



ESPAÑA

CONCEDIDA	(10) ES (11) (21) NUMERO 462.341	(13) A1
	(22) FECHA DE PRESENTACION 14-9-1977	

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES: (31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
----------------------------------	------------	-----------

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL G06F	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIIONARIA
--------------------------	--	---

(54) TITULO DE LA INVENCION
"UN METODO DE TRATAR A MAQUINA DATOS DE REGISTRO DE PERFIL DE POZOS DEDUCIDOS DE DISPOSITIVOS DE EXPLORACION DE POZOS DE SONDEO QUE INVESTIGAN FORMACIONES TERRESTRES ATRAVESADAS POR POZOS DE SONDEO"

(71) SOLICITANTE (S)
SOCIETE DE PROSPECTION ELECTRIQUE SCHLUMBERGER (21.510/60.198)

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
42, rue Saint-Dominique, 75007 Paris, Francia.

(72) INVENTOR (ES)
Jean Suau y Yves Boutemy.

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE
DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ (P.- 66.928)

20 JUN. 1978

UNE A - 4 MOD. 3106

JGA.

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

UTILICESE COMO PRIMERA PAGINA DE LA MEMORIA

PRINCIPIOS BASICOS DEL INVENTO

5 El invento se refiere a métodos de investiga-
ción de formaciones terrestres atravesadas por pozos de
sondeo. Más en particular, el invento se refiere al tra-
tamiento de datos de registro de pozos deducidos de apa-
ratos que se hacen descender en un pozo de sondeo para
investigar formaciones terrestres subterráneas. Aún más
10 en particular, el invento se refiere a la verificación
y calibración de registros de datos para reconstruir re-
registros de datos ausentes.

Los pozos de sondeo son perforados en la cor-
teza terrestre para investigar formaciones terrestres
portadoras de combustibles fósiles en la forma de car-
15 bón o hidrocarburos, minerales tales como sulfuro y sal
y agua potable o que contenga sales valiosas. Se requie-
ren conocimientos de las características de formación pa-
ra localizar y evaluar tales formaciones terrestres. Son
características importantes la composición mineralógica
20 o litológica de las formaciones, la estructura de grano
de las formaciones, la porosidad o volumen de los espa-
cios de poro entre los granos, el contenido de estos es-
pacios de poro, la permeabilidad o capacidad para flujo
fluido entre los espacios de poro y la estructura de la
25 formación que determina su capacidad para retener y acu-

mular cantidades importantes de depósito. Con el fin de ser valiosa, una formación debe tener la combinación correcta de porosidad, permeabilidad, litología, estructura de poro y contenido de poros. Una referencia general de características de formación y su evaluación es un libro de E.J. Lynch titulado "Formation Evaluation" y publicado por Harper and Row en 1962.

Un modo efectivo para obtener información acerca de las características de las formaciones terrestres atravesadas por pozos de sondeo es la utilización de aparatos de investigación especialmente adaptados al ambiente de un pozo de sondeo. Tal aparato es hecho descender en el pozo de sondeo sobre un cable metálico después que se ha perforado el pozo. Este método es conocido como registro de datos de perfil por cable, o más simplemente registro de datos de sondeo. En el registro de datos de sondeo, el aparato de exploración está conectado eléctrica y mecánicamente por medio del cable metálico a equipos de control y registro situados en la superficie. El aparato de investigación es hecho descender en el pozo de sondeo por medio de un torno y es entonces extraído lentamente al tiempo que se derivan medidas en función de la profundidad. Estas medidas son registradas sobre una banda de película o papel, haciendo coincidir la escala en profundidad con la dimensión longitudinal de la banda, y

formándose así un registro de las medidas de sondeo en función de la profundidad. Alternativamente, las medidas pueden ser registradas en una memoria electrónica adecuada. El aparato de exploración utilizado para registrar las medidas y para generar las señales eléctricas para el registro de estas medidas es generalmente de tres tipos, definidos por el método utilizado para hacer las medidas. Los tres tipos de aparatos de exploración son los aparatos eléctricos, sónicos y de radiación. Puede encontrarse una descripción de tales técnicas de registro de datos de sondeo en un libro de Hubert Guyod y Lemay Shane titulado "Geophysical Well Logging" y publicado en 1969 por Hubert Guyod, Houston, Texas. Puede encontrarse una discusión de la interpretación de los registros en un libro de S.J. Pirson titulado "Handbook for Well Log Analysis" y publicado por Prentice-Hall en 1963.

Aunque la precisión general de registro de datos está mejorando progresivamente con el tiempo, las técnicas modernas de interpretación crean requerimientos de exactitud nuevos y muy rigurosos. Esto es particularmente cierto en los registros de datos de porosidad (neutrones, densidad y sónicos), pero es también cierto en otros registros de datos (tales como registros de potencial espontáneo, registros de resistividad, micro-

registros de datos de resistividad, lateroperfiles, registros de perfil electromagnéticos, registros de perfil de radioactividad diversos y registros de datos de perfil tales como perfiles de buzamiento, acústicos, geofónicos, geométricos, fotoeléctricos y geoquímicos). Bien es verdad que las técnicas complejas de interpretación de perfiles, tales como las técnicas de interpretación de arenas de pizarra y de litología-porosidad requieren una precisión que es superior a la que puede esperarse razonablemente a partir de recalibraciones de campo de dispositivos de medida.

La importancia y conveniencia de la calibración de datos de perfil ha sido reconocida anteriormente, y se han desarrollado diversas técnicas para la calibración de registros de datos de perfil. Por ejemplo, se comenta en un artículo de Cochrane, J.E. titulado "Principles of Log Calibration and Their Application to Log Accuracy", y publicado en el Journal of Petroleum Technology en julio de 1966, en las páginas 81 a 826, la técnica de calibración manual de sistemas de recogida de datos de sondeo por referencia a patrones. La técnica implica la calibración de superficies de un punto, dos puntos, o de puntos múltiples por medio de señales de referencia. En particular, el aparato de investigación que es hecho descender normalmente en un pozo de

sondeo para tomar medidas se sitúa en la superficie en un ambiente cuyas características son conocidas, y se registra en uno o más puntos sobre su curva de respuesta la diferencia entre las señales esperadas y las reales generadas por el aparato. Estas diferencias son utilizadas para corregir las medidas reales tomadas por el aparato en un pozo de sondeo. Se comenta una técnica similar en un artículo de Maciula, E.A. y Cochrane, J.E. titulado "Quantitative Use of Calibration Data to Correct Miscalibrated Well Logs" y publicado en el Journal of Petroleum Technology en julio de 1968, páginas 663-670. La técnica implica la utilización de señales de referencia para determinar la desviación de un registro respecto a un registro exacto, y utiliza esta desviación como operador sobre las medidas registradas para convertirlas en valores reales.

Se comenta otra técnica en la publicación de Jeffries; F.S. y Kemp, E. M., "Computer Reconciliation of Sonic Log and Core Analysis in the Boundary Lake Field", Fourth Annual Logging Symposium Transactions, Mayo 23-24, 1963, Oklahoma City, Oklahoma, páginas IV-I a IV-18. La técnica implica la calibración de registros de datos sísmicos por referencia a datos de porosidad obtenidos de análisis de testigos.

Otra solución manual para la calibración de

registros de perfil consiste en el análisis estadístico de registros de datos por una persona experimentada en interpretación de registros de perfil. Esta solución implica la creación de un modelo de un campo y la decisión de si un pequeño desplazamiento de uno o varios registros respecto a ese campo les haría adaptarse mejor al modelo. El modelo responde al convencimiento subjetivo de una persona que está altamente experimentada en interpretación de registros de datos en lo referente a la litología de un campo particular. Puede crearse tomando como base la manipulación de lecturas de porosidad, como se comenta en la publicación de Burk, J.A. y otros "The Litho-Porosity Cross-Plot, SPWLA, "Tenth Annual Logging Symposium, 25-28 de mayo de 1969, o tomando como base otra información tal como registros de datos de perfil individuales de pozos de sondeo en el campo de interés, u otro conocimiento de ese campo. Esta solución manual requiere una persona que tenga una gran práctica y esté altamente experimentada en interpretar registros de datos de perfil (y datos geológicos en general) e implica un alto grado de subjetividad. La solución es engorrosa. Adicionalmente, su aplicación a más de dos o tres registros es extremadamente difícil, y destaca la importancia del factor humano que está implicado necesariamente en ello. Esto no es de-

seable, porque la utilización de un número mayor de registros añade información valiosa adicional.

Resumen del invento

5

El invento se refiere en general a métodos de investigación de formaciones terrestres atravesadas por pozos de sondeo, y se refiere particularmente al tratamiento de datos de registro de sondeo derivados de aparatos que se hacen descender en un pozo de sondeo para investigar formaciones terrestres subterráneas. Específicamente, el invento se refiere a la verificación y calibración de registros y a la reconstrucción de registros de datos ausentes.

10

15

Uno de los aspectos del invento se refiere a la creación de un modelo estadístico de un campo mediante la obtención, por medio de un aparato de investigación de pozo de sondeo, de una pluralidad de medidas cada una de las cuales está relacionada funcionalmente con una característica de formación terrestre diferente, la formación de conjuntos de datos, cada uno de los cuales comprende una combinación definida de dicha pluralidad de medidas, y la combinación de los conjuntos de datos de un modo definido para formar un modelo estadístico del campo atravesado por los pozos de sondeo investigados.

20

25

Otro aspecto del invento está relacionado con la verificación de la calibración y con los registros de calibración deducidos de un pozo de sondeo en el mismo campo mediante la obtención de medidas similares de ese pozo de sondeo y la formación de conjuntos de datos similares a partir de estas medidas. Estos nuevos conjuntos de datos son combinados estadísticamente de un modo definido con el modelo estadístico del campo para determinar qué modificaciones de los conjuntos de datos últimamente mencionados pueden ser deseadas con el fin de llevar un registro representado por estos conjuntos de datos a una conformidad estadística definida con el modelo del campo.

Aún otro aspecto del invento se refiere a la reconstrucción de un registro ausente mediante la formación de registros de datos similares para un pozo de sondeo en el campo, cuyos conjuntos de datos, sin embargo, no incluyen una representación del registro ausente. Entonces, los conjuntos de datos últimamente mencionados son combinados estadísticamente de un modo definido con el modelo del campo para reconstruir así medidas que representan el registro ausente.

En particular, la creación de un modelo estadístico en un campo implica la investigación de uno o más pozos de sondeo en el campo mediante un aparato de investigación de pozo de sondeo para deducir de ellos una plu-

alidad de medidas en cada nivel de profundidad. Como resultado de tal investigación, existe para cada nivel de profundidad una pluralidad de medidas cada una de las cuales está relacionada funcionalmente con una característica diferente de la formación terrestre adyacente al pozo de sondeo en ese nivel de profundidad. Por ejemplo, en cada nivel de profundidad, la pluralidad de medidas puede incluir una medida de neutrones, una medida de densidad aparente y una medida sónica. Se forman entonces conjuntos de datos, comprendiendo cada conjunto de datos las medidas tomadas a un nivel de profundidad específico. Por ejemplo, un conjunto de datos puede comprender medidas de neutrones, densidad aparente y sónicas tomadas a un nivel de profundidad específico. Los conjuntos de datos son combinados estadísticamente entre sí para formar un modelo estadístico del campo. Esto incluye la formación de una memoria de celdas que funcionalmente es un cubo tridimensional de celdas, correspondiendo cada dimensión del cubo a una de las tres medidas. Cada una de las celdas del cubo está entonces asociada singularmente con una combinación particular de las tres medidas y cada uno de los conjuntos de datos puede ser utilizado para direccionar una celda única. Se examinan los conjuntos de datos para determinar a que celda corresponden, y se hace que cada celda almace-

ne un cómputo del número de apariciones del conjunto de datos correspondiente a la misma. Después que han sido así examinados todos los conjuntos de datos, las celdas incluidas en el cubo tridimensional de celdas
5 están almacenando cómputos y la distribución de los cómputos almacenados es representativa de un modelo estadístico del campo. Antes de ser utilizadas para direccionar celdas, las medidas que constituyen los conjuntos de datos pueden ser tratadas preliminarmente para
10 mejorar su calidad. Los conjuntos de datos que son obviamente erróneos o son de calidad dudosa pueden ser descartados con el fin de aumentar la conformidad estadística del modelo al campo.

Después que se ha creado el modelo estadístico,
15 puede calibrarse un registro de sondeo representado por una de las medidas de los conjuntos de datos deducidos de un pozo de sondeo en el mismo campo (o puede ser verificada su calibración) combinando estadísticamente los conjuntos de datos que contienen el
20 registro para su adaptación al modelo creado como se ha descrito anteriormente. Cada uno de los conjuntos de datos últimamente mencionados es utilizado para direccionar una celda del mismo modo que cuando se crea el modelo estadístico. El contenido de la celda direccionada es sumado al contenido normal en curso de un acu-
25

mulador central, y el contenido de varias celdas adyacentes a lo largo de la dimensión que representa el registro de perfil que ha de ser calibrado es sumado al contenido en curso de acumuladores laterales respectivos. Después que se utilizan de este modo todos los conjuntos de datos que contienen una representación del registro de perfil que ha de ser calibrado, los acumuladores central y laterales contienen cómputos cuya distribución es representativa de la corrección de calibración deseada. En particular, la desviación del acumulador central del pico de la curva para la representación gráfica del número de acumulador en función del contenido de acumulador representa la corrección de calibración. Si no existe desviación, entonces se verifica que el registro de perfil no necesita calibración.

La reconstrucción de un registro ausente implica la obtención de conjuntos de datos que contienen una pluralidad de medidas para cada nivel de profundidad de un pozo de sondeo, pero no contienen medidas representativas de un registro particular. Por ejemplo, el conjunto de datos puede contener solamente una medida de neutrones y una medida de densidad aparente pero no una medida sónica. Puede considerarse que un registro de calidad cuestionable es un registro "ausente".

La reconstrucción del registro ausente (por ejemplo, el registro sónico) implica la combinación estadística de estos conjuntos de datos de dos elementos con el modelo del campo creado tomando como base los conjuntos de datos de tres elementos (por ejemplo, conjuntos de datos que contienen medidas de neutrones, de densidad aparente y sónicas). Para este fin, cada uno de los conjuntos de datos de dos elementos se utiliza para direccionar una fila de celdas en el almacenamiento de datos del modelo en memoria tridimensional. La fila corresponde a la dimensión longitudinal del registro ausente. Cada una de las celdas contenidas en esa fila corresponde a un conjunto de datos de tres elementos que tiene dos elementos que son idénticos a los elementos del conjunto de datos de dos elementos correspondiente. Las celdas de la fila son examinadas y se escoge la celda que contiene el cómputo más alto. La medida correspondiente al registro ausente es entonces suministrada sustituyendo el conjunto de datos de dos elementos por el conjunto de datos de tres elementos correspondiente a la celda seleccionada.

El método del invento es aplicable a conjuntos de datos multidimensionales, tales como conjuntos de datos que comprenden, por ejemplo, cuatro medidas, por ejemplo medidas de neutrones, de densidad aparente,

sónicas y de resistividad. Es aplicable a otras combinaciones de medidas de registro de perfil, preferiblemente medidas que tengan alguna interdependencia mutua inherente.

5

Breve descripción de los Dibujos

La figura 1 es una representación esquemática del aparato de investigación, que tiene una pluralidad de dispositivos de exploración para investigar formaciones terrestres adyacentes, y una representación esquemática del aparato para registrar señales de perfil de sondeo obtenidas de los dispositivos de exploración para el tratamiento de estas señales con el fin de crear un modelo estadístico de un campo, con el fin de recalibrar registros de perfil tomando como base ese modelo estadístico, y con la finalidad de reconstruir registros de datos ausentes tomando como base el modelo y de acuerdo con el presente invento.

10

15

20

La figura 2 es una breve ilustración de las operaciones principales de una realización del invento relacionada con la creación de un modelo estadístico de un campo, como se pone en práctica en un computador digital para fines generales.

25

La figura 3 es una ilustración simplificada de una memoria tridimensional de celdas para almacenar el mo

delo estadístico de un campo.

La figura 4 es una ilustración de las operaciones principales de una realización del invento que concierne a la recalibración de un registro de datos de perfil, como se pone en práctica en un computador digital para fines generales.

La figura 5 es una ilustración esquemática de acumuladores que forman parte del computador digital para fines generales sobre el cual se pone en práctica el invento.

La figura 6 es una ilustración de una utilización específica de los acumuladores representados en la figura 5.

La figura 7 representa un gráfico formado llevando a cabo las operaciones de la realización del invento representada en la figura 4 sobre un computador digital para fines generales.

La figura 8 es una representación detallada de una realización del invento que concierne a la creación de un modelo estadístico de un campo, estando dicha realización puesta en práctica sobre un computador digital para fines generales.

La figura 9 es una representación detallada de una realización del invento que concierne a la recalibración de un registro de datos de perfil, puesta en práctica sobre un

computador digital para fines generales.

5 La figura 10 representa una modificación de la realización representada en la figura 9, sirviendo dicha modificación para la recalibración concurrente de tres registros de datos de perfil.

10 La figura 11 es una representación de una realización del invento que concierne a la reconstrucción de un registro ausente mediante modificación de ciertas operaciones de la figura 9, estando dicha realización puesta en práctica sobre un computador digital para fines generales.

Descripción Detallada

15 Los datos de sondeo tratados de acuerdo con el presente invento con el fin de calibrar un registro de datos de perfil, o con el fin de verificar la calibración de un registro, o con el fin de reconstruir un registro ausente, se obtienen por medio de un aparato del tipo ilustrado esquemáticamente en la figura 1.

20 Con referencia a la figura 1, está situado un aparato 10 de investigación de pozo de sondeo en un pozo 12 de sondeo. El aparato 10 está suspendido en el pozo 12 de sondeo en el extremo inferior de un cable 14 de conductores múltiples armado y es elevado y descendido selectivamente en el pozo 12 de sondeo por medio de un mecanismo

25

adecuado de torno y tambor (no representado) que actúa sobre el cable 14. El aparato 10 de investigación incluye un dispositivo 16 adecuado de exploración sónica para la medida del tiempo de recorrido acústico de las formaciones que rodean al pozo 12 de sondeo. Están descritos dispositivos de exploración sónica de este tipo en la Patente Norteamericana número 2.938.592 concedida a C. J. Charske y otros el 31 de mayo de 1960 y en la Patente Norteamericana 3.231.041 concedida a F. P. Kokesh el 25 de enero de 1.966. El aparato 10 de investigación incluye también un dispositivo 18 de exploración de neutrones que tiene una fuente de radiación y un detector de radiación montado sobre un patín 18a para medir el contenido de hidrógeno de las formaciones terrestres adyacentes al pozo 12 de sondeo, y de este modo la porosidad de dichas formaciones. Están expuestos dispositivos de exploración de este tipo en la Patente Norteamericana 2.769.918, concedida a C. W. Tittle el 6 de noviembre de 1956, y en la solicitud en tramitación número de serie 588.400, por H. Sherman y J. Tittman, presentada el 21 de octubre de 1966. Alternativamente, puede utilizarse un dispositivo convencional de exploración de neutrones en vez del dispositivo 18 de neutrones. En un dispositivo de neutrones convencional, los neutrones emitidos en una formación son captados por ciertos tipos de átomos en la formación, lo cual da lugar a la emisión de rayos gamma de alto nivel de

energía, denominados rayos gamma de captura. Los rayos gamma de captura son contados por un detector próximo. El aparato 10 de investigación incluye también un dispositivo 20 de exploración de densidad de formación para producir medidas de sondeo que pueden ser utilizadas para calcular la densidad aparente de las formaciones adyacentes. El dispositivo 20 de densidad de formación incluye un patín 20a que aloja una fuente y dos detectores separados a distancias diferentes de la fuente. Esta disposición de una fuente y detectores produce señales que corresponden a la densidad aparente de las formaciones terrestres adyacentes al pozo 12 de sondeo. Está expuesto un dispositivo de medida de densidad de formación de este tipo en el artículo de J. S. Wahl, J. Tittman, C.W. Johnstone y R.P. Alger titulado "Dual Spacing Formation Density Log " y publicado en el Journal of Petroleum Technology, diciembre de 1964, páginas 1411-1416. En un artículo de J. Tittman y J. S. Wahl titulado "The Physical Foundations of Formation Density Logging (Gamma-Gamma)" y publicado en Geophysics en abril de 1965 en las páginas 284-294; y en la Patente Norteamericana número 3.321.625 concedida el 23 de mayo de 1967 a John S. Wahl. Para mantener el aparato 10 de investigación centrado en el pozo de sondeo, están dispuestos un par de miembros 18b y 20b de aplicación a la pared, extensibles, opuestos a los pa

tines 18a y 20a respectivamente. Puede estar combinado un calibre de pozo de sondeo con los brazos que extienden los patines 18a y 20a para suministrar una señal representativa del diámetro del pozo 12 de sondeo. Para mantener una porción superior del aparato 10 de investigación centrada, están dispuestos una pluralidad de separadores 22 elásticos.

Aun con referencia a la figura 1, se derivan señales G1 y G2 de los detectores de separación corto y largo del dispositivo 20 de medida de densidad de formación. Estas señales tienen la forma de impulsos cuyas frecuencias de repetición son representativas de los parámetros medidos. Las señales G1 y G2 de frecuencia de cómputo son transmitidas a la superficie sobre conductores respectivos incluidos en el cable armado 14 y son amplificadas por un par de amplificadores 24 y 26, respectivamente. Las salidas de los amplificadores 24 y 26 se aplican a un computador 28 de densidad que calcula la densidad aparente ρ_B de las formaciones adyacentes al pozo 12 de sondeo. Si se desea, la señal de calibre puede aplicarse al computador 28 de densidad que se utiliza en el cálculo de la densidad aparente ρ_B . La señal ρ_B de densidad aparente resultante es suministrada a una memoria 30 adecua-

da que almacena las medidas de densidad aparente calculadas de un modo que permite asociar una medida almacenada con el nivel de profundidad en el pozo 12 de sondeo en el cual es tomada esta medida por el aparato 10 de investigación. La memoria 30 puede ser cualquier dispositivo de memoria adecuado, tal como una memoria magnética giratoria o de condensadores que almacena para lectura subsiguiente las señales entrantes para un intervalo de profundidad suficiente. La memoria 28 es accionada a una velocidad que es función de la profundidad del pozo de sondeo por un eje 32 acoplado a una rueda giratoria 34 que se aplica al cable armado 14 para sincronizar así la memoria 30 con la posición del aparato 10 de investigación con relación a la profundidad del pozo 12 de sondeo.

La señal N de neutrones deducida por el dispositivo 18 de neutrones consiste en una serie de impulsos de frecuencia de repetición proporcional al contenido en hidrógeno, y por tanto a la porosidad de las formaciones terrestres adyacentes al pozo 12 de sondeo. Esta señal N de neutrones es suministrada, a través de un conductor adecuado incluido en el cable 14, a un amplificador 36 cuya salida se aplica a un computador 38 de porosidad adecuado que convierte la velocidad N de cómputo de neutrones en una señal

de corriente continua proporcional a la porosidad
 ϕ_M de neutrones deducida. Está expuesto en la an-
tes mencionada solicitud en tramitación de Sherman
y Tittman un dispositivo que puede servir como com-
putador 38 de porosidad. La señal ϕ_M de porosidad
5 de neutrones deducida es suministrada a una memoria
40 adecuada accionada por el eje 32. La memoria 40
es similar a la memoria 30 y actúa para sincronizar
en profundidad la señal de porosidad derivada de
10 los neutrones, almacenada en ella con la salida de
señal de densidad aparente del computador 28 de den-
sidad.

Las medidas Δt de tiempo de recorrido
derivadas del dispositivo 16 de exploración sónica
15 son suministradas, a través de un conductor adecua-
do incluido en el cable armado 14, a un amplificador
42, y la salida del amplificador es suministrada a
una memoria 44 que es similar a las memorias 30 y
40 y está sincronizada igualmente por medio del eje
20 32 con el fin de sincronizar en profundidad las se-
ñales de registro de datos sónicos registradas con
las señales de densidad aparente y las señales de
porosidad derivadas de los neutrones.

Bien en concurrencia con el registro en
25 la memoria 30, o bien en un intervalo subsiguiente,

la salida de señales de densidad aparente del computador 38 de densidad pueden ser suministradas a un convertidor 46 de analógico a digital para ser convertidas en el mismo en señales digitales adecuadas para transmisión o para subsiguiente almacenamiento en cualquier lugar. Similarmente, las señales de porosidad derivadas de los neutrones que están almacenados en la memoria 40 pueden ser suministradas a un convertidor 48 similar de analógico a digital, y las señales sónicas registradas en la memoria 44 pueden ser suministradas a un convertidor 50 similar de analógico a digital. Las señales digitales proporcionadas en las salidas de los convertidores 46, 48 y 50 de analógico a digital son suministradas a un transmisor 52 de alcance de datos para transmisión a través de un enlace 54 de comunicación a un lugar para tratamiento ulterior de las medidas tomadas por el aparato 10 de investigación.

Para tratamiento de acuerdo con el método del invento, las señales de densidad y sónicas de neutrones convertidas a digital, transmitidas a través del enlace 54 de comunicaciones, son recibidas en un receptor 56 de enlace de datos y pueden ser suministradas a un correlacionador 58 de

profundidad, si se desea, para una correlación de
profundidad precisa entre las señales individuales
de un grupo de tres señales de medida (de neutro-
nes, sónica y de densidad), derivadas en el mismo
5 nivel de profundidad en el pozo 12 de sondeo. La
salida del correlacionador 58 de profundidad pue-
den ser suministradas, si se desea, a un ordenador
preliminar 60 para efectuar cualquier tratamiento
preliminar deseado, tal como desplazamiento de ce-
10 ro preliminar o asignación de escala preliminar
por un factor conocido. La salida del ordenador
preliminar 60 consiste en una serie de tripletes
de valores denominados conjuntos de datos. Cada
uno de los conjuntos de datos comprende una combi-
15 nación de tres medidas (neutrones, sónica y de den-
sidad), tomadas en el mismo nivel de profundidad en
el pozo 12 de sondeo. Por ejemplo, si se toman me-
didas cada 15 centímetros a medida que el aparato
10 de investigación es hecho ascender en el pozo
12 de sondeo, existe un conjunto de datos que com-
20 prende las tres medidas tomadas en cada intervalo
de 15 centímetros a lo largo del pozo 12 de sondeo.
La salida de conjunto de datos del ordenador preli-
minar 60 se almacenan en un dispositivo 62 de alma-
25 cenamiento que puede ser un dispositivo de almace-

namiento convencional de tambor, cinta o disco. Pueden ser investigados, como se ha descrito anteriormente, dos o más pozos 12 de sondeo en el mismo campo y los conjuntos de datos derivados de ellos pueden ser almacenados en el dispositivo 62 de almacenamiento. Los conjuntos de datos contenidos en el dispositivo 62 de almacenamiento son tratados bajo control de una unidad central 64 de tratamiento que funciona de acuerdo con el presente invento para generar a partir de estos conjuntos de datos un modelo estadístico del campo, y este modelo estadístico es almacenado en una memoria 66 adecuada. La memoria 66 puede ser una memoria convencional de núcleos, una memoria convencional de disco o tambor, o similar. Cuando ha de calibrarse un registro de perfil de un pozo 12 dado de sondeo en el mismo campo, los conjuntos de datos que incluyen ese registro y están almacenados en el dispositivo 62 de almacenamiento son combinados con el modelo estadístico almacenado en la memoria 66 de acuerdo con el presente invento con el fin de determinar qué desplazamiento de cero, si lo hay, puede requerirse para llevar ese registro a una conformidad estadística definida con el modelo almacenado en la memoria 66. El resultado de esta determinación puede ser visualizado sobre un

dispositivo 68 de visualización, que puede ser una impresora de computador convencional. Bajo el control de la unidad central 64 de tratamiento de acuerdo con el presente invento, el desplazamiento de cero puede ser entonces aplicado al registro de interés para calibrar el registro de datos tomando como base el desplazamiento de cero determinado.

La calibración de un registro de datos de perfil de un campo dado, o la verificación de la calibración de un registro de acuerdo con el presente invento implica dos operaciones principales: la formación de un modelo estadístico del campo por medio de la combinación, de acuerdo con el método del invento, de un número de registros de perfil tomados de pozos de sondeo en el mismo campo; y la combinación del registro de datos de perfil que ha de ser calibrado con el modelo estadístico de acuerdo con el método de acuerdo con el invento para determinar qué modificación del mismo, si la hay, puede ser necesaria para llevarlo a una conformidad estadística definida con el modelo del campo. El método del invento refleja el principio general de que cuando un analista está comparando registros de datos de perfil con un modelo a priori de un campo y un pequeño desplazamiento en uno o varios registros de perfil

del mismo campo les haría estar en conformidad con
ese modelo a priori, el analista supondría que el
desplazamiento es legítimo y correspondería a un
error de calibración (error de cero o error de esca-
5 la). La base del analista para esta suposición sería
estadística a partir de registros, gráficos, etc,
anteriores, así como el grado de su conocimiento y
experiencia y sus convencimientos subjetivos refe-
rentes a lo que sería la litología del campo. El mo-
10 delo estadístico de un campo que se crea de acuerdo
con el método del invento refleja este principio ge-
neral, pero ofrece la posibilidad de aplicarlo en
situaciones en las cuales sería imposible o irreali-
zable para un analista tratar los datos disponibles
15 referentes a un campo. Adicionalmente, el método del
invento elimina el error humano y elimina la subjeti-
vidad y tendencia personal.

Para ilustrar el problema al cual está di-
rigido el método del invento y para ilustrar posibles
20 soluciones al problema, se da un ejemplo que implica
los tres registros de datos de porosidad. Como resul-
tará claro posteriormente, el método de acuerdo con
el invento es también aplicable a otros registros de
datos y a otras combinaciones de registros, tales co-
mo cuatro o más registros, o dos registros.
25

Para fines de ilustración de los principios del método de acuerdo con el invento, supóngase que existe una probabilidad a priori de encontrar un conjunto particular de las tres medidas de porosidad. En otras palabras, para cada grupo de tres medidas de porosidad en un espacio tridimensional, existe una función de probabilidad.

$$P(\phi_N, \rho_B, \Delta t) = \frac{n(\phi_N, \rho_B, \Delta t)}{N}$$

donde n es el número de apariciones de un grupo de tres medidas particular, y N es el número total de grupos de tres medidas. Supóngase entonces que un pequeño error de calibración en uno de los registros de datos tiende a desplazar el grupo de tres medidas que incluye ese registro de una posición de probabilidad inferior (la tendencia de desplazamiento está expresada en términos estadísticos). Para cada triplete de medidas derivado en un nivel de profundidad dado de un nuevo pozo de sondeo en un campo, existe una función de probabilidades correspondiente, y la probabilidad media por nivel puede servir como medida de la conformidad entre los tripletes de medida deducidos del nuevo pozo de sondeo y el modelo a priori

definido por las funciones de probabilidad a priori. Entonces, puede llevarse a cabo la calibración haciendo máxima la probabilidad media mediante una búsqueda sistemática alrededor de un punto original.

5 La elección de una probabilidad a priori es una operación crítica. Es dudoso que pudiese encontrarse una función de probabilidad universal para todas las condiciones de registro de datos; incluso si pudiese encontrarse tal función de probabilidad universal, sería una función más bien plana y por tanto no muy útil, puesto que
10 lo que se necesitaría sería una función con variaciones relativamente bruscas en su dominio. Sin embargo, para un cierto campo, e incluso probablemente para un cierto tipo de ambiente de depósitos, tal función de probabilidad existiría y poseería las propiedades necesarias para fines de
15 calibración.

 Un método de crear una función de probabilidad es seleccionar una serie de conjuntos de registros de datos en estado razonablemente bueno en un campo deseado (ambiente geológico) y contar el número de apariciones de cada combinación singular de las tres medidas de porosidad.
20 La probabilidad aceptada a priori para un conjunto de tres medidas sería el cociente entre el número correspondiente de apariciones y el número total de conjuntos de tres medidas deducidos del campo. Todas las combinaciones minera
25

les normalmente esperadas en este campo estarían preferiblemente incluidas en el conjunto de registros de perfil, pero esto no es un requerimiento absoluto. Los errores pequeños de calibración sin detectar en estos registros de datos pueden aplanar algo la función de probabilidad pero conservaría sus propiedades principales. Adicionalmente, las pequeñas desadaptaciones de profundidad entre registros de datos también promediarían en algún grado la función. La función de probabilidad puede ser mejorada progresivamente extrayendo nueva información deducida de nuevos registros de datos en el mismo campo, preferiblemente registros que sean de excelente calidad. Un pozo de sondeo que incluye nuevos minerales no crearía problemas siempre que una gran porción del mismo correspondiese a litología normalizada.

Las operaciones principales en la creación de un modelo estadístico de un campo se ilustran en la figura 2 en la forma de operaciones adecuadas para la ejecución sobre un computador digital para fines generales programado de acuerdo con el presente invento. El computador puede comprender la unidad central 64 de tratamiento representada en la figura 1 junto con los dispositivos 62 y 66 de almacenamiento y el dispositivo 68 de visualización. Aunque el método de acuerdo con el invento puede llevarse a cabo sobre un computador digital de pequeña escala, por

medio de transferencias múltiples de datos entre memoria masiva y memoria rápida, en atención a una mayor simplicidad, el invento se ilustra en lo que sigue como puesto en práctica sobre un computador digital de gran escala que tiene una gran memoria rápida (de núcleos). Un ejemplo de una máquina adecuada es un computador digital para fines generales IBM sistema 360/65 que tiene una configuración convencional y 512000 baterías de bitios de memoria de núcleos magnéticos.

10 Con referencia a la figura 2, la primera operación en la construcción de un modelo estadístico de un campo es leer en el paso 70 un conjunto de datos que comprende un triplete de las tres medidas de porosidad tomadas a un nivel de profundidad determinado en un pozo de sondeo del campo de interés. El conjunto de datos puede ser leído del dispositivo 62 de almacenamiento representado en la figura 1 o puede formarse de otro modo. Se observa que el conjunto de datos leído en el paso 70 puede comprender otras medidas deducidas del aparato para investigar formaciones terrestres atravesadas por un pozo de sondeo.

25 El conjunto de datos que es leído en el paso 70 es examinado en el paso 72 para determinar si cada una de sus medidas está dentro de límites especificados. Un conjunto de datos en el cual está eliminada anormalmente una

medida de una gama razonable de valores para un campo da-
do es probablemente erróneo e inválido y no se permitirá
que influya indeseablemente en un modelo estadístico de
ese campo; por consiguiente, si la respuesta en el paso
5 72 es "no", es decir si el conjunto de datos leído en el
paso 70 no está dentro de límites definidos, se efectúa
un retorno al paso 70 para leer otro conjunto de datos. El
conjunto de datos respecto al cual se determinó que no es-
taba dentro de los límites definidos en el paso 70 se des-
10 carta completamente.

Si la respuesta en el paso 72 es "si", es decir
si el conjunto de datos leído en el paso 70 está dentro
de límites definidos, se transfiere el control al paso 74
para calcular una dirección de celda correspondiente a la
15 combinación particular de medidas que comprenden el con-
junto de datos leído en el paso 70. El modelo estadístico
que se crea de acuerdo con el método del invento puede ser
visualizado funcionalmente como memoria tridimensional que
comprende un cubo de celdas, donde cada una de las celdas
20 corresponde a una combinación particular de tres medidas
de porosidad. Está representada una ilustración esquemáti-
ca y abreviada de una memoria tridimensional de celdas en
la figura 3, en donde cada una de las celdas está identi-
ficada por un grupo de tres números, estando comprendido
25 cada número entre 0 y 3. En el ejemplo representado en la

figura 3, la dimensión X de la memoria puede ser la medida de registro de neutrones, la dimensión Y de la memoria puede ser la medida de registro de densidad aparente y la dimensión Z puede ser la medida de registro de señal sónica. De este modo, la celda identificada por (0, 0, 0) corresponde a un conjunto de datos en el cual cada una de las tres medidas de porosidad está referida a un factor de escala correspondiente a cero, la celda denominada (1, 3, 1) corresponde a un conjunto de datos en el cual la medida de neutrones tiene un factor de escala de 1, la medida de densidad aparente tiene un factor de escala de 3 y la medida sónica tiene un factor de escala de 1. La denominación de una celda puede considerarse como su dirección. Las coordenadas de identificación de celda pueden ser dadas directamente en unidades de medidas de porosidad, o las direcciones de celda pueden ser afectadas de un factor de escala como funciones definidas de los valores de la medida de porosidad de conjuntos de datos.

Volviendo a hacer referencia al paso 74 de la figura 2, las tres medidas de un conjunto de datos son utilizadas para calcular la dirección de una celda en una memoria de celdas del tipo ilustrado esquemáticamente en la figura 3. Después que se ha calculado la dirección de celda, el control es transferido al paso 76 para incrementar el contenido en curso de la celda direccionada. Todas las cel

das de la memoria pueden contener inicialmente cero o cualquier otro número arbitrario conocido. Si todas las celdas incluidas en la memoria contienen ceros al iniciarse los pasos representados en la figura 2, y la dirección de una celda es calculada por primera vez, el contenido de esta celda es incrementado de cero a uno para indicar que se presentó un conjunto de datos correspondiente a esa celda. Cada vez que se calcula una dirección de celda en el paso 64, su contenido es incrementado en una unidad.

Después del paso 76, se efectúa una prueba en el paso 78 para determinar si existen conjuntos de datos remanentes. Si existen conjuntos de datos remanentes se efectúa un retorno al paso 70 para leer otro conjunto de datos; si no existen conjuntos de datos remanentes, se imprime un listado de distribución en el paso 80 por el dispositivo 68 de visualización (figura 1) para mostrar la distribución de los contenidos de celdas de la memoria ilustrada en la figura 3. En el caso típico, la mayor parte de las celdas de memoria no han sido direccionadas y por tanto no contienen cómputo. Típicamente, solamente hasta unos cuantos millones de celdas de memoria contienen cómputos.

Se observa que la memoria tridimensional ilustrada en la figura 3 no necesita ser en realidad una matriz tridimensional de celdas, sino que puede ser simulada sobre una memoria bidimensional tal como la memoria rápida 66 (de

múcleos) representada en la figura 1. Lo único que es importante es que la memoria 66 (figura 1) tenga suficiente capacidad para tener tantas posiciones de palabras como celdas existen en la memoria tridimensional comentada anteriormente. El número requerido de posiciones de palabra es el número de posibles conjuntos de datos singulares cuyas medidas están dentro de los límites definidos en el paso 72 (figura 2). Por ejemplo, si existen 50 valores posibles para cada una de las tres medidas de porosidad, la memoria 66 debe tener al menos 125.000 posiciones de palabra (es decir $50 \times 50 \times 50$), correspondiendo cada posición de palabra (celda) a un conjunto de datos singular.

Después de tratar los datos obtenidos de uno o más pozos de sondeo en un campo dado, la memoria 66 contiene información que representa un modelo estadístico del campo. Este modelo estadístico puede ser utilizado para calibrar un registro obtenido de un pozo de sondeo en el mismo campo, o para verificar la calibración de un registro de datos de sondeo, por medio del proceso cuyos pasos principales están ilustrados en la figura 4. El proceso de verificación y calibración implica la combinación estadística de conjuntos de datos de un pozo de sondeo en ese campo con el modelo estadístico contenido en la memoria 66 para determinar qué modificación, si la hay, de

una medida seleccionada en cada uno de estos conjuntos de datos puede requerirse para llevar las medidas seleccionadas a una conformidad estadística definida con el modelo.

5 Con referencia a la figura 4, los pasos 82, 84 y 86 son idénticos a los pasos 70, 72 y 74, respectivamente, de la figura 2, con la excepción de que los conjuntos de datos a que se hace referencia en la figura 4 contienen una medida que representa un registro cuya calibración se cuestiona. Por ejemplo, si puede ser deseado calibrar o verificar la calibración de un registro de neutrones de un pozo de sondeo dado, y cada uno de los conjuntos de datos que son tratados en los pasos 82, 84 y 86 contiene una medida de neutrones que representa ese registro.

15 En particular, en el paso 82, es leído un conjunto de datos del dispositivo 62 de almacenamiento (figura 1), y si el conjunto de datos no es descartado en el paso 84 porque no cae dentro de límites definidos, es utilizado en el paso 86 para calcular una dirección de celda del mismo modo que se utiliza un conjunto de datos en el paso 74 de la figura 2 para calcular una dirección de celda.

20 En el paso 88 de la figura 4, el contenido de la celda cuya dirección se calcula en el paso 86 es leído en forma no destructiva de la celda y es sumado al contenido en curso del acumulador denominado acumulador "central".

25 El acumulador central puede ser un registro, o simplemente

una posición en la memoria en la cual se mantiene una suma en curso del contenido de las celdas cuyas direcciones son calculadas en el paso 86.

5 En el paso 90 se lee el contenido de las diversas celdas adyacentes a lo largo de la dirección del registro que ha de ser calibrado (por ejemplo, la dimensión del registro de neutrones), y cada uno es sumado al contenido en curso de un acumulador correspondiente de una pluralidad de acumuladores denominados acumuladores "laterales".

10

La figura 5 ilustra un acumulador central 100, un acumulador lateral 102 derecho que se denomina el acumulador "(+ 1)", otro acumulador lateral derecho 104 denominado el acumulador "(+ 2)", un acumulador lateral izquierdo 106 denominado "(- 1)", y un segundo acumulador lateral izquierdo 108 denominado "(- 2)". El acumulador central 100 almacena acumulativamente el contenido de la celda cuya dirección se calcula en el paso 86, el acumulador lateral derecho 102 almacena el contenido de la celda inmediatamente adyacente en la dirección positiva a lo largo de la dimensión correspondiente al registro de perfil que ha de ser calibrado, y el acumulador lateral derecho 104 almacena el contenido de la celda inmediatamente adyacente a lo largo de la misma dirección a la celda cuyo contenido se almacena acumulativamente en el acumulador la-

15

20

25

teral 102. El acumulador lateral izquierdo 106 almacena acumulativamente la dirección de la celda inmediatamente precedente (en la dirección del registro de perfil que ha de ser calibrado) la celda cuyo contenido se almacena en el acumulador central 100, y el acumulador lateral izquierdo 108 almacena acumulativamente el contenido de la celda que precede inmediatamente (en la dirección del registro de perfil que ha de calibrarse) la celda cuyo contenido se almacena en el acumulador lateral izquierdo 106. Puede haber acumuladores adicionales lateral derecho y lateral izquierdo dispuestos de un modo similar y que sirven para una función similar. En realidad, una de las realizaciones específicas del invento utiliza cinco acumuladores laterales izquierdos y cinco acumuladores laterales derechos.

La figura 6 ilustra un ejemplo específico que se describe posteriormente con referencia a las figuras 3, 4 y 5. En este ejemplo específico, supóngase que la celda denominada (2, 3, 1) en la figura 3 es la celda cuya dirección se calcula en el paso 86 de la figura 4. El contenido de esa celda se almacena en el acumulador central 100. Entonces, el contenido de la celda inmediatamente adyacente a lo largo de la dimensión del registro de perfil que ha de ser calibrado (es decir, a lo largo de la dimensión ϕ) se lee y se almacena en el acumulador lateral derecho 102. Esta celda es la celda denominada (3, 3, 1) que está inme

diatamente al costado derecho de la celda (2, 3, 1) en la figura 3. Si hay otras celdas a la derecha de la celda denominada (2, 3, 1) en la figura 3, su contenido se almacena acumulativamente en otros acumuladores respectivos laterales derechos. El contenido de la celda denominada (1, 3, 1), cuya celda está inmediatamente precedente a la celda (2, 3, 1) en la figura 3, es sumado acumulativamente al contenido en curso del acumulador lateral izquierdo 106. El contenido de la celda inmediatamente precedente, es decir la celda denominada (0, 3, 1) en la figura 3 se suma acumulativamente al contenido del acumulador lateral 108, etc.

Cuando es utilizado el siguiente conjunto de datos en el paso 86 de la figura 4 para calcular una dirección de celda, supóngase que esta nueva dirección de celda identifica la celda denominada (2, 1, 0) en la figura 3. Entonces la celda cuyo contenido es sumado acumulativamente al acumulador lateral 102 es la celda denominada (3, 1, 0); la celda cuyo contenido es sumado acumulativamente al contenido del acumulador lateral 106 es la celda denominada (1, 1, 0); y la celda cuyo contenido se suma al contenido en curso del acumulador lateral 108 es la celda (0, 1, 0), etc.

Con referencia nuevamente a la figura 4, después que han sido tratados en el paso 90 todos los conjuntos de datos que contienen una medida para el registro de perfil de sondeo que ha de ser calibrado, la comprobación en el pa

so 92 indica que no existen más de tales conjuntos de datos. En ese momento, los acumuladores contienen cómputos acumulativos, y en el paso 94 se forma una curva de distribución de los contenidos de estos acumuladores. La

5 curva de distribución es una representación gráfica del contenido del acumulador en función de la distancia del acumulador central. En la figura 7 está ilustrada una

10 curva de distribución a modo de ejemplo en donde el eje horizontal es el número de acumulador y el eje vertical es el contenido de acumulador (realmente, el porcentaje de los cómputos en un acumulador respecto al número total de cómputos en todos los acumuladores). El acumulador cen-

15 tral 100 de la figura 5 está indicado por 0000 en la figura 4, el acumulador lateral izquierdo 106 está indicado por -001, el acumulador lateral izquierdo 108 está

20 indicado por -002, etc, el acumulador lateral derecho 102 está indicado por 0001 en la figura 7, el acumulador lateral derecho 104 está indicado por 0002, etc. La línea denominada "probabilidad" en la figura 7, indica en números situados sobre el correspondiente acumulador el porcentaje del cómputo en ese acumulador respecto a los cómputos totales en todos los acumuladores y la línea situada sobre ella, que está indicada con el rótulo "cómputo de celda acumulativo", indica los cómputos reales almacenados en los respectivos acumuladores.

25

Puede ajustarse una curva 110 mediante técnicas convencionales de ajuste de curva al gráfico representado por el cómputo de porcentajes en la figura 7. De acuerdo con el presente invento, el máximo de esa curva 110 que es
5 tá indicado por 110a en la figura 7 es una medida del desplazamiento de cero que debe ser aplicado al registro de perfil de sondeo comprobado para calibración con el fin de llevar ese registro a la conformidad estadística definida con el modelo estadístico del campo que se forma de acuerdo
10 con el presente invento y está almacenado en la memoria 66. En el ejemplo ilustrativo de la figura 7, el máximo de la curva 110 está desplazado hacia la izquierda del acumulador central 100 en 1,61 unidades de celda. Esto significa que debe ser restado de cada medida de porosidad del re-
15 gistro que fué comprobado para recalibración un desplazamiento de cero en unidades de porosidad de neutrones correspondiente a 1,61 unidades de celda para llevar ese registro de sondeo a la conformidad estadística definida con el modelo. Volviendo a hacer referencia a la figura 4, el máxi-
20 mo de la curva 110 se encuentra en el paso 94, la desviación del máximo de la curva del acumulador central se encuentra en el paso 96 y el registro de perfil de neutrones se calibra por la desviación determinada en el paso 98. En
25 el paso 100 puede proporcionarse una impresión, tal como el gráfico representado en la figura 7.

La descripción anterior proporcionó el ejemplo específico de calibración de un registro de perfil de neutrones. Puede efectuarse una calibración similar para el registro de densidad aparente o para el registro sónico. En

5 la calibración del registro de perfil de densidad aparente, por ejemplo, se calcula una dirección de celda de un modo similar al del paso 86 de la figura 4, y en el paso 88 las diversas celdas adyacentes cuyos contenidos son leídos y sumados al contenido de los respectivos acumuladores están

10 situadas a lo largo de la dimensión de densidad aparente de la memoria tridimensional representada en la figura 3. Con referencia a la figura 5, si la celda cuyo contenido se suma al contenido del acumulador central 100 es la celda indicada por $(2, 2, 0)$, entonces la celda cuyo contenido se

15 suma al acumulador lateral 102 es la celda denominada $(2, 3, 0)$; la celda cuyo contenido se suma al acumulador lateral 106 es la celda denominada $(2, 1, 0)$, etc. De un modo similar, cuando se calibra un registro de perfil sónico, si la celda cuya dirección se calcula en el paso 86 de

20 la figura 4 es la celda indicada por $(1, 3, 1)$, entonces la celda cuyo contenido se suma al contenido del acumulador lateral 102 de la figura 5 es la celda indicada por $(1, 3, 2)$, y la celda cuyo contenido se suma al contenido del acumulador lateral 106 es la celda denominada $(1, 3, 0)$, etc.

25 En la figura 8 está representada con detalle una

realización específica de aquella porción del método del invento que trata de la creación de un modelo estadístico de un campo.

5 El método representado en la figura 8 se lleva a cabo sobre un computador digital para fines generales adecuado, tal como un sistema IBM 360/65 de configuración convencional y con suficiente memoria de núcleos, por ejemplo 512000 baterías de bitios de memoria de núcleos. Cada una de las operaciones comentadas en relación con la figura 8 es representable en instrucciones correspondientes en un lenguaje de computador de alto nivel, tal como el FORTRAN IV (véase, por ejemplo, la publicación de Cress, P. H. y otros, FORTRAN IV con WATFOR, University of Waterloo, 1968; véase también la publicación de Ledley, R.S., "Programming and Utilizing Digital Computers", McGraw-Hill, 1962 y Maurer W.D. "Programming", Holden-Day 1968). Un programa escrito en instrucciones FORTRAN IV correspondiente a cada uno de los pasos de la figura 8 se compila por medio de un programa compilador FORTRAN convencional en lenguaje de máquina adecuado para ejecución sobre el computador para llevar a cabo las realizaciones expuestas del presente invento.

20 Antes de ejecutar el método ilustrado en la figura 8, se investigan uno o más pozos de sondeo en un campo mediante equipos del tipo representado en la figura 1,

y se almacenan en el dispositivo 62 de almacenamiento con
juntos de datos del tipo mencionado anteriormente. Aunque
pueden ser suficientes en algunas situaciones conjuntos
de datos procedentes de un único pozo de sondeo en el cam
5 po, es preferible tener conjuntos de datos de varios pozos
de sondeo, por ejemplo de al menos tres o cuatro pozos de
sondeo. Es preferible obtener conjuntos de datos razonable
mente fiables, por ejemplo es deseable comprobar indistin
tamente de un modo manual la calibración de cada uno de
10 los registros de perfil de sondeo obtenidos de los pozos
de sondeo o bien asegurar de otro modo que los registros
de sondeo están razonablemente bien calibrados.

Con referencia a la figura 8, se definen lími
tes para los valores de cada uno de los tres registros de
15 sondeo de porosidad en el paso 112. Como se ha comentado
anteriormente, esto tiene como fin eliminar medidas obvia
mente erróneas, y evitar que tales medidas obviamente
erróneas deterioren el modelo estadístico esperado del cam
po. Por ejemplo, puede ser conocido acerca de un campo es
20 pecífico que la medida de registro de neutrones debería
estar comprendida en la gama de -0,10 a 0,40 unidades de
porosidad de neutrones, que las medidas de densidad apa
rente deberían estar en la gama de 1 a 3,5 unidades de den
sidad aparente y que las medidas sónicas deberían estar
25 comprendidas entre 50 y 150 unidades sónicas. Estos límites

pueden ser definidos en la operación 112, de tal modo que cualquier conjunto de datos que contiene una medida fuera del respectivo límite será descartado.

5 En la operación 114 se lee un conjunto de datos del dispositivo 62 de almacenamiento (figura 1) y en la operación 116 se efectúa una prueba para determinar si ha sido especificado un desplazamiento de cero preliminar. Tal desplazamiento de cero preliminar puede ser deseado porque se sabe que un registro de sondeo particular ha sido desplazado en una cantidad conocida. Por ejemplo, puede saberse que los instrumentos implicados en el registro de los datos de neutrones han introducido consistentemente una desviación de cero de + 0,05 unidades de registro de neutrones. Si es este el caso, entonces se especifica que cada medida de neutrones deberá ser desplazada en la dirección correspondiente en 0,05 unidades. Entonces, la prueba realizada en la operación 116 es positiva y se transfiere el control a la operación 118 con el fin de desviar correspondientemente cada una de las medidas de neutrones. Si no ha sido especificado desplazamiento de cero preliminar, el control es transferido al paso 120, donde se realiza una prueba para determinar si ha sido especificada una asignación de factor de escala preliminar. La asignación de factor de escala preliminar es similar al desplazamiento de cero preliminar y puede desearse por razones similares; la única diferencia es que la asignación de factores de escala implica la multipli

10

15

20

25

cación por un factor definido en vez de la adición algebraica de una desviación definida. Si se ha especificado una asignación de factor de escala preliminar, se efectúa en la operación 122. Son convencionales en la técnica de registro de datos de sondeo métodos específicos para llevar a cabo tal desplazamiento de cero preliminar y tal asignación de factores de escala.

Si no se han especificado desplazamiento de cero preliminar ni asignación de factores de escala preliminar, o después de realizarse el desplazamiento de cero preliminar o la asignación de factor de escala preliminar se transfiere el control al paso 124, donde se efectúa una prueba para determinar si el conjunto de datos (después de cualquier desplazamiento de cero preliminar o asignación de factor de escala preliminar) está comprendido en los límites definidos en el paso 112. Si el conjunto de datos no está dentro de los límites definidos, se transfiere el control al paso 126, donde se efectúa una prueba para determinar si quedan conjuntos de datos. Si quedan conjuntos de datos, el control es retornado al paso 114 para leer el siguiente conjunto de datos secuencial del dispositivo 62 de almacenamiento (figura 1).

Si el conjunto de datos comprobado en la operación 124 está dentro de los límites definidos en el paso 112, es transferido el control al paso 128, donde cada una

de las medidas que componen el conjunto de datos es afectada de un factor de escala entero para formar así una triplete (X, Y, Z) de números enteros que corresponde singularmente al conjunto de datos. Por ejemplo, puede asignarse a cada una de las tres medidas de un conjunto de datos una gama de números enteros comprendida entre 0 y 49 y cada número entero puede asociarse singularmente con una gama específica de unidades de registro de sondeo. De este modo, si el conjunto de datos contiene medidas de neutrones comprendidas entre -0,10 a +0,40 unidades de porosidad de registro de neutrones como se ha comentado anteriormente, se asocia el número entero 0 con una medida de neutrones de -0,10 unidades, se asocia el número entero 1 con una medida de neutrones de 0,09 unidades, se asocia el número entero 2 con -0,08 unidades de neutrones, etc. Similarmente, si la gama de densidades aparentes está definida de 1,00 a 3,50 unidades de densidad aparente, se asocia el número entero 0 con una medida de densidad aparente de 1,00 unidades, se asocia el número entero 1 con una medida de densidad aparente de 1,05 unidades, se asocia el número entero 2 con una medida de densidad aparente de 1,1 unidades, etc. Del mismo modo, si las medidas sónicas están comprendidas entre 50 y 150 unidades sónicas, se asocia el número entero 0 con medidas sónicas de 50 y 51 unidades, se asocia el número entero 1 con medidas sónicas de 52 y 53

unidades, se asocia el número entero 2 con medidas sónicas de 54 y 55 unidades sónicas, etc. Después del paso 128, cada uno de los conjuntos de datos está representado como una tripleta (X, Y, Z) de números enteros correspondiente, en donde cada uno de los elementos de la tripleta está comprendido en la gama de números enteros de 0 a 49. Por ejemplo, el conjunto (-0,10, 1, 50) de datos corresponde a la tripleta (0, 0, 0) de números enteros; el conjunto (-0,05, 3, 100) de datos corresponde a la tripleta (5, 40, 25) de números enteros; y el conjunto (+0,40, 3,5, 149) de datos corresponde a la tripleta (49, 49, 49) de números enteros.

En el paso 130 la tripleta de números enteros formada en el paso 128 es utilizada para calcular una dirección de celda correspondiente al conjunto de datos a partir del cual se forma la tripleta de números enteros. Por ejemplo, si cada uno de los elementos de las tripletas de números enteros está comprendido entre 0 y 49, se necesitan 125000 direcciones de celda para proporcionar una dirección de celda para cada tripleta entera singular (es decir, 50 x 50 x 50 direcciones de celda). Si la memoria 66 en la figura 1 (por ejemplo, la memoria de núcleos magnéticos de un computador digital para fines generales), tiene al menos 125000 posiciones de palabra numeradas linealmente y secuencialmente de 0 a 124999, entonces puede cal

cularse una dirección CA de celda (dirección de palabra) mediante la siguiente expresión:

$$CA = X + 50Y + 2500Z$$

5

De este modo, resultaría la tripleta (0, 0, 0) de números enteros en la celda identificada por la dirección lineal 0, resultaría la tripleta (1, 1, 0) de números enteros en la dirección lineal 51 de celda, y resultaría la tripleta (1, 1, 1) de números enteros en la dirección lineal 2551 de celda.

10

En el paso 132, el contenido en curso de la celda identificada por la dirección calculada en el paso 130 es incrementado en una unidad.

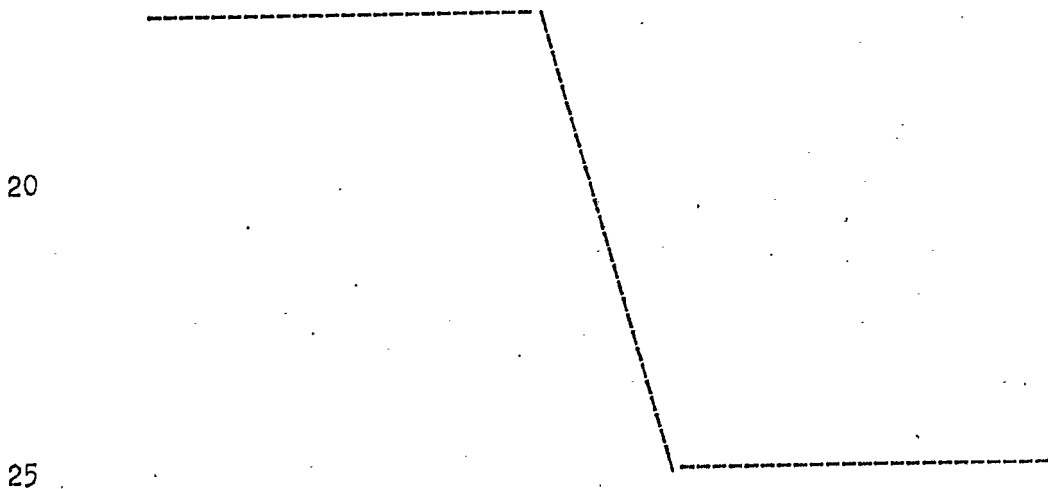
15

Después del paso 132, el control es retornado al paso 126 para determinar si permanecen en la memoria 62 (figura 1) conjuntos de datos para el mismo pozo de sondeo. Si quedan conjuntos de datos, el control es retornado al paso 114 para leer el siguiente conjunto de datos secuencial y para proseguir a los pasos siguientes. Si la respuesta a la prueba realizada en el paso 126 es "no", es decir si todos los conjuntos de datos para un pozo de sondeo dado han sido agotados, el control es transferido al paso 134 para determinar si han de añadirse conjuntos de datos adicionales derivados de otro pozo de sondeo en el

20

25

mismo campo. Si la respuesta es "sí", el control es re-
tornado al paso 114 para iniciar la lectura de conjuntos
de datos derivados de ese pozo de sondeo. Si la respues-
ta en el paso 134 es "no", el control es transferido al
5 paso 136 para imprimir un listado de distribución y para
finalizar las operaciones. El listado de distribución es
una impresión gráfica del número de veces que se presen-
ta cada número entero en el contenido de las celdas. En
la tabla 1 siguiente se da un ejemplo de una lista de dis-
10 tribución en donde la columna rotulada "clase" contiene
la lista de los números enteros que pueden encontrarse en
las celdas de la memoria de la columna rotulada "Frecuen-
cia de Apariciones" expresa en forma de lista el número
de celdas que contienen el número entero, y las siguien-
15 tes dos columnas hacia la derecha tienen rótulos autoex-
plicatorios.



	Clase (C)	Frecuencia de apariciones (F)	Lista de Fre cuencias (CxF)	Frecuen- cia Acumu lativa
	0	121430	0	0
	1	1953	1953	1953
	2	780	1560	3513
	3	413	1239	4752
5	4	281	1124	5876
	5	205	1025	6901
	6	133	793	7699
	7	106	742	8441
	8	82	656	9097
	9	79	711	9808
10	10	46	460	10268
	11	45	495	10763
	12	46	552	11315
	13	27	351	11666
	14	24	336	12002
	15	19	285	12287
	16	17	272	12550
15	17	11	187	12746
	18	12	216	12962
	19	8	152	13114
	20	10	200	13314
	21	3	63	13377
	22	2	44	13421
	23	6	138	13559
20	24	3	72	13631
	25	2	60	13681
	26	5	130	13311
	27	1	27	13838
	28	1	28	13366
	29	3	87	13953
	31	1	31	13984
25	32	1	32	14016
	33	1	33	14049
	34	1	34	14063

(continuación tabla)

	Clase (C)	Frecuencia de apariciones (F)	Lista de Fre- cuencias (CxP)	Frecuencia Acumulati- va
5	36	2	72	14155
	41	1	41	14196

TABLA 1

10 En la figura 9 se ilustra una realización deta-
llada de la porción del presente invento que concierne a
la calibración de un registro de perfil de sondeo o a la
verificación de la calibración de un registro. En la fi-
15 gura 9, los primeros diez pasos corresponden a los prime-
ros diez pasos de la figura 8. En particular los pasos
138, 140, 142, 144, 146, 148, 150, 152, 154 y 156 de la
figura 9 corresponden respectivamente a los pasos 112, 114,
116, 118, 120, 122, 124, 126, 128 y 130 de la figura 8.
La única diferencia es que los conjuntos de datos tratados
20 en la figura 9 contienen una medida que representa un re-
gistro de perfil de sondeo que ha de ser calibrado. Para
una mayor simplicidad de ilustración, se supone que las
medidas de registro de neutrones han de ser calibradas, pe-
ro resultará claro que alternativamente pueden ser recalí-
25 bradas las medidas de densidad aparente o las medidas sóni-

cas.

Después del paso 155 en la figura 9, el control es transferido al paso 158, donde el contenido de la celda cuya dirección se calcula en el paso 156 es sumado al contenido en curso de un acumulador central. El acumulador central puede ser uno de los registros generales del computador digital sobre el cual se pone en práctica el invento, o puede ser simplemente una posición en la memoria que sirve como acumulador.

En el paso 160 se calculan diez direcciones de celda adicionales de acuerdo con la expresión

$$CA = X' + 50Y + 2500Z$$

donde

$$\begin{cases} X' = X + D \\ D = -5, -4, \dots, -1, 1, 2, \dots, 5 \end{cases}$$

Por ejemplo, si la dirección calculada en el paso 156 es 20, las diez direcciones calculadas en el paso 160 son, respectivamente: 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 y 25.

En el paso 162 el contenido de las direcciones de celda calculado en el paso 160 es sumado al contenido en curso de respectivos acumuladores laterales. Por ejemplo, si existe un acumulador central y diez acumuladores laterales denominados como se comentó en relación con la

figura 7, el contenido de la celda 15 se suma al contenido en curso del acumulador -005, el contenido de la celda 16 se suma al contenido en curso del acumulador -004, el contenido de la dirección 21 de celda se suma al contenido en curso del acumulador 0001, y el contenido de la dirección 22 de celda se suma al contenido en curso del acumulador 0002, etc.

Después del paso 160, el control es devuelto al paso 152 para determinar si existen conjuntos de datos remanentes para el mismo pozo de sondeo. Si la respuesta es "sí", el control es retornado al paso 140 para leer otro conjunto de datos y proseguir nuevamente al paso 162. Si no hay conjuntos de datos remanentes, el control es transferido al paso 164 para formar un gráfico de número de acumulador en función de contenido de acumulador, es decir un gráfico del tipo ilustrado en la figura 7.

En el paso 166 se encuentra el máximo de una curva que se ajusta al gráfico, como se ha comentado en relación con la figura 7, y en el paso 168 se encuentra en unidades de celda el desplazamiento del máximo de la curva respecto al acumulador central como se ha comentado igualmente con relación a la figura 7. En el ejemplo dado en la figura 7, el máximo de la curva está desplazado del acumulador central en -1,61 unidades de celda.

En el paso 170 se calcula el desplazamiento de

5 cero necesario en unidades de registro de sondeo reali-
zando la operación inversa del paso 154. En este ejemplo,
una unidad de celda corresponde a 0,01 unidades de regis-
tro de neutrones, y -1,61 unidades de celda corresponden
a una desviación de -0,0161 unidades de porosidad de re-
registro de neutrones.

10 Después del paso 170, el control es transferido
al paso 172, donde se proporciona una salida impresa de
un histograma que representa el gráfico formado en el pa-
so 164 y los valores calculados en los pasos 168 y 170.

15 Como procedimiento opcional, puede calibrarse
el registro de sondeo particular (es decir, el registro
de neutrones) sumando algebraicamente a cada medida que
representa este registro el desplazamiento de cero calcu-
lado en unidades de registro de sondeo de neutrones en el
paso 170. En este ejemplo, la calibración se lleva a ca-
bo restando de la medida ϕ_N en cada conjunto de datos.

20 Después del paso 172, o después del paso opcio-
nal 174, el control es transferido al paso 176, donde se
efectúa una prueba para determinar si ha de calibrarse
otro registro de sondeo. Si la respuesta es "sí", el con-
trol es devuelto al paso 140 para leer desde el dispositi-
vo 62 de almacenamiento (figura 1) el primer conjunto de
datos que incluye otro registro de sondeo que ha de cali-
brarse. Si la respuesta a la prueba realizada en el paso
25

176 es "no", se finaliza el procedimiento de calibración y verificación de calibración representado en la figura 9.

5 El procedimiento expuesto en la figura 9 puede ser utilizado para cualquiera de las tres medidas que forman un conjunto de datos. Por ejemplo, si ha de recalibrarse el registro de datos de sondeo de densidad aparente, se calculan las direcciones de celda calculadas en el paso 160 de acuerdo con la siguiente expresión:

10

$$CA = X + 50Y' + 2500Z$$

donde

$$\begin{cases} Y' = Y + D \\ D = -5, -4, \dots, -1, 1, 2, \dots, 5 \end{cases}$$

15 De este modo, en el caso de recalibrar el registro de sondeo de densidad aparente si, por ejemplo, la dirección de celda calculada en el paso 156 es 300 (resultante de una tripleta 0,6,0 de números enteros), entonces las diez direcciones calculadas en el paso 160 son, respectivamente:

20 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 y 550. Se efectúa una modificación similar cuando se recalibra el registro sónico por el procedimiento ilustrado en la figura 9.

25 Cuando se desea calibrar más de uno de los tres registros de sondeo que forman los conjuntos de datos, el

método ilustrado en la figura 9 puede modificarse hasta el grado ilustrado en la figura 10. En particular, si se desea calibrar o verificar la calibración de cada uno de los tres registros de sondeo de neutrones, densidad aparente y sónico, entonces se sigue el método ilustrado en la figura 9 a través del paso 158 de la misma, y después, en vez de ejecutar el paso 160 ilustrado en la figura 9, se ejecutan simultáneamente o bien secuencialmente los pasos 160a, 160b y 160c de la figura 10.

El paso 160a de la figura 10 corresponde exactamente al paso 160 de la figura 9. El paso 160b de la figura 10 está previsto para calibrar el registro de sondeo de densidad aparente e implica el cálculo de las direcciones de las celdas adyacentes a la celda cuya dirección se calcula en el paso 156, estando dispuestas las celdas adyacentes a lo largo de la dimensión del registro de densidad aparente. El paso 160c está previsto para calibrar el registro de sondeo sónico e implica el cálculo de las direcciones de las celdas adyacentes a la celda cuya dirección se calcula en el paso 156, pero a lo largo de la dimensión correspondiente al registro sónico. Entonces, además de los diez acumuladores laterales comentados en relación con el paso 162 de la figura 9, hay dos conjuntos adicionales y diferentes de diez acumuladores para almacenar el contenido de las celdas cuyas direcciones se calculan

lan en los pasos 160b y 160c, respectivamente. Adicionalmente, el paso 164 de la figura 9 está modificado hasta el punto de proporcionar gráficos de número de acumulador en función de contenido de acumulador para cada uno de los
5 tres conjuntos de once acumuladores, cada uno de los cuales resulta de la ejecución de los pasos 158, 160a, 160b, y 160c. Los pasos 166, 168, 170, 172 y 174 de la figura 9 están modificados hasta el punto de tratar cada una de las curvas resultantes de la ejecución de los pasos 160a, 160b
10 y 160c del mismo modo que la curva resultante de la ejecución del paso 160 de la figura 9.

Un aspecto importante del presente invento es que es aplicable a conjuntos de datos que pueden tener más de tres dimensiones, es decir conjuntos de datos que pueden
15 comprender más de tres medidas diferentes. Por ejemplo, los métodos aquí expuestos pueden ser aplicados a un conjunto de datos que comprenda una medida de neutrones, una medida de densidad aparente, una medida sónica y otra medida, tal como una medida de resistividad. En tal caso, el modelo es
20 estadístico es tetradimensional. Un modo de realizar el modelo estadístico tetradimensional en una memoria bidimensional de núcleos es calcular direcciones de celda de acuerdo con una expresión de la forma

25
$$CA = X + aY + bZ + cR$$

donde a, b y c son constantes enteras y X, Y, Z y R son medidas pasadas a escala de número entero que representan, por ejemplo, una medida de neutrones, una medida de densidad aparente, una medida sónica y una medida de resistividad, respectivamente. Si cada una de las medidas está convertida a escala entera en la gama de 0 a 24, el modelo estadístico tetradimensional requiere 390625 posiciones de celda. Si se asigna una batería de memoria por posición de celda, entonces es suficiente un computador digital para fines generales de 512 kilobaterías de memoria de núcleo. Si se asigna una palabra de dos baterías por posición de celda, entonces es suficiente una memoria de núcleos de 1.024 kilobaterías.

Hay situaciones en que están disponibles ciertos registros de sondeo de un determinado pozo de sondeo y pueden estar en buen estado, pero un registro particular tomado en el mismo pozo de sondeo puede estar en mal estado o bien no existir. El presente invento crea un método para reconstruir un registro pobre o ausente con la ayuda de otros registros del mismo pozo de sondeo y con la ayuda del modelo estadístico del campo en el cual está situado el pozo de sondeo. En la figura 11 está representada una realización específica para reconstruir un registro de sondeo pobre o ausente. Antes de proseguir con el método de la figura 11, se supone que se ha creado un mo

delo estadístico del campo como se ha comentado en relación con la figura 8, y que están disponibles al menos dos registros de un pozo de sondeo específico para el cual falta un registro de perfil. Por ejemplo, supón
5 gase que están disponibles un registro de neutrones y un registro de densidad aparente para un determinado pozo de sondeo, pero que falta el registro sónico para ese pozo de sondeo. Para reconstruir el registro ausente, se forman conjuntos de datos como se ha comentado en relación con la figura 9, con la excepción de que los conjun
10 tos de datos tienen solamente dos elementos cada uno, a saber una medida de neutrones y una medida de densidad aparente. Entonces, los pasos implicados en la reconstrucción de un registro ausente son idénticos a los pasos 138
15 a 154 de la figura 9; siendo la única diferencia que los conjuntos de datos utilizados en la reconstrucción de un registro ausente tienen solamente dos elementos, en contraste con los tres elementos de los conjuntos de datos utilizados en el método expuesto en la figura 9.

20 Después del paso 154, los conjuntos de datos utilizados en la reconstrucción de un registro ausente son pares de números enteros; en el ejemplo dado cada conjunto de datos está convertido en un par (X, Y) de números enteros. Con referencia a la figura 11, el par de
25 números enteros es utilizado en el paso 178 para calcular

direcciones de celda de acuerdo con la expresión

$$CA = X + 50Y + 2500Z$$

donde $Z = 0, 1, 2, \dots, 49$

5 El cálculo en el paso 178 da lugar a 50 direcciones de celda. En efecto, si el modelo estadístico es visualizado como contenido en un cubo de celdas tridimensional, las 50 direcciones de celda constituyen una fila a lo largo de la dimensión del registro de datos de sondeo ausente.

10 En el paso 180 de la figura 11 los contenidos de las 50 celdas cuyas direcciones se calculan en el paso 178 son examinadas para determinar que celda contiene el cómputo más alto. Si dos o más celdas contienen los mismos cómputos, no importa cual de ellas sea escogida.

15 Después que se determina una dirección de celda en el paso 180, se cambia la escala del tercer elemento de la dirección de celda (este tercer elemento es un número entero comprendido entre 0 y 49) a unidades de medida sónica. El número obtenido en el paso 182 en unidades de medida sónica se combina en el paso 184 con los otros dos elementos del conjunto de datos leídos en el paso 140 para
20 formar un conjunto de datos de tres elementos ($\phi_N, \rho_B, \Delta t$). Este conjunto de datos de tres elementos se almacena en el paso 186 en una posición adecuada en memoria, y se vuelve
25 al paso 140 para leer otro conjunto de datos de dos elementos.

Después que se ha repetido el método comentado anteriormente para todos los conjuntos de datos de dos elementos de un pozo de sondeo dado, el resultado es una pluralidad de conjuntos de datos de tres elementos, donde los
5 terceros elementos de cada uno de estos conjuntos de datos son una representación del registro ausente.

Puede ser utilizada otra realización del método para reconstruir un registro ausente para determinar una característica de formación terrestre atravesada por un pozo de sondeo definido en un campo cuando esta característica no puede deducirse de datos disponibles del pozo de sondeo definido si, por ejemplo, el número de registros de sondeo diferentes que se han realizado en el pozo de sondeo es demasiado pequeño. En un ejemplo de esta otra realización
10 se supondrá que la característica a deducir en un pozo de sondeo definido del campo es la porosidad ϕ de formación y que están disponibles en el pozo de sondeo definido un registro Δt sónico y un registro GR de rayos gamma. En uno o varios otros pozos de sondeo del campo el número de registros es suficiente para calcular la porosidad ϕ nivel
15 por nivel mediante tratamiento de los datos de registro de perfil de sondeo de acuerdo con un método bien conocido, tal como el descrito en la Patente Francesa número 2.102.380 (A. Poupon y R. Gaymard). Se destacará aquí que la característica a determinar en el pozo de sondeo definida puede
20
25

haber sido deducida en otro pozo de sondeo de fuentes distintas a los registros de perfil de pozo, tales como análisis de testigos, resultados de prueba o datos de producción. La permeabilidad de formaciones terrestres atravesadas por un pozo de sondeo puede haber sido deducida, por ejemplo, de análisis de testigos. Los registros sónicos y de rayos gamma están disponibles en los pozos de sondeo del campo donde ha sido calculada la porosidad ϕ .

En esta realización, se crea un modelo estadístico del campo como se ha comentado en relación con la figura 8, con la excepción de que los datos leídos tienen los tres elementos (ϕ , Δt , GR) en el paso 114, y de que solamente se utilizan dos elementos (Δt , GR) para calcular una dirección de celda en el paso 130. En el paso 132 se almacenan dos números en cada celda. Como anteriormente, se incrementa en una unidad un primer número y es representativo del número n de conjuntos de datos ingresados en la celda. Un segundo número es incrementado en el valor ϕ de porosidad y es representativo del total $\sum \phi$ de los valores de porosidad ingresados en la celda. Cuando han sido tratados todos los datos, el total o segundo número es dividido por el primer número en cada celda para proporcionar el valor $\sum \phi/n$ medio, de modo que el modelo estadístico puede ser representado por una memoria bidimensional de celdas, conteniendo cada una de las celdas el valor medio de ϕ co-

rrespondiente a una dirección (Δt , GR) específica.

5 Con el fin de determinar valores de la característica ϕ para cada nivel del pozo de sondeo definido, se forman conjuntos de datos del pozo de sondeo definido como se ha comentado en relación con la figura 9, con la excepción de que los conjuntos de datos son conjuntos de datos abreviados que incluyen solamente dos elementos cada uno, a saber una medida Δt sónica y una medida GR de rayos gamma correspondientes al mismo nivel del pozo de sondeo definido. Los pasos siguientes son idénticos a los pasos 138 a 154 de la figura 9, siendo la única diferencia que los conjuntos de datos tienen solamente dos elementos, tal como en el método anteriormente descrito para reconstruir un registro ausente, en contraste con los tres elementos de los conjuntos de datos utilizados en el método expuesto en la figura 9. Después del paso 154, los conjuntos de datos utilizados en la determinación de la característica ϕ son pares de números enteros. En el ejemplo dado aquí cada conjunto de datos está afectado de un factor de escala para proporcionar un par (X, Y) de números enteros que es utilizado para calcular una dirección de celda de acuerdo con la expresión:

10

15

20

$$CA = X + 50 Y$$

25 El contenido (ϕ media) de la celda cuya direc-

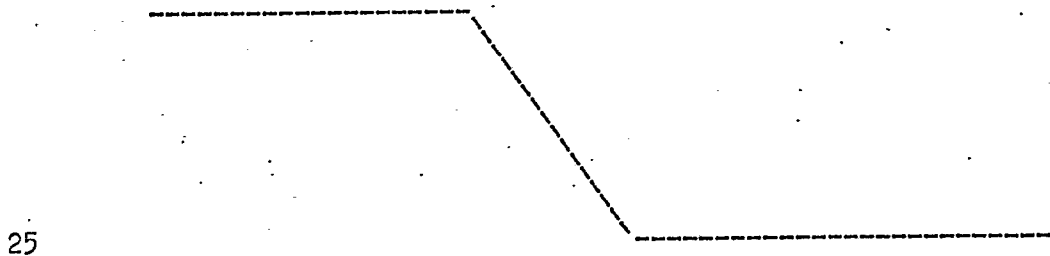
ción ha sido calculada en el paso precedente es leído en forma no destructiva y se toma como valor de la característica correspondiente al conjunto de datos abreviado en curso (Δt , GR) del pozo de sondeo definido.

5 Se efectúa un retorno al primer paso para leer otro conjunto de datos de dos elementos. Después que se ha repetido este método para todos los conjuntos de datos de dos elementos del pozo de sondeo definido, el resultado es una lista de valores de la porosidad ϕ de formación nivel por nivel. Estos valores pueden ser registrados como registro de sondeo de la porosidad calculada para el pozo de sondeo definido en función de la profundidad. Como se ha comentado anteriormente, el modelo estadístico del campo puede ser creado con celdas que tengan direcciones con tres dimensiones o más de tres dimensiones, calculándose para cada una de las celdas el promedio del valor característico. Los conjuntos de datos abreviados comprenden entonces el mismo número de elementos que de dimensiones con el fin de calcular una dirección de celda.

10

15

20



REIVINDICACIONES

5

1ª.- Un método de tratar a máquina datos de registro de perfil de pozos, deducidos de dispositivos de exploración de pozos de sondeo que investigan formaciones terrestres atravesadas por pozos de sondeo, que comprende:
10 deducir una pluralidad de medidas relacionadas funcionalmente con una pluralidad respectiva de características de formación terrestre diferentes a lo largo de secciones de pozo de sondeo que atraviesan formaciones terrestres en un campo; formar primeros conjuntos de datos, cada uno de los
15 cuales comprende una combinación definida de dichas medidas; combinar al menos una porción definida de dichos primeros conjuntos de datos para formar un modelo estadístico de las formaciones terrestres atravesadas; y combinar
20 segundos conjuntos de datos derivados de un pozo de sondeo en el mismo campo con dicho modelo estadístico para determinar qué modificación de los segundos conjuntos de datos puede ser necesaria para llevarlos a una conformidad estadística definida con el modelo estadístico.

2ª.- Un método de tratamiento mecanizado de datos de registro de perfil de pozos de acuerdo con la rei-
25

5.10.77

vindicación 1ª, en donde la operación de formación incluye formar conjuntos de datos, cada uno de los cuales comprende medidas que se toman a un nivel de profundidad definido en un pozo de sondeo.

5 3ª.- Un método de tratamiento mecanizado de datos de registro de perfil de pozos de acuerdo con la reivindicación 2ª, en donde la operación de formación incluye formar conjuntos de datos, cada uno de los cuales comprende medidas tomadas al mismo nivel de profundidad en un
10 pozo de sondeo.

 4ª.- Un método de tratamiento mecanizado de datos de registro de perfil de pozos de acuerdo con la reivindicación 3ª, en donde la operación de combinar los conjuntos de datos para formar un modelo estadístico incluye
15 la representación de la distribución estadística del número de apariciones de combinaciones definidas de la pluralidad de medidas que comprenden un conjunto de datos.

 5ª.- Un método de tratamiento mecanizado de datos de registro de perfil de pozos de acuerdo con la reivindicación 4ª, en donde la operación de combinar los conjuntos de datos para formar un modelo estadístico de la
20 formación terrestre atravesada incluye: formar una memoria de celdas multidimensional, correspondiendo cada una de las dimensiones a una medida diferente de la pluralidad de medidas diferentes que componen un conjunto de datos, y co
25

respondiendo cada una de las celdas a una combinación de
finida de las medidas que comprende un conjunto de datos;
almacenar en cada una de las celdas un cómputo del número
de apariciones de los conjuntos de datos que comprenden la
combinación de medida correspondiente a esa celda para re-
presentar así la distribución estadística del número de apa-
riciones de conjuntos de datos y formar de este modo un mo-
delo estadístico de las formaciones terrestres atravesadas.

5
10
6ª.- Un método de tratamiento mecanizado de da-
tos de registro de perfil de pozos de acuerdo con la rei-
vindicación 4ª o la reivindicación 5ª, que incluye la asig-
nación de factores de escala enteros a las medidas que com-
ponen un conjunto de datos para convertir los conjuntos de
datos en conjuntos de números enteros.

15
7ª.- Un método de tratamiento mecanizado de da-
tos de registro de perfil de pozos de acuerdo con las rei-
vindicaciones 4ª a 6ª, que incluye el tratamiento prelimi-
nar de conjuntos de datos para mejorar su calidad.

20
25
8ª.- Un método de tratamiento mecanizado de da-
tos de registro de perfil de pozos de acuerdo con la rei-
vindicación 7ª, en donde la operación de tratamiento pre-
liminar incluye la aplicación de un desplazamiento de cero
preliminar definido al menos a una medida seleccionada de
al menos una pluralidad seleccionada de conjuntos de da-
tos.

5.10.77

9a.- Un método de tratamiento mecanizado de datos de registro de perfil de pozos de acuerdo con la reivindicación 7a o la 8a, en donde la operación de tratamiento preliminar incluye la asignación preliminar de un factor de escala definido al menos a una de las medidas en los conjuntos de datos.

10a.- Un método de tratamiento mecanizado de datos de registro de perfil de pozos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1a a 9a, en donde la operación de combinar segundos conjuntos de datos con el modelo estadístico incluye: formar segundos conjuntos de datos de dicho pozo de sondeo, comprendiendo cada uno de los segundos conjuntos de datos la misma combinación de medidas definida que dichos primeros conjuntos de datos; y combinar dichos segundos conjuntos de datos con dicho modelo estadístico para determinar una corrección para recalibrar al menos una de dichas medidas para llevar los segundos conjuntos de datos a la conformidad estadística definida con el modelo estadístico.

11a.- Un método de tratamiento mecanizado de datos de registro de perfil de pozos de acuerdo con las reivindicaciones 5a y 10a, en donde la operación de combinar conjuntos de datos con el modelo estadístico incluye: disponer un acumulador central y una pluralidad de acumuladores laterales; para cada segundo conjunto de datos deriva

do de dicho pozo de sondeo en el mismo campo, sumar el contenido de la celda de memoria correspondiente a la combinación de medidas que componen el segundo conjunto de datos al contenido en curso del acumulador central, sumar el contenido de cada una de una pluralidad de celdas de memoria adyacentes a lo largo de una dimensión definida al contenido en curso de un acumulador lateral situado respectivamente; y determinar el máximo de una curva que se ajusta a un gráfico de las posiciones de dichos acumuladores en función de sus contenidos, y determinar la desviación de dicho máximo del acumulador central para obtener así una medida de la corrección necesaria para recalibración para llevar los conjuntos de datos últimamente mencionados a la conformidad estadística definida con el modelo estadístico.

12ª.- Un método de tratamiento mecanizado de datos de registro de perfil de pozos de acuerdo con la reivindicación 10ª o la reivindicación 11ª, en donde la operación de combinar dichos segundos conjuntos de datos incluye la asignación de factores de escala enteros a cada una de las medidas que forman un segundo conjunto de datos para formar así una pluralidad de segundos conjuntos de datos, cada uno de los cuales comprende números enteros.

13ª.- Un método de tratamiento mecanizado de datos de registro de perfil de pozos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10ª a 12ª, que incluye el trata

miento preliminar de los segundos conjuntos de datos con anterioridad a dicha operación de combinación.

5 14ª.- Un método de tratamiento mecanizado de da
tos de registro de perfil de pozos de acuerdo con la rei-
vindicación 13ª, en donde la operación de tratamiento pre
liminar incluye aplicar selectivamente un desplazamiento
de cero definido y un factor de escala definido al menos
a una medida seleccionada en cada uno de una pluralidad
definida de segundos conjuntos de datos.

10 15ª.- Un método de tratamiento mecanizado de da
tos de registro de perfil de pozos de acuerdo con cualquie
ra de las reivindicaciones 1ª a 9ª, en donde la operación
de combinar segundos conjuntos de datos con el modelo es-
tadístico incluye: formar segundos conjuntos de datos de
15 dicho pozo de sondeo, siendo cada uno de los segundos con
juntos de datos un conjunto de datos abreviado que compren
de una combinación abreviada de dichas medidas de los pri
meros conjuntos de datos menos una medida ausente; y com-
binar dichos segundos conjuntos de datos abreviados con
20 dicho modelo estadístico para generar para cada uno de di
chos segundos conjuntos de datos un valor de dicha medida
ausente con el fin de reconstruir un registro de datos de
perfil ausente en dicho pozo de sondeo.

25 16ª.- Un método de tratamiento mecanizado de da
tos de registro de perfil de pozos de acuerdo con la rei-

vindicación 15ª, en donde la operación de combinar dichos conjuntos de datos abreviados incluye, para cada conjunto de datos abreviado: definir una pluralidad de celdas que corresponden a la combinación abreviada de medidas en el conjunto de datos abreviados y que están dispuestas a lo largo de la dimensión de la medida que falta; determinar la celda que tiene el contenido más alto; y sustituir el conjunto de datos abreviado por el conjunto de datos que corresponde a aquella celda que tiene el contenido más alto, para generar así la medida que falta de esa celda que tiene el contenido más alto como valor para reconstruir el registro de datos de perfil de sondeo.

17ª.- Un método de tratamiento mecanizado de datos de registro de perfil de pozos de acuerdo con la reivindicación 15ª, en donde la operación de combinar dichos primeros conjuntos de datos para formar un modelo estadístico incluye: formar una memoria de celdas funcionalmente multidimensional, en donde cada una de las dimensiones corresponde a una combinación diferente de la combinación abreviada de medidas incluida en un primer conjunto de datos, y en donde cada celda corresponde a una combinación abreviada de las medidas incluidas en un primer conjunto de datos; y almacenar en cada una de las celdas un valor óptimo estadístico de la medida ausente para los conjuntos de datos que componen la combinación abreviada definida de

5.10.77

medidas correspondiente a esa celda para formar así dicho modelo estadístico.

5 18ª.- Un método de tratamiento mecanizado de datos de registro de perfil de pozos de acuerdo con la reivindicación 17ª, en donde la operación de combinación incluye, para cada segundo conjunto de datos: definir una celda que corresponde a la combinación abreviada de medidas en el modelo estadístico; leer para dicho segundo conjunto de datos el contenido de dicha celda correspondiente para generar dicho valor de la medida ausente para reconstruir el registro de perfil de sondeo.

10

15 19ª.- Un método de tratamiento mecanizado de datos de registro de perfil de pozos de acuerdo con una de las reivindicaciones 14ª a 19ª, en donde dicha operación de deducción de una pluralidad de medidas comprende la combinación de una pluralidad de datos de perfil de pozo a lo largo de secciones de pozo de sondeo que atraviesan las formaciones terrestres para deducir al menos una de dichas medidas.

20 20ª.- Un método de tratar a máquina datos de registro de perfil de pozos, deducidos de dispositivos de exploración de pozos de sondeo que investigan formaciones terrestres atravesadas por pozos de sondeo.

25 Tal y como se ha descrito en la memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan

y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de setenta y tres hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 10. MAR 1978

P.A.

Alberto de Elizaburu
Por Poder



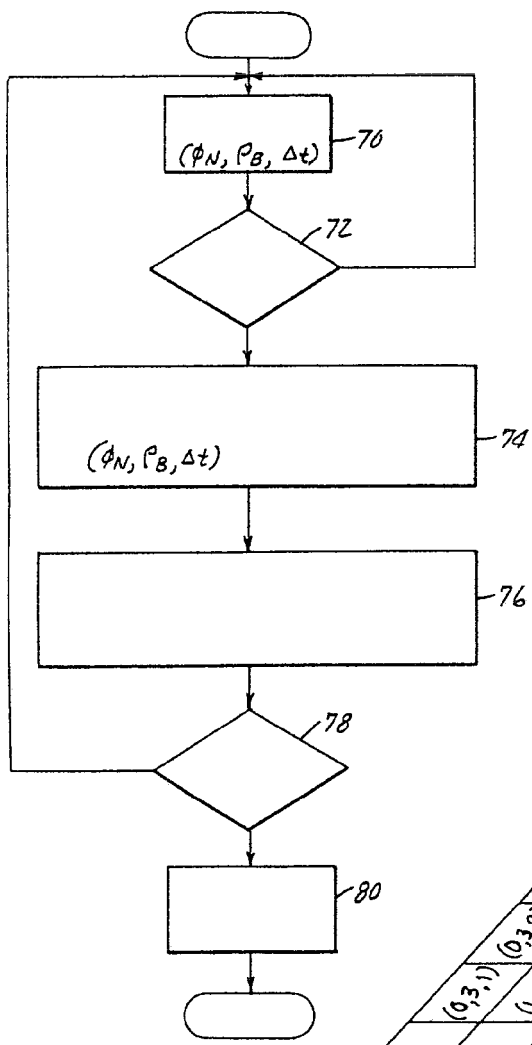


Fig. 2.

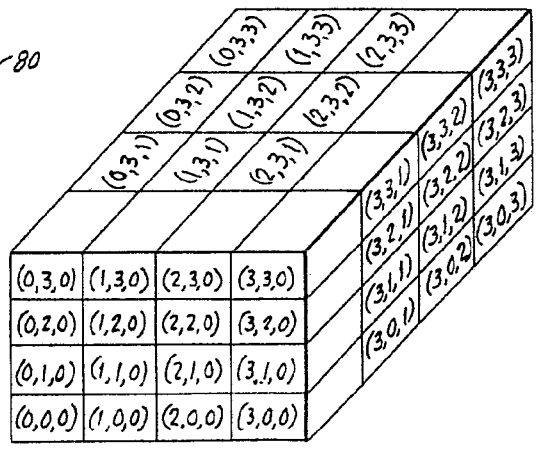
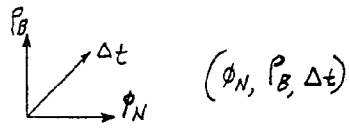


Fig. 3.



Alberto de Ezaburu
 Por Fedu

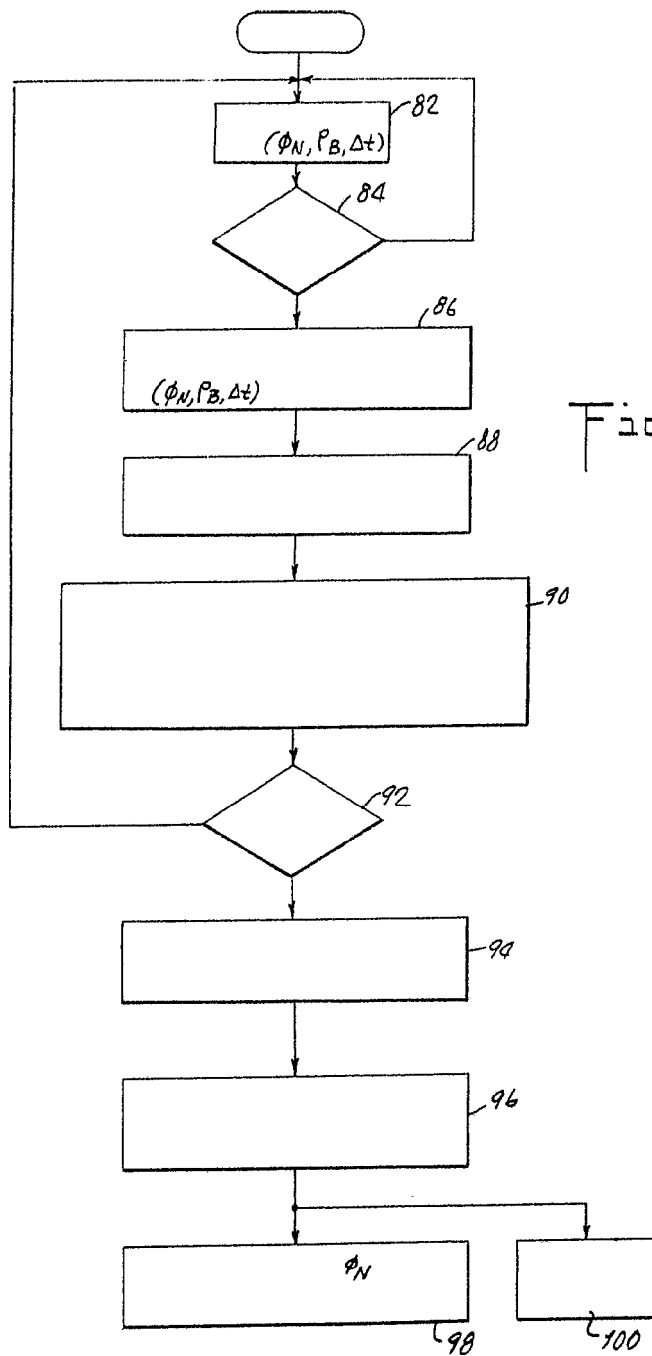


Fig. 4.

Alberto de Lizaburu
Alberto de Lizaburu
Por Poder

Fig. 6

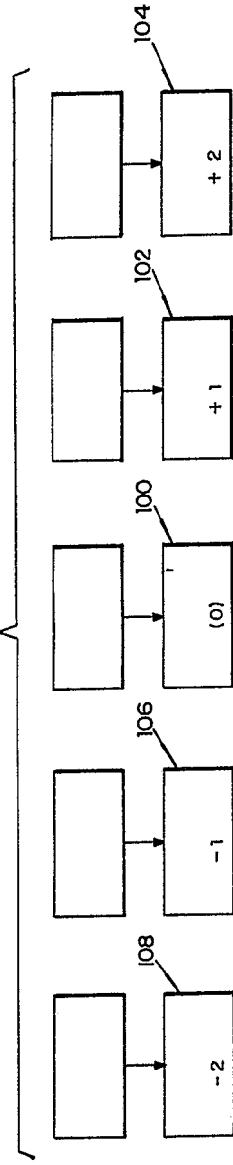
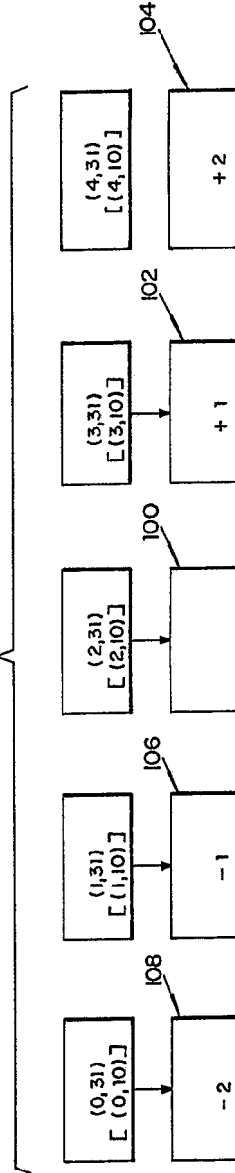


Fig. 5



Alberto de Elizburu
Per. P. 417

Fig. 6

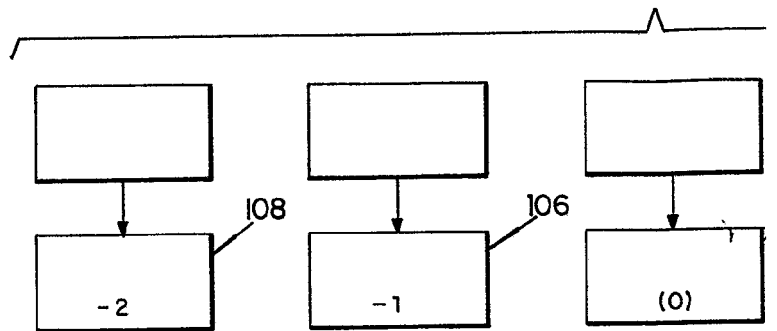


Fig. 5

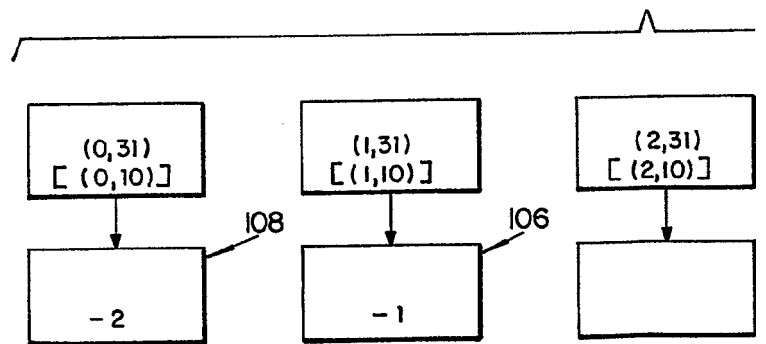


Fig. 6

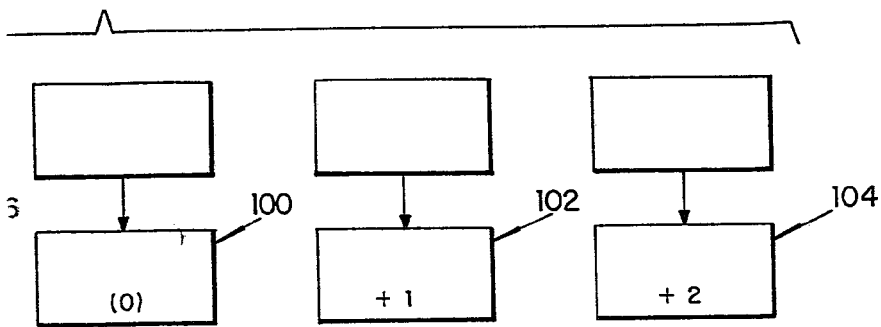
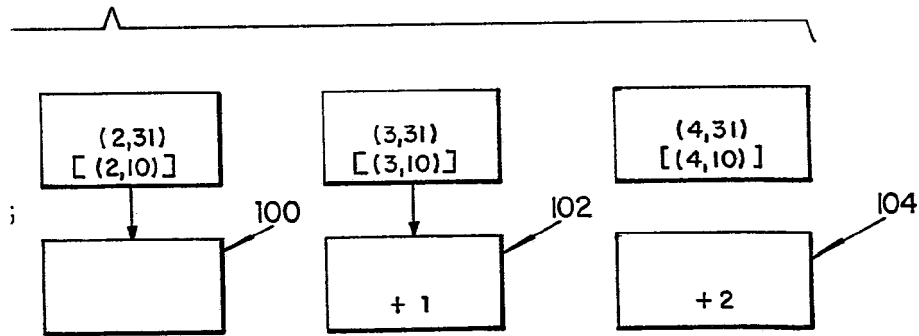


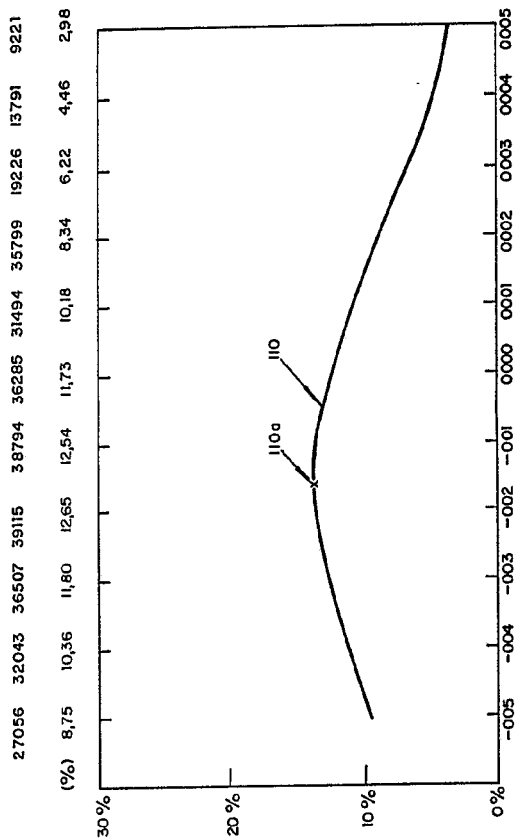
Fig. 5



Alberto de Elizaburu
 Por Poder.

Fig. 7

= 2889



Porto de Mixaburu
1948

Fig. 7

= 2889

	27056	32043	36507	39115	38794	36285	3
(%)	8,75	10,36	11,80	12,65	12,54	11,73	

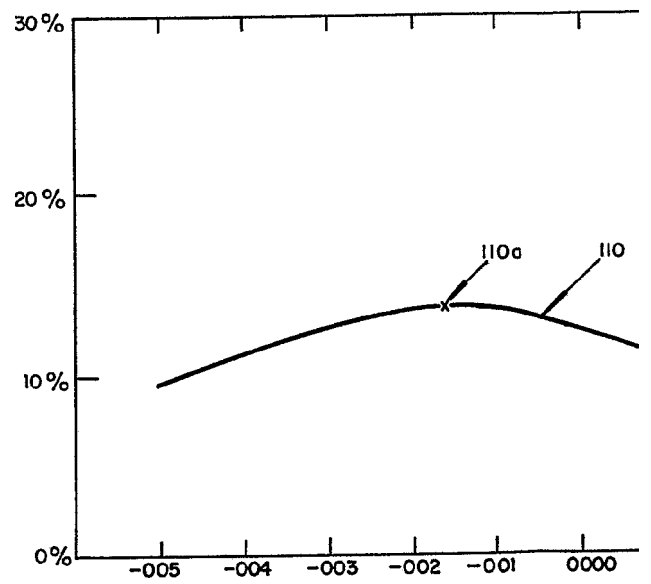
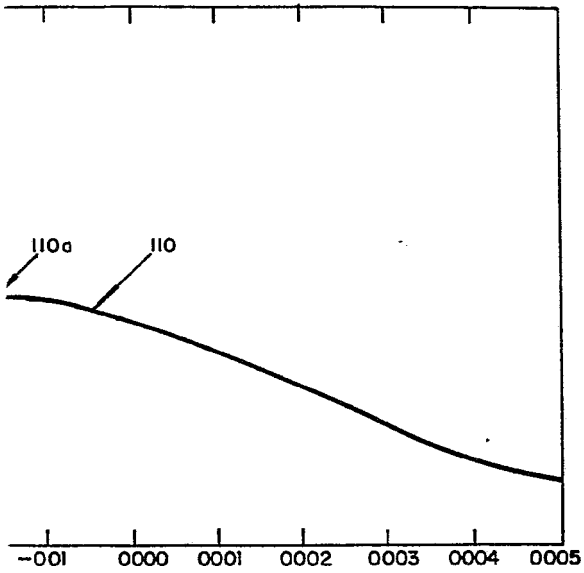


Fig. 7

2889

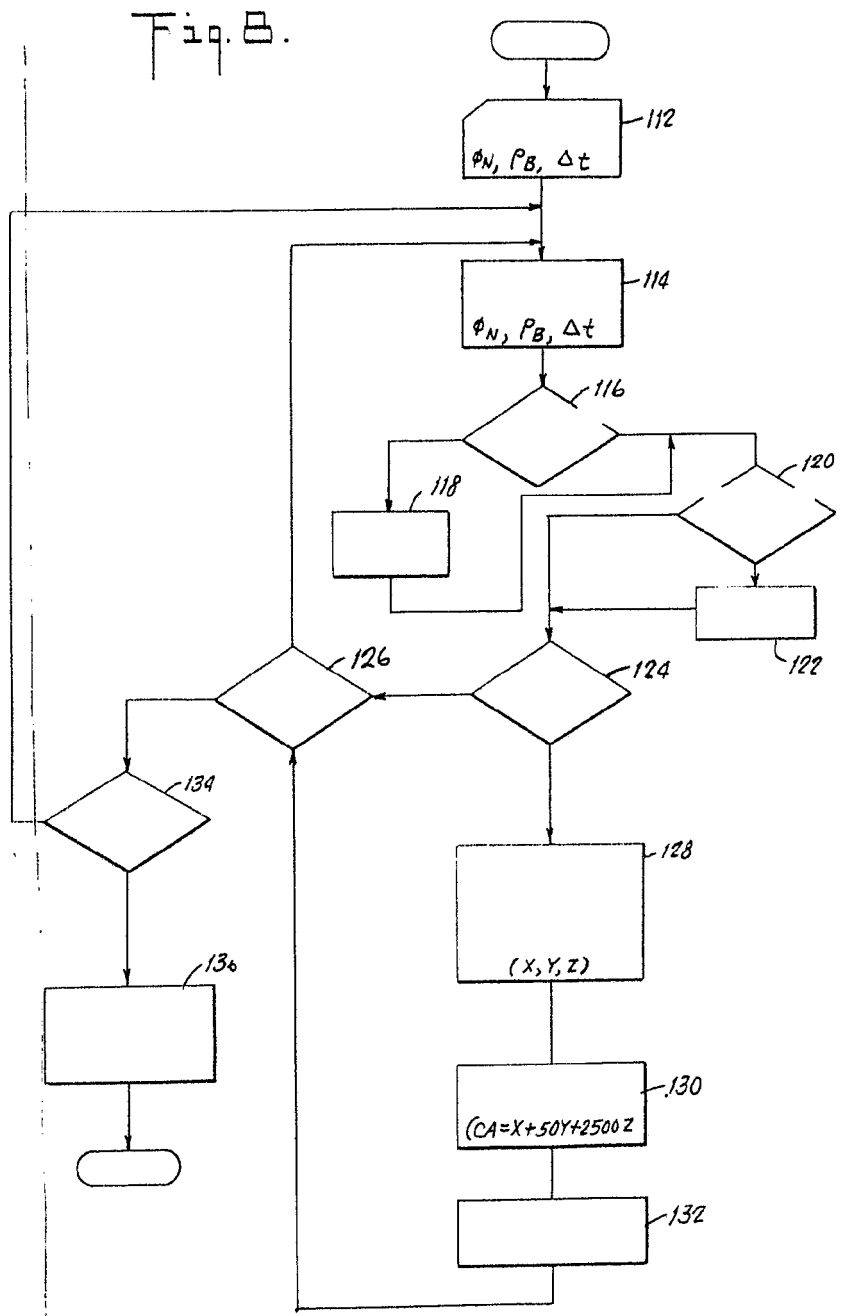
38794 36285 31494 35799 19226 13791 9221

12,54 11,73 10,18 8,34 6,22 4,46 2,98



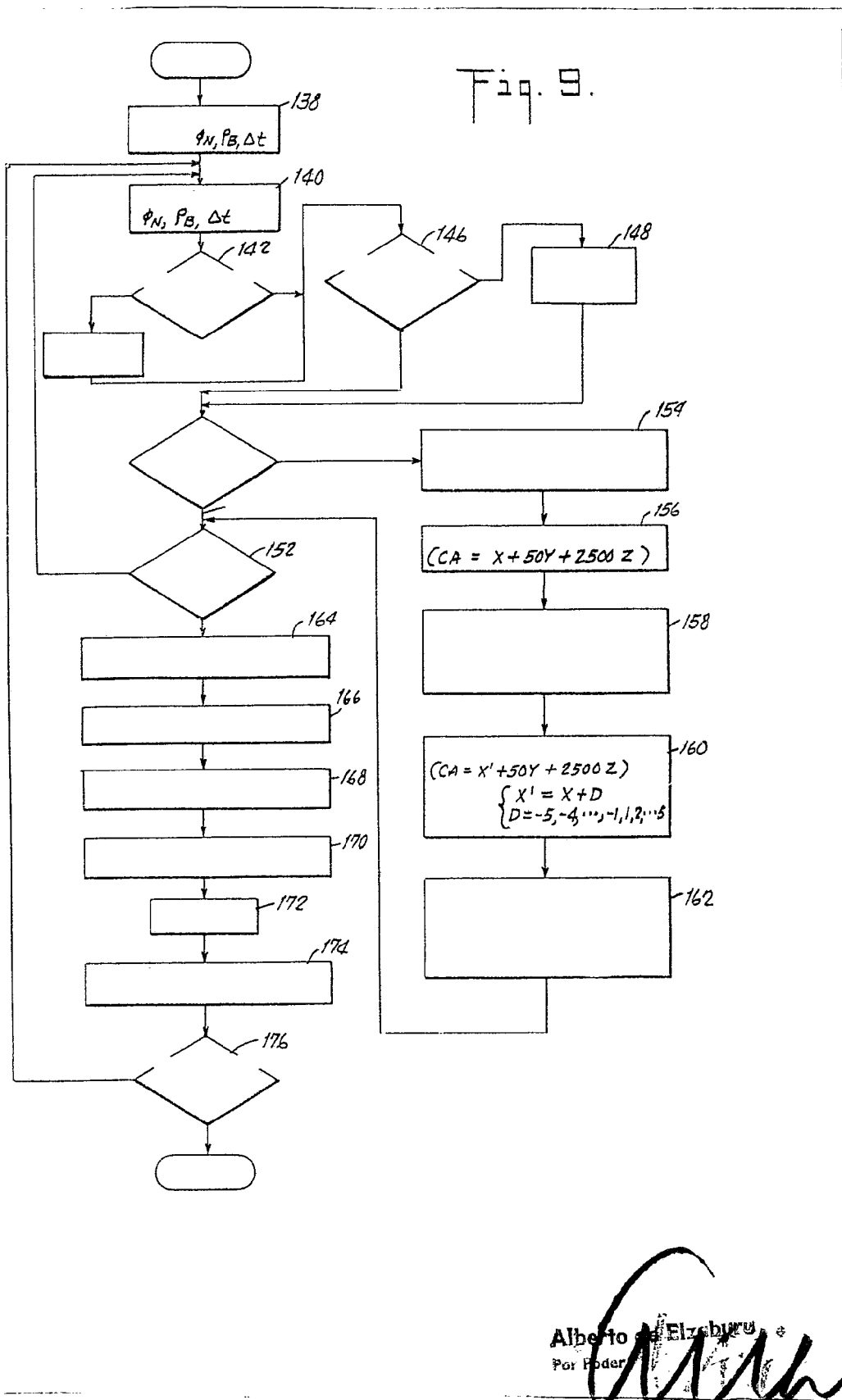
Alberto de Elizaburu
Ingeniero

Fig. B.



Alberto de Elsburn
Por Poder
Amu

Fig. 9.



Alberto Elizaburu
 Por Poder

