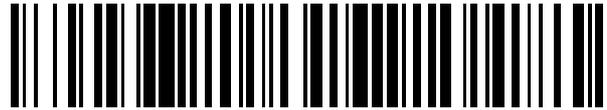


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 563 158**

51 Int. Cl.:

**F27D 17/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2012 E 12847391 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.02.2016 EP 2776770**

54 Título: **Sistema de monitoreo del consumo de electrodos**

30 Prioridad:

**07.11.2011 US 201161556623 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**11.03.2016**

73 Titular/es:

**GRAFTECH INTERNATIONAL HOLDINGS INC.  
(100.0%)  
6100 Oak Tree Boulevard  
Independence, Ohio 44131, US**

72 Inventor/es:

**INGERSOLL III, WYLLYS KING**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 563 158 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistema de monitoreo del consumo de electrodos

**Antecedentes**

5 Un horno eléctrico de arco calienta una carga de material chatarra por medio de un arco eléctrico. El material cargado se funde mediante exposición directa al arco eléctrico y posterior pasaje de la corriente eléctrica a través del mismo.

10 Un horno de arco eléctrico en general incluye un recipiente grande, cubierto con un techo retráctil. El techo incluye agujeros que permiten que una (en un horno de CD) o más comúnmente tres (en un horno de CA) columnas de electrodos de grafito ingresen al horno. Una estructura de soporte de electrodos móvil sostiene y mueve las columnas de electrodos. La energía para las columnas de electrodos se proporciona por un transformador, típicamente ubicado cerca del horno. Cada una de las columnas de electrodos incluye una pluralidad de electrodos individuales que están asegurados junto con conexiones roscadas en cada extremo. Los electrodos son lentamente consumidos como parte del proceso de fabricación de acero y de este modo, los electrodos nuevos deben agregarse a cada columna periódicamente.

15 Durante el ciclo de calentamiento, un sistema regulador de energía intenta mantener la corriente y la entrada de energía aproximadamente constante durante la fusión de la carga. Esto resulta más difícil cuando la chatarra se mueve bajo los electrodos mientras se funde. La entrada se regula, en parte, empleando un sistema de posicionamiento de electrodos que automáticamente aumenta y disminuye las columnas de electrodos. Por lo tanto, durante las porciones de una calda las columnas de electrodos tienden a oscilar continuamente en base a las constantes correcciones realizadas por el sistema de posicionamiento. Comúnmente, los sistemas de  
20 posicionamiento emplean cilindros hidráulicos para proporcionar la fuerza de movimiento.

25 Una vez que se alcanzan las condiciones de estado relativamente estable en el horno, (es decir, la chatarra básicamente se funde) puede cargarse otro balde de chatarra en el horno y fundirse. Después de que la primera o la segunda carga opcional se funde completamente se producen otras varias operaciones, tales como refinado, monitoreo de composiciones químicas y finalmente sobrecalentamiento de la fusión en preparación para perforación.

El conocimiento de la tasa de consumo de electrodos es muy valioso para un operador de un horno de arco eléctrico. Estos datos pueden ayudar a un operador a analizar las condiciones de horno óptimas o determinar y comparar el rendimiento de los electrodos. Sin embargo, a modo de determinar el consumo, un sistema debe determinar de manera precisa y automática cuándo se agrega un electrodo a una columna.

30 El documento US 2007/133651 divulga un método para controlar la formación de espuma de escoria en un horno de arco eléctrico. El horno comprende al menos una columna de electrodos. La corriente se aplica a la columna de electrodos, provocando que se forme un arco entre la punta de la columna de electrodos y la chatarra, fusionando la chatarra. Las impurezas en la chatarra de metal fundida suben hasta la superficie formando escoria. Un medidor determina la distorsión armónica total asociada con el sistema. Si la distorsión armónica total es mayor que un punto de ajuste predeterminado y la chatarra de metal está suficientemente fundida, entonces se agrega un agente  
35 espumante a la misma.

**Compendio de la invención**

40 De acuerdo con la presente invención se proporciona un método para determinar cuándo ocurre un evento de adición de electrodos en un horno de arco eléctrico y un sistema para monitorear un horno de arco de electrodos de acuerdo con las reivindicaciones más adelante. De acuerdo con un aspecto, se divulga un método para determinar cuándo ocurre un evento de adición de electrodos en un horno de arco eléctrico. El horno incluye una pluralidad de columnas de electrodos, cada una soportada por un sistema de posicionamiento de electrodos. El método incluye recibir datos que se correlacionan con la distorsión armónica de la salida de corriente eléctrica a la pluralidad de columnas de electrodos. Luego se reciben los datos que se correlacionan con las presiones de control en los  
45 sistemas de posicionamiento de electrodos. Los datos de presión de control en estado estable se identifican cuando los datos de distorsión armónica indican una condición de estado estable. Un evento de adición de electrodos se determina cuando se identifica un pico de presión en los datos de presión de control en estado estable. Entonces puede mostrarse el evento de adición de electrodos.

50 De acuerdo con otro aspecto, se divulga un sistema para monitorear un horno de arco eléctrico que tiene una pluralidad de columnas de electrodos, teniendo cada columna de electrodos una salida de corriente eléctrica a través de la misma y pudiendo moverse verticalmente por un sistema de posicionamiento de electrodos. El sistema incluye un dispositivo informático que tiene en el mismo un código de programa que puede ser usado por el dispositivo informático. El código de programa incluye un código configurado para recibir datos que se correlacionan con la distorsión armónica de la salida de corriente eléctrica a la pluralidad de columnas de electrodos. El código se  
55 configura para recibir o solicitar datos que se correlacionan con las presiones de control en los sistemas de posicionamiento de electrodos. El código se configura para identificar los datos de presión de control en estado estable cuando los datos de distorsión armónica indican una condición de estado estable. El código se configura

para determinar un evento de adición de electrodos cuando se identifica un pico de presión en los datos de presión de control en estado estable.

**Breve descripción de los dibujos**

5 La Figura 1 es una gráfica de flujo que muestra pasos ejemplares para determinar un evento de adición de electrodos.

La Figura 2 es una gráfica ejemplar que muestra lecturas de presión en estado estable para un horno EAF.

La Figura 3 es una gráfica ejemplar que muestra tasas de consumo de electrodos para un horno EAF.

La Figura 4 es un sistema de monitoreo de horno ejemplar adaptado para determinar eventos de adición de electrodos y/o consumo de electrodos.

10 **Descripción detallada de las realizaciones**

Los electrodos de grafito son un insumo necesario en un horno de arco eléctrico y son el único material conocido adecuado para soportar el ambiente operativo extremadamente difícil de la operación de fabricación de acero en horno eléctrico. Por consiguiente, los fabricantes de acero son muy conscientes del costo y rendimiento de los electrodos de grafito que son consumidos en el horno. Comúnmente, la tasa de consumo de electrodos se expresa en términos de libras de electrodos consumidas por tonelada de acero producido (en adelante "lb/ton"). En general, los operadores de horno de arco eléctrico de acero buscan minimizar el consumo de lb/ton de electrodos de grafito para minimizar de este modo los costos de electrodos y aumentar las ganancias.

De acuerdo con una realización, el consumo de electrodos puede determinarse a partir de las siguientes entradas de datos: 1) toneladas de acero producidas por calda (en adelante "toneladas/calda"); 2) número de caldas por adición de electrodos (en adelante "caldas/adición"); y 3) libras de grafito por electrodo. De manera ventajosa, cada fuente de datos se determina automáticamente (es decir, sin entrada regular de un operador humano). Por consiguiente, el número de toneladas/calda puede determinarse fácilmente y adquirirse a partir del sistema de control del horno, que monitorea de cerca las toneladas/calda. Del mismo modo, las libras por electrodo pueden ser de manera ventajosa una entrada constante que representa un peso de electrodo promedio para un tamaño dado. En esta u otras realizaciones, puede emplearse una base de datos u otra matriz de datos almacenada electrónicamente almacenando los pesos promedio para varios tamaños de electrodos. El consumo de electrodos se calcula típicamente durante un periodo de tiempo. Por ejemplo, en una realización el consumo de electrodos se calcula como el consumo durante un periodo de una semana. En otras realizaciones el consumo puede calcularse durante un periodo de dos semanas. En otras realizaciones adicionales, el consumo de electrodos se calcula durante un periodo de un mes. En otras realizaciones adicionales, el consumo se calcula para periodos más largos que aproximadamente 3 días.

Determinar el número de caldas/adición requiere primero conocer cuándo se agrega un electrodo a cada columna de electrodos. Como se describió anteriormente, la determinación de que se agrega un electrodo a una o más de las columnas de electrodos se realiza de manera ventajosa automáticamente.

35 Con referencia ahora a la Fig. 1, se muestra un método para determinar automáticamente cuándo se agrega un electrodo a una columna de electrodos y se indica con el número 10. En un primer paso, se monitorean dos parámetros operativos del horno de arco eléctrico. En una realización, la corriente en el lado primario del transformador del horno de arco se monitorea a través de transformadores medidores. En otra realización, la corriente en el lado secundario del transformador del horno de arco se monitorea a través de transformadores medidores.

40 La segunda fuente de datos es del sistema de posicionamiento de electrodos. Como se describió anteriormente, durante una calda cada columna de electrodos se mueve individualmente hacia arriba y abajo por un sistema de posicionamiento de electrodos para regular la longitud del arco mientras la chatarra cargada se fusiona en el horno. En una realización, se proporciona la fuerza accionante que mueve las columnas de electrodos por un sistema hidráulico, en donde distintas presiones funcionan para mover las columnas de electrodos hacia arriba y hacia abajo. En la presente realización, la presión accionante en cada columna de electrodos se monitorea a través, por ejemplo, de un monitor de presión.

45 En un segundo paso 14 se determina si el horno está en una condición de estado estable. Estado estable significa que la carga dentro el horno está básicamente fusionada y/o la superficie de la carga está generalmente plana. En otras palabras, las piezas grandes de chatarra ya no caen de la periferia hacia puntos más centrales en el horno. Esto se refiere comúnmente a una condición de baño de fusión.

50 En una realización la condición de estado estable se determina mediante el monitoreo de distorsión armónica de la forma de onda de corriente de electrodos (de los transformadores medidores). En una realización, cuando la distorsión armónica es menor que 10%, se determina una condición de estado estable. En otras realizaciones, cuando la distorsión armónica es menor que 5%, se determina una condición de estado estable. En otras

realizaciones adicionales, cuando la distorsión armónica es menor que 3% se determina una condición de estado estable. En una realización, la distorsión armónica analizada es para cada columna de electrodos o fase. En otra realización, se monitorea la distorsión armónica promedio de la corriente a través de los tres electrodos (las tres fases).

5 En 14, si el horno no es una condición de estado estable, el sistema continúa monitoreando la corriente. Sin embargo, si se determina una condición de estado estable, entonces los datos de presión se capturan ahora en el paso 16. Las presiones en estado estable son ventajosas debido a que en este punto en la calda, se requiere relativamente poco movimiento de la columna de electrodos (debido a la condición de baño de fusión plano). Por lo tanto, los valores de presión son relativamente estables y se correlacionarán con un peso relativo de cada columna de electrodos.

10 Con referencia ahora a la Fig. 2, un gráfico muestra datos de presión ejemplares capturados durante la operación en estado estable. Como se puede ver, la presión para cada columna de electrodos A, B y C cae establemente mientras la columna de electrodos es consumida en el horno. Sin embargo, puede verse un pico en los datos de presión que corresponden a la adición de un electrodo a la columna. De esta manera, en el paso 18 se determina cuándo ocurrió una adición de electrodos. En una realización, la adición de electrodos se determina cuando se mide al menos un aumento de presión de 3%. En otra realización, una adición de electrodos se determina cuando se mide al menos un aumento de presión de 5%. En otras realizaciones adicionales, se determina una adición de electrodos cuando se mide un cambio de presión absoluta predeterminada mínima. Por ejemplo, en una realización si se mide un aumento mayor que aproximadamente 6,89 bar (100 psi), se determina que ha ocurrido una adición de electrodos. En otra realización, si se mide un aumento mayor que aproximadamente 3,45 bar (50 psi), se determina que ha ocurrido una adición de electrodos.

15 En el paso 20 se captura el evento de adición de electrodos, así como el tiempo de la adición. Como se describirá en mayor detalle a continuación, los datos de adición pueden correlacionarse con otros datos del horno, tales como el número y el momento de cada calda. De esta manera, puede determinarse cómo se realizan muchas caldas por adición de electrodos durante un periodo de tiempo dado.

Una vez que se conocen las caldas por adición, puede realizarse un cálculo de consumo de electrodos de acuerdo con la siguiente ecuación:

Consumo de electrodos (lb)/(ton) = (peso de electrodos nominal de un electrodo) / ((caldas por adición de electrodos)\* (peso de acero de calda promedio))

20 Como se describió anteriormente, el peso de electrodos nominal se extrae de un archivo de base de datos que almacena pesos nominales para todos los tamaños nominales. Del mismo modo, el peso de acero de calda promedio para un periodo de tiempo dado puede ser recogido por el controlador del horno. El consumo de electrodos calculado puede proporcionarse para operadores de horno de cualquier modo. Por ejemplo, en una realización, el consumo de electrodos se calcula en servidores en una ubicación remota (utilizando datos del horno comunicados a través de Internet). El operador del horno puede entonces acceder a los datos de consumo del horno (en forma de gráfica por ejemplo) a través de un sitio web.

25 Con referencia ahora a la Fig. 3, la gráfica muestra una presentación del consumo de electrodos ejemplares que puede proporcionarse a operadores de hornos. Dicha información puede utilizarse para comparar los niveles de consumo entre diferentes columnas de electrodos en un horno o para comparar diferentes fabricantes/materiales de electrodos para optimizar el rendimiento. Además, al determinar automáticamente la frecuencia subyacente de adiciones de electrodos, un proveedor de electrodos remoto puede ajustar el inventario o la producción en base a la vista casi en tiempo real del uso de electrodos de un operador de horno.

30 Con referencia ahora a la Fig. 4, se muestra un sistema de monitoreo de consumo de electrodos ejemplar. Un horno PLC 30 envía y recibe señales de varios mecanismos de control asociados con el horno de arco eléctrico 32. Por ejemplo, el horno PLC 30 puede recibir y/o calcular las señales que representan la producción (toneladas) por calda, final de señales de calda y presiones hidráulicas en el sistema de posicionamiento de electrodos. Del mismo modo, los transformadores medidores 34 pueden estar en circuito con el lado primario y secundario del transformador del horno. Un medidor de calidad de energía 36 recibe la salida de los transformadores medidores 34. El medidor de calidad de energía 36 puede medir, entre otras cosas, la distorsión armónica en las formas de onda de corriente de electrodos. Las señales de datos de distorsión armónica pueden entonces ser enviadas a un procesador de señal digital 38. En una realización, el medidor de calidad de energía 36 realiza los cálculos para promediar la distorsión armónica a partir de las tres fases. En otras realizaciones, el procesador de señal digital 38 realiza los cálculos para promediar la distorsión armónica a partir de las tres fases.

35 El procesador de señal digital 38 recibe señales del medidor de calidad de energía 36 y el horno PLC 30. Los datos pueden enviarse a una terminal/servidor local 40 o un servidor remoto 42. De acuerdo con una realización el servidor local y/o remoto incluye una base de datos SQL. La base de datos SQL puede consultar los datos del procesador de señal digital 38 para determinar una adición de electrodos y/o el consumo de electrodos. En otras palabras, de acuerdo con una realización, el procesador de señal digital 38 recoge datos del horno PLC 30 y medidor de calidad

de energía 36 y luego transmite los datos a través de una consulta a la base de datos SQL que reside en el servidor 40 y/o 42. De acuerdo con la presente realización, las consultas/rutinas SQL pueden emplearse entonces para determinar cuándo ocurre una adición de electrodos. Luego, el consumo, adición y otros datos de rendimiento pueden presentarse en la forma de informes web accesibles en línea a los cuales pueden acceder los operadores de hornos a través de una página web protegida con una clave.

En la descripción anterior, se establecen numerosos detalles específicos para proporcionar una descripción completa de la presente invención. Sin embargo, será evidente para un experto en la técnica que la presente invención puede ponerse en práctica sin estos detalles específicos. En otras instancias, las características bien conocidas no han sido descritas en detalle con el fin de simplificar la invención.

10 Como puede apreciar un experto en la técnica, la presente invención puede tomar la forma de un producto de programa informático en un medio usable por computadora o legible por computadora tangible que tiene un código de programa usable por computadora incluido en el medio. El medio usable por computadora o legible por computadora tangible puede ser cualquier medio tangible tal como, a modo de ejemplo pero no taxativo, una memoria flash, un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de solo lectura programable cancelable (EPROM o memoria Flash), un dispositivo de almacenamiento óptico o un dispositivo de almacenamiento magnético.

El código de programa informático para llevar a cabo una o más de las operaciones de la presente invención pueden escribirse en un lenguaje de programación orientado al objeto tal como Java, C++ o similar, o también puede escribirse en lenguajes de programación de procedimiento convencionales tales como el lenguaje de programación "C". El código del programa puede ejecutarse completamente en un servidor/computadora local, parcialmente en el servidor/computadora local, como un paquete de programa informático autónomo, parcialmente en el servidor/computadora local y parcialmente en una computadora/servidor remota/o o completamente en la computadora/servidor remota/o. En el último escenario, la computadora/servidor remota/o puede estar conectada/o a las fuentes de datos locales y/o la computadora/servidor local a través de la red de área local (LAN), una red de área amplia (WAN) o a través de Internet.

Las diversas realizaciones descritas en la presente pueden ponerse en práctica en cualquier combinación de las mismas. La descripción anterior pretende permitir a un experto en la técnica poner en práctica la invención. No se pretende detallar todas las variaciones y modificaciones posibles que serán evidentes para un experto en la técnica tras leer la descripción. Sin embargo, se pretende que todas las modificaciones y variaciones estén incluidas dentro del alcance de la invención que se define por las siguientes reivindicaciones. Las reivindicaciones pretenden cubrir los elementos y pasos indicados en cualquier disposición o secuencia que sea efectiva para cumplir con los objetivos pretendidos para la invención, a menos que el contexto específicamente indique lo contrario.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método (10) para determinar cuándo ocurre un evento de adición de electrodos en un horno de arco eléctrico (32) que tiene una pluralidad de columnas de electrodos, cada una soportada por un sistema de posicionamiento de electrodos, comprendiendo el método:
- 5 recibir datos (12) que se correlacionan con la distorsión armónica de la salida de corriente eléctrica a la pluralidad de columnas de electrodos;
- recibir datos (12) que se correlacionan con las presiones de control en los sistemas de posicionamiento de electrodos; identificar los datos de presión de control en estado estable (16) cuando dichos datos de distorsión armónica (14) indican una condición de estado estable; y
- 10 determinar un evento de adición de electrodos (20) cuando se identifica un pico de presión (18) en dichos datos de presión de control en estado estable (16).
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1 en donde dicho pico de presión se identifica cuando:
- i) ocurre un aumento de presión de al menos 5%; y/o
- ii) ocurre un aumento de presión de al menos 6,89 bar (100 psi).
- 15 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde una condición de estado estable se determina cuando la distorsión armónica de dicha corriente eléctrica que fluye a través de cada columna de electrodos es:
- i) menor que aproximadamente 10%; o
- ii) menor que aproximadamente 5%.
- 20 4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde una condición de estado estable se determina cuando la distorsión armónica promedio de dicha corriente eléctrica que fluye a través de todas las columnas de electrodos es menor que aproximadamente 10%.
5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde una condición de estado estable se determina cuando la distorsión armónica promedio de dicha corriente eléctrica que fluye a través de todas las columnas de electrodos es menor que aproximadamente 5%.
- 25 6. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además presentar los datos de presión de control en estado estable en forma gráfica a través de un sitio web.
7. Un sistema para monitorear un horno de arco eléctrico (32) que tiene una pluralidad de columnas de electrodos, teniendo cada columna de electrodos una salida de corriente eléctrica a través de la misma y pudiendo moverse verticalmente por un sistema de posicionamiento de electrodos, comprendiendo el sistema: un dispositivo informático (38) que tiene en el mismo el código de programa que puede usarse por dicho dispositivo informático, comprendiendo el código de programa: un código configurado para recibir o solicitar datos (12) que se correlacionan con la distorsión armónica de la salida de corriente eléctrica a la pluralidad de columnas de electrodos; un código configurado para recibir o solicitar datos (12) que se correlacionan con presiones de control en los sistemas de posicionamiento de electrodos; un código configurado para identificar los datos de presión de control en estado estable (16) cuando dichos datos de distorsión armónica (14) indican una condición de estado estable; y un código configurado para determinar un evento de adición de electrodos (20) cuando se identifica un pico de presión (18) en dichos datos de presión de control en estado estable (16).
- 30 8. El sistema de acuerdo con la reivindicación 7, en donde se identifica dicho pico de presión cuando ocurre un aumento de presión de al menos 5%.
- 35 9. El sistema de acuerdo con la reivindicación 7 o reivindicación 8, en donde se identifica dicho pico de presión cuando ocurre un aumento de presión de al menos 3,45 bar (50 psi).
- 40 10. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en donde una condición de estado estable se determina cuando la distorsión armónica de dicha corriente eléctrica que fluye a través de dicha columna de electrodos es menor que aproximadamente 10%.
- 45 11. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en donde una condición de estado estable se determina cuando la distorsión armónica de dicha corriente eléctrica que fluye a través de dicha columna de electrodos es menor que aproximadamente 5%.
- 50 12. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en donde una condición de estado estable se determina cuando la distorsión armónica promedio de dicha corriente eléctrica que fluye a través de todas las columnas de electrodos es menor que aproximadamente 10%.

13. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, en donde una condición de estado estable se determina cuando la distorsión armónica promedio de dicha corriente eléctrica que fluye a través de todas las columnas de electrodos es menor que aproximadamente 5%.
14. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13 que comprende, además, presentar un código configurado para presentar los datos de presión de control en estado estable en forma gráfica.
15. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 14 que comprende, además, un código configurado para presentar eventos de adición de electrodos en forma gráfica.

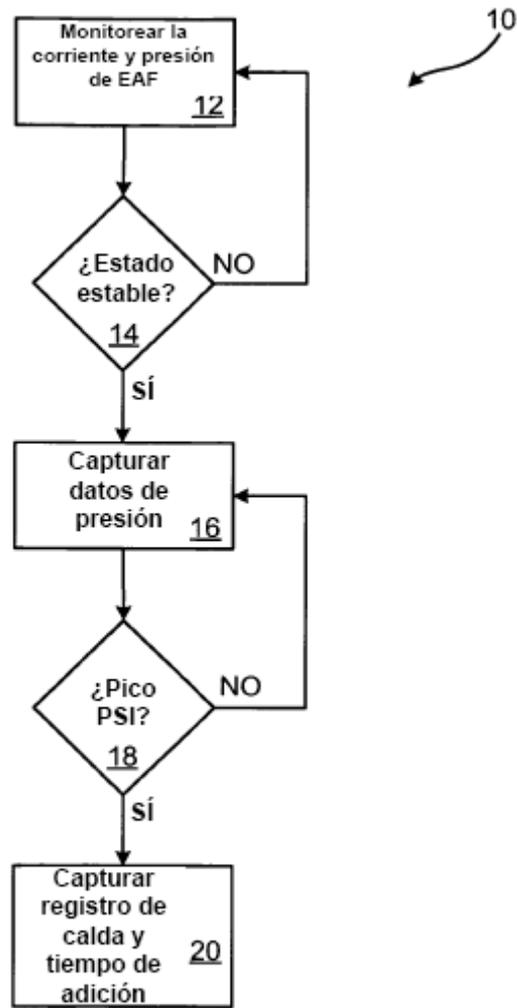


Fig. 1

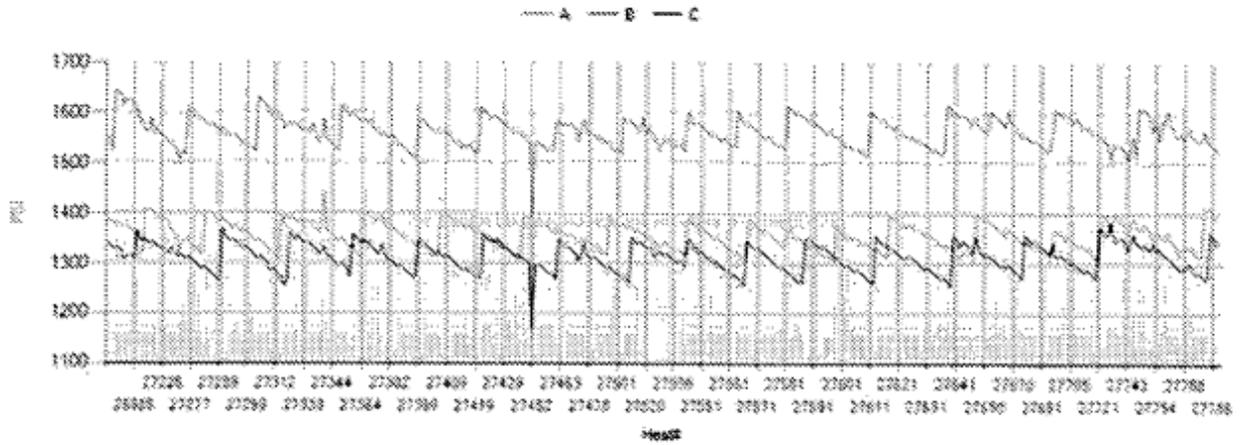


Fig. 2

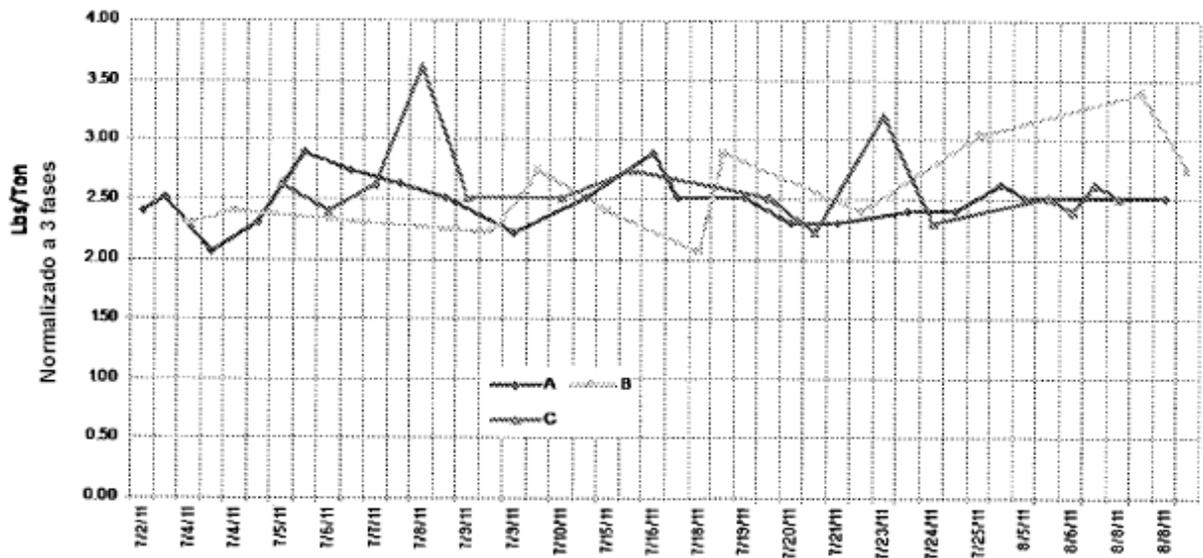


Fig. 3

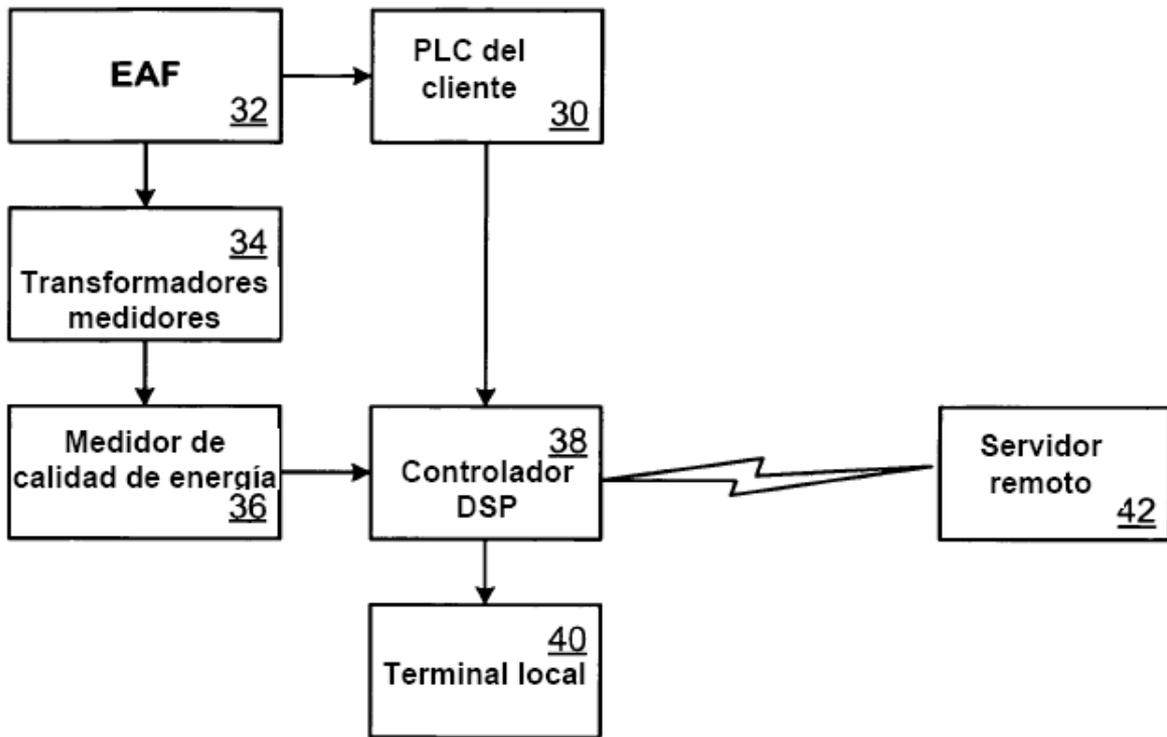


Fig. 4