan al geofísico. Además, ciertas perturbaciones de la tierra causadas por el viento, el tráfico o movimientos de tierra naturales son captadas por los detectores y aumentan la dificultad de identificar los fenomenos útiles reflejados en el registro. Aun si los sucesos útiles no son totalmente oscurecidos, los diversos grupos de ondas interferentes producen desplazamientos de fase y deformaciones que a menudo dan lugar a errores serios de interpretación. En consecuencia, comúnmente se utiliza una gran carga explosiva a fin de impartir a los trenes de ondas reflejadas un nivel de energía substancialmente mayor que el de las perturbaciones de la tierra. Esto requiere un pozo de explosión profundo y por lo tanto costoso, para impedir erupciones. Además, una gran carga de explosivo trae consigo serios efectos disruptivos que absorben y dispersan una gran parte de la energía de la explosión, y la presión inicial desarrollada hace variar desde diez hasta más de cien veces el límite elástico de la formación circundante. Además, el disparo de cualquier carga de explosivo debajo de la superficie de la tierra genera inherentemente un gran número de ondas en todas las direcciones, inclusive las ondas interferentes que se desplazan horizontalmente. Finalmente el costo de los pozos de explosión, el costo y el peligro de los explosivos, y la creciente resistencia de los propietarios del terreno a permitir el empleo de tales técnicas en sus tierras, presentan dificultades económicas y sociales de cre



ciente seriedad.

5 Con miras a superar los inconvenientes de la generación de ondas por cargas explosivas, se han realizado experimentos con la caída de pesas desde los comienzos de la historia de la exploración sismográfica. Sin embargo, la experiencia demostró que para generar una onda sísmica de nivel suficientemente elevado para penetrar has-
10 ta las profundidades deseadas y proporcionar fenómenos reflejados de intensidad suficiente para superar los ruidos de la tierra, se necesitaba una pesa de tamaño tan grande que los problemas de trans-
15 porte y manipulación del caso eran prohibitivos. Además, las ondas sísmicas generadas por tales pesas pesadas irradian la mayor parte de su energía en longitudes de onda muy largas, con el consiguien-
te inconveniente que más adelante se esbozará en la presente. Debi-
do a estos factores, las cargas explosivas continuaban siendo la
base universal de la generación de ondas sísmicas.

20 Por lo tanto, una finalidad de la presente invención consiste en proporcionar un método para generar ondas sísmicas en combinación con un método particular de registrar tales ondas, lo-
grándose así resultados utilizables con ondas de intensidad insufi-
ciente para ser normalmente valiosos con los métodos de registro
usuales.

Otra finalidad de la presente invención consiste en propor-
cionar un método para generar ondas sísmicas utilizables sin excede-
der el límite elástico de la formación.

25 Otra finalidad de la presente invención consiste en pro-
veer un método para generar ondas sísmicas, mediante los cuales se reduce al mínimo la generación de ondas que se desplazan horizon-
talmente.

30 Una finalidad adicional de la presente invención consiste en proporcionar un método para generar ondas sísmicas, mediante el cual se elimina el uso de explosivos y la necesidad de tener



pozos de explosión.

5 Otra finalidad más de la presente invención consiste en proporcionar un método mejorado para registrar impulsos sísmicos que se repiten, siendo así las ondas útiles reflejadas distinguibles de las ondas que se desplazan horizontalmente, de los movimientos de tierra naturales y de otros fenómenos interferentes.

10 Al llevar a la práctica la presente invención, se emplea una sucesión de impactos muy pequeños, cuyas ondas reflejadas son registradas por separado y luego integradas en un solo registro compuesto. En su forma actualmente preferida, la presente técnica de generación de ondas comprende el uso de una pesa que cae al suelo bajo la influencia de la gravedad, tomándose medidas para corregir o compensar variaciones en las condiciones del suelo, y proveyéndose controles para alzar, dejar caer y sincronizar la pesa cayente. En lugar de usar una pesa muy grande, suficiente para proporcionar una onda de la intensidad requerida, se prefiere usar una pesa relativamente pequeña y dejarla caer muchas veces, efectuando cada vez un registro, preferentemente en un dispositivo registrador magnético del sonido. Después de haber efectuado un número suficiente de tales registros, todos ellos se combinan mediante un instrumento que se llama registrador integrador, en un registro compuesto en el cual los fenómenos que se desplazan verticalmente son integrados en un registro de nivel de alta energía mientras que, si se usan técnicas apropiadas, según se describirá más adelante, todas las ondas que se desplazan horizontalmente y los ruidos de la tierra son grandemente reducidas en intensidad, proporcionando así registros de calidad muy superior. En términos generales, un registrador integrador es cualquier dispositivo registrador que sea capaz de hacer e integrar una pluralidad de registros en los

15

20

25

30

26 76



5 cuales ciertos fenómenos deseables son sincrónicamente periódicos; es decir, que se repiten en cada registro sucesivo en el mismo momento con respecto al origen de tales fenómenos. Así, pues, si se produce una serie de tales fenómenos y se integra correctamente, el nivel de energía de los fenómenos que se repiten sincrónicamente subirá constantemente al aumentar el número de registros individuales. Sin embargo, ciertos fenómenos indeseables, tales como los provenientes de ruidos de la tierra y otros, son en gran parte casuales, en cuanto al momento de su llegada, y por lo tanto, no serán acumulativos en el registro integrado. El resultado es una mejora progresiva de la calidad del registro, a medida que aumenta el número de registros primarios. La idea básica de combinar dos o más registros para formar un compuesto no es nueva, habiendo sido usada con anterioridad en un sentido limitado como analizador de ondas, pero tal uso es definitivamente diferente tanto con respecto al objetivo como también en cuando al procedimiento, del que es objeto de la presente invención. En el analizador de ondas, tal como usado anteriormente en exploraciones sísmográficas, se efectúan simultáneamente una pluralidad de registros a partir de una sola onda sísmica que llega en momentos diferentes a una pluralidad de estaciones detectoras, siendo cada registro efectuado a partir de un grupo detector diferente, y luego, por medio de un mecanismo ajustable, los fenómenos correspondientes se hacen entrar en coincidencia en el tiempo, y se hace un registro compuesto. La operación es lenta y trabajosa, requiere tantos canales registradores como registros primarios usados en el registro compuesto, y además requiere tantas estaciones detectoras como registros primarios. Mediante el registrador integrador a que nos referimos se usa una onda sísmica generada por separado por cada registro primario, cambiando de lugar la fuente originaria de la onda des

5

10

15

20

25

30



pués de cada registro, cancelando así ondas que se desplazan horizontalmente. Puede usarse un registrador mucho más simple y más compacto dado que esta nueva técnica permite integrar un número muy grande de registros primarios con solo unos pocos canales registradores, y se necesita solamente una sola estación detectora, aunque tenga que integrar un gran número de registros primarios, usando un gran número de ondas sísmicas generadas por separado, puede ser suficiente un impacto relativamente débil eliminando así muchos de los inconvenientes de los métodos actuales, tales como los arriba señalados y en particular puede usarse una pesa pequeña y fácilmente manejable, para generar las ondas sísmicas. En el uso práctico de estos principios ^{se} han desarrollado muchas técnicas nuevas para iniciar y controlar las diversas operaciones, tanto con relación al registrador integrador como también a la caída de la pesa. Las mismas se describirán en detalle a continuación, en la presente memoria.

Para interpretar mejor la presente invención, debe hacerse referencia ahora a la siguiente descripción detallada considerada conjuntamente con los gráficos adjuntos, en los cuales las figuras 1 y 2 son vistas en corte de típicas formaciones de terreno, que ilustran las dificultades que se presentan y las limitaciones de métodos y aparatos convencionales para la exploración sísmográfica; las figuras 3, 4 y 5 ilustran de manera diagramática registros típicos efectuados empleando la presente técnica generadora sísmica en combinación con el nuevo registrador integrador; la figura 6 es una vista esquemática en elevación de una forma del registrador integrador, inclusive los circuitos eléctricos usados; la figura 7 es una elevación lateral de una forma de realización

- ocho - 267276



5 del aparato mejorado para generar ondas sísmicas; la figura 8 es una vista esquemática en planta de una parte del aparato de las figuras 6 y 7, inclusive los circuitos eléctricos básicos; la figura 9 es una ilustración esquemática de un plan práctico sobre el terreno, para utilizar la presente invención; la figura 10 es una ilustración esquemática de un plan modificado, sobre el terreno; la figura 11 es un diagrama que representa ciertas relaciones cuantitativas que deben tenerse en cuenta al usar la presente invención; la figura 12 es una vista lateral similar a la figura 7 del aparato generador de ondas, pero ilustra una fuente común de error, que debe ser compensada; la figura 13 es una vista en corte de una formación de terreno que se encuentra a menudo, y que debe ser tenida en cuenta al diseñar la pesa usada en el aparato generador de ondas.

15 Aunque la presente solicitud de patente se refiere solamente al método para exploraciones sísmicas, en la memoria descriptiva y en los dibujos a ella anejos se hace referencia a los aparatos empleados para poner en ejecución dicho método, a fin de que este pueda comprenderse mejor; sin embargo la descripción completa y detallada de estos aparatos se encuentra en la memoria descriptiva correspondiente a otra solicitud de patente de introducción presentada con esta misma fecha en relación con dichos aparatos.

20 Haciendo ahora referencia a la figura 1, se ilustran gráficamente algunas de las dificultades inherentes de las técnicas de exploración sísmográfica comúnmente usadas. Tales técnicas comprenden el uso de un dispositivo registrador 1 conectado mediante alambres 2 con uno o más detectores 3. Una carga de explosivo es disparada en un pozo 4, generalmente a una pro-

30

26 72 76



- nueve -

fundidad de 15 a 30 metros o más. Esto crea una onda elástica que se propaga en todas las direcciones, tal como se indica con las flechas 5. Cuando tal onda encuentra límites 6 de dos materiales desemejantes, se producen reflexiones, tal como lo indica la porción de las ondas 5 que se desplazan en una dirección aproximadamente vertical. Estas reflexiones son recibidas en los detectores 3 y su momento de llegada es determinado con respecto al disparo de la explosión. Si los componentes útiles de la onda reflejada son suficientemente claros y definidos en el registro, la profundidad y la inclinación de los límites reflectores 6 pueden ser determinadas con medios bien conocidos. Desgraciadamente, las ya mencionadas anomalías que a menudo se presentan cerca de la superficie, pueden causar la reflexión de una gran profusión de ondas 7 que se desplazan de manera substancialmente horizontal, que son reflejadas o refractadas o partir de numerosos límites tales como 8 y 9. La interferencia causada por estas ondas que se desplazan horizontalmente y de los ruidos de la tierra, tales como explicados más arriba en la presente, es cosa bien conocida.

La importancia de la longitud de onda para la calidad de los registros se pone en claro con referencia a la figura 2. En la misma se representan tres estratos adyacentes 10, 11 y 12, todos diferentes entre sí en cuanto a sus características físicas. Un cierto porcentaje de la energía de onda de una onda sísmica que se origine en 13 será reflejado en el límite 14 hacia un detector 15. También se producen fenómenos reflejados en los límites 16, 17 y 18, todos los cuales accionan el detector 15 por orden de sucesión. Si la longitud de onda del impulso sísmico es suficientemente corta, el registro de los fenómenos que llegan al detector 15 indicará cuatro fenó-



5

10

15

20

25

30

menos separados y distintos, de modo que cualesquiera variaciones del espesor, inclinación o profundidad de cualquiera de los horizontes aparecerán en el registro. Empero, si la longitud de onda es demasiado larga, los fenómenos reflejados a partir de los límites 16, 17 y 18 llegarán al detector 15 antes de completarse el registro del fenómeno reflejado a partir del límite 14. Así, varios e incluso los cuatro fenómenos pueden confundirse en un solo fenómeno compuesto, causando una confusión de los mismos y la anulación de sus caracteres reconocibles. Esto hace difícil si no imposible la correlación entre estaciones sucesivas.

Las figuras 3, 4 y 5 demuestran la potencia del registrador integrador para aumentar las proporciones de la energía de la señal (fenómenos útiles) con respecto al ruido de fondo. La figura 3 representa un solo registro que contiene un fenómeno periódico débil que ocurre en un punto 19 en el registro, pero que es tan débil que es completamente oscurecido por el elevado nivel de ruido. La figura 4 representa un registro compuesto de diez repeticiones del registro de la figura 3, tomado en condiciones en que el fenómeno 19 se repite en el mismo momento con relación a la iniciación del registro en 20. En el compuesto de diez registros el fenómeno en 19 ha llegado a ser definitivamente reconocible, pero es aún muy imperfecto en presencia del ruido de fondo que sigue siendo alto. La figura 5 representa un compuesto de cincuenta de los registros de la figura 3. Se puede observar aquí que el fenómeno repetido 19 está fuertemente amplificado. Los fenómenos vagabundos, que son casuales en cuanto a su forma de onda, tiempo e intensidad, se anulan substancialmente entre sí en el registro integrado, de modo que el ruido de fon-

257276



do es substancialmente reducido, haciendo que el fenómeno repetido 19 se destaque claramente.

5 Una forma de realización del registrador integrador se representa en principio en la figura 6. El mismo se representa como un registrador de tipo magnético, que se prefiere por la mayor facilidad con que se pueden efectuar borraduras y repeticiones, en comparación con otros tipos. En la figura 6, un tambor 21 está recubierto con un material magnético apropiado para fines de registración. Se prefiere una aleación depositada electrolíticamente debido a las propiedades superiores que así se pueden lograr para fines de registración. Métodos de producir estos recubrimientos son bien conocidos. El tambor 21 se adapta para girar en torno a su eje geométrico 22 a una velocidad muy uniforme, siendo la velocidad mantenida constante por medio de una horqueta rotativa u otro dispositivo sincronizador muy exacto. Esto se realiza con medios bien conocidos. En algún punto en el tambor, tal como en 23, está dispuesto un dispositivo eléctrico que, para fines ilustrativos, se puede suponer sea una saliente similar a una leva, que, en cierto punto de la revolución del tambor, acciona un dispositivo de contacto eléctrico 24. Esto, si se cierra el interruptor manual 25, completa el circuito desde la batería 26 por medio de un dispositivo de disparo eléctrico 27 adaptado para iniciar una onda sísmica. A los fines de la presente descripción se supondrá que la iniciación de la onda se efectúa soltando una masa 28 que, cuando cae contra el suelo, genera la onda sísmica deseada. Los componentes de la onda reflejada son captados por un detector 29. Igualmente, en algún otro punto de la periferia del tambor se puede disponer otra leva, dispuesta de modo que

10

15

20

25

30

20 1470



5 accione un dispositivo de contacto 30 algún tiempo antes que
la susodicha masa dé contra el suelo. Cuando se cierra el
contacto 30, suponiendo que el interruptor manual 31 esté ce-
rrado, una bobina controladora 32 de un interruptor de con-
tactos escalonados 33 es excitada a partir de una batería 34,
y unos alambres 35 que provienen del detector 29 están aco-
plados a unos alambres 36 que conducen a un cabezal registra-
dor 37, efectuandose un registro de la onda sísmica en una
pista sonora 38. Mientras se está efectuando el registro, o
10 en cualquier momento después de ello, la pesa 28 se levanta
nuevamente a la misma altura a partir de la cual se la había
dejado caer antes, y se la mantiene allí suspendida por un
dispositivo accionado mediante disparador 27 hasta soltarla
nuevamente, de manera similar, por medio de una revolución
15 subsiguiente del tambor 21. Después de haber efectuado el
primer registro, el dispositivo de contacto 30 excita nueva-
mente la bobina de control de modo que la siguiente onda sí-
mica es registrada por el cabezal registrador 40 en la pista
sonora 41. Esta operación puede repetirse cuantas veces se
20 desee. En la práctica real se ha encontrado que es muy im-
portante disponer los cabezales registradores 37, 40 etc.
en grupos para funcionar de la manera que más adelante se des-
cribirá. A fines ilustrativos se supondrá que haya cinco ca-
bezales registradores en cada grupo, aunque en la práctica
se prefiere un número mayor. Cuando los cinco canales regis-
tradores del grupo I han sido llenados, se hace un compues-
to de los cinco registros, el cual se registra en el primer
25 canal 42, del grupo II. Esto se puede efectuar a mano de la
siguiente manera: interruptores acoplados 43, conectados
tal como se representa, se adaptan para ser llevados a su
30

267270



- trece -

posición cerrada, después de lo cual se juntarán los cinco cabezales registradores del grupo I de cualquier manera deseada, tal como en paralelo, en serie, en serie-paralelo, y se acoplarán los cinco canales registradores juntos con los alambres 44 que conducen al cabezal registrador 45 del grupo II, después de lo cual el compuesto de todos los canales del grupo I es registrado en el canal 42 del grupo II. Los canales registradores del grupo I pueden ser entonces borrados por medios bien conocidos, quedando todo listo para una repetición de la serie.

De manera similar, una segunda serie de registros se integra en un registro compuesto y se registra en el canal 46 del grupo II, y así sucesivamente hasta llenar todos los canales del grupo II. Estarán ahora almacenados en el grupo II un total de veinticinco registros que pueden formarse en un solo compuesto y registrarse de manera similar en el primer canal de un tercer grupo (que no se representa), o el registro compuesto puede ser fotografiado de manera usual para su análisis geofísico. Se observará que mediante el método arriba esbozado se ha podido registrar e integrar un total de veinticinco registros en sólo diez canales registradores. Si el procedimiento se continua hasta llenar los cinco canales del tercer grupo, se tendrán entonces registrados e integrados 125 registros, usando 15 canales registradores. Este sistema de registrar e integrar por grupos ofrece grandes ventajas enderezadas a hacer posible la integración de un número muy grande de registros individuales en relativamente pocos canales. Un análisis demuestra que si se usan "x" grupos de canales registradores, comprendiendo cada grupo "y" canales, el número total de canales será X veces Y, o XY, mientras que el número de registros que pueden ser integrados será Y elevado a la potencia X o sea y^x .

5

10

15

20

25

30

26 72 76



- catorce -

5 El procedimiento arriba descripto para integrar manualmente los registros es completamente práctico y se ha usado con éxito. Sin embargo, el uso de controles automáticos ofrece grandes ventajas. Los mismos pueden tener una variedad de formas, de las cuales se describen ejemplos en la correspondiente a la patente por aparato registrador que se ha solicitado simultaneamente.

10 Se describirán ahora los elementos básicos implicados en el uso de una pesa cayente como fuente de ondas sísmicas. Con relación a ello se presenta un número de importantes problemas prácticos, cuyas soluciones son muy importantes para hacer de la pesa cayente una fuente práctica de ondas sísmicas. Un grupo de tales problemas comprende el levantamiento y el control de la pesa, con referencia especial a la sincronización exacta de las operaciones. Si bien ciertas de las operaciones esenciales pueden ser controladas a mano, se ha podido asegurar una mayor exactitud de la sincronización y una mayor velocidad de las operaciones mediante el uso de controles automáticos apropiadamente ideados. Entre otras cosas, estos
15 controles deben proveer a las siguientes operaciones en correcto orden de sucesión: (1) levantar la pesa a una altura exacta; (2) sujetar la pesa a la altura apropiada hasta el momento exacto para su soltura; y (3) soltar la pesa en un momento preciso con respecto a la posición del tambor registrador, a fin de asegurar la integración correcta de registros sucesivos. Otro problema surge del hecho de que las condiciones del suelo varían a menudo considerablemente de punto en punto. Habrá variaciones de inclinación, prominencias o depresiones locales, y grados variables de compresibilidad de la tierra superficial blanda. Como consecuencia de estas variaciones ,
20
25
30

267276

- quince -



aunque la pesa se deje caer siempre en el momento apropiado y desde la misma altura, variará el momento en que efectivamente se produzca el impacto contra el suelo, y deben tomarse medidas para evaluar y corregir estos factores variables. Deben tomarse también otras medidas para proveer a otros factores de importancia vital, según se expondrá más adelante.

El presente método mejorado y aparato para la generación de ondas sísmicas mediante una pesa cayente se explicará de manera clara con referencia a las figuras 7 y 8. Haciendo referencia a la figura 7, que representa en elevación una forma elemental de las particularidades principales del sistema elevador, un motor 56 impulsa un tambor elevador 57 por medio de un apropiado engranaje de reducción, ejemplificado aquí por una transmisión a cadena 58 y una rueda dentada 59; esta última, en el momento apropiado de su ciclo operativo, puede ser acoplada al motor 56 o desacoplada del mismo. Un cable elevador 60, adaptado para ser enrollado por el tambor 57, pasa por encima de una garrucha elevada 61 y está asegurado en la pesa 28 que ha de dejarse caer para generar la onda sísmica. Cuando la pesa ha sido levantada a toda su altura, se la puede dejar caer de varias maneras. Por ejemplo, el cable elevador puede ser separado de la pesa por un dispositivo de sujeción controlado a distancia, o la pesa puede ser sujeta por un electroimán de modo que la desexcitación del imán produzca la caída de la pesa. Ambos medios citados han resultado ser adecuados en ensayos prácticos. Otra manera consiste en sujetar la pesa en posición levantada por medio de un freno de control remoto, sobre el malacate, y dejar caer la pesa por soltura de freno, los cuales medios se han elegido para ilustrar las particularidades esenciales de la presente invención.

26 72 76



- dieciseis -

5 Esta forma muy simple de dispositivo elevador, que se ha usado con éxito, se representa en las figuras 7 y 8 y se usará para describir el típico ciclo de operación comprendido por la práctica de la presente invención, y las numerosas técnicas especiales que era necesario desarrollar a fin de hacer una forma de realización práctica de la técnica de pesa cayente para exploraciones sismográficas. En la memoria descriptiva referente a la
10 patente que tiene por objeto la instalación para la aplicación de este método, se hace un estudio completo y detallado del ciclo de caída de pesa referido a la figura 8.

15 Un típico procedimiento para realizar exploraciones sismográficas sobre el terreno, usando el registrador integrador conjuntamente con una pesa cayente como fuente de ondas sísmicas, se ilustra en la figura 9. Un sistema detector de ondas 95, que puede consistir en una sola unidad detectora, o preferentemente puede comprender un número de unidades detectoras espaciadas entre sí y acopladas eléctricamente como una sola unidad, y conectadas por medio de amplificadores convencionales con o sin filtros, está conectado con un registrador integrador montado
20 en el vehículo 96. El camión 97 que lleva la pesa que se deja caer, se sitúa en cualquier punto apropiado con respecto a los detectores, y se conecta con el registrador por medio de los alambres 80, tal como ya se describiera. La distancia que separa el camión que lleva la pesa y los detectores puede variar dentro de amplios límites, pero será por lo común inferior a un kilómetro. La pesa se deja caer de la manera arriba descripta, empezando por ejemplo en la estación de caída 98, y un registro se efectúa y se almacena en una de las bandas magnéticas registradoras. El camión de la pesa se mueve entonces una corta distancia,
25 por lo general entre unos pocos metros y varias decenas



de metros, a la estación 99, y otro registro se efectúa y se registra en un segundo canal registrador. Esta operación se repite cuantas veces se quiera, moviendo con preferencia el camión de la pesa a una nueva posición para cada registro sucesivo, después de lo cual se efectúa un registro compuesto de la manera arriba descrita. Este registro es entonces o bien fotografiado para su análisis geofísico, o bien preferentemente almacenado en un canal de almacenaje para su uso más adelante.

10 El mover el camión de la pesa, u otra fuente de ondas sísmicas, después de cada caída, es una particularidad importante de la presente invención. Si este movimiento se mantiene dentro de límites apropiados el tiempo que, en las sucesivas caídas, inviertan las ondas reflejadas en llegar
15 a los detectores a partir del momento de la caída de la pesa será sensiblemente el mismo, dentro de límites tolerables, de modo que se integrarán eficazmente cuando se efectúa el registro compuesto, mientras que las ondas que se desplazan horizontalmente, provenientes de las caídas sucesivas, estarán
20 tan fuera de fase que no se integrarán, y en realidad a menudo se interferirán entre sí y se anularán mutuamente. Por lo tanto, integrando un gran número de registros efectuados de la manera arriba descrita, se pueden eliminar en una amplia
25 medida en el registro compuesto final las perturbaciones naturales del suelo y las ondas que se desplazan horizontalmente, ya mencionadas más arriba en la presente, obteniéndose una mejora muy grande en la apreciación de los datos utilizables de los registros. El número de registros que deben ser integrados a fin de producir un registro compuesto satisfactorio, varía grandemente, según las dificultades que se pre-



senten en cada localidad. En algunas áreas, donde los puntos del subsuelo son favorables, podrán bastar sólo cinco o diez integraciones, mientras que en otras áreas tal vez se necesiten hasta cien o más integraciones.

5 La extensión del movimiento de la pesa entre caídas sucesivas, así como el diagrama de tales movimientos es importante. Por lo general, si las condiciones son tales que basta un número pequeño de caídas, se prefiere dejar caer la pesa en puntos que se encuentran aproximadamente a lo largo de una línea recta que puede ir en cualquier dirección, pero que va preferentemente más o menos en la dirección de las estaciones detectoras, tal como lo indican los puntos de caída consecutivos 98, 99, 100, etc. Empero, si se requiere un número mucho mayor de caídas, se prefiere disponer los puntos de caída sobre un área, tal como por ejemplo sobre el área abarcada por el rectángulo 101, tal como se representa en la figura 10. Esto permite usar un gran número de caídas sin demasiada dispersión lateral, con el fin de permitir una integración eficaz de las ondas que se desplazan verticalmente, manteniendo a la vez un grado suficiente de espaciado entre las caídas consecutivas para que el procedimiento de integración pueda suprimir eficazmente las ondas que se desplazan horizontalmente y los ruidos del suelo. Sin embargo, esto está sujeto a las limitaciones que más adelante se consignan. Por lo general, 15 cuanto más grande sea la separación de las caídas individuales, tanto más eficaz será la supresión de las molestas ondas que se desplazan horizontalmente. Empero, si esta separación es demasiado grande, las ondas que se desplazan verticalmente no se integran eficazmente.

20 25 30 Los factores cuantitativos en este problema pueden ponerse en claro con referencia a la figura 11. Si una estación detectora está situada en 102 y la fuente de ondas sísmicas



está en 103, un análisis geométrico revela claramen-
mitaciones en cuestión. Si designamos la distancia entre el
detector 102 y la fuente sísmica 103 con "x", la profundidad
del horizonte reflector con "h", y si la distancia total reco-
rrida por el rayo reflejado al desplazarse desde la fuente
fuente 103 hasta el detector 102 por vía del punto reflector
104 se llama "l", derivamos las siguientes fórmulas:

$$l = \sqrt{x^2 + 4h^2} \quad (1)$$

Si "v" es la velocidad promedio de la onda, luego el
tiempo del recorrido es:

$$t = \frac{l}{v} = \frac{\sqrt{x^2 + 4h^2}}{v} \quad (2)$$

A fin de ilustrar el uso de esta ecuación, se consig-
na a continuación una tabla de valores calculados con cier-
tas suposiciones de valores numéricos que, según lo demuestra
la experiencia, se encuentran a menudo. Como ejemplo especí-
fico, supongamos que la profundidad "h" del horizonte reflec-
tor sea 2133,6 metros; la velocidad 3048 metros por segundo;
y que la distancia "x" entre la estación detectora y la esta-
ción de caída se haga variar en espacios de 30,48 metros, sien-
do de 457,2 metros la distancia máxima y de 152,4 metros la
mínima. Substituyendo estos valores en la ecuación 2 obtenemos
los datos consignados en la Tabla 1, siendo "t" el tiempo del
recorrido en segundos a lo largo del recorrido de la onda re-
flejada.

Tabla 1

<u>x</u>	<u>t</u>
457,20	1.4081
426,72	1.4070
396,24	1.4060



Tabla 1 (continuación)

	X	t
	365,76	1,4051
	335,28	1,4043
5	304,80	1,4036
	274,32	1,4029
	243,40	1,4023
	213,36	1,4017
	182,88	1,4013
10	152,40	1,4009

El cambio total en el tiempo del recorrido es la diferencia entre las cifras primera y última en la segunda columna, y ésta es de 0,0072 segundos o 7,2 milisegundos. Si hacemos un compuesto de los registros representados en la Tabla 1 estaremos realizando una superposición de vectores, y se aplican los principios de análisis vectorial. Se comprenderá, pues, fácilmente que si dos vectores difieren en fase en considerablemente menos que 90 grados, la suma será muy eficaz, mientras que si el ángulo de fase es mucho mayor que 90 grados, la eficacia de la integración decaerá rápidamente. Para fines prácticos podemos considerar un desplazamiento de 90 grados, o un cuarto de una longitud de onda, como máximo que se integra con eficacia satisfactoria. Si ahora suponemos que la frecuencia de los registros es de unos 35 ciclos por segundo, un valor que se presenta comúnmente, la longitud de onda será de unos 28 milisegundos, y un cuarto de longitud de onda será de unos 7 milisegundos. Esto es muy importante con relación al uso del registrador integrador, y proseguiremos el análisis a fin de desarrollar una base satisfactoria para el uso del registrador integrador sobre prácticamente todas las gamas de profundidad encon-



tradas en los trabajos de exploración práctica. Suponien-
do que se desee utilizar una extensión de las estaciones
de caída sobre la gama de 152,40 metros hasta 457,20 me-
tros, tal como supuesta arriba, calcularemos ahora las va-
riaciones en el tiempo de llegada de los fenómenos refle-
jados a partir de los horizontes reflectores, sobre toda la
gama de profundidades que son de importancia comercial. Es-
tos valores son calculados a partir de la ecuación 2 y
se consignan en la Tabla 2 en la cual "h" es la profundi-
dad en metros de los diversos horizontes reflectores, y
 Δt , indicado en la columna I, es la diferencia en tiempo,
en milisegundos, de la llegada de los fenómenos reflejados
a partir de las caídas en las estaciones de caída más ale-
jada y más cercana, a saber 152,40 metros la más cercana y
457,20 metros la más alejada. Tal como antes, "v" se toma
como 3048 metros por segundo.

Tabla II	h	I Δt	II $\Delta t-7,1$	III $\Delta t-10,4$
	762	19,6	12,5	9,2
	914,40	16,4	9,3	6,0
20	1066,80	14,1	7,0	3,7
	1219,20	12,4	5,3	2,0
	1371,60	11,0	3,9	0,6
	1524	9,9	2,8	-0,5
	1828,80	8,7	1,6	-1,7
25	2133,60	7,1	0,0	-3,3
	2438,40	6,2	-0,9	-4,2
	2743,21	5,5	-1,6	-4,9
	3048,01	5,0	-2,1	-5,4
	3657,60	4,2	-2,9	-6,2
30	4572	3,4	-3,7	-7,0



Por razones señaladas más arriba, si la diferencia de tiempo Δt señalada en la Tabla 2 excede unos 7 milisegundos, el proceso de integración será ineficaz. Esto significa que si se sigue el procedimiento arriba esbozado puede trabajarse eficazmente en horizontes de reflexión a una profundidad de unos 2133,6 metros o más, dado que a estas profundidades el desplazamiento de los sucesos reflejados en el tiempo es inferior a un cuarto de longitud de onda. A profundidades menores, los desplazamientos en el tiempo aumentan rápidamente de modo que la integración es insatisfactoria. Sin embargo, los horizontes en la gama de profundidad entre aproximadamente 914,4 o 1219,2 metros y 2133,6 metros son de gran importancia, de modo que es necesario encontrar medios para ampliar el alcance de la operación. Se ha ideado ahora una técnica de procedimiento que amplía grandemente la zona de integración eficaz, y la misma se describirá a continuación.

Haciendo referencia a la figura 9, en la cual 95 representa la estación detectora, se supone que haya una serie de estaciones de caída 98, 99, 100 y subsiguientes, espaciadas de manera más o menos uniforme a lo largo de una línea que puede ir en cualquier dirección, pero a los fines de la presente exposición se supone que esté en línea con la estación detectora 95. A fin de continuar el análisis presentado más arriba, se supone que la más cercana de estas estaciones de caída esté a 152,4 metros de la estación detectora y que la más alejada esté a 457,2 metros, a partir de la misma. Se puede empezar a dejar caer la pesa en cualquiera de los extremos de la zona de caída, de modo que supongamos que se empiece en la estación de 457,2 metros. Cuando la pesa se de

207276



ja caer en este punto, el tiempo requerido para que la onda reflejada a partir del horizonte de 2133,6 metros llegue a la estación detectora, se desprende de la Tabla 1. Si ahora la pesa se mueve al siguiente punto de caída más cerca de la estación detectora, será evidente que el tiempo de recorrido de la onda reflejada será levemente menor que en la primera estación, de modo que las dos ondas no estarán exactamente en fase y por lo tanto no se integrarán con máxima eficacia. Supóngase, para fines ilustrativos, que la pesa se deje caer primero en la estación de 457,2 metros y luego en la estación de 426,72 metros y que se la deje caer desde la misma altura y en la misma posición del tambor registrador. Haciendo referencia a la Tabla 1 se puede ver que para el horizonte de 2133,6 metros el segundo fenómeno llega a los detectores aproximadamente un milisegundo más temprano que el primero, y a medida que procedemos a lo largo de la línea esta diferencia aumenta progresivamente, aunque a un régimen decreciente. Empero, si el interruptor de contacto 83, de la figura 8, que deja caer la pesa, está montado de modo que puede ser movido levemente en una dirección tangencial, y si tal movimiento se efectúa después de la primera caída pero antes de la segunda, y si la cantidad y la dirección del movimiento son tales que la segunda caída se produce un milisegundo más tarde que la primera, entonces los fenómenos reflejados a partir de ambas caídas llegarán a los detectores en la misma relación de fase, y la integración tendrá su máxima eficacia. Este procedimiento puede hacerse continuar a todo lo largo de la línea de caídas, desde la estación de 457,2 metros hasta la estación de 152,4 metros, reajuntando el interruptor de caídas 83 en los intervalos apropiados para hacer entrar en estrecha coincidencia de fase los fenómenos reflejados a partir de algún horizonte. No es necesario reajustar el contacto de caídas 83 después de

5

10

15

20

25

30



267276

5

10

15

20

25

30

cada caída, sino solamente en los intervalos que fuere necesarios para impedir un desplazamiento excesivo de fase de las ondas reflejadas. Por ejemplo, si las estaciones de caída están apartadas entre sí, pongamos por caso, de 6,09 hasta 7,62 metros, se prefiere reajustar el contacto de caídas 83 aproximadamente una vez por cada cinco caídas. Este procedimiento mantiene el desplazamiento de fase tan reducido que la integración de todos los sucesos reflejados a partir de algún horizonte, tal como supuesto aquí, será virtualmente perfecta. Sin embargo, se observará que el reajuste del contacto de caídas 83 de la manera aquí descrita, desplazará la fase del fenómeno reflejado no solamente a partir del horizonte de 2133,6 metros, sino a partir de todos los demás horizontes. Corresponde ahora examinar este problema para determinar el efecto que tienen sobre la integración los fenómenos reflejados a partir de otros horizontes.

Si el contacto de caídas ha sido reajustado progresivamente de modo que todos los fenómenos provenientes del horizonte de 2133,6 metros (o cualquier otro que se elijere) lleguen al mismo tiempo y en la misma fase, se desprende de la Tabla 2 que se ha causado un retraso total de 7,1 milisegundos entre las estaciones terminales de la línea de caídas, y este mismo desplazamiento se aplica a las ondas provenientes de todos los demás horizontes. Por lo tanto, restamos 7,1 milisegundos de cada una de las cifras en la columna II; se observará de inmediato el efecto que tienen sobre la eficacia de la integración de los fenómenos provenientes de todos los horizontes. Estas cifras se consignan en la columna II de la Tabla 2. Suponiendo siempre



que una desviación en fase de un cuarto de longitud de
da, o aproximadamente 7 milisegundos, sea permisible sin
reducir seriamente la eficacia de la integración, se obser
vará en seguida que el procedimiento de reajustar progresi
vamente el interruptor de caídas 83, arriba descrito, ha
ampliado grandemente el alcance del trabajo eficaz. Mien
tras que en la columna I, tomada sin reajustar el interrup
tor de caídas, solamente los horizontes por debajo de
2133,6 metros están comprendidos en la zona de trabajo efi
caz, se desprende de la columna II que el reajustar el in
terruptor de caídas en cantidades adecuadas para proporcio
nar un desplazamiento de tiempo total de 7,1 milisegundos,
hace entrar en esta zona todos los horizontes debajo de
1066,8 metros aproximadamente. Los datos demuestran que se
puede ir más lejos aún, e impartiendo al interruptor de
caídas un movimiento mayor aún, de modo que se logre un des
plazamiento de tiempo total de 10,4 milisegundos, la gama
del trabajo eficaz puede ser extendida a todos los horizon
tes a una profundidad debajo de 823 metros aproximadamente.
Esto lo indican los datos en la columna III de la Tabla 2.
Es obvio que tiene aplicación el mismo principio que el a
rriba expuesto, sea cual fuere la distancia entre las caí
das o la longitud de onda. Sin embargo, en el caso de mayo
res distancias entre caídas que las que aquí se suponen, y
con longitudes de onda más cortas, llegan a ser necesarias
otras técnicas, tales como las expuestas en la solicitud de
patente estadounidense número de serie 423,347, presentada
el 15 de abril de 1954.

En el procedimiento arriba descrito, para dejar caer
la pesa, el mecanismo de soltura que permite la caída de la



5 pesa, es disparado por el tambor registrador rotativo e
pre en el mismo punto en su revolución, tal como se represen
ta en la figura 8, sujeto por supuesto a las desviaciones in
tencionadas, arriba descritas. La finalidad de ello consiste
10 evidentemente en hacer que los sucesos reflejados a partir
de caídas repetidas lleguen al registrador sensiblemente
siempre en la misma fase, de modo que haya una integración
eficaz. Sin embargo, la soltura de la pesa siempre en el mis
mo punto en la rotación del tambor no bastará por sí sola
15 para lograr el resultado deseado. Independientemente del mo
mento en que es soltada la pesa, y de la altura de que cae,
la onda sísmica es generada cuando la pesa realmente da con
tra el suelo firme. En la práctica son varios los factores
que intervienen para causar variaciones en el momento de la
20 generación real de la onda sísmica aunque la señal de caída
se repite siempre exactamente en el momento apropiado. Entre
otras causas, la masa y la fricción en el mecanismo de desen
ganche causan variaciones en el tiempo entre la señal de caí
da y la soltura real de la pesa. Otra causa de variación en
25 el tiempo de la generación de la onda sísmica es inevitable
mente la variación en la altura de la caída. Esto se ilustra
en la figura 12. Debido a irregularidades del terreno, una
rueda del vehículo que lleva la pesa puede descansar un pun
to alto local tal como en 108, levantando así la pesa un po
co más de lo normal. Esta diferencia puede ser agravada por
30 una depresión local inmediatamente debajo de la pesa 28. Así
la distancia real que debe recorrer la pesa al caer puede
variar en la práctica hasta en 13 o 15 cm. lo que trae con
sigo variaciones en el tiempo de caída de quince o veinte
milisegundos. Además, aun en superficies lisas, así como



también en otras partes, el carácter de las capas su-
ciales del suelo varía considerablemente de punto en punto.
Cuando hay rocas duras muy cerca de la superficie, el sue-
lo cede muy poco, excepción hecha de los desplazamientos
5 elásticos causados por la pesa cayente, de modo que la dis-
tancia eficaz que recorre la pesa al caer será substancial-
mente idéntica a la distancia medida desde la altura de la
pesa levantada hasta la superficie del suelo. En otros pun-
tos puede haber una capa blanda inelástica de material de
10 superficie, cuyo espesor puede variar hasta un decímetro o
más. Un campo arado representa un caso extremo de esta con-
dición. Cuando la pesa cayente empieza primero a comprimir
este material, encontrará muy poca resistencia y por lo tan-
to no impartirá al suelo ningún impacto apreciable en el
15 momento de contacto. Empero, cuando el material blando es
comprimido, es rápidamente compactado en una medida que lo
hace adoptar repentinamente un alto grado de incompresibi-
lidad. Es en este momento cuando se produce el impacto efi-
caz de la pesa y se genera la onda sísmica. Dado que la pe-
20 sa se ha movido con una velocidad moderada, la compresión
de esta capa inelástica da por resultado que el impacto se
desarrolla más tarde de lo que hubiese sido el caso si no
hubiera existido ninguna capa inelástica. La experiencia
demuestra que las susodichas causas de variación del tiem-
25 po de impacto se presentan tan a menudo que es la regla,
más bien que la excepción, el que registros sucesivos es-
tén tan fuera de fase que se produzca poca integración efi-
caz de los fenómenos correspondientes. De ahí resulta
que, a fin de hacer del método de la pesa cayente una téc-
30 nica que se pueda aplicar en la práctica, es necesario e-



5 valuar los susodichos factores variables y eliminar sus efectos de los registros. Se ha ideado un sistema electrónico comprobador y controlador que detecta y mide la suma de todas las variaciones de tiempo que se producen a raíz de cualquiera o todas las causas entre la transmisión de la señal de desenganche de la pesa y la generación real de la onda sísmica. Además, este sistema hace entrar en acción automáticamente factores compensadores que resultan para hacer entrar en muy estrecha coincidencia de fase todos los fenómenos de los registros sucesivos, de modo que se produce una integración eficaz, sin 10 cuidar de la causa ni del grado de las variaciones de tiempo que puedan ocurrir en la generación de la onda sísmica. Este sistema se describirá ahora.

15 Esencialmente, el sistema de control comprende los siguientes elementos básicos: (1) Un dispositivo detector de impactos que determina el tiempo exacto de la generación de la onda sísmica y coopera en la corrección y evaluación de todas las variaciones que se produzcan con respecto a la norma establecida; (2) Un dispositivo medidor que mide la desviación producida con relación a la norma establecida para el tiempo transcurrido entre la señal de desenganche de la pesa 20 y la generación real de la onda sísmica; y (3) Una disposición de corrección que desplaza la fase de todos los fenómenos sísmicos entrantes en una cantidad suficiente para corregir las desviaciones en el tiempo de la generación de la onda sísmica, después del accionamiento de la señal de soltura de la pesa, proporcionando así una integración virtualmente perfecta de registros sucesivos. Se han ideado varias maneras de utilizar los principios arriba enumerados, en combinación, para 25 alcanzar el objetivo indicado. La manera en que esto se

30



realiza queda descrito en la memoria que se acompaña a :
licitud de patente por la instalación para poner en ejecución
este método.

5 Ya se ha mencionado arriba que la forma de la pesa 28
es importante. Un motivo de ello se ilustra en la figura 13.
Frecuentemente la pesa se dejará caer sobre un área donde exis-
té una considerable diferencia en la compresibilidad del suelo
bajo un lado de la pesa en comparación con el otro lado. Esta
condición se presenta a menudo y puede atribuirse a causas ta-
10 les como la presencia de rocas locales y otras formaciones du-
ras tal como en 109, o a la existencia de una capa de suelo no
compactado 110 que es considerablemente más gruesa bajo un la-
do de la pesa que bajo el otro. Cuando existen estas condicio-
nes, la pesa, al caer, se hundirá más en un lado que en el otro.
15 Esto produce un movimiento rotativo en torno a un eje geométri-
co horizontal, tal como lo indica la flecha 111. Siendo la ve-
locidad de la pesa 28 al comienzo del impacto harto elevada,
se creará un substancial componente horizontal de velocidad en
las porciones superiores de la pesa. Esto tiende a causar el pa-
20 tinaje y la rotación de la pesa en dirección del componente ho-
rizontal de velocidad. Si la pesa es demasiado alta, se dará
vuelta completamente. Estos movimientos secundarios de la pesa
producen no solamente serios impactos secundarios sino que in-
terrompen a menudo el ciclo de operaciones cuando la pesa se
25 da vuelta. Se ha encontrado que estos inconvenientes se pueden
reducir al mínimo, diseñando la pesa 28 de tal modo que las di-
mensiones laterales son grandes con respecto a la altura del
centro de gravedad encima de la base de la pesa. Más especifi-
camente, se ha encontrado que este inconveniente se elimina
30 completamente si la menor dimensión horizontal de la pesa 28,



o sea su base 113, es mayor que dos veces la distancia de dicha base al centro de gravedad 112 de la pesa. El mecanismo móvil de caída de la pesa se describe en la memoria correspondiente a la patente por la instalación para poner en ejecución este método.

Si bien se ha descrito lo que actualmente se considera ser la forma preferida de realización de la presente invención, se comprenderá, desde luego, que se pueden efectuar muchas modificaciones en la misma; y por lo tanto se contempla amparar mediante las reivindicaciones adjuntas todas las modificaciones que están comprendidas por el verdadero alcance y espíritu del presente método.

NOTA DE REIVINDICACIONES

Se reivindica como propio y nuevo en España a favor de la firma Robert H. Ray International, Inc., lo especificado en las siguientes reivindicaciones:

PRIMERA.—Método de exploración geofísica por generación y registro de ondas sísmicas, mediante el uso de una estación detectora y una pluralidad de estaciones de impacto dispuestas en relación mutuamente espaciada, el cual método comprende producir por orden de sucesión una pluralidad de acciones, que inviertan tiempo, respectivamente en cada una de dichas estaciones de impacto, sometiendo así por orden de sucesión el suelo en las mismas a una correspondiente pluralidad de sacudidas sísmicas; detectar en la estación detectora las ondas sísmicas que llegan sucesivamente provenientes de dichas sucesivas sacudidas sísmicas; desplazar de acuerdo con los tiempos invertidos en dichas acciones la fase de tiempo de las ondas sísmicas correspondientes detectadas; producir una pluralidad de registros individuales, a partir de dichas ondas sísmicas correspondientes detectadas después del referido desplazamiento de la fase de tiempo de las mismas ,



los cuales registros individuales contienen unos primeros componentes substancialmente en fase, representativos de datos deseables, y unos segundos componentes substancialmente fuera de fase, representativos de datos indeseables; y producir luego un registro compuesto de dichos registros individuales de modo que dichos primeros componentes en dichos registros individuales aparezcan substancialmente reforzados en el registro compuesto y de modo que dichos segundos componentes en dichos registros individuales aparezcan substancialmente atenuados en dicho registro compuesto.

SEGUNDA.- Método de exploración geofísica por generación y registro de ondas sísmicas que comprende una estación principal y una estación subordinada apartada de aquella y con ella relacionada; el cual método comprende transmitir en un primer momento una señal de iniciación desde dicha estación principal a dicha estación subordinada, iniciar en respuesta a dicha señal de iniciación una acción subsiguientemente productora en un segundo momento de una sacudida de la tierra en dicha estación subordinada, estando el intervalo de tiempo de dicha acción sujeto a una variación limitada, transmitir en dicho segundo momento una señal de sacudida desde dicha estación subordinada a dicha estación principal, establecer de acuerdo con el intervalo de tiempo transcurrido entre dicho primer momento y dicho segundo momento una correspondiente cifra de alteración, detectar la onda sísmica proveniente de dicha sacudida de tierra en dicha estación subordinada, alterar de acuerdo con dicha cifra de alteración establecida la referida onda sísmica detectada, y registrar dicha onda alterada para producir un registro de onda correspondientemente alterado.



TERCERA.- El método expuesto en la reivindicación 2, en el cual la referida alteración de dicha onda sísmica detectada consiste esencialmente en el desplazamiento de la fase de tiempo de la misma.

5 CUARTA.- El método expuesto en la reivindicación 2, en el cual la referida acción consiste esencialmente en dejar caer una pesa al suelo desde una altura del mismo substancialmente fija, de modo que dicha onda es producida como resultado del impacto de la pesa contra el suelo, y dichas
10 señales de iniciación e impacto son de carácter eléctrico requiriéndose intervalos de tiempo de importancia despreciable en la transmisión de las mismas entre dichas estaciones.

QUINTA.- Método de exploración geofísica por generación y registro de ondas sísmicas mediante el uso de una estación
15 detectora fija, una estación registradora, y una pluralidad de estaciones de impacto; el cual método comprende golpear la superficie del suelo por orden sucesivo en cada una de dichas estaciones de impacto con una correspondiente pluralidad de impactos, teniendo cada cual una intensidad
20 substancialmente fija y suficientemente baja para no tensionar más allá de su límite elástico cualquier cantidad substancial del medio terroso adyacente, a fin de producir una correspondiente pluralidad de sacudidas sísmicas substancialmente idénticas y por orden de sucesión en dichas esta
25 ciones de impacto; situar las sucesivas estaciones de impacto a distancias substanciales entre sí para diversificar las condiciones del subsuelo entre dichas estaciones de impacto y la estación detectora fija, detectar en dicha estación detectora las ondas sísmicas que llegan por orden
30 sivo provenientes de dichas sacudidas sísmicas sucesivas;



5 producir una pluralidad de ondas de registro individuales a partir de las correspondientes ondas sísmicas detectadas ya citadas, las cuales ondas de registro individuales contienen unos primeros componentes, substancialmente en fase, representativos de datos deseables, y unos segundos componentes, substancialmente fuera de fase, representativos de datos indeseables, y producir luego una onda de registro compuesta de dicha pluralidad de ondas de registro individuales, de modo que dichos primeros componentes en
10 dichas ondas de registro individuales son substancialmente reforzados en dicha onda de registro compuesta, y de modo que dichos segundos componentes en dichas ondas de registro individuales son substancialmente atenuados en dicha onda de registro compuesta.

15 SEXTA. - Método de exploración geofísica según la reivindicación 5, en el cual dicha producción de la referida pluralidad de ondas de registro individuales comprende esencialmente, registrar las mismas en una correspondiente pluralidad de canales magnéticos de registro individuales,
20 y en el cual dicha producción de la referida onda de registro compuesta de dicha pluralidad de ondas de registro individuales comprende esencialmente transferir simultáneamente dicha pluralidad de registros magnéticos desde dicha pluralidad de canales magnéticos de registro individuales y registrar la resultante onda de registro compuesta.

25 SEPTIMA. - Método de exploración geofísica por generación y registro de ondas sísmicas mediante el uso de una estación detectora fija, una estación registradora, y una pluralidad de estaciones de impacto; el cual método comprende dejar caer sobre la superficie del suelo por orden sucesivo
30



5 en cada una de dichas estaciones de impacto la misma masa de tamaño fijo predeterminado desde substancialmente la misma altura por encima del suelo, a fin de producir una correspondiente pluralidad de sacudidas sísmicas substancialmente idénticas y por orden sucesivo, en dichas estaciones de impacto; hacer variar la distancia entre las sucesivas estaciones de impacto y la estación detectora fija en una cantidad substancial para diversificar la fase de tiempo de las ondas que se desplazan horizontalmente provenientes de dichas sacudidas sísmicas sucesivas; detectar en dicha estación detectora las ondas sísmicas que llegan por orden de sucesión provenientes de dichas sacudidas sísmicas sucesivas; producir una pluralidad de ondas de registro individuales a partir de las correspondientes ondas de dichas ondas sísmicas detectadas, las cuales ondas de registro individuales contienen unos primeros componentes substancialmente en fase, representativos de datos deseables, y unos segundos componentes substancialmente fuera de fase, representativos de datos indeseables; y producir luego una onda de registro compuesta de dicha pluralidad de ondas de registro individuales de modo que dichos primeros componentes en las referidas ondas de registro individuales aparecen substancialmente reforzados en dicha onda de registro compuesta y de modo que dichos segundos componentes en las referidas ondas de registro individuales aparecen substancialmente atenuados en dicha onda de registro compuesta.

10

15

20

25

OCTAVA.- El método expuesto en la reivindicación 7, en el cual cada una de dichas estaciones de impacto está espaciada a partir de las estaciones de impacto adyacentes en una distancia del orden aproximado de 7,62 hasta 30,48 m.

30

NOVENA.- Método de exploración geofísica por generación y re



gistro de ondas sísmicas mediante el uso de una estación principal y una estación subordinada; el cual método comprende transmitir una señal de iniciación desde dicha estación principal a dicha estación subordinada, iniciar en respuesta a dicha señal de iniciación una acción que somete el suelo a una sacudida sísmica, estando el intervalo de tiempo de dicha acción, entre dicha señal de iniciación y dicha sacudida, sujeto a una variación limitada; establecer un intervalo de tiempo normal para dicha acción; establecer la desviación en el intervalo de tiempo de dicha acción con respecto a dicho intervalo de tiempo normal; detectar la onda sísmica proveniente de dicha sacudida sísmica, y retardar el registro de la onda sísmica detectada durante un intervalo de tiempo proporcional a la referida desviación de tiempo establecida.

DECIMA.- Método de exploración geofísica por generación y registro de ondas sísmicas mediante el uso de una estación detectora, una estación registradora y una pluralidad de estaciones de impacto espaciadas, que comprende: iniciar por orden de sucesión una pluralidad de acciones respectivamente en cada una de dichas estaciones de impacto, que someten por orden de sucesión el suelo a las correspondientes sacudidas sísmicas, detectar en dicha estación detectora las ondas sísmicas que llegan por orden de sucesión provenientes de dichas sacudidas sísmicas, iniciar por orden de sucesión el registro, en dicha estación registradora, de dichas ondas detectadas después de la iniciación de dichas respectivas acciones productoras de sacudidas, a fin de producir ondas de registro individuales; hacer variar el tiempo de la iniciación de las respectivas acciones productoras de sacudidas con relación a la iniciación del registro de las mismas, de acuerdo con variaciones en la distancia entre las respectivas estaciones de impacto y la estación detectora,



de suerte que existan entre dichas ondas de registro individuales estrecha coincidencia de tiempo, y producir luego una onda de registro compuesta a partir de dichas ondas de registro individuales.

5 UNDECIMA.- Método de exploración geofísica por generación y registro de ondas sísmicas mediante el uso de una estación detectora y una pluralidad de estaciones de impacto dispuestas en relación mutua y apartadas una de otra, el cual método comprende dejar caer por orden sucesivo sobre
10 el suelo una pesa fija desde una altura substancialmente fija, respectivamente en cada una de dichas estaciones de impacto, de modo que el suelo se someta en las mismas, en orden sucesivo, a una correspondiente pluralidad de sacudidas sísmicas; establecer un intervalo normal del tiempo de caída, medir la desviación en los intervalos reales del tiempo de caída en las respectivas estaciones de impacto, con respecto al referido intervalo normal del tiempo de caída; detectar en dicha estación detectora las ondas sísmicas que llegan por orden sucesivo provenientes de
15 dichas sacudidas sísmicas sucesivas producidas en cada una de dichas estaciones de impacto, retardar el registro de las ondas sísmicas detectadas por orden sucesivo en los correspondientes intervalos de tiempo proporcionales a las desviaciones en dichos intervalos reales del tiempo de caída con respecto al intervalo normal establecido del tiempo de caída, para producir a partir de dichas ondas sísmicas detectadas una correspondiente pluralidad de registros individuales, los cuales registros individuales contienen unos primeros componentes substancialmente en fase, representativos de datos deseables, y unos segundos componentes
20
25
30



5 substantialmente fuera de fase, representativos de datos
indeseables, y producir luego un registro compuesto de di-
chos registros individuales de modo que dichos primeros
componentes en dichos registros individuales aparecen subs-
tancialmente reforzados en dicho registro compuesto y de
modo que dichos segundos componentes en dichos registros
individuales aparecen substantialmente atenuados en dicho
registro compuesto.

10 DUODECIMA.- METODO DE EXPLORACION GEOFISICA POR GENERACION
Y REGISTRO DE ONDAS SISMICAS.

Tal y como se deja descrito en la memoria preceden-
te que consta de treinta y siete hojas foliadas y mecano-
grafias por una sola de sus caras y 4 de planos.

15 Madrid a siete de Mayo de mil novecientos
sesenta y uno.

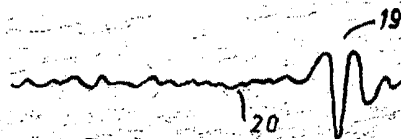
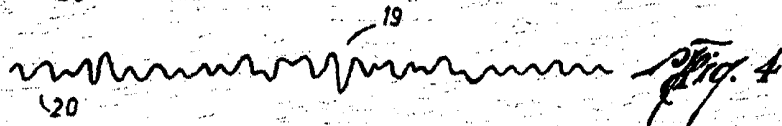
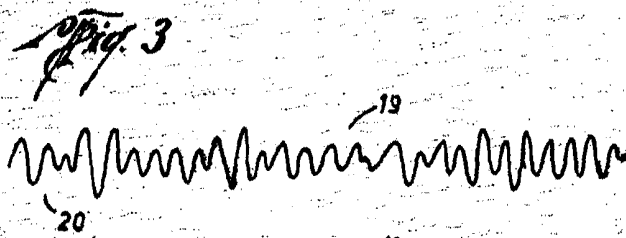
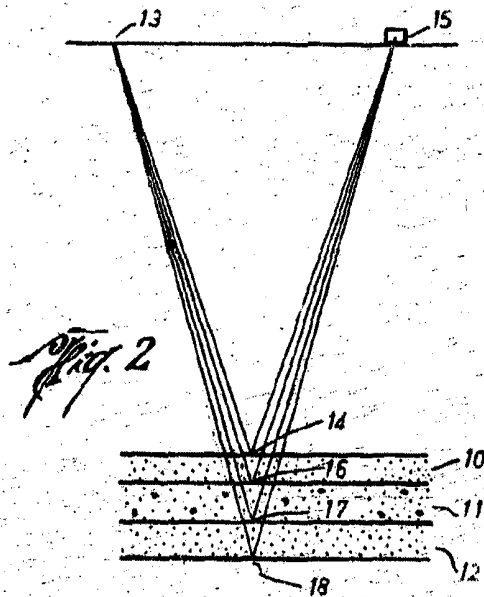
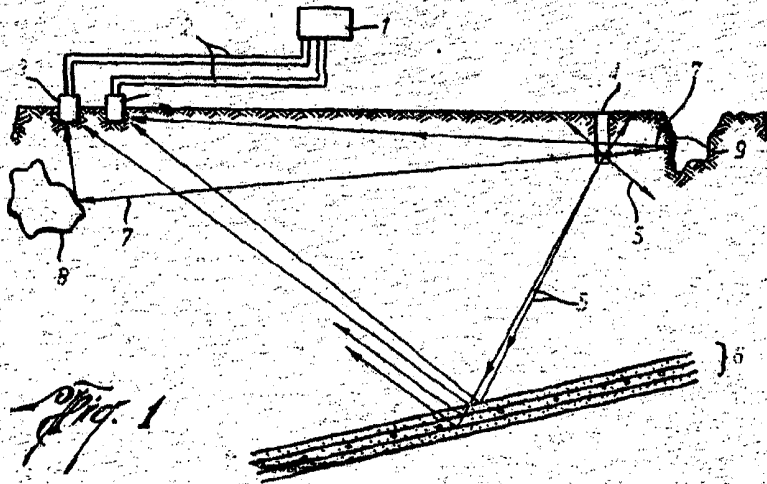
P. A. de la firma Robert H. Ray Inter-
national, Inc.

Victor Gil Vega

26 72 76

ROBERT H. RAY INTERNATIONAL, INC.

4 hojas. Hoja nº 1



Escala variable.
Madrid, 27 Abril 1. 961
P. A.

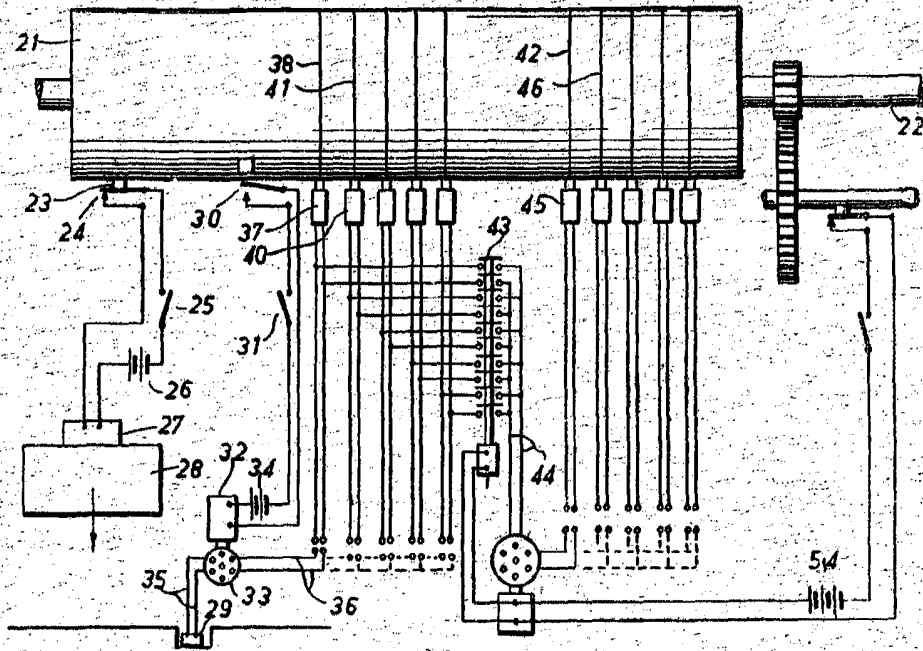


Fig. 6

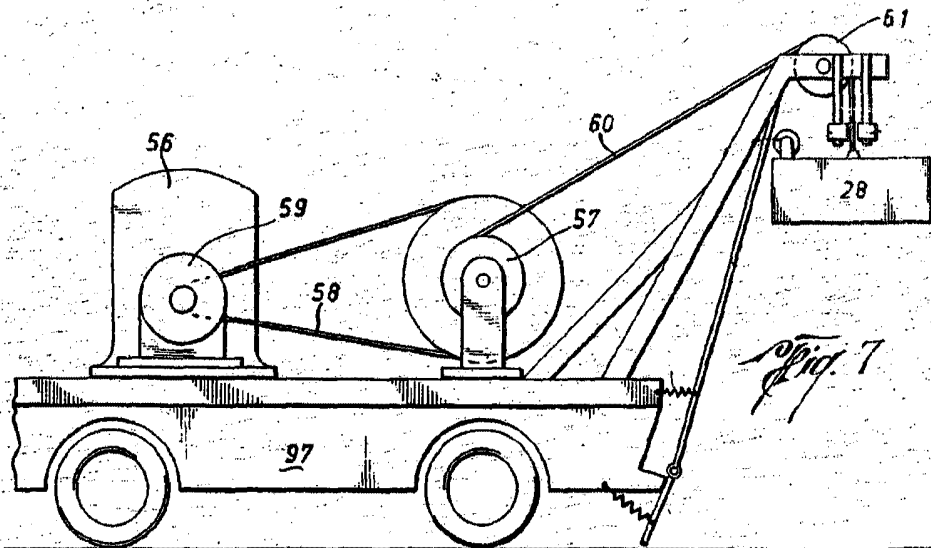


Fig. 7

Escala variable.
Madrid, 27 Abril 1. 961
P. A.



267276

ROBERT H. RAY INTERNATIONAL, INC.

4 hojas. Hoja nº 3

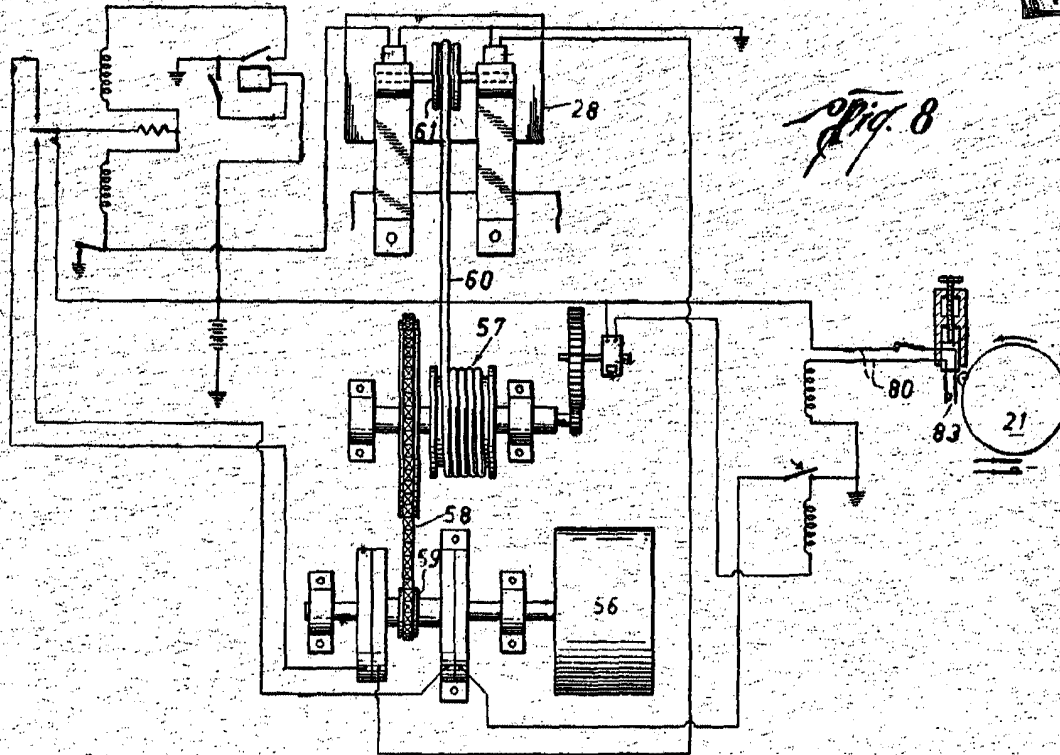


Fig. 8

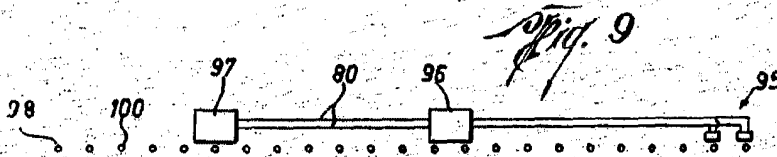


Fig. 9

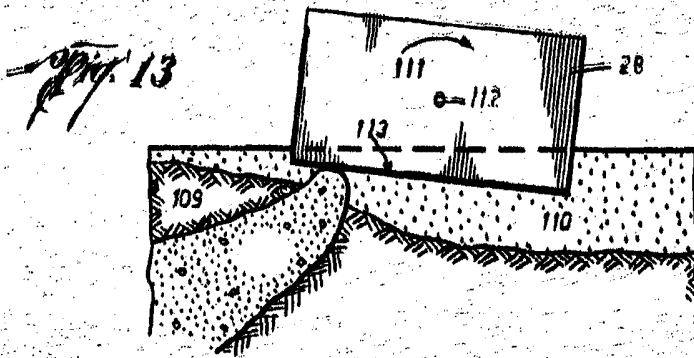
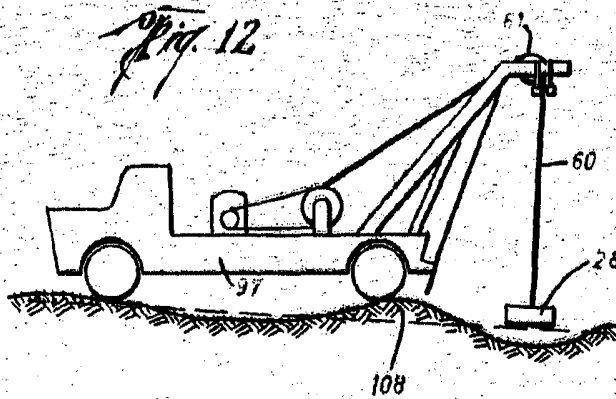
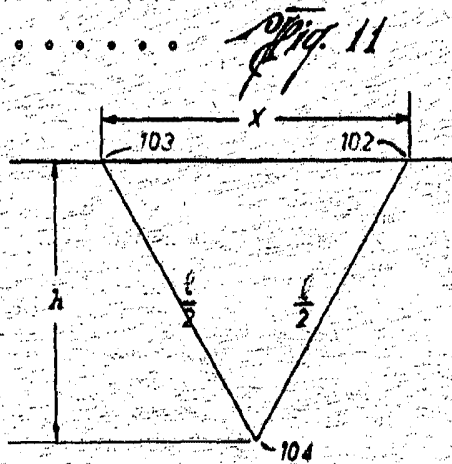
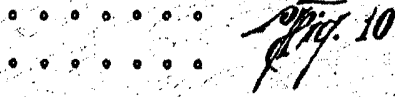
Escala variable.
Madrid, 27 Abril 1. 961
P. A.

26 72 76

ROBERT H. RAY INTERNATIONAL, INC.

4 hojas. Hoja nº 4.

26 72 76



Escala variable.
Madrid, 27 Abril 1. 961
P. A.