

198176

MALA REPRODUCCION
POR DEFECTO DEL ORIGINAL



- 4 JUN. 1951

198176

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

en

E S P A Ñ A

por V E I N T E años

en nombre de SCHLUMBERGER WELL SURVEYING CORPORATION, entidad norteamericana, establecida en 2720 Leland Avenue, Houston, Harris, Tejas, EE.UU., por " UN APARATO PARA REGISTRAR LA RESISTIVIDAD ELECTRICA EN POZOS"

Este invento se refiere a métodos y aparatos para registrar la resistividad eléctrica de las formaciones terrestres atravesadas por un pozo perforado en la tierra. Más particularmente se refiere a métodos



198176

5 y aparatos de este carácter, nuevos y perfeccionados, los cuales son capaces de producir registros detallados, relativamente minuciosos, que representan con más exactitud las verdaderas resistividades de las formaciones, especialmente para estratos o capas comparativamente delgados.

10 La práctica corriente en la industria petrolera consiste en hacer registros de la resistividad eléctrica de las formaciones terrestres atravesadas por un pozo, como una función de las profundidades en el pozo. Generalmente tales registros son producidos emitiendo corrientes desde un electrodo que se mueve en el barrenado, y registrando las variaciones en la corriente emitida, o la diferencia de potencial entre un electrodo de potencial situado cerca del electrodo de corriente y un punto de referencia. El presente invento se refiere a métodos y aparatos para registros de pozos de esta categoría general, nuevos y sumamente eficaces, que proveen ventajas inasequibles con los sistemas para registrar pozos, de tipos corrientes, conocidos hasta ahora.

15 20 Uno de los objetos del invento es proveer nuevos métodos y aparatos para registrar la resistividad eléctrica de las formaciones terrestres atravesadas por un pozo, en que la forma de la distribución de la corriente emitida por un electrodo descendido en el barrenado es mantenida sustancialmente inalterada durante un curso o etapa, prescindiendo de las resistividades relativas de las formaciones adyacentes, o de las formaciones y



198176

liquido en el barreno.

5 Otro objeto del invento es proveer nuevos y perfeccionados métodos y aparatos para registro de pozos de la naturaleza susodicha, que sean capaces de registrar estratos delgados con mas precisión que la que ha sido posible hasta ahora.

10 Otro objeto del invento es proveer nuevos y perfeccionados métodos y aparatos para registro de pozos de la naturaleza susodicha, que provean registros que representen con mas exactitud las verdaderas resistividades de las formaciones.

15 Otro objeto del invento es proveer nuevos y perfeccionados métodos y aparatos para registro de pozos de la naturaleza susodicha, que sean capaces de producir registros que delíneen más viva y claramente las variaciones en las resistividades de las formaciones en el barreno.

20 De acuerdo con el invento, se dispone en el barreno por lo menos un electrodo de corriente principal y se emplean mediciones adicionales para obtener el barreno electricamente contra paso o flujo de corriente, por lo menos en un sitio cercano. Esto se realiza pasando corriente al barreno desde un electrodo de corriente auxiliar dispuesto cerca de dicho sitio, y ajustando la intensidad de la corriente emitida por el electrodo auxiliar para hacer que el campo eléctrico resultante (es decir, el campo resultante de la excitación de los electrodos principal y auxiliar) sea sustancial-

25



951

198176

mente cero en dicho sitio. Preferiblemente, el barren-
no es obturado eléctricamente en esta forma en sitios
encima y debajo del electrodo principal. Bajo estas
condiciones no puede haber flujo o paso apreciable de
5 corriente desde el electrodo de corriente principal en
el sentido longitudinal a lo largo del barrenó. En
lugar de eso, la corriente fluye a través de las forma-
ciones circundantes en un sentido sustancialmente per-
pendicular al eje del barrenó a una distancia lateral
10 considerable del mismo.

Preferiblemente se dispone un par o más de
electrodos separados longitudinalmente en sitios en el
barrenó donde se desee un campo sustancialmente cero,
y la diferencia de potencial entre un par, o pares, de
15 electrodos es usada para controlar automáticamente la
intensidad de la corriente emitida por un electrodo de
corriente auxiliar, o electrodos, para mantener dicha
diferencia de potencial sustancialmente en cero.
Como resultado, la distribución de la corriente emiti-
20 da por el electrodo de corriente principal permanece
sustancialmente constante durante una etapa o curso,
prescindiendo de variaciones en la resistividades relati-
vas de formaciones adyacentes o de las formaciones y
del líquido conductor que generalmente está presente en
25 pozos recientemente perforados.

Se obtienen indicaciones de las resistividades
eléctricas de las formaciones circundantes de un pozo
a profundidades diferentes, registrando la diferencia

198176



5 de potencial entre un punto cercano o en un sitio en el barreno donde se mantenga el campo sustancialmente en caso, de acuerdo con el invento, y un punto de referencia. Tales indicaciones corresponden, en realidad, a la resistividad de material en una sección transversal delgada de una formación protratada sobre una distancia lateral considerable desde el electrodo de corriente principal. De este modo, el invento permite lograr una profundidad lateral de investigación sustancial que puede prolongarse más allá de la zona invadida por fluido de perforación, por ejemplo.

15 Es evidente, por tanto, que el método y el aparato del invento tienden a reducir al mínimo la influencia del lodo de perforación conductivo en el pozo y de otros estratos conductivos adyacentes en los valores de resistividad registrados. Esto se da por resultado que los valores de resistividad obtenidos se acercarán a los valores de resistividad verdaderos de las formaciones. Además, escogiendo un espacio o separación lo bastante corto entre los sitios en el barreno en que se mantenga un campo sustancialmente cercano, se pueden registrar formaciones delgadas con el mismo grado de exactitud que formaciones gruesas.

25

El invento se comprenderá mejor con la siguiente descripción detallada de varias aplicaciones representativas, conjuntamente con los dibujos anexos



198176

en los cuales:

La Fig. 1 es un diagrama esquemático de un sistema eléctrico de registro característico, construido de acuerdo con el invento:

5 La Fig. 1A ilustra esquemáticamente una disposición de electrodos modificada, concebida de modo que no afecte adversamente la distribución de potenciales espontáneos en un barrenado:

10 La Fig. 2 ilustra generalmente las direcciones de las líneas de corriente y superficies equipotenciales que rodean a los electrodos en el sistema de la Fig. 1:

La Fig. 3 muestra un registro representativo producido por el aparato de la Fig. 1 en un pozo:

15 La Fig. 4 es un diagrama esquemático de un sistema de electrodos modificado que incluye medios para producir zonas de campo sustancialmente cero selectivamente en sitios diferentes en lados opuestos de electrodos de corriente principal:

20 La Fig. 5 ilustra esquemáticamente otra forma de sistema de electrodos de acuerdo con el invento:

La Fig. 6 es un diagrama esquemático de otra aplicación que utiliza una fuente auxiliar de energía y un par de electrodos de corriente adicionales en el barrenado para ayudar a establecer las zonas de campo cero en el barrenado:

25 La Fig. 7 es otra modificación que es adecuada para medir simultáneamente potenciales espontáneos

MALA REPRODUCCION
POR DEFECTO DEL ORIGINAL



198176

estáticos y la resistividad eléctrica de las formaciones de acuerdo con el invento; y

5 La Fig. 8 es un diagrama esquemático de otra aplicación en la cual se disponen fuentes de energía separadas en el pozo con los electrodos para abastecer corriente a los electrodos de corriente principal y auxiliar.

10 En la forma del invento mostrada en la Fig. 1, el sistema de registro de pozos comprende un electrodo de corriente principal A_0 dispuesto en un barrenos 10 que contiene una columna de líquido más o menos conductor, tal como lodo de perforación, por ejemplo. El electrodo A_0 está conectado por un conductor 12 en un cable de soporte (no mostrado) con una fuente de energía eléctrica 13 en la superficie de la tierra, completándose el circuito por medio de un conductor 17 conectado con tierra o masa 18 en la superficie de la tierra.

15 20 25 La fuente de energía eléctrica 13 puede comprender, por ejemplo, una batería 14 conectada en serie con un instrumento indicador de corriente 15 y un reostato 16. Hay interpuesto entre la fuente de energía eléctrica 13 y los conductores 12 y 17 un conmutador de tipo corriente 19 que sirve para invertir las conexiones entre la fuente 13 y los conductores 12 y 17 periódicamente de acuerdo con la práctica corriente de registro de pozos.

El barrenos 10 puede obturarse eléctricamente



951

198176

5 con eficacia en sitios encima y debajo del electrodo A_0 que son definidos por pares de electrodos de potencial M'_1 , M_1 y M'_2 , M_2 , respectivamente. Los electrodos de potencial M_1 y M_2 están conectados por un conductor aislado 20 y preferiblemente situados a distancias cortas iguales en lados opuestos del electrodo de corriente principal A_0 . Igualmente, los electrodos de potencial M'_1 y M'_2 están conectados por un conductor aislado 21 y están situados a distancias mayores iguales en lados opuestos del electrodo de corriente principal A_0 .

15 Las diferencias de potencial entre los electrodos M'_1 y M_1 y M'_2 y M_2 se mantienen sustancialmente en cero de acuerdo con el invento emitiendo corriente desde un par de electrodos de corriente auxiliares A_1 y A_2 . Estos últimos electrodos están conectados uno con otro por un conductor aislado 22 y están situados a distancias iguales en lados opuestos del electrodo de corriente principal A_0 , por fuera de los electrodos de potencial M'_1 y M'_2 .

20 Los electrodos de potencial M'_1 y M_1 están conectados por los conductores 23 y 24, respectivamente, en el cable de soporte (no mostrado), por medio de los condensadores de bloqueo 25 y 26 de Corriente Continua, respectivamente, y un conmutador corriente 27 con los bornes de entrada 28 y 29, respectivamente, de un amplificador de potencia 30 de Corriente Continua el cual está descrito más detalladamente a continuación.

198176



Los condensadores 25 y 26 impiden que cualesquiera corrientes continuas que sean recogidas por los electrodos M'_1 , M_1 , M_2 o M'_2 pasen a los bornes terminales de entrada del amplificador 30.

5

El conmutador 27 es accionado en sincronismo con el conmutador 19 y tiene las fases dispuestas para convertir los potenciales variables periódicamente recogidos entre cada par de electrodos M'_1 , M_1 y M'_2 , M_2 en valores de corriente continua que son alimentados a los bornes de entrada 28 y 29 del amplificador 30. Se podrá conectar un milivoltmetro corriente 31 a través de los bornes de entrada 28 y 29 del amplificador para proveer indicaciones de la diferencia de potencial que es alimentado el amplificador 30.

10

15

Los bornes de salida 32 y 33 del amplificador 30 están conectados por medio de otro conmutador corriente 34 con los conductores 35 y 36 que pasan por el cable de soporte (no mostrado) a los electrodos A_1 y B, respectivamente, estando el electrodo B situado a una distancia considerable encima de los otros electrodos del conjunto en el barrenado. El conmutador 34 también es accionado en sincronismo con el conmutador 19 y se debe ajustar correctamente para tener la seguridad de que las corrientes emitidas por los electrodos de corriente auxiliares A_1 y A_2 tengan las fases dispuestas correctamente con respecto a la corriente emitida por el electrodo de corriente principal A_0 .

20

25

El amplificador 30 está concebido con amplia

198176



1951

conductancia mutua para retroalimentar corriente suficiente a los electrodos A_1 y A_2 para mantener sustancialmente en cero el promedio de las diferencias de potencial entre cada par de electrodos M'_1 , M_1 y M'_2 , M_2 . Cuando el sistema de electrodos está situado en el medio entre los linderos de una formación, cada una de esas diferencias de potencial es realmente insignificante, y el barrenado está efectivamente obturado eléctricamente. Un instrumento indicador de corriente 37 de tipo corriente puede ser conectado en serie con el borne de salida 32 del amplificador para proveer indicaciones de la corriente de control abastecida a los electrodos de corriente auxiliares A_1 y A_2 en el barrenado.

Las resistividades eléctricas de las formaciones terrestres que rodean el barrenado 10 pueden ser registradas con exactitud obteniendo indicaciones de diferencias de potencial entre un punto en la cercanía de cualquier par de electrodos de potencial M_1 , M'_1 o M_2 , M'_2 y un punto de referencia. En la Fig. 1, se hace un registro del potencial de un electrodo N situado a una distancia considerable desde los electrodos en el barrenado.

En lugar de poner un electrodo de potencial entre los electrodos M'_1 y M_1 para este fin, se conecta en serie un par de resistencias iguales 37 y 38 a través de los conductores 23 y 24 en puntos entre los condensadores 25 y 26 y el conmutador 27 entre las resistencias 37 y 38. Con este fin, el empalme 39 y

198176



5 el electrodo N estén conectados por medio de los conductores 40 y 41, respectivamente, y a través de otro conmutador 42, con un dispositivo indicador 43 adecuado el cual es preferiblemente un galvanómetro registrador corriente del tipo usado comúnmente en operaciones de registros de pozos. El conmutador 42 es accionado en sincronismo con el conmutador 19 y con las fases dispuestas adecuadamente para convertir las diferencias de potencial variables periódicamente recogidos, en valores esencialmente continuos.

10 Si se desea obtener medidas simultáneas de potenciales espontáneos, pueden lograrse conectando un segundo galvanómetro registrador 44 por medio de los conductores 45 y 46 con el conductor 41 y con la tierra 47 en la superficie de la tierra, respectivamente, de manera que el galvanómetro registrador 44 registrará diferencias de potencial espontáneo entre el electrodo N en el barreno y la tierra o masa 47. Si se desea, el galvanómetro registrador 44 puede proveerse de un sistema de filtro de paso bajo para que sea predominantemente sensible a los valores de corriente continua. Alternativamente, el conductor 45 se podría conectar con el conductor 24 para obtener indicaciones del potencial espontáneo promedio recogido en la vecindad general de los electrodos de potencial M_1 y M_2 en el barreno. En tal caso, empero, deben conectarse medios de filtro corrientes entre el conductor 45 y la tierra o masa 47 para mantener los

198176



potenciales variables periódicamente recogidos por los
electrodos M_1 y M_2 fuera del galvanómetro registrador
44.

5 Debe notarse que las sendas conductivas pro-
vistas por los conductores 20, 21 y 22 y los electro-
dos conectados con ellos tienden a perturbar los poten-
ciales espontáneos en el barrenado. Esto se puede evi-
tar introduciendo elementos de capacitancia en se-
rie con los conductores 20, 21 y 22 para bloquear el
10 paso de Corriente Continua y proveer al mismo tiempo
una senda de baja impedancia a la corriente conmutada.
Así, en una disposición simétrica, según se muestra
en la Fig. 1A, podrán conectarse pares de condensado-
res 150, 151 y 152 en serie con los conductores 20,
15 21 y 22, respectivamente, estando los conductores ais-
lados 24, 23 y 35 conectados entre los dos condensado-
res que constituyen cada par, respectivamente.

En un caso práctico, las distancias desde el
electrodo de corriente principal A_0 hasta puntos situa-
20 dos equidistantes entre cada par de electrodos M_1 , M'_1 ,
y M_2 , M'_2 pueden ser las mismas y aproximadamente
iguales al diámetro del barrenado 10. Las distancias
entre el electrodo de corriente principal A_0 y los
electrodos de corriente auxiliares A_1 y A_2 también
25 podrán ser iguales y aproximadamente dos veces y me-
die el diámetro del barrenado. Se ha hallado que estas
separaciones de los electrodos son apropiadas para me-
dir las resistividades de secciones de las formaciones



198176

mayores del doble del diámetro del barreno en espesor.

5 Los electrodos en el barreno, particularmen-
ta los usados para recoger potenciales, es decir, los
electrodos M'_1 , M_1 , M_2 y M'_2 deben ser estables elec-
troquímicamente en el fluido conductivo H del barreno
para impedir que ocurran potenciales espureos de unos cuantos
milivoltios de magnitud. La experiencia indica
que con cuidado, los electrodos de plomo corrientes
usualmente empleados en operaciones de registros de
10 pozos son satisfactorios para este propósito.

En funcionamiento, la corriente abastecida
por la fuente de energía eléctrica 13 al electrodo de
corriente principal A_0 es ajustada al valor deseado y
preferentemente se mantiene constante durante la ope-
15 ración de registro, a pesar de que esto no es neces-
ario. Entonces se hace descender el sistema de elec-
trodos dentro del barreno mediante el malacate y cable
corrientes (no mostrados) que se emplean por regla ge-
neral para este fin. Cualesquiera diferencias de po-
20 tencial que aparezcan entre los electrodos M'_1 y M_1
o M'_2 y M_2 harán que el amplificador 30 abastezca co-
rriente suficiente a los electrodos de corriente auxi-
liares A_1 y A_2 para reducir tales diferencias de poten-
cial sustancialmente a cero.

25 Indiferentemente de las resistividades eléc-
tricas relativas de las formaciones circundantes, o
de las formaciones con respecto al líquido conductivo
del barreno, prácticamente ninguna corriente proceden



198176

te del electrodo de corriente principal A_0 fluirá lon-
gitudinalmente en el barreno. En lugar de ello, la
corriente emitida por el electrodo A_0 fluirá dentro
de la formación en sentido sustancialmente perpendi-
5 cular al eje del barreno en un intervalo aproximadamen-
te igual al doble de la distancia entre los electrodos
 A_0 en un punto equidistante entre los electrodos M'_1 y
 M_1 . Además, las líneas de corriente en ese intervalo
permanecerán sustancialmente paralelas una con otra
10 a una distancia lateral considerable dentro de la for-
mación. Como resultado de esto, se pueden registrar
formaciones muy delgadas con precisión y las indicacio-
nes de resistividad eléctrica obtenidas para formacio-
nes delgadas son mas exactas que las obtenidas hasta
15 ahora. Además, la influencia de una columna de lodo
conductivo en las medidas de resistividad, vienen a
ser prácticamente insignificantes.

Al analizar en la forma bien conocida puede
demostrarse claramente que la aparente resistividad de
20 la formación a , determinada por un sistema de regis-
tro de pozos del tipo ilustrado en la Fig. 1 es dada
por la ecuación:

$$a = K \frac{V_p}{I_0} \quad (1)$$

en la cual

$$K = 4 \frac{m}{(na + a)} + \frac{1}{a} + \frac{m}{(na - a)} \quad (2)$$

V_p es la diferencia de potencial entre un punto situado



198176

equidistante entre los electrodos M'_1 , M_1 o M_2 , M'_2 ,
y el electrodo N ; i_0 es la corriente emitida por el
electrodo A_0 ; a es la distancia entre el electrodo
 A_0 y un punto equidistante entre los electrodos M'_1 ,
5 M_1 o M_2 , M'_2 (designado en adelante la "separación");
 na es la distancia entre el electrodo A_0 y cualquiera
de los electrodos A_1 o A_2 (designado en adelante el
"despliegue"); y

$$m = \frac{(n^2 - 1)^2}{4n}$$

10 Designando i_1 e i_2 como las corrientes requeridas pa-
ra ser emitidas por los electrodos A_1 y A_2 , respecti-
vamente, para mantener las diferencias de potencial
entre cada par de electrodos M'_1 , M_1 y M_2 , M'_2 , res-
pectivamente, sustancialmente en cero, tenemos

$$15 \quad \frac{i_1}{i_0} = \frac{i_2}{i_0} = m$$

cuando el sistema de electrodos está situado en un
medio isotrópico y homogéneo.

Según la relación (1) será aparente que si
una corriente conocida i_0 es emitida por el electrodo
20 de corriente principal A_0 , el registro hecho por el
galvanómetro registrador 43 podrá ser calibrado en
términos de resistividades eléctricas.

El potencial no tiene que ser medido en el
punto equidistante entre los electrodos M_1 , M'_1 , o M_2 ,
25 M'_2 pero podrá ser medido en otros puntos tal como en
cualquiera de los electrodos M_1 , M'_1 , M_2 , M'_2 , por

MALA REPRODUCCION
POR DEFECTO DEL ORIGINAL



198176

ejemplo. De hecho, un electrodo medidor de potencial puede situarse arbitrariamente en la cercanía de cualquier electrodo M_1 o M_2 , o en el intervalo entre estos electrodos. Puede determinarse un K apropiado para la relación (1), para la posición escogida.

El análisis de los resultados que pueden esperarse con sistemas concebidos de acuerdo con el invento, y la comparación con registros anotados en el barrenado utilizando despliegues diferentes, indican que hay una relación de despliegue n óptima que está situada entre 2 y 3.

En la Fig. 2 se muestra un trazado característico de las líneas de equipotencial y de corriente en un plano que contiene el eje del barrenado para el caso en que la relación de despliegue n sea 2.43. Esta relación de despliegue da el patrón de campo óptimo para una disposición de electrodos como en la Fig. 1, situados en un medio isotrópico y homogéneo. Los valores dados para las líneas de equipotencial en la Fig. 2 están expresados en unidades de $\sqrt{\frac{i_0}{4\pi a}}$. La intensidad de la corriente que fluye entre superficies adyacentes está indicada por las flechas y está expresada en términos de la corriente total i_0 emitida por el electrodo de corriente principal A_0 . La corriente total desde el amplificador 30 (Fig. 1) a través de los electrodos de corriente auxiliares A_1 y A_2 es $4.95 i_0$.

Se observará que las líneas de corriente



198176

desde el electrodo A_0 entre los linderos 48 y 49 se prolongan en dirección sustancialmente lateral por una distancia apreciable en comparación con la separación a antes de que empiecen a divergir de la dirección lateral. Además, se notará que en la cercanía de los electrodos M'_1 , M_1 , o M_2 , M'_2 , donde se recoge la diferencia de potencial con la cual se hace el registro de resistividad, hay puntos en superficies equipotenciales que rodean el electrodo de corriente principal A_0 y generalmente son de forma ovalada. Para un barrenado de diámetro a , es evidente que la superficie equipotencial que pasa por los puntos equidistantes entre M'_1 , M_1 y M_2 , M'_2 , de acuerdo con las condiciones concernientes a la Fig. 2, se prolonga por lo menos más allá de la pared del barrenado opuesta al electrodo A_0 . Por lo tanto, un sistema eléctrico de registro del tipo mostrado en la Fig. 1 medirá sustancialmente la resistividad de la formación y eliminará prácticamente la influencia de la resistividad de la columna de lodo en las medidas.

Además, en vista de que la mayor parte de la corriente emitida por el electrodo A_0 fluye sustancialmente perpendicular al eje del barrenado, se comprenderá que el potencial en puntos en la cercanía de los electrodos M'_1 , M_1 y M_2 , M'_2 será poco afectado por el valor de la conductividad del líquido del barrenado. Los valores de resistividad obtenidos de acuerdo con el invento, por tanto, serán característicos de las

198176



resistividades de formación reales en un grado de exactitud relativamente alto,

5 Además, con relaciones de despliegue apropiadas, el espesor de la capa de corriente prolongada lateralmente podrá alterarse hasta el punto de que su espesor a alguna distancia desde el barrenado es aun menor que la separación a . Con una relación de despliegue cerca de valor óptimo, sin embargo, la capa de corriente mantiene un espesor bastante uniforme a un radio grande antes de que ocurra divergencia apreciable, según aparece en la figura 2. Si se hace la separación a como la mitad del espesor del estrecho o capa más delgado a registrarse, y se toma una relación de despliegue preferida entre 2 y 3, es evidente que la resistividad de tal estrecho será exhibida claramente midiendo o registrando las variaciones de potencial en una región situada dentro de un intervalo de una distancia a desde el electrodo A_0 .

10 Aunque la posición preferida del electrodo medidor de potencial es en un sitio en que el campo en el barrenado queda sustancialmente anulado, el electrodo puede colocarse cerca de tal posición y aun así obtenerse un registro de resistividad mejorado siguiendo los nuevos métodos de este invento. Como puede colegirse por el dibujo del trazado de campo para la figura 2, las superficies equipotenciales tienen 'salientes' en la región de las posiciones de los electrodos en pares M_1, M'_1 y M_2, M'_2 . El electrodo medidor de potencial



198176

puede colocarse en un intervalo longitudinalmente en esta región hacia A_0 o A_1 o A_2 sin desviarse perceptiblemente del "K" dado en la relación (2).

5 Debe notarse, además, que aunque las conexiones con los electrodos auxiliares y de corriente estén intercambiadas, la forma de las superficies equipotenciales permanecen como se dan en la figure 2 para el caso de un medio conductor eléctricamente homogéneo e isotrópico. Puede obtenerse tal sistema alternativo, por ejemplo, en la figure 1, conectando los conductores 12 y 35 con los electrodos A_1 y A_0 , respectivamente, en lugar de los electrodos A_0 y A_1 , respectivamente. En ese caso, la corriente que fluye por el electrodo A_0 será la corriente de control auxiliar. Esto también causará una variación en la diferencia de potencial entre un electrodo medidor colocado en un intervalo alrededor de A_0 y un electrodo de referencia. Sin embargo, la medida de resistividad será proporcional a la relación entre esta diferencia de potencial y la corriente de control, cuya relación puede medirse continuamente con un aparato apropiado.

15 Los peritos en el arte podrán discernir intercambios semejantes para muchas aplicaciones de electrodos, mediante las cuales se pueden utilizar las ventajas de los nuevos métodos de este invento para obtener registros de resistividad muy mejorados.

25 Mediante un estudio de la Tabla I a continuación se tendrá una buena idea de la exactitud con que se

198176



5 puede registrar las resistividades de las formaciones terrestres de acuerdo con el invento. Los valores de la columna I corresponden a diferentes relaciones de la resistividad verdadera R_t de la formación con la resistividad del lodo R_m del líquido del barreno en las mismas profundidades. Los valores en las columnas del centro y de la derecha son las relaciones entre las resistividades de formaciones aparentes R_a computadas y las resistividades R_m del líquido del barreno en las mismas profundidades.

10 En la columna del centro, las resistividades aparentes R_a usadas para computar las relaciones corresponden a valores que se obtendrán con un sistema de registro de pozos corriente situado en un barreno enfrente de la formación, mientras que las resistividades aparentes usadas al computar los valores en la columna de la derecha corresponden

15 a aquellos valores que se obtendrán con un sistema de registro de pozos de acuerdo con el invento, que tenga la misma separación que el sistema corriente y que tenga una relación de despliegue de 2.43, situado en el barreno enfrente de la formación. La columna de la izquierda da

20 las relaciones entre las resistividades verdaderas R_t de las formaciones imperturbadas y las resistividades R_m del líquido del barreno a las temperaturas enfrente de las formaciones respectivas. Todos los valores de resistividad aparentes computados se refieren a formaciones gruesas sustancialmente no invadidas por el filtrado procedente del lodo de perforación y a una separación igual al diámetro del barreno

25

198176



TABLA 1

$$\frac{R_a}{R_m}$$

$\frac{R_t}{R_m}$	Método Corriente	Método del Presente Invento
5	5	4.5
	4.6	
	10	8.9
	8.4	
	50	45
	29	
	500	480
	130	

10 Según la tabla es evidente que los valores de resistividad aparentes obtenidos con aparatos de registrar pozos de acuerdo con el presente invento serán sumamente cercanos a las resistividades verdaderas de la formación, aún cuando la relación entre la resistividad de la formación y la resistividad del líquido del barrenado sea muy alta.

15 En la Fig. 3 se muestra una forma de registro corriente en el cual las ordenadas representan profundidades en el barrenado, y las abscisas en la izquierda representan medidas de potencial espontáneo para profundidades correspondientes, y las abscisas en la derecha representan medidas de resistividad en ohmmetros para profundidades correspondientes. En esta forma de registro se muestra un registro característico L_1 el cual fué obtenido



198176

con el aparato de registrar pozos que aparece en la Fig. 1 para una separación promedio de 12 pulgadas y una relación de despliegue $n = 2$. Para fines de comparación se muestra también un registro L_2 obtenido por medio de un sistema de registrar pozos corriente, con una separación de 16 pulgadas entre los electrodos de corriente y potencial. Cada intervalo de profundidad en la Fig. 3 es de veinte pies. Se observará que el registro L_1 muestra mucho mayor detalle en las secciones A, B y C que el mostrado por el registro eléctrico corriente L_2 . Las diferentes separaciones de electrodos usadas (16 pulgadas para el sistema corriente y 12 pulgadas para el sistema de conformidad con nuestro invento) no influyen para diferencias significativas en las magnitudes de las resistividades registradas y en la claridad o viveza de los linderos para los cambios de resistividad. Por lo tanto, será aparente que el invento hace posible trazos resistivos semejantes por trazos conductivos delineados claramente, como en la sección C del registro L_1 , por ejemplo.

Si se desea, se pueden proveer medios de acuerdo con el invento para poder llevar el campo sustancialmente a cero en cualquiera de dos pares de posiciones en lados opuestos del electrodo de corriente principal A_0 , según se muestra en la Fig. 4. En esta aplicación, hay un tercer par de electrodos de potencial P y P', conectados por un conductor aislado 153 de resistencia insignificante, situados a distancias iguales en lados opuestos del electrodo de corriente principal A_0 , estando el elec-



198176

trodo P entre los electrodos A_1 y M'_1 y el electrodo P, está dispuesto entre los electrodos A_2 y M'_2 , por ejemplo. Los electrodos M_1 y P se pueden conectar por los conductores 154 y 50, respectivamente, con los bornes 52 y 51 de un interruptor accionado por solenoide 53, por ejemplo, cuyo contacto móvil 54 se conecta con el conductor 24 en el cable de soporte (no mostrado).

El contacto móvil 54 del relai 53 normalmente podrá estar acoplado al contacto 52 de manera que el electrodo M_1 quede conectado con el cable conductor 24. Sin embargo, cuando el relai 53 es excitado, el contacto móvil está adaptado para ser desacoplado del contacto 52 y acoplarse con el contacto 51 de modo que el electrodo P se conecte con el cable conductor 24.

El relai 53 podrá ser excitado desde la superficie de la tierra en cualquier forma apropiada, como mediante un circuito 55 conectado en sus extremos opuestos con el cable conductor 24 en el lado del barreno del condensador 26 y con la tierra 56, respectivamente, e incluyendo una fuente de energía eléctrica 57 y un interruptor 58 en serie. Esta aplicación del invento opera exactamente de la misma manera que la mostrada en la figura 1, excepto que se podrá establecer un campo sustancialmente nulo bien sea entre los electrodos M_1 , M'_1 , y M_2 , M'_2 , o entre los electrodos M'_1 , P, M'_2 , P', por medio de la maniobra del interruptor 58 en la superficie de la tierra. En esa forma se pueden obtener registros convenientemente usando dos separacio-

198176



nes diferentes con el mismo despliegue.

Mediante disposiciones adecuadas, podrá hacerse que un relai semejante al relai 53 cambie el despliegue por medio del uso de pares adicionales de electrodos de corriente auxiliares (no mostrados).

5

Proveyendo electrodos adicionales, conductores, etc. se podrá proyectar un sistema de registro de resistividad en el cual se establezca un campo sustancialmente cero simultáneamente en más de dos sitios en el barreno. En esa forma se pueden producir capas laterales múltiples de corriente, con las cuales se mantendrá un flujo o paso paralelo de corriente a una gran profundidad de investigación.

10

En la modificación mostrada en la figura 5, dos electrodos principales A'_0 y A''_0 , conectados por un conductor aislado 59 de resistencia insignificante, están situados a distancias iguales en lados opuestos de un electrodo de potencial M. El electrodo M está conectado con el conductor 24, mientras que el electrodo A'_0 está conectado con el conductor 12. Los otros dos electrodos M'_1 y M'_2 están colocados más allá de los electrodos A'_0 y A''_0 , respectivamente, en lados opuestos del electrodo M. Los electrodos M'_1 y M'_2 se muestran aquí conectados también por un conductor aislado 21.

15

20

25

En funcionamiento, se mantiene corriente sustancialmente constante a través de los electrodos principales A'_0 y A''_0 mientras que la diferencia de potencial

NO LA REPRODUCCION
POR DEFECTO DEL ORIGINAL



198176

entre el electrodo M y los electrodos M'_1 y M'_2 se man-
tiene en un valor insignificante por la corriente emi-
tida desde los electrodos A_1 y A_2 y abastecida por el
amplificador 30 (figura 1). Se ha hallado que esta
5 disposición pueda proveer tres posiciones en que el
campo dentro del barrenado puede llegar a ser insigni-
ficante. Usando separaciones apropiadas, pueden es-
cogerse estas posiciones para que ocurran sustan-
cialmente en las posiciones de los electrodos M'_1 , M y
10 M'_2 . Aunque en este caso los detalles de la dis-
tribución de la corriente serán diferentes de los de
la figura 2, se comprenderá que la corriente principal
que ahora se emite desde los dos electrodos A'_0 y A''_0 ,
seguirá en un sentido sustancialmente lateral desde
15 el eje del barrenado.

La separación entre el electrodo M y cada uno
de los electrodos de corriente principales A'_0 y A''_0 ,
preferiblemente debe ser la mitad de la separación entre
el electrodo de potencial M y cada uno de los electrodos
20 de potencial M'_1 y M'_2 , respectivamente. En esta
aplicación, la distancia entre el electrodo de poten-
cial M y cualquiera de los electrodos A'_0 y A''_0 se
vuelve a designar como la separación. El despliegue
puede designarse como la separación entre el electrodo
25 M y los electrodos auxiliares exteriores A_1 o A_2 .
En esta disposición de electrodos, para el arreglo de
separación preferida mencionada antes, el despliegue
debe ser preferiblemente entre tres y cuatro veces

198176



la separación. La constante K en la anterior ecuación 1, que depende de la disposición geométrica de los electrodos, puede ser calculada para la figura 5 en la misma forma que fué determinada para la figura 1.

5 La experiencia práctica indica que las medidas de resistividad obtenidas con aparatos del tipo mostrado en la figura 1, por ejemplo, para formaciones que tengan conductividades eléctricas de menos de unos cinco Ohmmetros están sujetas a una desviación relativa que puede alcanzar un pequeño porcentaje debido a la transconductancia finita del amplificador 30. Sin embargo, una manera de eliminar esta desviación prácticamente consiste en poner un par adicional de electrodos de corriente auxiliares A_3 y A_4 en el barreno en la cercanía de los electrodos A_1 y A_2 , y abastecer a los mismos corrientes de sustancialmente la misma polaridad y fase que las corrientes que fluyen a través de los electrodos A_1 y A_2 , según se muestra en la figura 6. El segundo par de electrodos de corriente auxiliares A_3 y A_4 están conectados por un conductor aislado 60 de resistencia insignificante.

15 El electrodo A_3 y un electrodo B' relativamente remoto están conectados por los conductores 61 y 62, respectivamente, en el cable de soporte (no mostrado) por medio de un conmutador convencional 63 con una fuente de energía eléctrica 64 en la superficie de la tierra. La fuente 64 podrá comprender una batería 25 65 conectada en serie con un instrumento indicador de

198176



corriente 66 y un recatato 67. El conmutador 63 debe accionarse en sincronismo con el conmutador 19 (figura 1) y debe tener la fase dispuesta correctamente de manera que la corriente periódicamente variable que abastece a los electrodos A_3 y A_4 será de la misma polaridad y fase que la abastecida a los electrodos auxiliares A_1 y A_2 .

La intensidad de la corriente abastecida por la fuente 64 se podrá ajustar a un valor constante para llevar las diferencias de potencial entre los electrodos M_1 y M'_1 , y M_2 y M'_2 , respectivamente, sustancialmente a cero cuando el conjunto de electrodos esté enfrente de una formación gruesa y altamente conductiva.

Bajo estas condiciones, la diferencia de potencial que aparece en los bornes de entrada del amplificador 30 será también sustancialmente cero. Si se desea, la corriente desde la fuente 64 se podrá abastecer directamente a los electrodos A_1 y A_2 , en cuyo caso se podrán omitir los electrodos auxiliares A_3 y A_4 y el cable conductor 61.

El número de cables conductores requeridos para medidas de resistividad podrá reducirse sustancialmente disponiendo ciertos de los aparatos en el barreno con el conjunto de electrodos, según se muestra en la figura 7. En esta aplicación, una fuente de abasto de corriente alterna 152 se coloca en la superficie de la tierra, que alimenta corriente alterna desde sus bornes 68 y 69 a través de los cables con-

198176



ductores 70 y 71 a los bornes 72 y 73 de un amplifica-
dor 74 de tipo corriente, concebido para tener amplia
transconductencia y cambio de fase insignificante para
la frecuencia de régimen, tomándose las precauciones
5 corrientes para alejar el líquido de barreno de alta
presión 11.

Puede abastecerse una corriente alterna sus-
tancialmente constante al electrodo de corriente prin-
cipal A_0 desde el conductor 71 por medio de cualquier
10 dispositivo de corriente constante adecuado (no mostra-
do) interpuesto entre los bornes 73 y 75, un condensador
100 y un conductor 76, con un retorno a través de
la tierra y el borne 155 al borne 68. Los electrodos
de potencial M_1 y M'_1 están conectados por un conductor
15 77 y por el conductor 78 y un condensador 108, respecti-
vamente, con los bornes de entrada 79 y 80, respectiva-
mente, del amplificador 74. Los terminales de salida
81 y 82 del amplificador 74 están conectados por los
conductores 83 y 84 con el electrodo remoto B y con el
20 electrodo A_1 , respectivamente, según se muestra.
Los electrodos A_1 , M'_1 , M_1 , A_0 , M_2 , M'_2 y A_2 están co-
nectados en la misma forma que en la disposición mos-
trada en la figura 1.

Las medidas de potencial están adaptadas para
25 ser efectuadas por un par de electrodos de potencial
 M y M' , conectados por un conductor aislado 85, los
cuales están dispuestos a distancias iguales en lados
opuestos del electrodo A_0 entre los electrodos corres-

198176



pendientes de los otros dos pares de electrodos de potencial. El electrodo M está conectado por un conductor 86 y un condensador 113 con un borne 87 de un galvanómetro indicador de Corriente Alterna 88 de tipo normal, y el otro borne 89 del galvanómetro está conectado por un conductor 90 con la tierra o mesa 91 en la superficie de la tierra. Calibrando correctamente el galvanómetro indicador 88, la resistividad eléctrica de las formaciones a profundidades diferentes en el barreno puede ser exhibida como una función de profundidad.

Si se desea, el aparato mostrado en la Fig. 7 podrá adaptarse para medir simultáneamente las resistividades eléctricas de las formaciones y los potenciales espontáneos estáticos. Así, los potenciales espontáneos estáticos pueden ser registrados conectando el electrodo principal A_0 por medio del conductor 76, la bobina de reacción 99, y los conductores 92 y 93 con un borne 94 de otro galvanómetro indicador 95 corriente, cuyo otro borne 96 podrá conectarse por el conductor 97 a la tierra 98 en la superficie de la tierra. La bobina de reacción 99 y el condensador en derivación 100 constituyen medios filtrantes para impedir que la corriente alterna entre en el circuito del galvanómetro indicador 95, según se muestra.

El electrodo M'_1 está conectado por el conductor 78 por medio de una bobina de reacción 107 y un conductor 101, con un borne de salida 102 de un amplificador de potencia de tipo ordinario 103, estando el otro borne

198176



de salida 104 del amplificador conectado por un conductor 105 a tierra 106 en la superficie de la tierra. La bobina de reacción 107 y el condensador en derivación 108 comprenden medios filtrantes para impedir que la corriente continua del amplificador 103 entre en el circuito de entrada del amplificador 74. Un borne de entrada 109 del amplificador 103 está conectado por los conductores 93' y 92, la bobina de reacción 99 y el conductor 76 con el electrodo A_0 , y el otro borne de entrada 110 está conectado por el conductor 111 por medio de la bobina de reacción 112 y el conductor 86 con el electrodo M. La bobina de reacción 112 y el condensador en derivación 113 constituyen medios filtrantes que impiden que las señales de corriente alterna recogidas por los electrodos M y M' entren en el circuito de entrada del amplificador 103. La energía para los medios de amplificador 103 puede obtenerse con baterías independientes (no mostradas), o en cualquier forma apropiada con una fuente de abasto de energía de corriente alterna, tal como la fuente de abasto 152.

En funcionamiento, el galvanómetro indicador 88 provee indicaciones de la resistividad eléctrica de las formaciones terrestres según se describen detalladamente antes. Simultáneamente, el potencial espontáneo estático entre el electrodo A_0 y la tierra 98 es registrado por el galvanómetro indicador 95. El amplificador 103 provee una salida a los electrodos M'_1 y M'_2 que tiende a reducir la diferencia de potencial de corriente conti-

198176



5 nue entre cada uno de los electrodos M y M' y el electrodo A_0 sustancialmente a cero. En vista de que los registros de resistividad y de potencial espontáneo estático se hacen simultáneamente, se elimina el problema de correlación de profundidades, y se obtiene un registro eléctrico simultáneo mejorado.

10 En la modificación mostrada en la figura 8, se emplean dos amplificadores separados para abastecer corriente a los dos electrodos de corriente auxiliares. Con referencia a la figura 8, se dispone un oscilador 114 en un receptáculo hermético a presión 115 el cual se adapta para ser descendido dentro de un barreno 10 con el conjunto de electrodos. El oscilador y los amplificadores pueden ser excitados por baterías (no mostradas) en el receptáculo 115, o por una fuente de energía adecuada en la superficie (no mostrada) por medios conductores en el cable de soporte. El oscilador 114 abastece corriente alterna por medio de los conductores 116 y 117 a un electrodo remoto B_2 y al electrodo de corriente principal A_0 , respectivamente.

15 20 25 La diferencia de potencial entre los electrodos de potencial M_1 y M'_1 es abastecida por medio de los conductores 119 y 118, respectivamente, al arrollamiento primario 120 de un transformador 121, cuyo arrollamiento secundario 122 es conectado a los bornes de entrada de un amplificador corriente 123 el cual puede ser igual al amplificador 74 en la figura 7. Los bornes de salida del amplificador 123 están

198176



conectados por los conductores 124 y 125, respectivamente, con el electrodo remoto B y con el electrodo de corriente auxiliar A_1 .

5 Asimismo, los electrodos de potencial M_2 y M'_2 están conectados por los conductores 126 y 127, respectivamente, con el arrollamiento primario 128 de un transformador 129, cuyo arrollamiento secundario 130 está conectado con los bornes de entrada de un segundo amplificador 131. Los bornes de salida del
10 amplificador 131 están conectados por los conductores 132 y 133 con el electrodo B y con el otro electrodo de corriente auxiliar A_2 , respectivamente.

Los arrollamientos primarios del transformador 120 y 128 están provistos de derivaciones intermedias 134 y 135 entre las cuales se conecta un condensador 145. La derivación intermedia 135 se conecta con un conductor 136 que se prolonga a la superficie de la tierra y se conecta con un borne 137 de un galvanómetro indicador de corriente alterna de tipo
15 ordinario 138, estando conectado el otro borne 139 del galvanómetro por un conductor 140 con la tierra 141. Por lo tanto, el galvanómetro registra el promedio de la diferencia de potencial entre puntos situados sustancialmente intermedios entre cada par de electrodos M'_1 , M_1 , y M_2 , M'_2 y la tierra 141 en la superficie.
20
25

También se pueden registrar potenciales espontáneos conectando el conductor 136 con un borne de un segundo galvanómetro indicador 142 de tipo ordi-

198176



5 nario, pudiéndose poner a tierra en 143 el otro borne del galvanómetro. Pueden proveerse medios filtrantes adecuados comprendiendo una bobina de reacción 144 y un condensador 146 para impedir que la corriente Con-
tínua entre en el registrador 138 y que la Corriente Alternas entre en el registrador 142.

10 La aplicación mostrada en la figura 8 funciona esencialmente de la misma manera que el aparato de la figura 1, con excepción de que los amplificadores 123 y 131 controlan o regulan separadamente las corrientes abastecedoras a los electrodos de corriente auxiliares A_1 y A_2 , respectivamente.

15 El registrador 138 registra los valores de resistividad eléctrica mientras que el registrador 142 registra simultáneamente los potenciales espontáneos en el barrenado en la posición de los electrodos M_2 y M'_2 separados contiguamente.

20 Se entenderá que cada uno de los amplificadores 131 y 123 podrán ser apreciablemente más pequeños en capacidad que el amplificador 74 en la figura 7. Esta modificación también permite cierto grado de flexibilidad en cuanto a que cada amplificador está en libertad, hasta un punto limitado, para ajustar su producción de energía según se requiera para mantener un campo sustancialmente nulo en la región en el barrenado en que sus electrodos de entrada están situados.

25 De esta manera, el invento provee un método y aparato nuevo y altamente eficaz para investigar for-

198176



958

5 maciones terrestres atravesadas por un barrenos. Obturando el barrenos eléctricamente en un sitio cercano encima y debajo de un electrodo que emite corriente, la corriente fluye en un sentido sustancialmente perpendicular al eje del barrenos sobre una sección deseada el espesor de la cual puede ser controlado o regulado mediante la separación correcta de los electrodos. Como resultado de esto, se pueden obtener registros detallados en los cuales se pueden distinguir fácilmente formaciones conductoras y resistivas relativamente delgadas, una de otra, y con los cuales se pueden obtener indicaciones muy exactas de la resistividad eléctrica de formaciones delgadas y gruesas.

15 Las precedentes revelaciones para determinar las resistividades envuelven medidas de diferencias de potencial entre un punto de referencia y un punto en el barrenos separados a una distancia longitudinal desde un electrodo de corriente principal. También es posible determinar variaciones en la resistividad de las formaciones midiendo la diferencia de potencial entre un electrodo de corriente principal y un punto de referencia. En este último caso, el aparato y método del invento, donde el campo se mantiene sustancialmente en cero en dos puntos longitudinales en el barrenos cuyo intervalo de separación contiene el electrodo de corriente, pro-
20 veerá registros de resistividad que exhiben en detalle la resistividad de las formaciones, aun en los casos en que estas últimas están constituidas por una sucesión
25

**MALA REPRODUCCION
POR EFECTO DEL ORIGINAL**



198176

de lachos o papees delgadas. Además, la exactitud de la determinación de la resistividad permanece elevada aunque el terreno esté lleno de todo la resistividad del cual es considerablemente mas pequeña que la de las formaciones.

5 Según se manifiesta, la corriente i_0 emitida por el electrodo principal se mantiene constante preferiblemente de manera que el galvanómetro indicador pueda ser calibrado directamente en terminos de resistividades aparentes. Empero, esto no es necesario en vista de que
10 los valores de resistividad puedan ser determinados con una corriente variable determinando la relación entre el potencial que se registra, y la corriente.

Evidentemente, las varias modificaciones características descritas antes e ilustradas en las figuras
15 podrán ser modificadas considerablemente dentro del espíritu del invento. Por ejemplo, los electrodos de potencial y de energía remotos B y N, respectivamente, en las Figs. 1 y 6, el electrodo B en las Figs. 7 y 8, el electrodo B' en la Fig. 6 y el electrodo B₂ en la Fig. 8
20 podrán colocarse en la superficie de la tierra. Semajantemente, los electrodos de la superficie del terreno en cualquiera de las figuras podrán colocarse en el terreno a una distancia considerable desde el conjunto de electrodos sin modificar apreciablemente los resultados
25 obtenidos. También el electrodo medidor de potencial podrá ser colocado cualquiera en la cercanía de una zona en la cual se mantenga un campo sustancialmente nulo, de acuerdo con el invento. La posición en la

198176



5
cuál se hace la medida de potencial podrá situarse, si se desea, dentro del intervalo entre dos zonas en que el campo sea sustancialmente insignificante. Las aplicaciones específicas reveladas en la presente memoria, por lo tanto, no deben considerarse como que limiten en forma alguna la esfera de acción o alcance de las reivindicaciones anexas.

198176



**MALA REPRODUCCION
POR DEFECTO DEL ORIGINAL**

- N O T A -

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

5 18. - Un aparato para efectuar registros en pozos, que incluye un electrodo destinado a ser descendido en un pozo que contiene una columna de líquido relativamente conductor, y medios de fuente de electricidad conectados con dicho electrodo para hacer pasar corriente desde él a las formaciones circundantes, caracterizado por medios eléctricos para reducir la diferencia de potencial entre un par de puntos longitudinalmente espaciados en las proximidades de dicho electrodo a un valor deseado, y medios para dar indicaciones de la
10 diferencia de potencial entre un punto cercano a dicho electrodo y un punto de referencia.

15 29. - Un aparato según se reivindica en el punto 1, caracterizado porque los medios eléctricos para reducir la diferencia de potencial incluyen dos electrodos longitudinalmente espaciados montados en relación fija con dicho electrodo y segundos medios de fuente de corriente eléctrica conectados a los dos electrodos es-

20

198176



peciados para emitir corriente desde ellos.

5 3º. - Un aparato según se reivindica en los puntos 1 ó 2, caracterizado porque los medios eléctricos reducen la diferencia de potencial entre un par de puntos longitudinalmente espaciados y debajo de dicho electrodo.

10 4º. - Un aparato según se reivindica en el punto 2, caracterizado porque los medios eléctricos incluyen otros dos electrodos en las proximidades de dicho electrodo, respondiendo dichos segundos medios de fuente de corriente eléctrica a las diferencias de potencial entre dichos otros dos electrodos.

15 5º. - Un aparato según se reivindica en el punto 1, caracterizado porque los medios eléctricos incluyen primero, segundo y tercer pares de electrodos montados en relación fija con dicho primer electrodo, estando los electrodos de cada par longitudinalmente espaciados en lados opuestos de dicho electrodo y siendo la separación entre los electrodos de cada par mayor que el espaciamiento entre los electrodos del par precedente, conexiones eléctricas entre los electrodos de cada par y medios amplificadores que tienen terminales de entrada conectados con un electrodo de cada uno de
20 dos pares intermedios de electrodos y que tienen terminales de salida conectados con un electrodo del par más exterior y con un punto de referencia, respectivamente.

25 6º. - Un aparato según se reivindica en el punto 5, caracterizado por un cuarto par de electrodos,

198176



estando cada electrodo de dicho par dispuesto en lados opuestos de dicho electrodo y situado entre el segundo y tercer pares de electrodos, respectivamente, una conexión eléctrica que conecte entre el dicho cuarto par de electrodos, incluyendo dichos terminales de entrada del amplificador medidor para conectar selectivamente un terminal a dicho primero o a dicho cuarto par de electrodos.

7. - Un aparato según se reivindica en el punto 1, caracterizado por un electrodo adicional conectado a dicho electrodo y espaciado longitudinalmente de él, incluyendo dichos medios eléctricos un electrodo individual dispuesto entre dicho electrodo y dicho electrodo adicional, y segundo y tercer pares de electrodos montados en relación fija con dicho electrodo y dicho electrodo adicional, estando los electrodos de cada par longitudinalmente espaciados en lados opuestos de dicho electrodo y dicho electrodo adicional, y siendo el espaciamiento entre los electrodos en el tercer par mayor que el espaciamiento entre los electrodos del segundo par, conexiones eléctricas entre los electrodos de cada par y medios amplificadores que tienen terminales de entrada conectados a un electrodo del segundo par y el electrodo individual y que tienen terminales de salida conectados con un electrodo del tercer par y un punto de referencia, respectivamente.

8. - Un aparato según se reivindica en el punto 5, caracterizado por un cuarto par de electrodos,

198176



1951

estando cada electrodo de él espaciado longitudinalmente fuera de dicho tercer par de electrodos, respectivamente, y medicos adicionales de fuente de corriente conectados para suministrar corrientes a dicho cuarto par de electrodos para compensar desviaciones indeseadas en la corriente procedente de los terminales de salida de dichos medicos amplificadores.

9^a. - Un aparato según se reivindica en cualquiera de los puntos anteriores, caracterizado porque dichos medicos para dar indicaciones, indican la diferencia de potencial entre dicho electrodo y dicho punto de referencia.

10^a. - Un aparato según se reivindica en el punto 5, caracterizado por un cuarto par de electrodos, estando cada electrodo de dicho cuarto par longitudinalmente dispuesto en lados opuestos de dicho electrodo entre los electrodos del primero y segundo pares, respectivamente, y conectados entre sí, estando conectados dichos medicos para dar indicaciones entre dicho cuarto par de electrodos y dicho punto de referencia.

11^a. - Un aparato según se reivindica en el punto 10, caracterizado por un unico indicador de potencial espontáneo conectado entre otro punto de referencia y dicho electrodo.

12^a. - Un aparato según se reivindica en cualquiera de los puntos 10 u 11, caracterizado porque dichos medicos amplificadores están dispuestos dentro de un recipiente estanco y son descendidos dentro del pozo

198176



con los electrodos.

5
132. - Un aparato según se reivindica en el punto 12, caracterizado por un amplificador adicional que tiene terminales de entrada conectados con dicha fuente y dicho cuarto par de electrodos y terminales de salida conectados con dicho segundo par de electrodos y un punto de referencia remoto, respectivamente, para reducir sustancialmente a cero el potencial entre electrodos adyacentes del primer y segundo pares, respectivamente.

10
142. - Un aparato según se reivindica en los puntos 10-13, caracterizado por un primer medio de filtro para mantener diferencias de potencial continuas fuera de dichos medios indicadores, segundo medio de filtro para mantener la salida de dicho amplificador adicional fuera de los terminales de entrada de dichos medios amplificadores y tercer medio de filtro entre dichos electrodos y la entrada de dicho amplificador adicional para mantener energía eléctrica fuera de los últimos y fuera del medio indicador de potencial espontáneo.

15
20
25
152. - Un aparato según se reivindica en el punto 1, caracterizado porque los medios eléctricos incluyen primero, segundo y tercer pares de electrodos montados en relación fija con dicho primer electrodo, estando los electrodos de cada par longitudinalmente separados por encima y por debajo de dicho electrodo y siendo el espaciamiento entre los electrodos de cada par mayor que el espaciamiento entre los electrodos del par precedente; un primer medio amplificador que tiene su entrada conec-

198176



5 tada con los electrodos superiores del primero y segundo pares y su salida conectada con el electrodo superior del tercer par y un punto de referencia, respectivamente, un segundo amplificador que tiene su entrada conectada con los electrodos inferiores del primero y segundo pares y su salida conectada con el electrodo inferior del tercer par y dicho punto de referencia, estando dichos medios para dar indicaciones conectados con dichos primero y segundo pares de electrodos y un punto de referencia remoto, y un indicador de potencial espontáneo conectado entre otro punto de referencia y dichos primero y segundo pares de electrodos.

10 16. - Un aparato según se reivindica en el punto 15, caracterizado porque dichos amplificadores están encerrados en un recipiente estanco y son descendidos dentro de un pozo con los electrodos.

15 17. - Un aparato según se reivindica en cualquiera de los puntos anteriores 1 a 12, 15 o 16, caracterizado porque los medios eléctricos reducen el potencial a, virtualmente, cero.

20 18. - Un aparato para registrar la resistencia eléctrica en pozos.

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

La presente memoria consta de cuarenta y dos hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

4 JUN 1951

P. A.
Alberto de Elzaburu

Ch.

ESCALA VARIABLE

198176

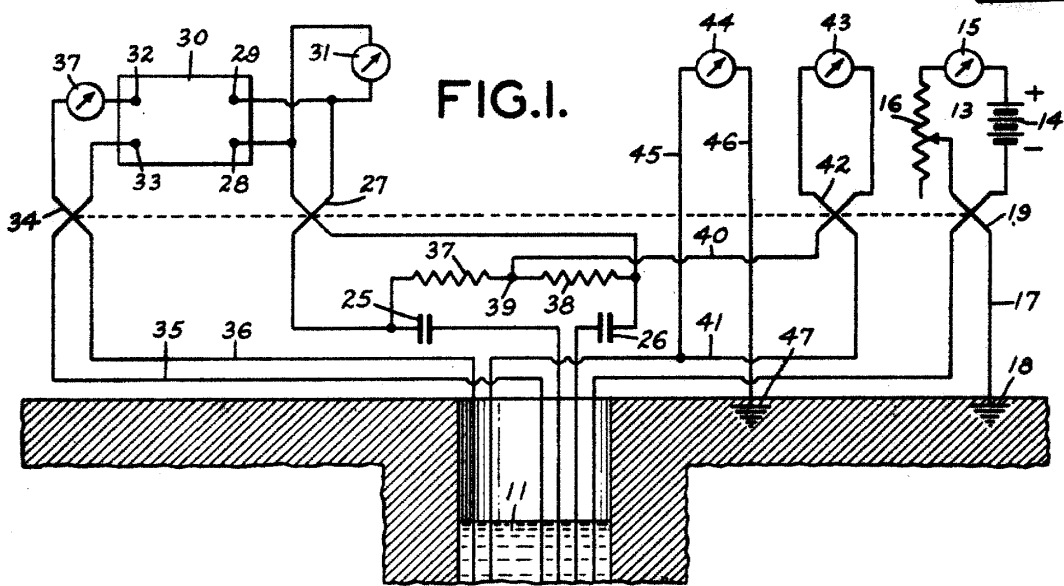
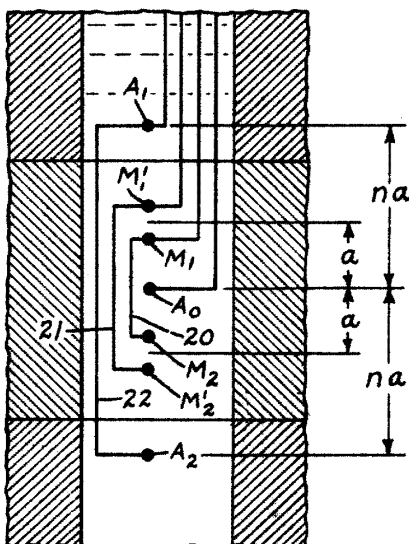
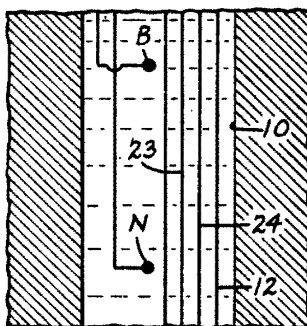
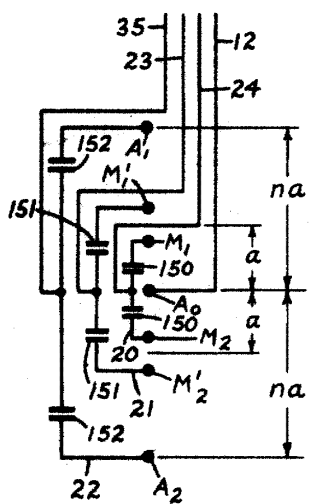


FIG. I.

FIG. I.A.



P A
Alonso de Eizabur
[Signature]

SCALE VARIABLE

198176



FIG. 2.

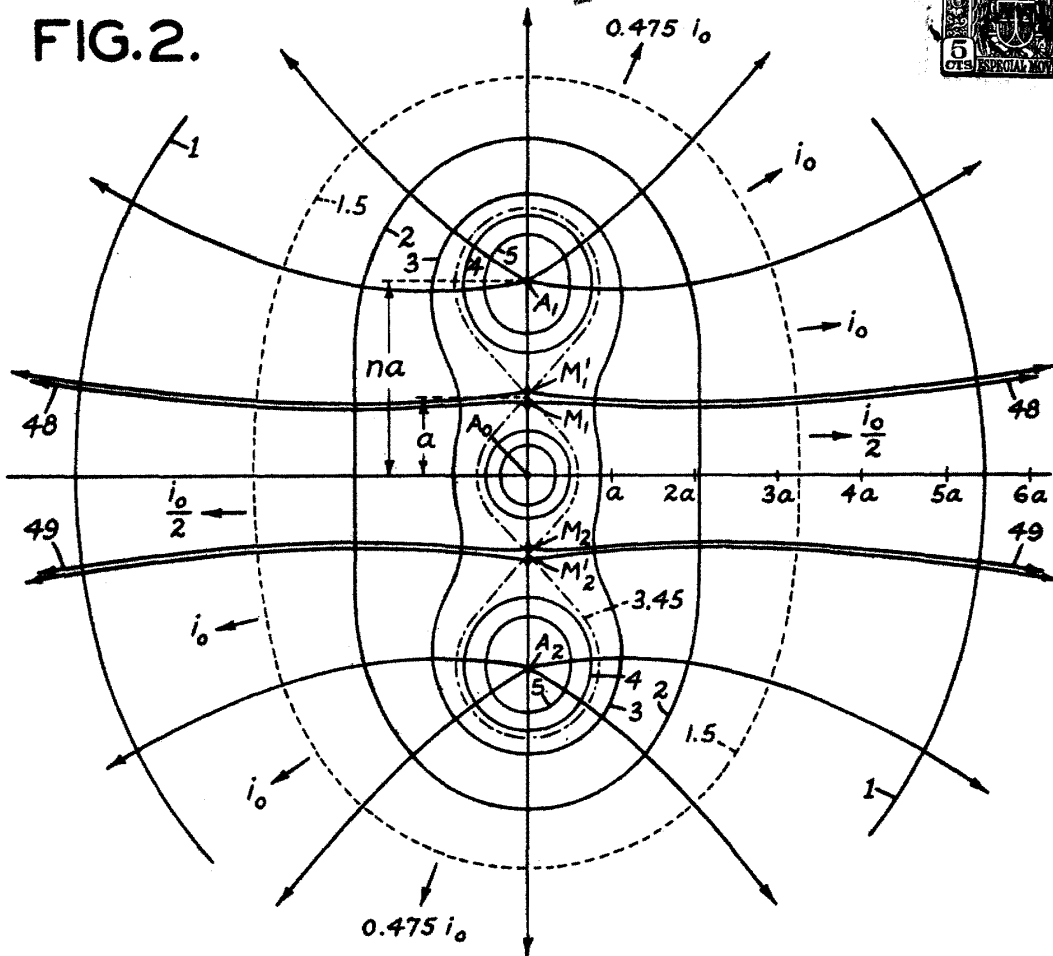


FIG. 4.

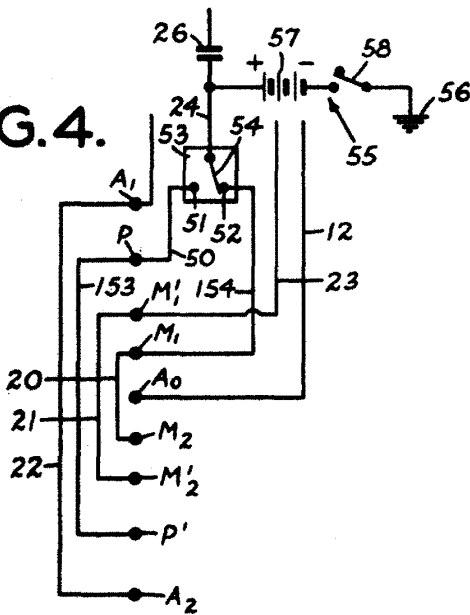
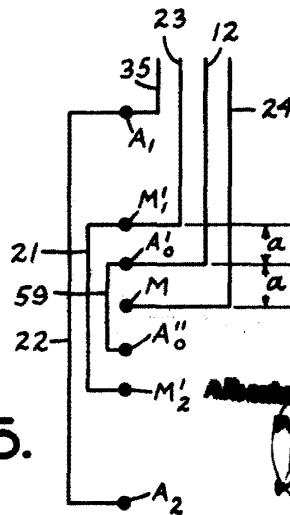


FIG. 5.



P A
 Alberto de Elcano
 Profesor

198176



1951

FIG. 6.

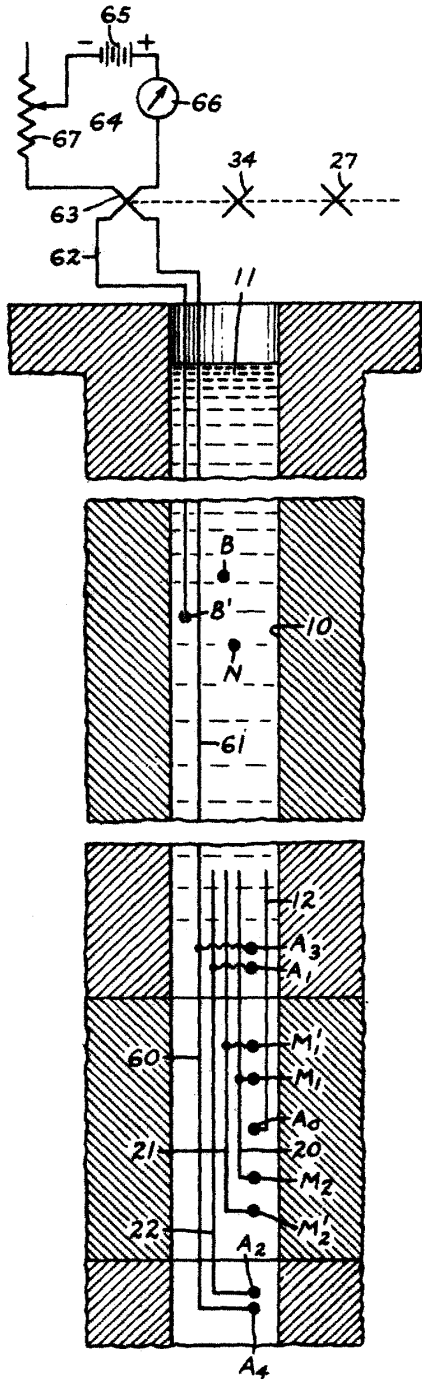
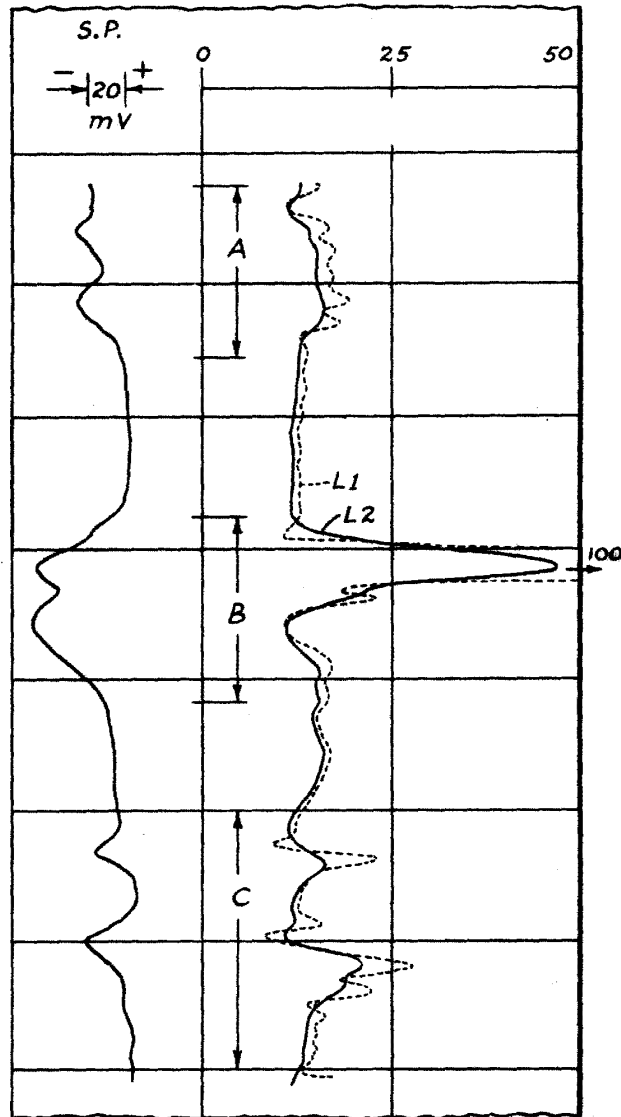


FIG. 3.

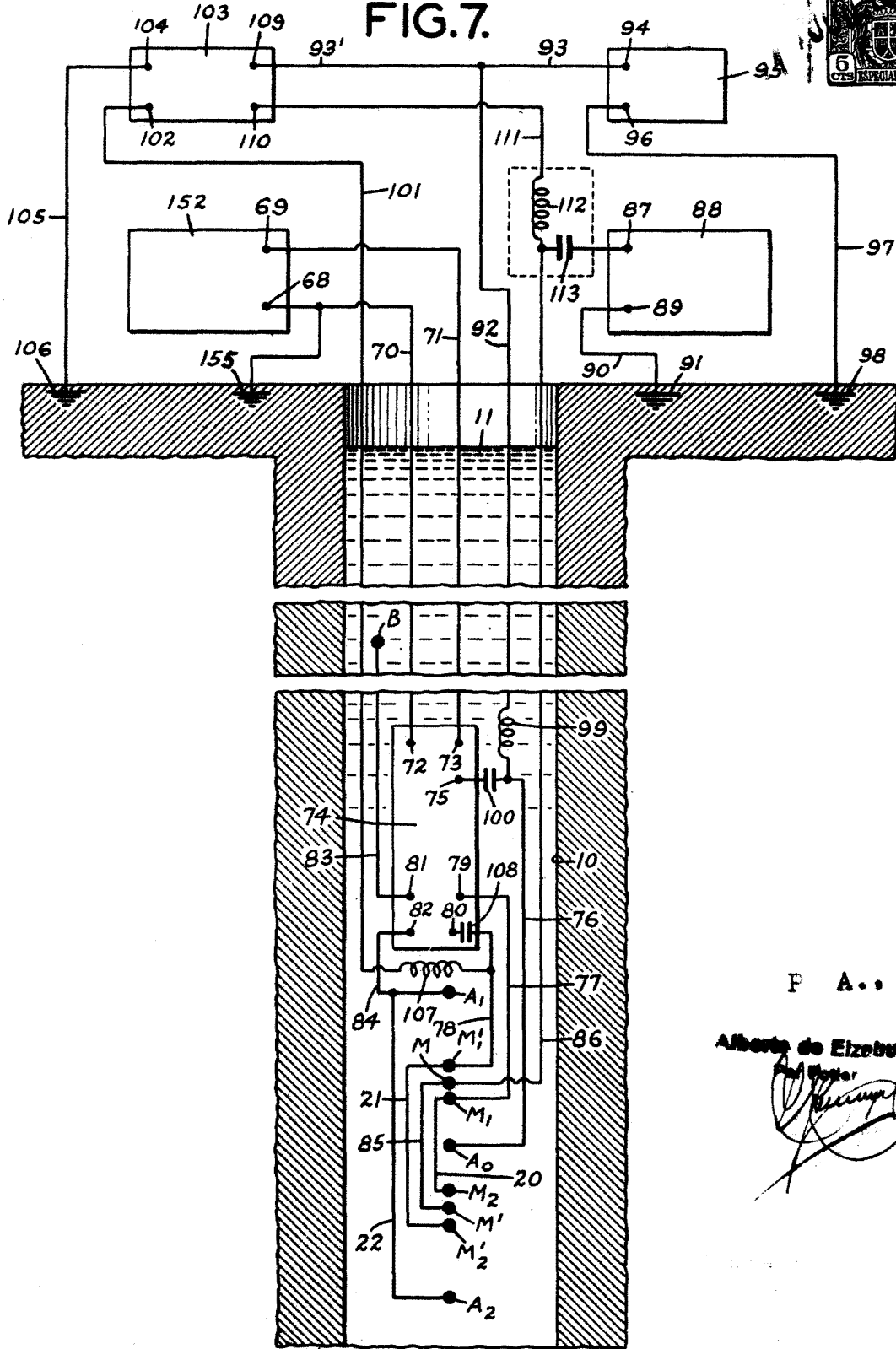


PM A...

[Handwritten signature]

198170

FIG. 7.



P A..

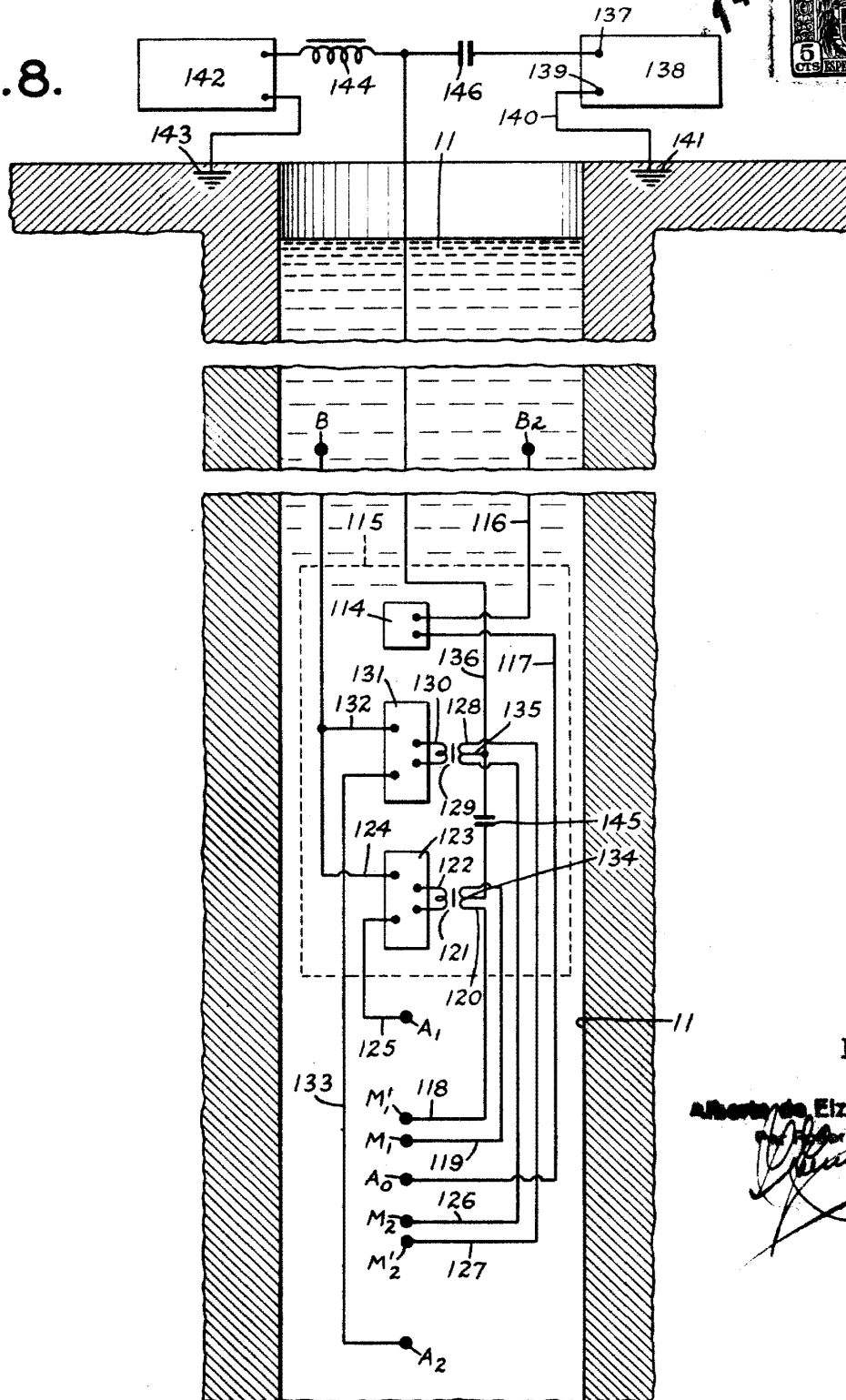
Alberto de Eizeburn

Alberto de Eizeburn

198170



FIG. 8.



P. . . A. . .

Alberto de Eizaburu
[Handwritten signature]