



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 944**

51 Int. Cl.:
G05D 21/02 (2006.01)
G05D 11/13 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04024503 .7**
96 Fecha de presentación : **27.12.1999**
97 Número de publicación de la solicitud: **1503264**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.02.2005**

54 Título: **Sistema de control basado en rendimiento.**

30 Prioridad: **29.12.1998 US 221601**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.06.2011

73 Titular/es: **ASHLAND LICENSING AND
INTELLECTUAL PROPERTY L.L.C.**
5200 Blazer Parkway
Dublin, Ohio 43017, US

72 Inventor/es: **Beardwood, Edward S.;**
Hays, George F. y
Knudsen, James G.

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 360 944 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 control basado en rendimiento

5 Campo de la Invención

La invención se refiere a un método para controlar el tratamiento químico un parámetro de rendimiento dentro de un sistema acuoso. Además, la invención se refiere a un artículo de fabricación correspondiente.

10 Antecedentes de la Invención

El propósito de un sistema de refrigeración es retirar calor de un proceso y descargar este calor al entorno mediante evaporación y descarga de líquidos. Un ejemplo de dichos sistemas son sistemas de refrigeración con agua usados para retirar calor de una turbina-condensador. La retirada del calor provoca que condense el vapor, dando como resultado una reducción de la presión en el lado del vapor-condensado del condensador, y un aumento en la cantidad de energía generada por unidad de combustible usada para producir el vapor. De forma similar, otro ejemplo de dicho sistema es una máquina de refrigeración. Dicha máquina puede utilizar un refrigerante tal como R-11, R-12, R-134A, para extraer calor de un medio refrigerado, tal como agua, crear un bucle y transferir el calor a un sistema de refrigeración.

Otro ejemplo de un sistema de refrigeración es uno en el que el calor de un proceso o una serie de procesos puede transferirse al medio de refrigeración mediante un cambiador de calor del proceso, tal como un inter-refrigerador en un compresor de gas. La eficacia de operación de un compresor de gas multietapa, tal como un compresor de oxígeno o nitrógeno, puede relacionarse directamente con la temperatura y la presión de la corriente de gas que entra en cada etapa del compresor. Cuanto más alta sea la temperatura y presión por encima de las condiciones de diseño, más potencia será necesaria para comprimir la misma cantidad de gas.

De acuerdo con un ejemplo de un sistema de refrigeración, el medio de refrigeración incluye un líquido, tal como agua. Dicho sistema de refrigeración puede comprender (1) al menos un cambiador de calor para retirar calor de uno o más procesos; (2) al menos una bomba para hacer circular el medio de refrigeración a través de al menos un cambiador de calor; (3) un medio para refrigerar el medio de refrigeración, tal como una torre de refrigeración; (4) un medio para añadir medio de refrigeración nuevo al sistema, denominándose dicho medio típicamente como formación; y (5) un medio para descargar una cierta cantidad de medio de refrigeración del sistema, dicha descarga se denomina purga.

El efecto de refrigeración de acuerdo con dicho sistema puede conseguirse evaporando una fracción del medio de refrigeración en una corriente de aire cuando el medio de refrigeración pasa sobre la torre de refrigeración. Durante el proceso de retirada de calor del medio de refrigeración, el aire insaturado puede entrar en la torre de refrigeración. El aire insaturado puede recoger el fluido evaporado y salir de la torre de refrigeración a una temperatura mayor y en un estado saturado con respecto al medio de refrigeración.

De acuerdo con otro ejemplo de un sistema de refrigeración, un medio de refrigeración tal como agua, puede obtenerse a partir de un gran depósito del medio que proporcionará un suministro adecuado del medio de refrigeración a una temperatura suficientemente baja para absorber calor de un proceso o procesos mediante al menos un cambiador de calor. En dicho ejemplo, el sistema de refrigeración pueden incluir (1) una fuente para el medio de refrigeración; (2) un medio para hacer circular el medio de refrigeración, tal como al menos una bomba de recirculación; (3) al menos un cambiador de calor; y (5) un lugar para descargar el medio de refrigeración calentado, tal como el mismo cuerpo del medio de refrigeración como fuente.

Los sistemas de refrigeración que emplean medios de refrigeración líquidos pueden someterse a deposición de materiales de obturación y procesos, tales como sales de dureza, productos de corrosión, biomasa, sedimentos y barro del medio de refrigeración, fugas de diversos procesos y corrosión in situ. Estos materiales de obstrucción y procesos pueden introducirse en los sistemas de refrigeración desde diversas fuentes.

Ciertos materiales de tratamiento pueden añadirse al medio de refrigeración o al sistema de refrigeración para inhibir, entre otras cosas, la deposición de dureza, corrosión, formación de biomasa y aglomeración de otros obturadores tales como sedimentos, barro, productos de corrosión y fugas de proceso. Dichos materiales de tratamiento pueden incluir uno o más componentes químicos que en combinación, inhiben eficazmente uno o más de los problemas mencionados anteriormente. Por ejemplo, un material de tratamiento diseñado para inhibir la corrosión puede incluir al menos un inhibidor catódico, al menos un inhibidor anódico y/o al menos un material adicional, tal como anti-costra, tensioactivos y agentes anti-espumantes. Otros materiales de tratamiento que pueden añadirse al sistema/medio pueden incluir uno o más ácidos, tales como ácido sulfúrico, uno o más materiales alcalinos, tales como una solución de sosa cáustica. Estos materiales adicionales pueden controlar el pH del medio de refrigeración dentro de un intervalo de control predeterminado. Cuando se controla el pH el ácido se usaría para disminuir el pH y el álcali para elevarlo.

Típicamente, la cantidad de material o materiales de tratamiento añadidos al sistema/medio puede determinarse mediante ensayos de laboratorio manuales, análisis de muestras para ensayo de corrosión, el volumen del medio de refrigeración en el sistema y la cantidad del medio de refrigeración suministrada al sistema en un periodo de tiempo dado. En dichos casos, pueden usarse medios tales como una bomba de inyección química para inyectar un flujo de un material de tratamiento en el sistema a una velocidad constante con el tiempo.

Cuando se añaden material o materiales para ajustar el pH, puede utilizarse un sistema de inyección químico de bucle cerrado. Por ejemplo, el sistema de pH puede controlarse mediante un dispositivo de control del pH que controla una bomba o válvula para aumentar o disminuir el suministro de agente o agentes de ajuste del pH.

Los materiales de tratamiento usados para inhibir los efectos perjudiciales de las fugas del proceso se controlan típicamente a mano, en una base continua o tras la detección de la aparición de dicha fuga. La detección, localización y cuantificación de una fuga de proceso es una tarea que consume tiempo que puede realizar un operario de la planta o por tratamiento profesional.

Otro aspecto importante del tratamiento y control de un sistema de refrigeración y la calidad del medio de refrigeración se refiere a mantener la concentración de materiales disueltos y suspendidos en el medio por debajo del nivel al que pueden precipitar o aglomerarse. Esto se consigue típicamente ajustando la cantidad de medio de refrigeración concentrado retirado del sistema mediante una purga. Típicamente, esto se ha hecho mediante ajuste manual de una válvula de purga, basándose en análisis de laboratorio del medio de refrigeración circulante. Más recientemente, la purga se ha automatizado controlando la conductividad específica del medio de refrigeración y ajustando una válvula de purga para mantener un intervalo especificado de conductividad dentro del sistema.

Típicamente, un sistema de refrigeración incluye un medio de refrigeración, tal como agua. Las características o propiedades del medio de refrigeración pueden afectar al sistema de refrigeración y a su funcionamiento. Los parámetros del medio de refrigeración tales como pH, conductividad, velocidades de corrosión, temperaturas (tal como suministro de frío, retorno de calor, entrada, y salida, de intercambio de calor entre otros), velocidad de recirculación del medio de refrigeración, velocidad de formación del medio de refrigeración y velocidad de purga del medio de refrigeración se han controlado durante largo tiempo para controlar las características del medio de refrigeración. La purga puede servir para desconcentrar los sólidos disueltos en el medio de refrigeración y la formación sustituye a todas las pérdidas del medio de refrigeración, incluyendo aquellas por evaporación, efecto del viento, deriva y purga. Históricamente, el control automático de los sistemas de refrigeración se ha basado en medidas en línea de conductividad y pH, por ejemplo, las medidas de estos parámetros pueden complementarse con ensayos de laboratorio de química en húmedo para el nivel de inhibidor residual y otros parámetros relevantes para la aplicación específica.

El uso de tecnología de resistencia de polarización lineal para medir en línea las velocidades de corrosión se ha descrito anteriormente en las Patentes de Estados Unidos Nº 3.069.322, 3.156.631, 3.250.589, 3.607.673 y 3.690.065. En las Patentes de Estados Unidos Nº 4.339.945 de Knudsen, y 4.346.587, de Knudsen et al., se describía una metodología en la que se describe un dispositivo en el que la medida del ensuciamiento añadido al pH, conductividad y corrosión, y se aplica para determinar la eficacia de un régimen de tratamiento para inhibir la corrosión y el ensuciamiento en sistemas de fluido tales como agua de refrigeración. Como la corrosión puede disminuir la vida económica del equipo en el sistema de refrigeración y el ensuciamiento puede reducir la eficacia del rechazo de calor de los procesos de la planta al medio de refrigeración, es muy importante mantener esto bajo control.

El control tradicional de sistemas de refrigeración de reciclado abiertos típicamente incluye el uso de un controlador de bucle único para controlar el pH con un ácido, tal como ácido sulfúrico, o una base, tal como una solución de sosa cáustica. Un controlador de bucle único puede incluirse para controlar el nivel de sólidos disueltos en el medio de refrigeración. Dichos sólidos disueltos pueden medirse mediante conductividad específica, y pueden aumentarse o disminuirse ajustando una válvula de purga o de sangrando. El aumentar la velocidad de sangrado provoca que los sólidos disueltos en el medio de refrigeración disminuyan. Algún tipo de control de suministro para los compuestos químicos de tratamiento puede utilizarse también para controlar las características de los sistemas de refrigeración. La fecha en el calendario y el tiempo combinado con una función de temporización del intervalo se utiliza habitualmente en los sistemas de control y en particular, para añadir diversos tipos de microbicidas.

El control del pH y la conductividad utilizan típicamente tecnología de control de retroalimentación. El control por retroalimentación puede proporcionar salidas analógicas o digitales para hacer funcionar el equipo tal como bombas y válvulas. Las salidas analógicas pueden ir a través de controladores proporcionales integral derivativo (PID) para un control más preciso. La formación del caudal del medio, el caudal del medio de refrigeración añadido al sistema compensa las pérdidas de medio por evaporación y otras pérdidas, tales como el efecto del viento y purga, es típicamente el parámetro de control básico para el suministro de compuestos químicos de tratamiento tales como inhibidores y dispersantes. En un sistema de refrigeración, y un sistema de refrigeración acuoso en particular, el medio de formación puede ser agua suministrada desde al menos una fuente, tal como agua municipal potable, agua de pozo, agua de proceso recuperada, agua tratada externamente y condensados. Otro método usado habitualmente, aunque menos preciso, es usar el caudal del medio de purga, que requiere la suposición de que

otras pérdidas de líquido pueden ser fijas o proporcionales a la purga. Un tercer medio se denomina "sangrado y suministro", que proporciona la adición de materiales de tratamiento en el momento en el que se acciona una válvula de conexión/desconexión, por ejemplo, una válvula de solenoide, de sangrado o de purga.

5 La tecnología de Resistencia de Polarización Lineal (LPR) se ha usado durante tres décadas para controlar las velocidades de corrosión en línea. Esta tecnología se comercializa como controlador "CORRATER" de Rohrback Cosasco Systems, Inc. Las señales analógicas proporcionadas por el controlador CORRATER son proporcionales a la velocidad de corrosión "instantánea" o al desequilibrio de corrosión "instantáneo". De hecho, los controladores CORRATER determinan la LPR durante un periodo de tiempo que puede ser tan pequeño como aproximadamente 2
10 minutos o tan grande como aproximadamente 20 minutos. De esta manera "instantáneo" es un término relativo cuando se compara con técnicas fuera de línea, que pueden requerir aproximadamente de 30 a 90 días de exposición de la muestra de ensayo y comparadas con técnicas de resistencia eléctrica en línea, que puede requerir de aproximadamente 2 a aproximadamente 30 días.

15 El Factor de Ensuciamiento (FF) es una unidad ingenieril reconocida de medida. El FF resulta de la deposición de obturadores sobre una superficie de transferencia de calor. El analizador P-U-L-S-E disponible en Ashland Chemical, Drew Industrial Division, proporcional la capacidad para determinar el FF. El controlador ONGUARD CFM-1000 disponible también en Ashland Chemical determina un índice de ensuciamiento (FI). La investigación ha demostrado que el FI y el FF tienen tendencias idénticas, aunque sean numéricamente diferentes y se calculen de diferentes
20 maneras.

Los métodos conocidos para controlar las características de los sistemas de refrigeración y controlar los parámetros de los sistemas pueden ser de tres tipos. El primer tipo incluye aquellos que tradicionalmente permiten el control de retroalimentación automático de ciertos parámetros, tales como pH para controlar el suministro de ácido o cáustico y conductividad para el control del sangrado o purga.
25

El segundo tipo son aquellos que detectan la parte residual de un componente específico en la química de tratamiento cuando esto puede medirse adecuadamente en una corriente del medio de refrigeración. Hay dos enfoques conocidos a este tipo de control. El primer enfoque incluye detectar un único componente activo, mientras
30 que el segundo tipo de detección incluye detectar un material inerte que actúa como trazador.

Los controladores de fosfato son ejemplos del primer enfoque de detección ya que sólo detectan una única especie de ión fósforo, en los sistemas de agua de refrigeración. De hecho, la química de tratamiento puede incluir diferentes materiales que llevan fósforo junto con diversos polímeros, azoles aromáticos y otros constituyentes.
35

En presencia de iones calcio, magnesio, ferrosos y férricos, los ortofosfatos tienen solubilidad limitada. La solubilidad limitada es una función compleja del pH, temperatura, tiempo de residencia, y concentración iónica. En algunos sistemas, la solubilidad de dichos materiales a las temperaturas y presiones de operación puede seleccionarse hasta los límites de control deseados haciendo difícil diferenciar entre un suministro excesivo y las condiciones que
40 pueden conducir a deposición y, en último término, a corrosión bajo depósito, que conduce además a controlar el viento a favor.

El uso de un compuesto trazador inerte que, a diferencia de los materiales activos, puede detectarse en la corriente del medio de refrigeración tiene sus propios inconvenientes porque sólo puede decir al usuario cuánto material trazador hay en el sistema. No puede determinar la eficacia del tratamiento. Por ejemplo, un material de tratamiento, tal como los constituyentes activos en una composición de inhibición de la corrosión, típicamente es consumido por la reacción o reacciones del proceso de inhibición de corrosión, o cualquier proceso dirigido a la inhibición. El material de tratamiento restante está porción que la reacción o reacciones no consumen y/o parte o partes
45 residuales que se necesitan para sostener la reacción o reacciones implicadas conduciéndolas a su finalización. El material o materiales inertes, por otro lado, pasan a través del sistema sin reaccionar con nada. Esta dependencia de los componentes trazadores no asegura el mantenimiento de los componentes activos dentro de los límites de control deseados para asegurar que se obtienen los beneficios de rendimiento de dichos componentes activos. El análisis anterior puede aplicarse a cualquier material de tratamiento.
50

55 Otras técnicas de control incluyen control fuera de línea tal como análisis químicos y microbiológicos completos del agua en circulación y análisis de corrosión de las muestras de ensayo.

Muchos sistemas automáticos de suministro de compuestos químicos utilizan lógica de suministro hacia delante de bucle cerrado. Estos enfoques usan variables medidas tales como cambios de caudal y cambios de presión, tales como una caída de la presión. Las cantidades de suministro químico se ajustan mediante el balance de masa basado en algoritmos asociados con estas variables medidas. Se realizaron mejoras adicionales en la precisión de los algoritmos del balance de masa utilizando medidas secundarias de conductividad y pH. Sin embargo, estos sistemas de suministro químico sólo aseguraron el mantenimiento de la carga de masa del compuesto químico dentro del sistema y no tuvieron en cuenta las pérdidas de los aditivos debido al consumo de reactivos, precipitación
60 o adsorción.
65

Se desarrollaron otras tecnologías para suministrar compuestos químicos basadas en la detección de entidades trazables cuantificables asociadas con el suministro de compuestos químicos. Aunque este enfoque en solitario aseguraba la presencia de una cantidad de compuestos químicos sobre el método anterior o junto con el método anterior en el que el método se utilizaba como ajuste de retroalimentación. Los enfoques hasta la fecha no han asegurado el mantenimiento de las variables clave de rendimiento. Por ejemplo, las variables clave de rendimiento en los sistemas de refrigeración de agua son corrosión y ensuciamiento.

La minimización del grado de corrosión y ensuciamiento en las aguas de refrigeración depende de las características del agua formada en un sitio específico, del diseño del sistema y de los criterios operativos. Como resultado, una pluralidad de compuestos químicos puede ser necesaria para mantener el control de la corrosión y ensuciamiento de un sistema de refrigeración. Compuestos químicos tales como y sin limitarse a inhibidores de la corrosión ferrosos y no ferrosos, agentes de control de costra, dispersantes para obturadores orgánicos e inorgánicos, biocidas oxidantes y no oxidantes, biodispersantes así como compuestos químicos de contingencia especializada para manipular derrames químicos debido a entradas laterales en el proceso. Todos estos aditivos deben contener un trazador marcado para el ingrediente o ingredientes activos o un trazador inerte proporcional a la concentración del ingrediente o ingredientes activos, pueden separarse individualmente para cuantificación para la cantidad de cada uno presente en el agua del sistema utilizando técnicas de control en línea, tales como calorimétricas, U.V., fluorimétricas, entre otras.

Sin embargo, con dichos ajustes de retroalimentación en su sitio, aún existe una falta de unión de la adición del compuesto o compuestos químicos a las variables clave de rendimiento, que están influidas por los compuestos químicos. Los ejemplos de dichos sistemas incluyen el sistema descrito por la Patente de Canadá 2.055.098, Patentes de Estados Unidos N° 5.006.311, 4.992.380 y 4.783.314, que ilustra el proceso de detección de aditivos marcados con trazador. Estos métodos de detección en línea permiten entonces un aumento, por debajo de la especificación, o una disminución, por encima de la especificación, en las velocidades de dosificación del aditivo detectado. Si el aditivo se agota por fugas internas en el proceso o adsorción en lodos, por ejemplo, entonces un ocurrirá sobre suministro continuo del aditivo. Las pérdidas residuales y/o mantenimiento no se derivan de ningún valor clave de rendimiento puesto que no es parte del uso pretendido diseñado para el aditivo. De esta manera, el control de viento a favor se obtiene como resultado un consumo no económico del aditivo que de hecho podría impactar negativamente en las variables claves de rendimiento, tal como aumentando el ensuciamiento y/o la corrosión.

Otro ejemplo de dicho sistema se describe en Rohm and Haas Company de Philadelphia, Pennsylvania, que han refinado el enfoque de polímero marcado trazado como se muestra en su bibliografía en 18358B, Bulletin FC415. El método puesto de manifiesto allí indica que puede detectarse el polímero libre/no reaccionado en lugar del polímero total por medios de ensayo experimental de laboratorio. Desafortunadamente, esto puede conducir también a controlar el viento a favor con los que si ocurren fugas internas en el diseño operativo del sistema o en el proceso, el inhibidor de corrosión, fosfato, se perderá en la deposición superficial en el cambiador de calor, necesitando un aumento de fosfato y adición de polímero marcado. No sólo se aumenta el ensuciamiento sino que también se inicia la corrosión bajo depósito. Este método, de nuevo, no está relacionado con los parámetros clave de rendimiento del sistema tratado. Únicamente la economía asociada con el sobre suministro se reduce ligeramente respecto a lo citado anteriormente y actualmente el método no puede realizarse en línea y acoplarse a un suministro automático de productos químicos como el primero.

Otro sistema más se describe en las Patentes de Estados Unidos N° 4.966.711 y 5.200.106, que muestran el uso de metales de transición inertes para trazadores. Estos trazadores se añaden en proporción al envase de aditivo químico. Si el aditivo o aditivos se consumen o se pierden debido a co-precipitación o ensuciamiento por adsorción entonces el trazador indicaría que suficiente aditivo está presente cuando de hecho lo cierto es lo contrario. Esto se obtiene como resultado después un control del viento en contra. La protección de corrosión puede comprometerse entonces. Los parámetros clave de rendimiento del sistema no se abordan.

Los electrodos selectivos de iones pueden usarse y se han utilizado para detectar tanto trazadores inertes como inhibidores de corrosión, tales como fosfato. La detección del trazador inerte puede conducir a controlar el viento en contra, mientras que la detección del inhibidor de corrosión de dicho fosfato puede conducir a controlar los vientos a favor como se ha mencionado anteriormente.

La Patente de Estados Unidos N° 5.272.346 describe que ciertos aditivos de control de corrosión que son sensibles a la absorción de U.V., tales como derivados de imidazolina y piridina, pueden controlarse en línea. Sin embargo, no se ha descrito ningún intento de correlacionar el parámetro clave de rendimiento de la determinación de la velocidad de corrosión y las cantidades detectables de impacto del aditivo de control de corrosión. Para establecer la relación, de nuevo no se asegura que un aumento o disminución a las concentraciones de aditivo producirá el resultado deseado de mejoras en el control de la corrosión cuando otros obturadores o condiciones pueden impactar sobre la velocidad de corrosión en línea que se está controlando.

La utilización de biocidas no oxidantes trazados ha sido propuesta también por el Cooling Tower Instituted de Houston, Texas, Cooling Toser Water Chemistry Paper T.P. 95-16. Este enfoque permite al usuario asegurar que

una cantidad residual de aditivo biocida en el agua del sistema durante el periodo de tiempo de contacto deseado es correcta. No se refiere al control de la población microbiológica, tal como velocidades de eliminación eficaces, y más importantemente no está relacionado con la detección y mitigación de ensuciamiento biológico o corrosión influida por microbianos. De nuevo, los parámetros clave de rendimiento no se abordan, y están relacionados, de hecho, con la necesidad y uso de aditivos biocidas si puede usarse una lógica inteligente para la identificación en línea de la necesidad de uso.

El análisis anterior pone de manifiesto que dichos enfoques, como mucho, pueden permitir a un usuario la comprobación cruzada del suministro o suministros de compuesto químicos basado en el balance de masa, suministro hacia delante, y ajuste de las cantidades especificadas basado en la detección en línea de los activos, retroalimentación. Esto puede permitir el inventario de compuestos químicos potenciales y el control económico en un sistema dinámico perfecto. En condiciones de derrama y pérdida, hay un potencial económico muy malo.

De acuerdo con un análisis, los costes de operación aproximados de un sistema de refrigeración, excluyendo costes de oportunidad de tiempo muerto pueden desglosarse de la siguiente manera:

| Categoría del coste | Porcentaje Total de Operación |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Electricidad | 59 |
| Depreciación del equipo | 17 |
| Trabajo | 14 |
| Mantenimiento | 5 |
| Saneamiento de agua | 3 |
| Gestión del tratamiento de agua | 2 |

Los enfoques analizados anteriormente pueden impactar en la porción de gestión del tratamiento de agua y permitir a un usuario alguna capacidad para optimizar el 2% del coste del sistema de refrigeración. Sin embargo, sin relación con los parámetros clave de rendimiento, el 98% restante de los costes de operación no puede verse afectado eficazmente. Se sabe bien también que el tratamiento ineficaz del agua puede conducir a un aumento de los coste de operación de 4 a 5 veces el coste de un tratamiento eficaz del agua en sistemas de refrigeración de ciclo de refrigeración sencillo. Claramente, hay una necesidad de un sistema de control, que esté relacionado con los parámetros clave de rendimiento específicos del sitio por lógica inteligente.

Los siguientes puntos se describen:

1. Un proceso para supervisar y controlar un sistema acuoso. Comprendiendo el proceso las etapas de:

seleccionar al menos un parámetro de rendimiento en relación con las condiciones dentro del sistema acuoso;
 medir un valor de al menos un parámetro de rendimiento para servir como un valor de referencia;
 determinar la capacidad del sistema acuoso y medir y supervisar los caudales de agua dentro y fuera del sistema;
 medir el valor de al menos un parámetro de rendimiento y comparar el valor con la referencia del parámetro de rendimiento y descomponerlo en caudales de agua dentro y fuera del sistema; y
 utilizar un procesador para determinar una alteración de al menos una variable controlable dentro del sistema acuoso en base a una desviación del valor del al menos un parámetro del valor de referencia.

2. El proceso de acuerdo con el punto 1, en el que la al menos una variable controlable incluye una velocidad de suministro para al menos un compuesto de tratamiento para controlar al menos una condición dentro del sistema acuoso.

3. El proceso de acuerdo con el punto 1, que comprende además las etapas de:

determinar un valor de referencia de al menos una variable controlable dentro del sistema acuoso;
 alterar la al menos una variable controlable en una primera cantidad en una primera dirección;
 supervisar el al menor un parámetro de rendimiento para detectar un cambio en el parámetro de rendimiento de los valores de referencia causado por la alteración de la variable controlable durante un primer periodo de tiempo;
 alterar nuevamente la al menos una variable controlable en una primera cantidad en una primera dirección si el parámetro de rendimiento cambia durante un primer periodo de tiempo;
 terminar la alteración de la al menos una variable controlable cuando el parámetro de rendimiento deja de cambiar después de la alteración de la al menos una variable controlable;
 continuar monitoreando el parámetro de rendimiento hasta que se detecta un cambio en el parámetro de rendimiento durante un segundo periodo de tiempo;
 determinar un punto de referencia para la al menos una variable controlable;
 alterar la al menos una variable controlable en una segunda dirección opuesta a la primera dirección por la primera cantidad;

supervisar el al menos un parámetro de rendimiento para detectar un cambio en el al menos un parámetro de rendimiento causado por la alteración de la al menos una variable controlable en la segunda dirección durante un tercer período de tiempo; y

5 alterar nuevamente la al menos una variable controlable en una primera cantidad en la segunda dirección si el al menos un parámetro de rendimiento cambia durante el tercer período de tiempo hasta que la al menos una variable controlable consiga el punto de referencia.

4. El proceso de acuerdo con el punto 1, en el que:

10 se selecciona una pluralidad de parámetro de rendimiento incluyendo velocidad de corrosión, el valor de la velocidad de corrosión se mide y compara con la referencia antes de medirlo y compararlo con el valor de referencia de los otros parámetros de rendimiento, y los valores de los otros parámetro de rendimiento se miden y se comparan con los valores de referencia correspondientes dependiendo de si y cómo cambia la velocidad de corrosión.

15 5. El proceso de acuerdo con el artículo 4, en el que:

20 los otros parámetro de rendimiento incluyen el factor de ensuciamiento y las variables controlables de velocidad de suministro de material para controlar el ensuciamiento y la velocidad de suministro del material para controlar el pH, el factor de ensuciamiento se mide y se compara con el valor de referencia para el factor de ensuciamiento si no se desvía del valor de referencia se detecta la velocidad de corrosión, la velocidad de corrosión se mide si el factor de ensuciamiento no cambia, y se añade por etapas un material al sistema para ajustar el factor de ensuciamiento al punto de referencia si el factor de ensuciamiento se desvía del punto de referencia y el pH se mide y se compara con el valor de referencia para el pH, un material se añade al sistema para ajustar el pH si el pH se desvía del punto de referencia, y se mide la velocidad de corrosión.

30 6. El proceso de acuerdo con el punto 4, en el que:

los otros parámetros de rendimiento incluyen el potencial de oxidación-reducción y factor de ensuciamiento y las variables controlables incluyen la velocidad de suministro de un inhibidor, afectando la velocidad de suministro del material el potencial de oxidación-reducción, afectando la velocidad de suministro del material el ensuciamiento y la velocidad de suministro de halógeno, la velocidad de corrosión se mide y se compara con el valor de consigna de velocidad de corrosión, el potencial de oxidación-reducción se mide y se compara con la consigna de potencial de oxidación-reducción si disminuye la velocidad de corrosión, la velocidad de suministro del inhibidor de corrosión se reduce si disminuye el potencial de oxidación-reducción y el método se recicla hasta el punto en el que se mide y se compara primero la velocidad de corrosión con el valor de referencia para la velocidad de corrosión, el factor de ensuciamiento o índice de ensuciamiento se mide y se compara con el punto de referencia para el factor de ensuciamiento o índice de ensuciamiento, si aumenta el potencial de oxidación-reducción, la tasa de variación del factor de ensuciamiento o el índice de ensuciamiento se determina si un cambio en el factor de ensuciamiento o índice de ensuciamiento se detecta y la suministro de los materiales de tratamiento que afecta el potencial de oxidación-reducción y la suciedad se controlan hasta que se obtienen los puntos de referencia, y el método se recicla hasta el punto en el que se mide y se compara primero la velocidad de corrosión con el valor de referencia para la velocidad de corrosión, o, como alternativa, se mide y se compara el factor de ensuciamiento o índice de ensuciamiento con la consigna para el factor de ensuciamiento o índice de ensuciamiento, si aumenta el potencial de oxidación-reducción, la velocidad de suministro de halógeno en el sistema se incrementa y el potencial de oxidación-reducción se mide y se compara con la consigna de potencial de oxidación-reducción de nuevo, si un cambio en el factor de ensuciamiento o índice de ensuciamiento no se detecta, el método se recicla hasta el punto en el que se mide y se compara primero la velocidad de corrosión con el valor de referencia si el potencial de oxidación-reducción se encuentra en un punto de referencia, el factor de ensuciamiento o el índice de ensuciamiento se vuelve a medir y se compara con la consigna del factor de ensuciamiento o índice de ensuciamiento si el potencial de oxidación-reducción se desvía de un punto de referencia.

7. El método de acuerdo con el punto 4, en el que:

60 los otros parámetros de rendimiento incluyen el pH y el factor de ensuciamiento o índice de ensuciamiento, y las variables controlables incluyen la velocidad de suministro del material de ajuste del pH, la velocidad de suministro de inhibidor de la corrosión, la velocidad de suministro de material para controlar la suciedad, y los parámetros operativos del sistema de refrigeración, la velocidad de corrosión se mide y se compara con el valor de consigna de velocidad de corrosión, el pH se mide y se compara con un valor de referencia y material de ajuste del pH añadido al sistema si no se detecta inestabilidad en la velocidad de corrosión, una velocidad de suministro del inhibidor de corrosión

se incrementa, y el método se recicla hasta el punto en el que se mide y se compara primero la velocidad de corrosión con el valor de referencia para la velocidad de corrosión, como alternativa, el factor de ensuciamiento se mide si se detecta inestabilidad en la velocidad de corrosión, el pH se mide y se compara con un punto de referencia y material de ajuste del pH se agrega al sistema si el pH se desvía de la consigna si no se detecta suciedad, la velocidad de suministro del inhibidor de corrosión se incrementa, se determina si la inestabilidad se mantiene en las mediciones de corrosión, el método se recicla hasta el punto en el que se mide y se compara primero la velocidad de corrosión con el valor de referencia si no hay inestabilidad en las mediciones de la corrosión, o se añade material al sistema para controlar la suciedad hasta que la suciedad llegue a un punto de referencia si se detecta inestabilidad, y después se mide nuevamente la inestabilidad en las mediciones de corrosión, el método se recicla hasta el punto en el que se mide y se compara primero la velocidad de corrosión con una base de referencia si no se detecta nuevamente inestabilidad, o el método se recicla hasta el punto en el que el pH se mide y se compara con un punto de referencia después de la primera detección de la inestabilidad de la velocidad de corrosión y se mide el factor de ensuciamiento, o como alternativa se determina si el factor de ensuciamiento o índice de ensuciamiento o velocidad de corrosión se desvía primero de un punto de referencia si se detecta suciedad, el método se recicla hasta el punto en el que el pH se mide y se compara con un punto de referencia después de la primera detección de la inestabilidad de la tasa de corrosión y factor de ensuciamiento medido si la corrosión que se ha desviado primero de un punto de referencia, o al menos una acción, que incluye la adición de material al sistema de refrigeración para reducir la suciedad y ajustar los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración, después, iniciar de nuevo el método de medición de velocidad de corrosión si el factor de ensuciamiento se desvió primero de un punto de referencia.

8. Un artículo de fabricación para usarse en la programación de un procesador que tiene al menos un dispositivo de salida y un dispositivo de almacenamiento de datos unido al mismo, incluyendo el artículo de fabricación un medio legible por el procesador que tiene uno o más programas contenidos en su interior para realizar un método para el desarrollo de una aplicación, comprendiendo el método las etapas de:

seleccionar al menos un parámetro de rendimiento en relación con las condiciones dentro del sistema acuoso;
 medir un valor del al menos un parámetro de rendimiento para servir como un valor de referencia;
 determinar la capacidad del sistema acuoso y medir y supervisar los caudales de agua dentro y fuera del sistema;
 medir el valor del al menos un parámetro de rendimiento y comparar el valor de la línea de referencia del parámetro de rendimiento y descomponerlo en caudales de agua dentro y fuera del sistema; y
 alterar al menos una variable controlable en el sistema acuoso en base a una desviación del valor del al menos un parámetro de rendimiento con respecto al valor de referencia.

9. Un método para supervisar y controlar un sistema acuoso, comprendiendo el método las etapas de:
 medir la velocidad de corrosión durante un período de tiempo;

A) si la velocidad de corrosión no cambia medir entonces el factor de ensuciamiento o índice de ensuciamiento;

I) si el factor de ensuciamiento o el índice de ensuciamiento no cambian respecto a un punto establecido entonces comenzar el método de nuevo midiendo la velocidad de corrosión;

II) si el factor de ensuciamiento o el índice de ensuciamiento se desvía de un punto establecido entonces añadir un material gradualmente al sistema acuoso para ajustar el factor de ensuciamiento o el índice de ensuciamiento al punto establecido, y medir el pH y añadir un material al sistema acuoso para ajustar el pH si el pH se desvía de un punto establecido, y comenzar el método de nuevo midiendo la velocidad de corrosión;

B) si la velocidad de corrosión está disminuyendo, medir el potencial de oxidación-reducción durante un periodo de tiempo;

I) si el potencial de oxidación-reducción no cambia entonces reducir la velocidad de suministro de un inhibidor de corrosión, y comenzar el método de nuevo midiendo la velocidad de corrosión;

II) si el potencial de oxidación-reducción disminuye entonces medir el factor de ensuciamiento o el índice de ensuciamiento.

a) si se detecta un cambio en el factor de ensuciamiento o el índice de ensuciamiento respecto al punto establecido entonces determinar la velocidad de cambio y controlar el suministro de materiales de tratamiento que afectan la potencial de oxidación-reducción y el ensuciamiento hasta que se obtienen los niveles deseados, comenzar después el método de nuevo midiendo la velocidad de corrosión;

b) si no se detecta un cambio en el factor de ensuciamiento o en el índice de ensuciamiento respecto al punto establecido entonces aumentar la velocidad de suministro de un oxidante basado en halógeno en el sistema acuoso y medir después el potencial de oxidación-reducción de nuevo;

5 i) si el potencial de oxidación-reducción está en un punto establecido comenzar entonces el método de nuevo midiendo la velocidad de corrosión;
 ii) si el potencial de oxidación-reducción se desvía respecto al punto establecido, entonces volver a la etapa (3) (II) (a);

10 C) si la velocidad de corrosión aumenta entonces medir la inestabilidad en la velocidad de corrosión;

15 I) si no se detecta la inestabilidad en la velocidad de corrosión, medir el pH y añadir un material sistema acuoso para ajustar el pH si el pH se desvía respecto a un punto establecido, y aumentar una velocidad de suministro de inhibidor de corrosión y comenzar el método de nuevo midiendo la velocidad de corrosión;

20 II) si se detecta la inestabilidad de la velocidad de corrosión entonces medir el ensuciamiento;
 a) si el ensuciamiento no se detecta entonces medir el pH y añadir un material al sistema acuoso para ajustar el pH si el pH se desvía respecto a un punto establecido, aumentar la velocidad de suministro del inhibidor de corrosión y determinar si la inestabilidad permanece en la velocidad de corrosión;

25 i) si no se detecta inestabilidad en la velocidad de corrosión entonces comenzar el método de nuevo midiendo la velocidad de corrosión;

ii) si se detecta inestabilidad en la velocidad de corrosión entonces añadir material al sistema para controlar el ensuciamiento hasta que el ensuciamiento alcanza un punto establecido y determinar entonces si la inestabilidad permanece en la velocidad de corrosión;

30 1) si no se detecta la inestabilidad en la velocidad de corrosión entonces comenzar el método de nuevo midiendo la velocidad de corrosión;

2) si se detecta la inestabilidad en la velocidad de corrosión entonces volver a la etapa (C) (II) (a);

35 b) si se detecta ensuciamiento entonces determinar si el factor de ensuciamiento o el índice de ensuciamiento o la velocidad de corrosión se desvían en primer lugar respecto a un punto establecido;

40 i) si la corrosión se desvía en primer lugar respecto a un punto establecido, entonces ir a la etapa (C) (II) (a);

45 ii) si el factor de ensuciamiento o el índice de ensuciamiento se desvían en primer lugar respecto a un punto establecido entonces tomar al menos una acción que incluye añadir material al sistema acuoso para reducir el ensuciamiento y ajustar los parámetros de operación del sistema acuoso, después comenzar el método de nuevo midiendo la velocidad de corrosión.

Sumario de la invención

50 La presente invención se refiere a un método para supervisar y controlar un parámetro de rendimiento dentro de un sistema acuoso, comprendiendo el método las etapas de:

55 medir una pluralidad de parámetros de rendimiento relacionados con el sistema acuoso, incluyendo los parámetros de rendimiento la velocidad de corrosión, potencial de oxidación-reducción, y el factor de ensuciamiento o el índice de ensuciamiento;

observación de una desviación del parámetro de rendimiento con respecto a un punto de referencia;
 60 alterar una variable controlable del sistema acuoso en una primera cantidad y en una primera dirección en la que la variable controlable se selecciona del grupo formado por velocidad de suministro ácida, velocidad de suministro cáustica, velocidad de suministro del inhibidor de corrosión, velocidad de suministro del dispersante, velocidad de suministro del microbicida oxidante, velocidad de suministro del microbicida no oxidante, velocidad de purga, velocidad de suministro de formación, volumen de fluido en el sistema acuoso, las temperaturas de funcionamiento, el flujo de lavado del filtro, limpieza en línea de los componentes del sistema acuoso, y el funcionamiento de las bombas de refuerzo;

65 controlar un parámetro de rendimiento en el sistema acuoso para detectar un cambio en el parámetro de rendimiento causado por la alteración de la variable controlable en un primer periodo de tiempo;

alterar nuevamente la variable controlable en la primera cantidad en la primera dirección, si el parámetro de rendimiento cambia en el primer periodo de tiempo;

terminar la alteración de la variable controlable cuando el parámetro de rendimiento deja de cambiar después de la alteración de la variable controlable;
 continuar controlando el parámetro de rendimiento hasta que se detecta un cambio en el parámetro de rendimiento durante un segundo período de tiempo;
 5 determinar el punto de referencia del parámetro de rendimiento;
 alterar la variable controlable en una segunda dirección opuesta a la primera dirección de la primera cantidad;
 controlar el parámetro de rendimiento para detectar un cambio en el parámetro de rendimiento causado por la alteración de la variable controlable en la segunda dirección durante un tercer período de tiempo; y
 10 alterar nuevamente la variable controlable en la primera cantidad en la segunda dirección si el parámetro de rendimiento cambia durante el tercer período de tiempo hasta que el parámetro de rendimiento alcance el punto de referencia.

Adicionalmente, la presente invención se refiere a un artículo de fabricación para usar en la programación de un procesador que tiene al menos un dispositivo de salida y un dispositivo de almacenamiento de datos unido al mismo,
 15 incluyendo el artículo de fabricación un medio que puede ser leído por el procesador que tiene uno o más programas introducidos en el mismo para realizar un método como se ha definido anteriormente. Las realizaciones preferidas se resumen en las reivindicaciones dependientes.

Los efectos del flujo de refrigerante de formación, los contaminantes en los sistemas de refrigeración e ingresos no pueden medirse directamente o predecir directamente sus efectos. Sin embargo, los inventores de la presente invención han descubierto que los efectos acumulados de los problemas anteriores pueden medirse indirectamente a través de la medición de al menos uno de una variedad de factores. La presente invención se refiere a un método y un aparato que proporciona enlaces directos en tiempo real entre los parámetros seleccionados y las operaciones mecánicas de un sistema acuoso. Los parámetros incluyen parámetros de rendimiento y las variables controlables
 20 relacionadas con el sistema acuoso.

Se describe un método para el seguimiento y control de un sistema acuoso. El método incluye la medición de la velocidad de corrosión. Si la velocidad de corrosión no cambia entonces se mide factor de ensuciamiento. Si el factor de ensuciamiento o el índice de ensuciamiento no cambia entonces el método se inicia de nuevo mediante la medición de la velocidad de corrosión. Si el factor de ensuciamiento o el índice de ensuciamiento se desvía de una consigna entonces un material se añade paso a paso al sistema de refrigeración para ajustar el factor de ensuciamiento o índice de ensuciamiento a la consigna, se mide el pH, un material se añade al sistema de refrigeración para ajustar el pH si el pH se desvía de un punto de referencia, y el método se inicia de nuevo mediante la medición de la velocidad de corrosión. Si disminuye la velocidad de corrosión, se mide el potencial de oxidación-reducción. Si el potencial de oxidación-reducción no cambia entonces se reduce la velocidad de suministro de un inhibidor de corrosión y el método se inicia de nuevo mediante la medición de la velocidad de corrosión. Por otro lado, si el potencial de oxidación-reducción disminuye entonces se mide el factor de ensuciamiento. Si se detecta un cambio en el factor de ensuciamiento entonces se determina la velocidad de cambio. El suministro de los materiales de tratamiento que afectan el potencial de oxidación-reducción y la suciedad se controla hasta que se obtienen los niveles deseados, después, el método se inicia de nuevo mediante la medición de la velocidad de corrosión. Si un cambio en el factor de ensuciamiento no se detecta entonces se aumenta la velocidad de suministro de un halógeno en el sistema de refrigeración, y después se mide nuevamente el potencial de oxidación-reducción. Si el potencial de oxidación-reducción se encuentra en una consigna entonces, el método se inicia de nuevo mediante la medición de la velocidad de corrosión. Si el potencial de oxidación-reducción se desvía de una consigna entonces, se regresa a la etapa de controlar el suministro de los materiales de tratamiento que afectan el potencial de oxidación-reducción. Si la velocidad de corrosión aumenta entonces, se mide la inestabilidad en la velocidad de corrosión. Sin embargo, si no se detecta la inestabilidad, se mide entonces el pH y se añade un material al sistema de refrigeración para ajustar el pH si se desvía del pH de un punto de referencia, se aumenta la velocidad de suministro del inhibidor de corrosión, y el método comienza de nuevo mediante la medición de la velocidad de corrosión. Si se detecta inestabilidad entonces se mide el factor de ensuciamiento. Si no se detecta suciedad se mide el pH y se añade un material al sistema de refrigeración para ajustar el pH si se desvía de pH de un punto de referencia, la velocidad de suministro del inhibidor de corrosión se aumenta, y se determina si la inestabilidad se mantiene en las mediciones de la corrosión. Si no se detecta inestabilidad entonces el método se inicia de nuevo mediante la medición de la velocidad de corrosión. Si se detecta inestabilidad el material se añade al sistema para controlar la suciedad hasta que la suciedad alcance un punto de consigna, después, se determina si la inestabilidad se mantiene en las mediciones de la corrosión. Si no se detecta inestabilidad, entonces, el método se inicia de nuevo mediante la medición de la velocidad de corrosión. Sin embargo, si se detecta inestabilidad entonces se implementa la etapa implicada cuando no se detecta suciedad. Una revisión y ajuste o ajustes de pH se pueden realizar y/o iniciarse por repasivación. Si se detecta suciedad entonces se determina cual del factor de ensuciamiento o velocidad de corrosión se ha desviado primero de un punto de consigna. Si la corrosión se ha desviado primero de un punto de consigna, se retorna entonces a la etapa que abarca la situación cuando no se ha detectado suciedad. Por otro lado, si el factor de ensuciamiento se ha desviado primero de una consigna entonces, se toma al menos una acción que incluye añadir material al sistema de refrigeración para reducir la suciedad y ajustar los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración, después el método se inicia de nuevo
 55 mediante la medición de la velocidad de corrosión.

La presente invención proporciona un método para supervisar y controlar un parámetro de rendimiento dentro de un sistema acuoso, comprendiendo el método las etapas de:

- 5 medir una pluralidad de parámetros de rendimiento relacionados con el sistema acuoso, incluyendo los parámetros de rendimiento la velocidad de corrosión, potencial de oxidación-reducción, y el factor de ensuciamiento o el índice de ensuciamiento;
- observación de una desviación del parámetro de rendimiento con respecto a un punto de referencia;
- 10 alterar una variable controlable del sistema acuoso en una primera cantidad y en una primera dirección en la que la variable controlable se selecciona del grupo formado por velocidad de suministro ácida, velocidad de suministro cáustica, velocidad de suministro del inhibidor de corrosión, velocidad de suministro del dispersante, velocidad de suministro del microbicida oxidante, velocidad de suministro del microbicida no oxidante, velocidad de purga, velocidad de suministro de formación, volumen de fluido en el sistema acuoso, las temperaturas de funcionamiento, el flujo de lavado del filtro, limpieza en línea de los componentes del sistema acuoso, y el funcionamiento de las bombas de refuerzo;
- 15 supervisar un parámetro de rendimiento en el sistema acuoso para detectar un cambio en el parámetro de rendimiento causado por la alteración de la variable controlable en un primer periodo de tiempo;
- alterar nuevamente la variable controlable en la primera cantidad en la primera dirección, si el parámetro de rendimiento cambia en el primer periodo de tiempo;
- 20 terminar la alteración de la variable controlable cuando el parámetro de rendimiento deja de cambiar después de la alteración de la variable controlable;
- continuar controlando el parámetro de rendimiento hasta que se detecta un cambio en el parámetro de rendimiento durante un segundo período de tiempo;
- determinar el punto de referencia del parámetro de rendimiento;
- 25 alterar la variable controlable en una segunda dirección opuesta a la primera dirección de la primera cantidad;
- controlar el parámetro de rendimiento para detectar un cambio en el parámetro de rendimiento causado por la alteración de la variable controlable en la segunda dirección durante un tercer período de tiempo; y
- alterar nuevamente la variable controlable en la primera cantidad en la segunda dirección si el parámetro de rendimiento cambia durante el tercer período de tiempo hasta que el parámetro de rendimiento alcance el punto de referencia.

30 Otros objetos más y ventajas de la presente invención resultarán evidentes para los especialistas en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada, en la que se muestran y describen únicamente las realizaciones preferidas de la invención, simplemente a modo de ilustración del mejor modo contemplado para realizar la invención. Como podrá observarse, la invención puede tener otras realizaciones diferentes, y sus diversos detalles pueden modificarse en diversos aspectos obvios sin alejarse de la invención. En consecuencia, los dibujos y la descripción deben observarse como de naturaleza ilustrativa y no restrictiva.

Breve descripción de los Dibujos

40 Los objetos y ventajas mencionados anteriormente de la presente invención se entenderán más claramente cuando se consideren junto con los dibujos adjuntos en los que:

La Figura 1 representa un gráfico que ilustra una relación entre la concentración de un material en un sistema acuoso con respecto al tiempo;

45 La Figura 2 representa una gráfico que ilustra una relación entre una concentración variable independiente de un material en un sistema acuoso con respecto al tiempo y los efectos de una realización de un sistema de control en dos etapas de acuerdo con la presente invención;

50 La Figura 3 representa un diagrama de flujo que ilustra una realización de un proceso de toma de decisiones;

La Figura 4 representa una vista esquemática de un ejemplo de un sistema de torre de refrigeración en el que puede utilizarse la presente invención;

55 La Figura 5 representa un gráfico que ilustra caudales de corrientes de entrada que fluyen hacia y corrientes de salida que fluyen desde el sistema de torre de refrigeración con respecto al tiempo;

La Figura 6 representa un gráfico que ilustra el flujo de corriente o corrientes intermitentes y diversos periodos de tiempo durante los cuales un proceso de acuerdo con la presente invención puede utilizarse para analizarlas;

60 La Figura 7 representa un gráfico que ilustra el flujo de una corriente intermitente hacia un sistema de refrigeración;

La Figura 8 representa un gráfico que ilustra una relación entre la concentración en el sumidero de la torre y el tiempo en un sistema de refrigeración; y

65 La Figura 9 representa un gráfico que ilustra el flujo de dos corrientes intermitentes hacia un sistema de

refrigeración.

Descripción Detallada de la invención

5 La presente invención proporciona un nuevo sistema de control de bucle cerrado basado en rendimiento. Esta presente invención está relacionada con la solicitud de Patente de Sudáfrica ZA 01350 que trata del sistema de control basado en rendimiento. Aunque la solicitud de Sudáfrica ZA 01350 avanza mucho en el control de sistemas de refrigeración, la presente invención añade al sistema previo proporcionando una relación directa en tiempo real entre uno o más parámetros de rendimiento y al menos una variable controlable. Como tal, la presente invención
 10 integra los parámetros de rendimiento en el sistema de control. La presente invención proporciona también algoritmos que sirven como base para el control automatizado de los sistemas mediante cambios de unión en los parámetros de rendimiento en una base en tiempo real en el sistema de control.

15 La solicitud de Patente de Sudáfrica ZA 01350 describe un sistema de control basado en rendimiento y que utiliza medidas continuas de ensuciamiento y corrosión en línea como tecnología de control en cascada de bucle abierto. Este método presenta una variable clave de rendimiento excepcional, tal como ensuciamiento y corrosión, manteniendo el control sobre los métodos analizados anteriormente, con la condición de que el aumento de ensuciamiento sea de naturaleza inorgánica y el aumento de corrosión proceda de variaciones en la concentración del inhibidor de la corrosión. Como los efectos de la formación de contaminantes y entradas no pueden medirse directamente ni pueden predecirse directamente sus esfuerzos, los efectos acumulados de lo anterior sobre el rendimiento clave instantáneo/control de corrosión, ensuciamiento, pH y ORP. Los datos de medida pueden compararse con las condiciones iniciales y los efectos, predecirse indirectamente. Estas predicciones proporcionan relaciones en tiempo real entre los indicadores clave de rendimiento medidos y las variables controladas tales como química de tratamiento, formación de fluido, volumen de fluido, temperaturas de operación, operaciones mecánicas
 20 directamente tales como lavado del filtro, diversos métodos para limpieza en línea de los cambiadores de calor, circunvalaciones térmicas, bombas impulsoras, entre otras variables.

25 La presente invención utiliza la lógica predictiva aplicada a un bucle de ajuste de retroalimentación cerrado de selección química, la frecuencia de adición y la cantidad medida para mantener los parámetros clave de rendimiento deseados dentro de las especificaciones deseadas. La especificación deseada en este documento incluye el control de corrosión y ensuciamiento a límites especificados, que son seleccionados por el usuario para ajustarse al diseño del sistema y a las características operativas, equilibrio económico asociado con el coste del funcionamiento del sistema y cualquier oportunidad de perder coste asociado con tiempo muerto.

30 De acuerdo con un ejemplo, pueden definirse de la siguiente manera:

| | | |
|-----------------------------|---|-----------------|
| Condiciones de | 0,001 h·pie ² ·°F/Btu | |
| | o 100 h·pie ² ·°F/Btu x 10 ⁻⁵ | |
| Tolerancia de Ensuciamiento | Acero Suave | 2 mpy o menor |
| | Latón de la Marina | 0,3 mpy o menor |
| Tolerancia de Corrosión | No hay corrosión por picadura o bajo depósito | |

35 Los contenidos de Noyes Publications Text, Fouling of Heat Exchangers, Characteristics, Cost, Prevention, Control and Removal, (® 1985, ISBN: 0-8155-1016-0) Capítulo 2, Overview of Fouling, los contenidos completos de cuya descripción se incorporan a este documento como referencia, describen las condiciones de ensuciamiento que están duplicadas por la tecnología P-U-L-S-E de Ashland Inc. y los Tipos de Ensuciamiento que pueden razonarse en la separación lógica para su detección y mitigación con la presente invención.

40 Cuando se trata con sistemas de refrigeración evaporativos, hay dos categorías de preocupación asociadas típicamente con la calidad del agua, es decir, corrosión y ensuciamiento. La presente invención identifica en estas dos categorías tres subconjuntos de indicadores para identificación mediante técnicas de separación lógica. Las tendencias del control instantáneo son la base para la separación e identificación de las salidas de ajuste gradual de la variable independiente.

45 Se ha descubierto que existen las siguientes propiedades y relaciones:

I. Corrosión

50 a) La corrosión general puede relacionarse con la concentración del inhibidor de corrosión y el pH presente en el agua del sistema operativo.

55 b) La corrosión por picadura puede relacionarse, de nuevo, con las condiciones anteriores (a) de manera más agresiva, necesiándose prelamado o relaminado. Puede conducir también o ser precursora de corrosión bajo depósito y ensuciamiento del producto de corrosión.

60 c) La corrosión bajo depósito puede estar relacionada con las condiciones anteriores (b) aunque fomenta la

condición b o ensuciamiento biológico.

II. Ensuciamiento

- 5 a) El ensuciamiento inorgánico puede ser de naturaleza particulada, que no tiene tiempo de retraso cuando se controla, o de naturaleza cristalina, que tiene un tiempo de retraso cuando se controla. El ensuciamiento particulado puede conducir a corrosión bajo depósito y, por lo tanto, a inestabilidad en los datos de control de corrosión instantánea.
- 10 b) El ensuciamiento orgánico puede no tener tiempo de retraso cuando se controla y ocurre cuando aumentan las otras variables de control específicas tales como Carbono Orgánico Total o Demanda Química de Oxígeno, los potenciales de oxidación reducción disminuyen y las velocidades de corrosión disminuyen con un potencial para presencia de inestabilidad en la velocidad de corrosión.
- 15 c) El bioensuciamiento puede tener un tiempo de retraso asociado con un aumento inicial en la velocidad de corrosión seguido de inestabilidad en las medidas de corrosión cuando las velocidades de corrosión generales empiezan a caer. Este tiempo de retraso puede ser corto comparado con el ensuciamiento del producto de corrosión verdadero y el comienzo del ensuciamiento puede producir inicialmente resistencia negativa a la transferencia de calor, es decir factores de ensuciamiento, dependiendo del factor de rugosidad
- 20 metálica de control de ensuciamiento.

De lo anterior, se ha deducido que:

- 25 1. La corrosión general y el ensuciamiento por cristalización inorgánica pueden ser las formas más sencillas de separar ya que aparecen independientes entre sí.
2. Las picaduras y el ensuciamiento no inorgánico deben evitarse ya que tienen una relación interdependiente.
- 30 3. Las picaduras pueden conducir a:
- i) corrosión bajo depósito
- ii) corrosión influida microbiológica que puede conducir a corrosión bajo depósito (NACE Corrosion/95, Paper 201).
- 35 iii) corrosión influida microbiológica que puede conducir a picaduras, que pueden conducir a corrosión bajo depósito.
4. La corrosión influida microbiológicamente puede conducir a inclusiones de ensuciamiento por atrapamiento inorgánico.
- 40 5. El ensuciamiento orgánico puede conducir a inclusiones de ensuciamiento por atrapamiento inorgánico.
6. El ensuciamiento orgánico puede conducir a corrosión influida microbiológicamente que puede conducir a inclusiones de ensuciamiento por atrapamiento inorgánico.
- 45 7. La corrosión por picadura puede conducir a corrosión influida microbiológicamente e inclusiones de ensuciamiento por atrapamiento inorgánico. Esto se debe a la captación de hidrógeno por bacterias en el sitio catódico de la célula de corrosión.
- 50 8. El ensuciamiento particulado inorgánico puede conducir a corrosión bajo depósito que puede inducir corrosión inducida microbiológicamente.

De acuerdo con la presente invención, los puntos o declaraciones 1 a 8 analizados anteriormente se abordan mediante lógica inteligente o inteligencia artificial. La lógica puede identificar la causa del cambio del parámetro clave de rendimiento respecto al punto establecido especificado mediante entrada de retroalimentación por polarización lineal, control de ensuciamiento, pH y/o instrumentación ORP instalada sobre el sistema de agua de recirculación. Puede seleccionarse el aditivo o cambio operativo apropiado y verificar la mejora mediante una función del tiempo, ecuación 4 a continuación.

60 Cuando el cambio en el parámetro clave de rendimiento es menos tiempo, t , que el definido por la ecuación 3, que es específico para el sitio, se determina también que el derrame se deriva externamente desde el sistema dinámico. Los ejemplos de derrames inducidos externamente incluyen, por ejemplo, un cambio del punto establecido del parámetro de rendimiento, un cambio en la química de formación del agua, atmosféricas, por ejemplo en el aire, contaminación o contaminación por fugas internas del proceso.

65 De acuerdo con la presente invención, la economía de los derrames puede evaluarse también en tiempo real. Los datos pueden calcularse en forma de logaritmo en filas separadas durante el derrame de alarma mientras que los

parámetros de rendimiento se mantienen en los puntos establecidos especificados y se detallan los inventarios de compuestos químicos asociados consumidos para conseguir esto. Estos datos pueden usarse después para evaluar los costes cargados comparados con la reducción de capacidad de producción del proceso, trabajo, piezas y costes potenciales de oportunidad de tiempo muerto. Dicho análisis puede usarse después para determinar si una relajación en los puntos establecidos especificados de los parámetros clave de rendimiento proporcionaría un beneficio económico adicional.

Los indicadores de rendimiento pueden incluir factor de ensuciamiento o índice de ensuciamiento, corrosión, y potencial de oxidación-reducción. Las variables controlables que se utilizan son las químicas de tratamiento, es decir, la velocidad de suministro de ácido cáustico, inhibidor de corrosión, dispersante, microbicida oxidante y microbicida no oxidante. Las variables controlables también son la velocidad de purga, lavado de filtro de corriente lateral, formación de flujo, volumen de fluido, temperaturas de operación y/o operaciones mecánicas, es decir, lavado de filtro y métodos para limpieza en línea de cambiadores de calor, circunvalaciones térmicas y bombas impulsoras.

La presente invención puede utilizarse con diversos sistemas acuosos, no está limitada a sistemas de refrigeración. Por ejemplo, la presente invención puede utilizarse con cualquier sistema acuoso para supervisar y controlar la calidad del agua. Entre los sistemas con los que puede usarse la presente invención están aguas de mina, aguas residuales, corrientes de pulpeo, corrientes de papel, inyección en pozo profundo y procesos geotérmicos. La presente invención puede utilizarse con sistemas de control de bucle cerrado y retroalimentación.

Mediante parámetros de rendimiento interrelacionados, variables controlables y operaciones mecánicas, la presente invención eleva la supervisión y el control a un nuevo nivel. Los cambios controlados en las variables se utilizan para controlar los movimientos no deseados en los parámetros de rendimiento y pueden utilizarse para desencadenar diversas acciones.

La respuesta dinámica de los sistemas de agua de recirculación abiertos puede caracterizarse por las siguientes ecuaciones:

$$y = e^{ax-b} \quad (1)$$

$$y' = e^{-a'x+b} \quad (2)$$

donde

y representa una concentración de un material inerte medido añadida al sistema a una proporción constante para formación;

y' representa una concentración de un material inerte medido cuando no hay otra adición al sistema;

x representa el tiempo;

b representa una variable medida inicialmente;

a representa una constante derivada de un ajuste de curva estadística de y frente a t cuando y aumenta;

a' representa una constante derivada de un ajuste de curva estadística de y frente a t cuando y' disminuye.

Los sistemas acuosos pueden caracterizarse adicionalmente por la siguiente ecuación:

$$t = (V/l) \text{Ln} (C_f/C_i) \quad (3)$$

donde

t representa un tiempo de respuesta inicial del sistema acuoso a los cambios en una variable;

l representa pérdidas de líquido, tal como a través de purga y deriva que, son equivalentes a formación/ciclo;

V representa el volumen del sistema;

C_f representa la concentración final del material inerte medido; y

C_i representa la concentración inicial del material inerte medido.

Adicionalmente, los sistemas acuosos pueden caracterizarse mediante la siguiente ecuación:

$$t' = t + \Psi \quad (4)$$

donde

Ψ representa un periodo esperado para que un parámetro de rendimiento responda a un cambio realizado en el sistema acuoso; y

t' representa tiempo esperado para obtener una respuesta completa al cambio en el sistema acuoso.

De acuerdo con la ecuación 4, Ψ es característico del parámetro de rendimiento a controlar y el sistema que se define, para un sistema específico, mediante las ecuaciones 1, 2 y 3.

De esta manera, una sustancia inerte medible puede usarse para caracterizar la dinámica de cualquier sistema de agua de recirculación abierto añadiendo en primer lugar la sustancia a una proporción constante para formación,

mientras se mide dicho parámetro de rendimiento frente al tiempo hasta que la concentración deja de cambiar significativamente. La concentración frente al tiempo se representa después y la ecuación 1 se usa para ajustar la curva del mismo, determinando así a . La adición de la sustancia inerte se termina después y su concentración se mide y se representa frente al tiempo. La ecuación 2 se usa después para ajustar la curva, determinando de esta manera a' .

Si después de un periodo de tiempo t' , el sistema de control no puede mantener el punto establecido de rendimiento deseado, entonces puede realizarse un cambio adicional hasta que se controle el parámetro de rendimiento. Una vez que se consigue esto, la variable controlable se mantiene constante durante un t' . Posteriormente, el parámetro de rendimiento se "ensaya" reduciendo en incrementos su nivel de dosificación a la misma velocidad numérica que se realizó el aumento, hasta que dicho tiempo del punto establecido no puede conseguirse más. Esta información se almacena entonces. El factor de etapa de incremento puede disminuirse, tal como reduciéndolo a la mitad, y después el parámetro de variable controlable puede aumentarse hasta que se reestablece el punto establecido. Este proceso puede continuarse hasta alcanzar un estado estacionario.

Un cambio en un parámetro de rendimiento que ocurre en un periodo menor que un periodo de tiempo t , puede indicar que ha ocurrido una influencia derivada externamente sobre el sistema. Dichas influencias externas pueden incluir química de formación, contaminación o entradas. En dichas condiciones, los sistemas pueden hacerse reaccionar maximizando los ajustes de incremento de variables controlables hasta dicho tiempo como parámetros de rendimiento que vuelven a sus puntos establecidos. Posteriormente, la reducción descrita anteriormente en la velocidad de cambio se restituye hasta que se alcanza el estado estacionario.

Para proporcionar un control y regulación automáticos, la presente invención incluye también un control automático que implementa la lógica anterior. El sistema de inteligencia artificial de acuerdo con la presente invención aplica un control de adición química basado en parámetros de rendimiento. Aunque la formación y secuencia exacta de las etapas implicadas puede variar, dependiendo de la realización, a continuación se describe un ejemplo.

Ejemplo 1

De acuerdo con este ejemplo, la lógica puede comenzar inicialmente con un balance de masas de suministro hacia delante. El balance de masas de suministro hacia delante puede corregirse para los ciclos reales presentes. La respuesta de sistema puede revisarse entonces y realizarse ajustes. Como se ha indicado anteriormente, la respuesta del sistema a la adición de un aditivo puede examinarse aquí.

El balance de masa del suministro hacia delante, revisión y ajuste, si la concentración de aditivo, basada en variables independientes, en el sistema es baja y los ciclos son bajos, entonces los ciclos pueden incrementarse en primer lugar. El bucle cerrado de retroalimentación desde los controles de rendimiento, tal como de los parámetros clave de rendimiento y variables dependientes, datos de entrada pueden evaluarse entonces. Después de la evaluación, las decisiones sobre posibles acciones adicionales a tomar pueden realizarse mediante un árbol de decisión de inteligencia artificial. Los ajustes de salida pueden realizarse entonces basándose en los resultados del árbol de decisión. Por ejemplo, una decisión puede dar como resultado iniciar o terminar el suministro de un aditivo químico seleccionado.

Cuando se trata con sistemas de refrigeración evaporativos abiertos, hay típicamente dos categorías de preocupaciones, es decir, corrosión y ensuciamiento. De estas dos categorías, típicamente es necesario identificar tres subconjuntos de indicadores mediante técnicas de separación lógica. Las tendencias de control instantáneo pueden servir como base para la separación e identificación de las salidas de ajuste escalonado de la variable independiente.

La corrosión puede tomar diferentes formas. Por ejemplo, la corrosión general incluye corrosión que está relacionada con la concentración del inhibidor de corrosión y el pH presente en el agua del sistema operativo.

Por otro lado, la corrosión por picadura puede estar relacionada también con la concentración del inhibidor de corrosión y el pH. Sin embargo, la corrosión por picadura puede tener lugar de una manera más agresiva, siendo necesario el prelamado o relaminado. La corrosión por picadura puede conducir también a o puede ser el precursor de corrosión bajo depósito y ensuciamiento del producto de corrosión.

Una tercera forma de corrosión, la corrosión bajo depósito puede estar relacionada con las mismas condiciones con las que está relacionada la corrosión general y por picadura. Sin embargo, un avance del estado de corrosión bajo depósito puede estar relacionado también con un avance de la corrosión por picadura y/o el ensuciamiento biológico.

Con respecto al ensuciamiento, existe una pluralidad de tipos de ensuciamiento. Por ejemplo, el ensuciamiento inorgánico puede ser particulado o cristalino. El ensuciamiento particulado no presenta un tiempo de retraso cuando se controla. Por otro lado, el ensuciamiento por cristalización no presenta un tiempo de retraso cuando se controla. Adicionalmente, el ensuciamiento particulado puede conducir a corrosión bajo depósito y, de esta manera a

inestabilidad en los datos de control de corrosión instantánea, sin embargo la cristalización no lo hace.

El ensuciamiento orgánico representa un segundo tipo de ensuciamiento. El ensuciamiento orgánico típicamente no incluye un tiempo de retraso cuando se controla. El ensuciamiento orgánico puede ocurrir cuando otras variables de control específicas, tales como el Carbono Orgánico Total o la Demanda Química de Oxígeno, aumentan. Por otro lado, el ensuciamiento orgánico puede ocurrir también cuando otras variables de control, tales como los potenciales de oxidación-reducción o velocidades de corrosión, disminuyen. La disminución en estas variables puede ir acompañada de un potencial para la presencia de inestabilidad en la velocidad de corrosión.

El bioensuciamiento representa otra categoría de ensuciamiento. El bioensuciamiento puede tener un tiempo de retraso asociado con un aumento inicial en la velocidad de corrosión seguido de inestabilidad en las medidas de corrosión, cuando las velocidades de corrosión general empiezan a caer (véase la Patente de Estados Unidos N° 5.576.481 de Beardwood et al. Esto puede ir seguido después de un cambio neto en el factor de ensuciamiento o en el índice de ensuciamiento a partir de los valores iniciales. El tiempo de retraso asociado analizado puede ser corto comparado con el ensuciamiento del producto de corrosión verdadero. El comienzo del ensuciamiento puede producir inicialmente resistencia negativa a la transferencia de calor, es decir, los factores de ensuciamiento, dependiendo del factor de rugosidad metalúrgica de control del ensuciamiento y el fenómeno de deposición aleatoria inicial, que aumenta localmente la turbulencia y potencia la transferencia de calor en los límites de la superficie de transferencia de fluido/calor.

Puede deducirse de lo anterior que esta forma de ensuciamiento conduce a corrosión localizada tal como corrosión por picaduras o bajo depósito. El ensuciamiento por picadura y no inorgánico debe evitarse ya que son interdependientes. La corrosión general y el ensuciamiento por cristalización inorgánica pueden ser las formas más sencillas de separar ya que son independientes entre sí.

Puede deducirse también que las picaduras pueden conducir a corrosión bajo depósito. Adicionalmente, la corrosión influida microbiológicamente puede conducir a picaduras que pueden conducir a corrosión bajo depósito. Además, la corrosión influida microbiológicamente puede conducir a picaduras aceleradas que a su vez pueden conducir a corrosión bajo depósito.

Adicionalmente, puede deducirse de lo anterior que la corrosión influida microbiológicamente puede conducir a inclusiones de ensuciamiento por atrapamiento inorgánico. El ensuciamiento orgánico puede conducir después a atrapamiento inorgánico de inclusiones de contaminante. El ensuciamiento orgánico puede conducir también a corrosión influida microbiológicamente que puede conducir después a inclusiones de ensuciamiento por atrapamiento inorgánico.

Además, puede deducirse de lo anterior que la corrosión por picaduras puede conducir a corrosión influida microbiológicamente e inclusiones de ensuciamiento por atrapamiento inorgánico. Esto puede deberse a la captación de hidrógeno por las bacterias en el sitio catódico de la celdilla de corrosión. El ensuciamiento particulado inorgánico puede conducir a corrosión bajo depósito, que puede inducir o no la corrosión influida microbiológicamente.

Los inventores de la presente invención, después de descubrir lo anterior y las declaraciones, crearon un sistema de inteligencia artificial que podía incluir el árbol de decisión, o el diagrama de flujo ilustrado en la Fig. 3. El árbol de decisión puede conducir al siguiente proceso de toma de decisiones para medidas instantáneas del agua del sistema:

1) ¿La velocidad de corrosión cambia respecto al punto establecido?

- i) Disminuye, ir a 2;
- ii) Aumenta, ir a 8;
- iii) No hay cambio, ir a 16;

2) ¿Cambia la ORP?

- i) No cambia respecto a la medida inicial, ir a 3;
- ii) Disminuye respecto a la medida inicial, ir a 4;

3) Reducir la dosificación del inhibidor de corrosión de una manera gradual por incrementos;

4) ¿Cambia el factor de ensuciamiento?

- i) Si, ir a 5;
- ii) No, ir a 7;

5) ¿El cambio en el factor de ensuciamiento es menor que t?

- i) Sí, sistema de alarma por fugas internas, ir a 6;
- ii) No, alarma de comprobación de formación orgánica, ir a 6;

6)

5

- a) Iniciar o aumentar el suministro de tensioactivo;
- b) Cortar el suministro de halógeno si la dosificación aumenta sin restaurar la ORP e iniciar el suministro de dióxido de cloro y alternar el suministro de agua de arrastre biocida no oxidante;
- c) Restaurar ORP, detener el suministro de no oxidante y dióxido de cloro y reanudar el suministro de halógeno;
- d) Medida inicial obtenida de los factores de ensuciamiento, reducir por incrementos el suministro de tensioactivo de una manera por etapas;

10

7) Aumentar el suministro de oxidante basado en halógeno y recomprobar ORP;

15

- i) ORP vuelve al punto establecido en un tiempo t' ; el suministro de oxidante basado en halógeno es correcto; alarma, se requiere comprobar la formación de agua;
- ii) ORP no vuelve al punto establecido en el tiempo t' , ir a 6, alarma, comprobar formación para orgánicos;

20

8) Aumento de la velocidad de corrosión por encima de la medida inicial ¿está presente inestabilidad en las medidas?

- i) No, ir a 9;
- ii) Sí, ir a 10 y 11;

25

9) Aumentar por incrementos la velocidad de suministro de inhibidor de corrosión de una manera gradual hasta que se satisface el punto establecido;

10) Comprobar el pH del sistema comparado con el punto establecido en la medida inicial;

30

- i) menor que el punto establecido;
 - a) reducir el suministro de ácido;
 - b) aumentar el suministro de álcali;
- ii) mayor que el punto establecido;
 - a) reducir el suministro de álcali;
 - b) aumentar el suministro de ácido;

35

40

11) ¿Está presente ensuciamiento?

- i) No, ir a 12;
- ii) Sí, ir a 13;

45

12) Prepasivado/Repasivado en tres momentos de la velocidad de suministro del inhibidor de corrosión inicial para un periodo de tiempo del tiempo $t'_f - t_i$ como se define en la Figura 1; tras completarse, si aún está presente inestabilidad en las medidas de corrosión, ir a 15;

50

13) Existe un tiempo de retraso en el que,

- i) el cambio en el factor de ensuciamiento respecto a los valores de la medida inicial (punto establecido) ocurrió en primer lugar, ir a 14;
- ii) el aumento de la corrosión por encima de los valores de la medida inicial (punto establecido) ocurrió en primer lugar, ir a 15;

55

14) Hay presente ensuciamiento particulado, alarma, comprobar la formación, lavar los filtros, volver a lavar cambiadores de calor críticos, inicio de bomba impulsora en el sistema de recirculación; iniciar suministro de dispersante específico de una manera de incremento gradual; tras alcanzar el punto establecido del factor de ensuciamiento inicial, reducir por incrementos el suministro de dispersante específico de una manera gradual;

60

15)

- a) Iniciar el tensioactivo o biodispersante de una manera de incremento por etapas;
- b) Iniciar el suministro de agua de arrastre de biocida no oxidante en una base alternativa;
- c) Una vez que los factores de ensuciamiento vuelven a la medida inicial (punto establecido), el

65

suministro de agua de arrastre de biocida no oxidante se detiene y las velocidades de suministro a tensioactivo o biodispersante se reducen por incremento de una manera gradual y cesan finalmente, ir a 16;

d) Si la inestabilidad en la medida de corrosión está aún presente pero la velocidad de corrosión del punto establecido inicial se consigue entonces ir a 12;

16) Si los factores de ensuciamiento;

i) no han cambiado, ir a 18;

ii) han aumentado, ir a 17;

17) Si los factores de ensuciamiento aumentan por encima de los puntos establecidos iniciales anteriores entonces;

i) ir a 10 para comprobación/ajuste de pH;

ii) iniciar un suministro de agente de control de depósito suplementario de una manera de aumento gradual hasta que se alcanza el punto establecido del factor de ensuciamiento;

iii) una vez se alcanza el valor del factor de ensuciamiento del punto establecido, el suministro de control de depósito suplementario se disminuye de una manera de aumento gradual, ir a 18;

18) Fin.

En el proceso de toma de decisiones anterior, todo el suministro de agua de arrastre de aditivos puede realizarse en base a la duración del tiempo de suministro definido como $t_f - t_i$ y la frecuencia del tiempo de suministro definida como $t_f^1 - t_i$. Ambos periodos de tiempo son específicos para sistemas específicos y se ilustran en la Figura 1.

Debe observarse que los planos de contingencia pueden construirse en la lógica anterior para detectar y compensar entradas y derrames, evitando de esta manera una pérdida de control de los puntos establecidos del parámetro de rendimiento.

Ejemplo 2 (Referencia)

El Ejemplo 2 presenta un análisis de un sistema de torre de refrigeración en el que una o más corrientes de formación de agua intermitentes se suministran al sistema además de la corriente de formación principal. Frecuentemente, diversas fuentes y tipos de agua están disponibles y se proporcionan a los sistemas de torre de refrigeración. Normalmente, hay una fuente principal continua de agua de formación para el sistema y esta agua constituye la corriente principal de formación. Otras fuentes de agua de formación pueden estar disponibles en una base intermitente y, por lo tanto, se proporcionan intermitentemente. Una corriente intermitente puede proporcionarse o pueden proporcionarse varias corrientes intermitentes simultáneamente. Estas corrientes intermitentes tienen toda probabilidad de ser de diferente calidad entre sí así como respecto a la corriente de formación principal.

El Ejemplo 2 puede utilizarse para desarrollar control de suministro hacia delante de la purga y el control consistente de ciclos de concentración. También, el Ejemplo 2 compila datos de entrada que forman la base sobre la que otros algoritmos pueden utilizarse como control de retroalimentación.

Este ejemplo proporciona un análisis de un sistema de torre de refrigeración en el que hay una o más corrientes de formación intermitentes proporcionadas al sistema además de la corriente de formación de agua principal. Se propone un modelo sencillo del sistema. Se presenta un programa de ordenador que tiene dos opciones. Una opción se usa para determinar la velocidad de flujo de purga de manera que no hay cambio en la concentración del sistema de refrigeración cuando las corrientes intermitentes fluyen hacia el sistema. Con una segunda opción, la calidad del agua en el sistema puede determinarse como una función del tiempo. Se prevé variar la purga del sistema para determinar el efecto de diversas velocidades de purga.

La Fig. 4 representa un modelo sencillo de una parte de los sistemas de refrigeración implicados en este ejemplo. En particular la Fig. 4 ilustra un sistema de torre de refrigeración. El sistema se suministra con un suministro de agua de formación principal. La corriente o corrientes adicionales intermitentes se proporcionan periódicamente.

La Fig. 5 ilustra esquemáticamente una velocidad del flujo de las corrientes de entrada al sistema y corriente de salida del sistema como una función del tiempo. La Fig. 5 muestra que una corriente o corrientes intermitentes fluyen hacia el sistema durante un periodo de tiempo T_1 .

En este ejemplo, se supone que el sistema está en equilibrio antes del comienzo de la corriente o corrientes intermitentes. Se supone también que la velocidad de evaporación en la torre de refrigeración permanece constante durante el tiempo que la corriente o corrientes intermitentes están fluyendo. Cuando la corriente o corrientes intermitentes empiezan a fluir hacia el sistema, la purga del sistema puede ajustarse para mantener la calidad del

agua original en el sistema. Igualmente, el flujo de la corriente de formación principal puede ajustarse de manera que se mantiene la constancia de la velocidad de evaporación en la torre de refrigeración. Es decir, los flujos pueden ajustarse de manera que el agua total mantenida en el sistema permanece constante.

5 La cantidad total del refrigerante, tal como agua en un sistema de refrigeración típicamente se mantiene constante. Una manera para conseguir esto es utilizar el nivel base de la torre de refrigeración como control de formación. Esto puede realizarse controlando la corriente de formación principal con una válvula de flotación. Las corrientes distintas de la corriente de formación se permiten fluir hacia el sistema y a sus velocidades disponibles. Si las otras corrientes proporcionan suficiente agua, entonces la corriente de formación principal típicamente no se acciona. También, las
10 corrientes de formación múltiple típicamente tienen poco o ningún efecto sobre la velocidad de evaporación o su consistencia.

La Fig. 5 muestra también las corrientes que entran y salen del sistema. La evaporación en la torre de refrigeración se supone que es constante. Cuando las corrientes intermitentes empiezan a fluir hacia el sistema, la purga puede ajustarse para mantener la calidad del agua en el sistema. El flujo de la corriente de formación principal puede ajustarse después para satisfacer la constancia de la velocidad de evaporación.
15

Metodología del Análisis del Sistema

20 El sistema puede analizarse haciendo balances de agua y componente alrededor de todo el sistema así como alrededor del sumidero de la torre de refrigeración. Cuando la corriente o corrientes intermitentes empiezan a fluir hacia el sistema se supone que el sistema está en equilibrio.

La opción N° 1 del programa de ordenador puede utilizarse para determinar el caudal de purga necesario de manera que la calidad del agua en el sistema permanece sin cambiar cuando la corriente o corrientes intermitentes fluyen hacia el sistema.
25

La opción N° 2 del programa de ordenador puede utilizarse para determinar la concentración como una función del tiempo para diversos caudales de purga. Para la opción N° 2, el problema se convierte en un problema de estado no estacionario y es necesario hacer balances de material sobre un incremento de tiempo infinitesimal. Esto se obtiene como resultado ecuaciones diferenciales, la solución de las cuales dará la calidad del agua como una función del tiempo tanto durante como después de que la corriente o corrientes intermitentes fluyan hacia el sistema. Los cálculos comenzarán en el momento en el que la corriente o corrientes intermitentes empiezan a fluir hacia el sistema. Con la opción N° 2 el resultado de los cálculos será dar la concentración de un constituyente clave en el agua como función del tiempo.
30
35

Suposiciones en los Cálculos

Este ejemplo incluye ciertas suposiciones para facilitar la realización de los cálculos implicados. A lo largo de estas líneas, para realizar el análisis y proporcionar relaciones relativamente sencillas para la solución del problema, se realizan las siguientes suposiciones:
40

1. El sumidero de la torre de refrigeración está completamente mezclado;
- 45 2. Hay flujo pistón en el sistema de refrigeración. Es decir, el tiempo que tarda un elemento de fluido en dejar el sumidero para volver al sumidero es el tiempo de residencia del refrigerante tal como agua en el sistema de refrigeración; y
- 50 3. Durante el transcurso del cálculo, se supone que la velocidad de evaporación en la torre de refrigeración permanece constante en su valor al principio del flujo de la corriente o corrientes intermitentes. Por lo tanto, cuando se varía la velocidad de flujo de la corriente o corrientes intermitentes y la purga, el caudal de la corriente de formación principal cambia para mantener la velocidad de evaporación existente al principio del cálculo, es decir, el agua mantenida en el sistema es constante.

Información Sobre el Sistema

Se desea que la siguiente información sea conocida para realizar los cálculos deseados. La concentración de componente a la que se hace referencia es la calidad del componente clave agua tal como dureza, sólidos totales disueltos, sílice, etc.
60

1. Velocidad de flujo de la corriente de formación principal en el equilibrio;
2. La concentración de la corriente de formación principal;
3. Concentración del agua en el sistema en equilibrio;
4. Velocidad de flujo de la corriente o corrientes intermitentes;
- 65 5. Concentración de la corriente o corrientes intermitentes;
6. Temperatura del agua en el sumidero de la torre de refrigeración;

- 7. Volumen total de agua en el sistema de refrigeración;
- 8. Volumen total de agua en el sumidero de la torre de refrigeración; y
- 9. Tiempo de flujo de la corriente o corrientes intermitentes.

5 Aunque los artículos 1-5 pueden utilizarse en la opción N° 1 del programa de ordenador, los nueve artículos pueden ser necesarios para la opción N° 2.

Variables Importantes

10 Las siguientes son variables que puede ser importante conocerlas para realizar el análisis del sistema de refrigeración en este ejemplo.

| | |
|---------|--|
| CIS (N) | Concentración de la enésima corriente intermitente (n = 1, 2, 3, 4) (mg/l); |
| CIAS | Concentración eficaz de las corrientes intermitentes combinadas (mg/l); |
| CMMU | Concentración de la corriente de formación principal (mg/l); |
| CSYS | Concentración del agua de refrigeración en el sumidero (mg/l); |
| CSYSI | Concentración inicial del agua de refrigeración en el sumidero (mg/l); |
| MBDI | Caudal másico inicial de la purga (lb/h); |
| MBD | Caudal másico de la purga en el momento T (lb/h); |
| MIS (n) | Caudal másico de la enésima corriente intermitente (n = 1, 2, 3, 4) (lb/h); |
| MIAS | Caudal eficaz de la corriente o corrientes intermitentes (lb/h); |
| MMMUI | Caudal másico inicial de la corriente de formación principal (lb/h); |
| MMMU | Caudal másico de la corriente de formación principal en el momento T (lb/h); |
| MSYS | Caudal másico en el sistema de refrigeración (constante) (lb/h); |
| T | Duración del flujo de la corriente o corrientes adicionales intermitentes (h); |
| TSUMP | Temperatura del agua en el sumidero de la torre de refrigeración (F); |
| VSYS | Volumen del sistema de refrigeración excluyendo el sumidero de la torre (pie ³); |
| VSUMP | Volumen de agua en el sumidero de la torre de refrigeración (pie ³) |

15 ECUACIONES DEL BALANCE DE MASA PARA EL SISTEMA DE TORRE DE REFRIGERACIÓN CON UNA CORRIENTE O CORRIENTES DE FORMACIÓN INTERMITENTES

A continuación se representan diversas ecuaciones que pueden utilizarse en este ejemplo.

20 Ecuación General del Balance de Masa

$$\text{Entrada} - \text{Salida} = \text{Acumulación}$$

Las siguientes ecuaciones están relacionadas con casos en los que el sistema está en equilibrio antes de que la corriente o corrientes intermitentes empiecen a fluir.

25 Balance de Agua Global en Todo el Sistema

| | | |
|---|---|-------|
| ENTRADA (corriente de formación principal) | = | MMMUI |
| SALIDA (vapor de agua de la torre de refrigeración) | = | MVAP |
| PÉRDIDAS DE LÍQUIDO TOTALES | = | MBDI |
| ACUMULACIÓN (en el equilibrio) | = | 0 |
| De esta manera: MMMUI - MVAP - MBDI | = | 0 |

30 Con respecto a las "PÉRDIDAS DE LÍQUIDO TOTALES" este valor representa el efecto del viento, pérdida de líquidos incontroladas y purga. El efecto del viento, o deriva, representa la humedad atrapada en el vapor (evaporación). El efecto del viento es una función del diseño de la torre de refrigeración y típicamente se expresa como porcentaje de la velocidad de circulación. Las pérdidas de líquido incontroladas pueden incluir cierres herméticos de la bomba y otros medios. Aunque el efecto del viento y las pérdidas de líquido incontroladas son ambas incontrolables, la purga puede ser controlable. Aunque las pérdidas de líquido incontrolables y el efecto del viento pueden ser relativamente constantes, la purga es un medio válido para controlar los ciclos de concentración de sólidos en el agua de refrigeración en circulación.

35 Balance de Masa del Componente Global en Todo el Sistema

| | | |
|--|---|-------------------------|
| ENTRADA (corriente de formación principal) | = | (MMMUI) (CMMU) |
| SALIDA (corriente de purga) | = | (MBDI) (CSYS) |
| ACUMULACIÓN (en el equilibrio) | = | 0 |
| De esta manera: (MMMUI) (CMMU) - (MBDI) (CSYS) | = | 0 |
| De lo cual se deduce (MBDI) | = | (MMMUI) (CMMU) / (CSYS) |

40

CONSIDERACIÓN DE LAS CORRIENTES INTERMITENTES

Opción N° 1. Determinación de la Velocidad de Purga Necesaria para Mantener un Calidad del Agua Constante

5 Dada una corriente intermitente o varias corrientes intermitentes simultáneas fluyendo hacia el sistema, el caudal de purga debe determinarse para que no cambie la calidad del agua debido a la corriente o corrientes intermitentes. Es decir, la concentración inicial del sistema CSYSI, se supone que permanece constante.

Balance de Agua en Todo el Sistema

10 ENTRADA (corriente de formación principal) = MMMU
 SALIDA (corriente o corrientes intermitentes) = MIAS
 PÉRDIDAS DE LÍQUIDO TOTALES = MBD
 SALIDA (vapor) = MVAP
 ACUMULACIÓN (estado estacionario) = 0

De esta manera:

$$15 \quad \text{MMMU} + \text{MIAS} - \text{MBD} - \text{MVAP} = 0 \quad (1)$$

Balance de Componente en Todo el Sistema

ENTRADA (corriente de formación principal) = (MMMU) (CMMU)
 ENTRADA (corriente o corrientes intermitentes) = (MIAS) (CIAS)
 PÉRDIDAS DE LÍQUIDO TOTALES = (MBD) (CSYSI)
 ACUMULACIÓN (estado estacionario) = 0

De esta manera:

$$20 \quad (\text{MMMU}) (\text{CMMU}) + (\text{MIAS}) (\text{CIAS}) - (\text{MBD}) (\text{CSYSI}) = 0 \quad (2)$$

En las ecuaciones (1) y (2) anteriores hay dos incógnitas, la velocidad del flujo de la corriente de formación principal, MMMU, y la velocidad del flujo de purga, MDE. Es posible resolver estas dos incógnitas a partir de estas dos ecuaciones. Los resultados son los siguientes:

$$25 \quad \text{MBD} = [\text{MVAP} + \text{MIAS} ((\text{CIAS}/\text{CMMU}) - 1)] / [(\text{CSYSI}/\text{CMMU}) - 1] \quad (3)$$

$$\text{MMMU} = \text{MVAP} + \text{MBD} - \text{MIAS} \quad (4)$$

30 La ecuación (3) y la ecuación (4) anteriores pueden utilizarse para determinar el caudal de purga y el caudal de la corriente de formación principal de manera que no haya cambio en la concentración del agua en el sistema cuando la corriente o corrientes intermitentes empiezan a fluir.

Opción N° 2. Determinación de la Concentración como una Función del Tiempo mientras que la Corriente o Corrientes Intermitentes Están Fluyendo hacia el Sistema

35 Cuando la corriente o corrientes intermitentes empiezan a fluir hacia el sistema, si no hay cambio en el caudal de purga, la concentración del sistema puede variar con el tiempo. Esto puede presentar un problema de estado no estacionario y típicamente se analiza usando elementos de tiempo diferenciales.

Balance de Agua en Todo el Sistema en el Momento T

En el momento en el que la corriente o corrientes intermitentes empiezan a fluir hacia el sumidero de la torre, la velocidad de flujo de purga puede cambiarse de manera que también es necesario cambiar la velocidad de flujo de la corriente de formación principal para acomodar la velocidad de evaporación constante que existe en el equilibrio.

45 ENTRADA (corriente de formación principal) = MMMU
 ENTRADA (corriente o corrientes intermitentes) = MIAS
 PÉRDIDAS DE LÍQUIDO TOTALES = MBD
 SALIDA (vapor de agua) (constante) = MVAP
 ACUMULACIÓN (el agua contenida es constante) = 0
 De esta manera: $\text{MMMU} + \text{MIAS} + \text{MBD} - \text{MVAP} = 0$

Balance de Componente en el Sumidero de la Torre de Refrigeración en el Momento T

Como las condiciones en el sistema típicamente están cambiando, el balance de componente se hace sobre un incremento de tiempo diferencial dT.

5 CASO 1 - TRES < T1

El tiempo de residencia, TRES, del agua en el sistema de refrigeración es menor que la duración del flujo, T1, de la corriente o corrientes intermitentes (véase la Figura 6)

10 Zona de Cálculo A1 (0 ≤ T ≤ TRES)

15 La duración es de T = 0 a T = TRES, y comienza cuando la corriente o corrientes intermitentes empiezan a fluir hacia el sumidero. En este momento, el caudal de la corriente de formación principal se reduce para satisfacer la condición de evaporación constante en la torre. También, durante este periodo, la concentración del agua que retorna al sumidero desde el sistema de refrigeración es la concentración inicial que existe en el equilibrio, CSYSI.

$$TRES = (VSYS) (RHO) / MSYS$$

| | | |
|--|---|-------------------------|
| ENTRADA (corriente de formación principal) | = | (MMMU) (CMMU) dT |
| ENTRADA (corriente o corrientes intermitentes) | = | (MIAS) (CIAS) dT |
| ENTRADA (torre de refrigeración) | = | (MSYS - MBD) (CSYSI) dT |
| SALIDA (sistema de refrigeración) | = | (MSYS) (CSYS) dT |
| ACUMULACIÓN | = | (VSUMP) (RHO) dCSYS |

20 Combinando las ecuaciones anteriores y expresando en forma incrementos finitos se obtiene como resultado

$$(CSYS)_{T-\Delta T} = (CSYS)_T + [(MMMU) (CMMU) + (MIAS) (CIAS) + (MSYS - MBD) (CSYSI) - (MSYS) (CSYS)_T] \Delta T / [(VSUMP) (RHO)]$$

25 La ecuación anterior puede aplicarse iterativamente a cada incremento de tiempo empezando en T = 0 para obtener el valor de CSYS en función del tiempo. Puede aplicarse en la zona A1 desde T = 0 a T = TRES.

Zona de Cálculo B1 (TRES ≤ T ≤ T1)

30 La duración de esta zona de cálculo puede ser de T = TRES a T = T1, es decir, termina cuando la corriente o corrientes intermitentes dejan de fluir. Después de T = TRES, la concentración del agua que entra en la torre de refrigeración está al valor que estaba cuando salía del sumidero un tiempo de residencia anteriormente, es decir (CSYS)_{T-TRES}.

| | | |
|--|---|---|
| ENTRADA (corriente de formación principal) | = | (MMMU) (CMMU) dT |
| ENTRADA (corriente o corrientes intermitentes) | = | (MIAS) (CIAS) dT |
| ENTRADA (torre de refrigeración) | = | (MSYS - MBD) ((CSYS) _{T-TRES}) dT |
| SALIDA (sistema de refrigeración) | = | (MSYS) (CSYS) dT |
| ACUMULACIÓN | = | (VSUMP) (RHO) dCSYS |

35 Combinando las ecuaciones anteriores y expresándolas en forma de incrementos finitos se obtiene como resultado:

$$(CSYS)_{T-\Delta T} = (CSYS)_T + [(MMMU) (CMMU) + (MIAS) (CIAS) + (MSYS - MBD) ((CSYS)_{T-TRES}) - (MSYS) (CSYS)_T] \Delta T / [(VSUMP) (RHO)]$$

40 La ecuación anterior puede aplicarse iterativamente a cada incremento de tiempo empezando en T = TRES para obtener el valor de CSYS como una función del tiempo. La ecuación puede aplicarse en la Zona B1 desde T = TRES a T = T1.

Zona de Cálculo C1 (T1 ≤ T)

45 Esta zona de cálculo comienza a T = T1, es decir, cuando la corriente o corrientes intermitentes dejan de fluir y el cálculo continua tanto como se desee. Cuando la corriente o corrientes intermitentes dejan de fluir los caudales de la corriente de formación principal y de purga asumen el valor que tenían al comienzo justo antes de que la corriente o corrientes intermitentes empezaran a fluir.

$$\begin{aligned}
 \text{ENTRADA (corriente de formación principal)} &= (\text{MMMUI}) (\text{CMMU}) dT \\
 \text{ENTRADA (torre de refrigeración)} &= (\text{MSYS} - \text{MBDI}) ((\text{CSYS})_{T-\text{TRES}}) dT \\
 \text{SALIDA (sistema de refrigeración)} &= (\text{MSYS}) (\text{CSYS}) dT \\
 \text{ACUMULACIÓN} &= (\text{VSUMP}) (\text{RHO}) d\text{CSYS}
 \end{aligned}$$

Combinando las fórmulas anteriores y expresándolas en forma de incrementos finitos se obtiene como resultado

$$(\text{CSYS})_{T+\Delta T} = (\text{CSYS})_T + [(\text{MMMUI}) (\text{CMMU}) + (\text{MSYS} - \text{MBDI}) ((\text{CSYS})_{T-\text{TRES}}) - (\text{MSYS}) (\text{CSYS})_T] \Delta T / [(\text{VSUMP}) (\text{RHO})]$$

- 5 La ecuación anterior puede aplicarse iterativamente a cada incremento de tiempo empezando en $T = T_1$ para obtener el valor de CSYS como una función del tiempo. El cálculo puede continuar tanto como se desee.

CASO 2 - TRES > T

- 10 El tiempo de residencia TRES, del agua en el sistema de refrigeración es mayor que la duración del flujo T_1 de la corriente intermitente (véase la Figura 7).

Zona de Cálculo A2 ($0 \leq T \leq T_1$)

- 15 La duración es de $T = 0$ a $T = T_1$, es decir, cuando la corriente o corrientes intermitentes empiezan a fluir hacia el sumidero a cuando la corriente o corrientes intermitentes dejan de fluir hacia el sumidero.

$$\begin{aligned}
 \text{ENTRADA (corriente de formación principal)} &= (\text{MMMUI}) (\text{CMMU}) dT \\
 \text{ENTRADA (corriente o corrientes intermitentes)} &= (\text{MIAS}) (\text{CIAS}) dT \\
 \text{ENTRADA (torre de refrigeración)} &= (\text{MSYS} - \text{MBD}) ((\text{CSYSI})) dT \\
 \text{SALIDA (sistema de refrigeración)} &= (\text{MSYS}) (\text{CSYS}) dT \\
 \text{ACUMULACIÓN} &= (\text{VSUMP}) (\text{RHO}) d\text{CSYS}
 \end{aligned}$$

Combinando las ecuaciones anteriores y expresándolas en forma de incrementos finitos se obtiene como resultado

$$(\text{CSYS})_{T+\Delta T} = (\text{CSYS})_T + [(\text{MMMUI}) (\text{CMMU}) + (\text{MIAS}) (\text{CIAS}) (\text{MSYS} - \text{MBD}) ((\text{CSYSI})) - (\text{MSYS}) (\text{CSYS})_T] \Delta T / [(\text{VSUMP}) (\text{RHO})]$$

La ecuación anterior puede aplicarse iterativamente a cada incremento de tiempo empezando en $T = 0$ para obtener el valor de CSYS como una función del tiempo. La ecuación puede aplicarse en la Zona A2 desde $T = 0$ a $T = T_1$, siendo el último valor el tiempo cuando la corriente o corrientes intermitentes dejan de fluir hacia el sumidero.

Zona de Cálculo B2 ($T_1 \leq T \leq \text{TRES}$)

La duración de esta zona de cálculo puede ser de $T = T_1$ a $T = \text{TRES}$

$$\begin{aligned}
 \text{ENTRADA (corriente de formación principal)} &= (\text{MMMUI}) (\text{CMMU}) dT \\
 \text{ENTRADA (torre de refrigeración)} &= (\text{MSYS} - \text{MBDI}) ((\text{CSYSI})) dT \\
 \text{SALIDA (sistema de refrigeración)} &= (\text{MSYS}) (\text{CSYS}) dT \\
 \text{ACUMULACIÓN} &= (\text{VSUMP}) (\text{RHO}) d\text{CSYS}
 \end{aligned}$$

Combinando estas ecuaciones y expresándolas en forma de incrementos finitos se obtiene como resultado

$$(\text{CSYS})_{T+\Delta T} = (\text{CSYS})_T + [(\text{MMMUI}) (\text{CMMU}) + (\text{MSYS} - \text{MBDI}) ((\text{CSYSI})) - (\text{MSYS}) (\text{CSYS})_T] \Delta T / [(\text{VSUMP}) (\text{RHO})]$$

La ecuación anterior puede aplicarse iterativamente a cada incremento de tiempo empezando con $T = T_1$ para obtener el valor de CSYS como una función del tiempo. Se aplica en la zona B2 desde $T = T_1$ a $T = \text{TRES}$.

Zona de Cálculo C2 ($\text{TRES} < T$)

Esta zona de cálculo empieza en $T = \text{TRES}$ y continua tanto como se desee.

$$\begin{aligned}
 \text{ENTRADA (corriente de formación principal)} &= (\text{MMMUI}) (\text{CMMU}) dT \\
 \text{ENTRADA (torre de refrigeración)} &= (\text{MSYS} - \text{MBDI}) ((\text{CSYS})_{T-\text{TRES}}) dT \\
 \text{SALIDA (sistema de refrigeración)} &= (\text{MSYS}) (\text{CSYS}) dT \\
 \text{ACUMULACIÓN} &= (\text{VSUMP}) (\text{RHO}) d\text{CSYS}
 \end{aligned}$$

Combinando estas ecuaciones y expresándolas en forma de incrementos finitos se obtiene como resultado

$$(CSYS)_{T+\Delta T} = (CSYS)_T + [(MMMUI) (CMMU) + (MSYS - MBDI) ((CSYSI)_{T-TRES}) - (MSYS) (CSYS)_T] \Delta T / [(VSUMP) (RHO)]$$

5 La ecuación anterior puede aplicarse iterativamente a cada incremento de tiempo empezando de $T = TRES$ para obtener el valor de $CSYS$ como una función del tiempo. El cálculo continúa tanto como se desee. Si este cálculo continúa durante el tiempo suficiente, la composición del agua en el sumidero volverá al valor de equilibrio que existía cuando $T = 0$.

Descripción del Programa de Ordenador

10 El programa de ordenador usa las ecuaciones presentadas anteriormente.

Las divisiones principales del programa son las siguientes:

1. Presentación de la propiedad, derechos de autor y título del programa. Pulsar cualquier tecla.
2. El programa pregunta la identificación del sistema de refrigeración.
- 15 3. El programa describe la Opción Nº 1 y la Opción Nº 2. Pide al usuario que elija qué opción ejecutar.

Se elige la Opción Nº 1

- 1op1. El programa muestra una lista de datos necesarios para ejecutar la opción Nº 1 y pregunta si todos los datos requeridos están disponibles. Solicita una respuesta S/N. Una respuesta "N" va al final del programa y pregunta si puede ejecutarse otro conjunto de datos.
- 2op1. Una respuesta "S" al Nº 1op1 provoca que el programa pregunte si los datos requeridos están almacenados. Solicita una respuesta S/N. Una respuesta "S" da como resultado una solicitud de datos sobre la corriente o corrientes intermitentes (véase Nº 4op1).
- 3op1. Una respuesta "N" al Nº 2op1 da como resultado una solicitud para introducir los datos requeridos. Cuando todos los datos se introducen el programa almacena los datos como TWRDATA3 en un disquete en la unidad A. El programa puede modificarse para almacenar los datos en el disco duro si se desea.
- 4op1. El programa solicita entonces datos sobre la corriente o corrientes intermitentes. Si sólo hay una corriente, los datos para esta corriente se introducen para la corriente Nº 1. Se introduce cero (o la tecla de retorno) para las corrientes Nº 2, 3, y 4. Para varias corrientes simultáneas, los datos se introducen para las corrientes requeridas y se introduce cero (o [tecla de retorno]) para el resto.
- 5op1. El programa calcula la concentración eficaz y el caudal másico total de la corriente o corrientes intermitentes combinadas.
- 6op1. El programa discurre entonces para realizar los cálculos requeridos y los resultados se muestran en la pantalla. La pantalla incluye la propiedad y derechos de autor del programa, los datos del sistema de torre de refrigeración, los datos de la corriente o corrientes intermitentes y los resultados calculados que es el caudal de purga y el caudal de la corriente de formación principal necesario de manera que la concentración en el sumidero de la torre no se vea afectada por la corriente o corrientes intermitentes.
- 7op1. El programa pregunta si se desea una copia impresa de los resultados. Una respuesta "S" da como resultado la impresión de una copia de los mismos resultados que se presentaron en la pantalla en el Nº 6op1. La respuesta "S" plantea también la pregunta si quiere probarse con otra corriente o corrientes intermitentes. Una respuesta "S" conlleva una solicitud de datos sobre la corriente o corrientes intermitentes (etapa 4op1). Este procedimiento permite investigar numerosas combinaciones de corrientes intermitentes usadas para los mismos datos de la torre de refrigeración.
- 8op1. Una respuesta "N" al Nº 7op1 conduce al programa a preguntar si se desea tras intentar la Opción Nº 2. Una respuesta "S" lleva al programa a la Opción Nº 2. (Nº 10op2). Una respuesta "N" presenta una pregunta de si se desea intentarlo con otros datos.

20 Se elige la Opción Nº 2

- 1op2. Este punto en el programa se alcanza seleccionando la Opción Nº 2 en el Nº 3 o seleccionando una respuesta "S" en el Nº 8op1. El programa presenta lo que se ha realizado en la Opción Nº 2. Pulsar cualquier tecla
- 2op2. El programa presenta los datos necesarios para ejecutar la Opción Nº 2. Solicita una respuesta S/N. Una respuesta "S" lleva al programa a 3op2. Una respuesta "N" lleva a preguntar si se desea probar otros datos.
- 3op2. El programa pregunta si los datos requeridos están almacenados. Solicita una respuesta S/N. Una respuesta "S" da como resultado que los datos se introduzcan desde el disco en el que se almacenaron los datos y el programa avanza al Nº 5op2.
- 4op2. Una respuesta "N" al Nº 3op2 conduce a una solicitud de entrada de datos. Después de

- que los datos se han introducido, los datos de entrada se almacenan automáticamente en un disquete en la unidad A como TWRDATA1 y TWRDATA2. El programa puede modificarse para almacenar datos en un disco duro si se desea. El programa avanza al N° 5op2.
- 5op2. El programa pregunta el número de incrementos de tiempo para el cálculo completo. La longitud de un incremento de tiempo se ajusta a 1/20 el tiempo de residencia. Normalmente los cálculos continúan algún tiempo después de que la corriente o corrientes intermitentes dejen de fluir. Cuando el número de incrementos se introduce el programa avanza al N° 6op2.
- 6op2. El programa presenta la descripción del procedimiento a usar para las corrientes intermitentes. La provisión se realiza para incluir tantas como cuatro corrientes intermitentes simultáneas. Pulsar cualquier tecla.
- 7op2. El programa solicita datos sobre la corriente o corrientes intermitentes. Si sólo hay una corriente, los datos para esta corriente se introducen para la corriente N° 1. Se introduce cero (o [tecla de retorno]) para las corrientes N° 2, 3, y 4. Si varias corrientes simultáneas están fluyendo, los datos se introducen para las corrientes requeridas y se introduce cero (o [tecla de retorno]) para el resto.
- 8op2. El programa calcula la concentración eficaz y el caudal másico total de la corriente o corrientes intermitentes combinadas.
- 9op2. El programa calcula algunos balances de material globales en todo el sistema.
- 10op2. El programa presenta los datos de la torre de refrigeración y los datos de trabajo. Los datos de trabajo incluyen caudales y los datos de la corriente o corrientes intermitentes. Solicita una respuesta S/N. Una respuesta "N" devuelve al programa a la sección de entrada de datos para la Opción N° 2. Una respuesta "S" conduce a los cálculos para la Opción N° 2.
- 11op2. El programa calcula la densidad del agua, el tiempo de residencia y la longitud del incremento de tiempo (TRES/20).
- 12op2. El programa realiza los cálculos para las zonas A1, B1 y C1 o A2, B2 y C2.
- 13op2. El programa presenta un resumen de los resultados calculados incluyendo la propiedad y derechos de autor del programa, la identificación del sistema de torre, el número de incrementos de tiempo finitos, el tiempo y la concentración al comienzo del flujo de la corriente o corrientes intermitentes, al final del flujo de la corriente o corrientes intermitentes y al final del cálculo, el caudal total de corriente o corrientes intermitentes, el gradiente de concentración (velocidad de cambio de la concentración con el tiempo) en el sumidero al final del flujo de la corriente o corrientes intermitentes y el caudal de purga.
- 14op2. También se presenta una pregunta de si se va a usar otro caudal de purga. Solicita una respuesta S/N. NOTA: Obsérvese: si se desea registrar los datos calculados se necesita una respuesta "N". Habrá otra oportunidad para seleccionar otra velocidad de purga posteriormente.
- 15op2. Si la respuesta al N° 14op2 es "N", el programa pregunta si se desea registrar los resultados calculados en un disco. Los datos registrados son tiempo y concentración. Los datos registrados en el disco pueden imprimirse. Se solicita una respuesta S/N. Una respuesta "S" registra los datos. Una respuesta "N" va al N° 16op2.
- 16op2. El programa pregunta si se desea tener una copia impresa de un resumen de los resultados. Este resumen en copia impresa es esencialmente los mismos datos que se mostraron en la pantalla en el N° 13op2. Sin embargo, se incluyen también todos los datos de la torre de refrigeración y los datos de trabajo. Se solicita una respuesta S/N. Una respuesta "S" hace que los datos se impriman. Una respuesta "N" lleva el programa a 17op2.
- 17op2. El programa pregunta entonces si desea tener una copia impresa de los resultados calculados. Esta es una copia impresa del tiempo y concentración en toda la longitud del cálculo. Se solicita una respuesta S/N. Una respuesta "S" provocará que los datos se impriman. Una respuesta "N" llevará el programa 18op2.
- 18op2. El programa pregunta después de nuevo si se desea intentar otra velocidad de purga. Seleccionar una purga diferente aquí o en el N° 14op2. Una respuesta "S" aquí o en el N° 14op2 solicita otra velocidad de purga. Cuando ésta se introduce, se presentan los datos de la torre de refrigeración y de trabajo y, con una respuesta "S", los resultados se muestran como en el N° 13op2. El uso de diversas velocidades de purga aquí o en el N° 14op2 mostrará el efecto de diversos caudales de purga sobre la relación concentración-tiempo.
- 19op2. Una respuesta "N" al N° 18op2 hace surgir la pregunta de si se va a intentar o no otro conjunto de datos. Se solicita una respuesta S/N. Una respuesta "N" lleva a la pantalla de nuevo a presentar el programa después de presentar cualquier tecla. Una respuesta "S" lleva al programa de nuevo a la sección de entrada de datos para la Opción N° 2.

Ejemplo Numérico N° 1 - Corriente Única

Se considera un ejemplo numérico en el que una única corriente de formación intermitente fluye hacia el sumidero de la torre de refrigeración. Los datos para la torre de refrigeración y su funcionamiento en equilibrio son los siguientes:

5

| | |
|--|---|
| Concentración de la Corriente de Formación Principal | 100 mg/l |
| Concentración del Sistema Inicial | 500 mg/l |
| Caudal Másico Inicial de la Corriente de Formación Principal | 5.000 lb/h (2.250 kg/h) |
| Velocidad Másica de Circulación en el Sistema de Refrigeración | 50.000 lb/h (22.500 kg/h) |
| Temperatura del Agua en el Sumidero | 85° F |
| Volumen de Agua en el Sistema de Refrigeración | 1.000 pie ³ (28,32 m ³) |
| Volumen de Agua en el Sumidero de la Torre de Refrigeración | 1.000 pie ³ (28,32 m ³) |

La corriente intermitente se muestra en la Figura 7. Su caudal es de 3.000 lb/h (1.350 kg/h), su concentración es de 300 mg/l y fluye durante un periodo de 16 horas.

10 A la temperatura del sumidero la densidad del agua es de 62,12 lb/pie³ (1044,54 kg/m³). De esta manera el tiempo de residencia, TRES, es $(1000)(62,12)/50.000 = 1,24$ h.

La longitud de un incremento de tiempo finito es de $1,24/20 = 0,062$ h.

15 Cálculos para la Opción N° 1

Los cálculos para la Opción N° 1 dan la velocidad de purga y la velocidad de formación principal de manera que no hay cambio en la concentración del sistema. Es decir, CSYSI permanece a 500 mg/l. A continuación se representan los datos incluidos en una copia impresa para la Opción N° 1. Los datos indican que la purga requerida y la corriente de formación principal los caudales son de 2.500 y 3.500 lb/h (1.125 y 1.575 kg/h).

20

(Aviso de Propiedad y Derechos de Autor del Programa)

25 CAUDAL DE PURGA NECESARIO PARA MANTENER LA CALIDAD DEL AGUA ORIGINAL EN EL SUMIDERO DE LA TORRE CUANDO UNA CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES FLUYEN HACIA EL SISTEMA

SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE TORRE - CTI

DATOS DE LA TORRE DE REFRIGERACIÓN

30

| | |
|--|--------------------|
| CONCENTRACIÓN DE LA CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (mg/l) | 100 |
| CONCENTRACIÓN DEL SISTEMA INICIAL (mg/l) | 500 |
| CAUDAL INICIAL DE LA CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (lb/h) | 5.000 (2.250 kg/h) |
| CAUDAL DE PURGA INICIAL (lb/h) | 1.000 (675 kg/h) |
| CAUDAL DE VAPOR | 4.000 |

DATOS SOBRE LA CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES

| | |
|--|--------------------|
| NÚMERO DE CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES | 1 |
| CAUDAL EFICAZ DE LA CORRIENTE O CORRIENTES (lb/h) | 3.000 (1.350 kg/h) |
| CONCENTRACIÓN EFICAZ DE LA CORRIENTE O CORRIENTES (mg/l) | 300 |

35 RESULTADOS CALCULADOS

| | |
|---|--------------------|
| CAUDAL DE PURGA NECESARIO (lb/h) | 2.500 (1.125 kg/h) |
| CAUDAL DE CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (lb/h) | 3.500 (1.575 kg/h) |

Cálculos para la Opción N° 2

40 Los cálculos para la Opción N° 2 se realizaron para diversas velocidades de purga para determinar el efecto de la velocidad de purga sobre la relación concentración-tiempo.

Los cálculos se realizaron para 500 incrementos de tiempo lo que significa que la concentración se determina después de un periodo de $(500)(0,062) = 31,1$ horas a partir del tiempo en el que la corriente intermitente empezó a

fluir hacia el sumidero.

Los resultados están tabulados en la siguiente Tabla 1:

5

TABLA 1

| Efecto de la Velocidad de Purga sobre la Concentración en el Sumidero cuando una Corriente Intermitente Única con una Concentración de 300 mg/l Fluye hacia el Sumidero a una Velocidad de 3.000 lb/h (1.350 kg/h) durante 16 Horas | | | | |
|---|--|----------------------------------|--|---------------------------------|
| Velocidad de Purga lb/h (kg/h) | Velocidad de Formación Principal lb/h (kg/h) | Concentración a T = 16 h en mg/l | Gradiente de Concentración en el Sumidero (mg/l)/h | Concentración a T = 31,1 h mg/l |
| 1000 (450) | 2000 (900) | 573,9 | 4,64 | 564,3 |
| 1500 (675) | 2500 (1125) | 547,9 | 3,01 | 541,7 |
| 2000 (900) | 3000 (1350) | 523,3 | 1,46 | 520,3 |
| 2400 (1080) | 3400 (1530) | 504,6 | 0,29 | 504,0 |
| 2500 (1125) | 3500 (1575) | 500,0 | 0,00 | 500,0 |
| 2600 (1170) | 3600 (1620) | 495,5 | -0,28 | 496,1 |

10 La Tabla 1 muestra que cuando la velocidad de purga aumenta, la concentración al final del flujo de la corriente intermitente (16 horas) disminuye y se hace igual al valor de equilibrio (500 mg/l) cuando el caudal de purga es de 2500 lb/h (1.125 kg/h). Esto está de acuerdo con los resultados obtenidos en la Opción N° 1. También, cuando la velocidad de purga aumenta, la velocidad de flujo de la corriente de formación principal aumenta para mantener constante la contención de agua en el sistema.

15 A continuación se muestra una copia impresa de muestra de los resultados para una velocidad de purga de 1000 lb/h (450 kg/h). La Figura 8 representa una representación de la concentración en el sumidero frente al tiempo para cuatro velocidades de purga diferentes. Cuando la corriente intermitente empieza a fluir hacia el sumidero la concentración aumenta inmediatamente pero cuando la velocidad de purga aumenta la velocidad de aumento de la concentración disminuye y finalmente se hace cero cuando la velocidad de purga es de 2.500 lb/h (1.125 kg/h) como se indica en la Tabla 1.

20 (Aviso de Propiedad y Derechos de Autor del Programa)

VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN UN SISTEMA DE TORRE DE REFRIGERACIÓN DEBIDO A LA CORRIENTE O CORRIENTES DE FORMACIÓN DE AGUA INTERMITENTES

25 IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE LA TORRE - CT1

NÚMERO DE INCREMENTOS DE TIEMPO FINITOS - 500

30 DATOS DEL SISTEMA DE TORRE DE REFRIGERACIÓN

DATOS ALMACENADOS

| | |
|--|--------------------------------|
| CONCENTRACIÓN DE LA CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (mg/l) | 100. |
| CONCENTRACIÓN DEL SISTEMA INICIAL (mg/l) | 500. |
| CAUDAL INICIAL DE PURGA (lb/h) | 1.000. (450 kg/h) |
| CAUDAL INICIAL DE LA CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (lb/h) | 5.000. (2.250 kg/h) |
| VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN (lb/h) | 50.000. (22.500 kg/h) |
| TEMPERATURA DEL AGUA EN EL SUMIDERO | 85. |
| VOLUMEN DE AGUA EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN (pies cúbicos) | 1.000. (28,32 m ³) |
| VOLUMEN DE AGUA EN EL SUMIDERO DE LA TORRE DE REFRIGERACIÓN (pies cúbicos) | 1.000. (28,32 m ³) |

35 DATOS DE TRABAJO

| | |
|---|---------------------|
| TIEMPO DE CÁLCULO (h) | 31. |
| CAUDAL DE VAPOR DE LA TORRE (lb/h) | 4.000. (1.800 kg/h) |
| CAUDAL DE PURGA (lb/H) | 1.000. (450 kg/h) |
| CAUDAL DE LA CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (lb/h) | 2.000. (900 kg/h) |
| CAUDAL DE LA CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES (lb/h) | 3.000. (1.350 kg/h) |
| CONCENTRACIÓN DE LA CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES (mg/l) | 300. |
| TIEMPO DE FLUJO DE LA CORRIENTE INTERMITENTE (h) | 16. |
| NÚMERO DE CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES | 1 |

RESULTADOS

| | TIEMPO | CONCENTRACIÓN EN EL SUMIDERO | |
|---|--------|------------------------------|------|
| | | CONCENTRACIÓN EN EL SUMIDERO | mg/l |
| INICIO DE LA CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES | 0,0 | 500,0 | |
| FINAL DE LA CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES | 16,0 | 573,0 | |
| FIN DEL CÁLCULO | 31,1 | 564,3 | |

5 CONCENTRACIÓN DE GRADIENTE EN EL SUMIDERO, (mg/l)/h: 4,64

Ejemplo Numérico Nº 2 - Dos corrientes Intermitentes que Fluyen Simultáneamente Parte del Tiempo

10 Se considera un ejemplo numérico en el que dos corrientes de formación intermitentes fluyen hacia el sumidero de la torre de refrigeración. Los datos para la torre de refrigeración y su funcionamiento en el equilibrio son los siguientes:

| | |
|--|--|
| Concentración de la Corriente de Formación Principal | 100 mg/l |
| Concentración del Sistema Inicial | 500 mg/l |
| Caudal Másico Inicial de la Corriente de Formación Inicial | 5.000 lb/h (2.250 kg/h) |
| Velocidad Másica de Circulación en el Sistema de Refrigeración | 50.000 lb/h (22.500 kg/h) |
| Temperatura del Agua en el Sumidero | 85° F |
| Volumen de Agua en el Sistema de Refrigeración | 1.000 pie ³ (28,32 m ³) |
| Volumen de Agua en el Sumidero de la Torre de Refrigeración | 1.000 pie ³ (28,32 m ³) |

15 Las corrientes intermitentes se muestran en la Figura 9. El caudal de la Corriente Nº 1 es 1.000 lb/h, la concentración es 300 mg/l y fluye durante un periodo de 16 horas. El caudal de la Corriente Nº 2 es 2.000 lb/h, su concentración es de 50 mg/l y fluye durante un periodo de 16 horas. Sin embargo, la Corriente Nº 2 empieza a fluir en el sumidero 8 horas después de que la Corriente Nº 1 empiece a fluir. De esta manera, durante un periodo de 8 horas, las dos corrientes están fluyendo simultáneamente hacia el sumidero.

Cálculos para la Opción Nº 1.

20 Los cálculos se realizan en tres etapas:

- Etapa A: La Corriente Nº 1 fluye durante 8 horas
- Etapa B: Las Corrientes Nº 1 y 2 fluyen simultáneamente durante 8 horas
- Etapa C: La Corriente Nº 2 fluye durante 8 horas

25 En cada etapa, se determina una velocidad de purga para la que la concentración en el sumidero de la torre es igual a la que existía en el equilibrio, es decir 500 mg/l.

30 Los resultados de los cálculos se muestran en la Tabla 2 para cada etapa de los cálculos. La velocidad de purga requerida que da como resultado que no haya cambio en la concentración del agua en el sumidero se muestra en la cuarta columna.

Tabla 2

| Resultados para Dos Corrientes Intermitentes que Fluyen Simultáneamente Parte del Tiempo | | | | |
|--|--|--|--|--|
| Etapa de Cálculo | Concentración Eficaz de la Corriente Intermitente (mg/l) | Caudal Másico Eficaz de Corriente Intermitente lb/h (kg/h) | Velocidad de Purga a la que la Concentración en el Sumidero está a su Valor Original lb/h (kg/h) | Caudal Másico de la Corriente de Formación Principal lb/h (kg/h) |
| A. Corriente Nº 1 | 300 | 100 (45) | 1500 (675) | 4500 (2025) |
| B. Corrientes Nº 1 y 2 | 133 | 3000 (1350) | 1250 (562,5) | 2250 (1012,5) |
| C. Corriente Nº 2 | 50 | 2000 (900) | 750 (337,5) | 2750 (1237,5) |

A continuación se representa las copias impresas de los resultados para las etapas de cálculo A, B y C,

respectivamente.

CAUDAL DE PURGA REQUERIDO PARA MANTENER LA CALIDAD DEL AGUA ORIGINAL EN EL SUMIDERO DE LA TORRE CUANDO UNA CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES FLUYEN HACIA EL SISTEMA

5 IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE LA TORRE - CT2

DATOS DE LA TORRE DE REFRIGERACIÓN

| | |
|--|---------------------|
| CONCENTRACIÓN DE LA CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (mg/l) | 100. |
| CONCENTRACIÓN DEL SISTEMA INICIAL (mg/l) | 500. |
| CAUDAL INICIAL DE LA CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (lb/h) | 5.000. (2.250 kg/h) |
| CAUDAL DE PURGA INICIAL (lb/h) | 1.000. (450 kg/h) |
| CAUDAL DE VAPOR | 4.000. |

10 DATOS DE LA CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES

| | |
|--|-------------------|
| NÚMERO DE CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES | 1. |
| CAUDAL EFICAZ DE LA CORRIENTE O CORRIENTES (lb/h) | 1.000. (450 kg/h) |
| CONCENTRACIÓN EFICAZ DE LA CORRIENTE O CORRIENTES (mg/l) | 300. |

RESULTADOS CALCULADOS

| | |
|--|--------------------|
| CAUDAL DE PURGA REQUERIDO (lb/h) | 1.500. (675 kg/h) |
| CAUDAL DE LA CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (lb/h) | 4.500. (2025 kg/h) |

15 CAUDAL DE PURGA REQUERIDO PARA MANTENER LA CALIDAD DEL AGUA ORIGINAL EN EL SUMIDERO DE LA TORRE CUANDO UNA CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES FLUYEN HACIA EL SISTEMA

20 IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE LA TORRE - CT2

DATOS DE LA TORRE DE REFRIGERACIÓN

| | |
|--|---------------------|
| CONCENTRACIÓN DE LA CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (mg/l) | 100. |
| CONCENTRACIÓN DEL SISTEMA INICIAL (mg/l) | 500. |
| CAUDAL INICIAL DE LA CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (lb/h) | 5.000. (2.250 kg/h) |
| CAUDAL DE PURGA INICIAL (lb/h) | 1.000. (450 kg/h) |
| CAUDAL DE VAPOR | 4.000. |

25 DATOS DE LA CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES

| | |
|--|---------------------|
| NÚMERO DE CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES | 2. |
| CAUDAL EFICAZ DE LA CORRIENTE O CORRIENTES (lb/h) | 3.000. (1.350 kg/h) |
| CONCENTRACIÓN EFICAZ DE LA CORRIENTE O CORRIENTES (mg/l) | 133. |

RESULTADOS CALCULADOS

| | |
|--|----------------------|
| CAUDAL DE PURGA REQUERIDO (lb/h) | 1.250. (562,5 kg/h) |
| CAUDAL DE LA CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (lb/h) | 2.250. (1012,5 kg/h) |

30 CAUDAL DE PURGA REQUERIDO PARA MANTENER LA CALIDAD DEL AGUA ORIGINAL EN EL SUMIDERO DE LA TORRE CUANDO UNA CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES FLUYEN HACIA EL SISTEMA

IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE LA TORRE - CT2

35 DATOS DE LA TORRE DE REFRIGERACIÓN

| | |
|--|---------------------|
| CONCENTRACIÓN DE LA CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (mg/l) | 100. |
| CONCENTRACIÓN DEL SISTEMA INICIAL (mg/l) | 500. |
| CAUDAL INICIAL DE LA CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (lb/h) | 5.000. (2.250 kg/h) |
| CAUDAL DE PURGA INICIAL (lb/h) | 1.000. (450 kg/h) |
| CAUDAL DE VAPOR | 4.000. |

DATOS DE LA CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES

| | |
|---|-------------------|
| NÚMERO DE CORRIENTE O CORRIENTES INTERMITENTES | 1. |
| CAUDAL EFICAZ DE LA CORRIENTE O CORRIENTES (lb/h) | 2.000. (900 kg/h) |

CONCENTRACIÓN EFICAZ DE LA CORRIENTE O CORRIENTES (mg/l) 50.

RESULTADOS CALCULADOS

| | |
|--|---------------------|
| CAUDAL DE PURGA REQUERIDO (lb/h) | 750. (337,5 kg/h) |
| CAUDAL DE LA CORRIENTE DE FORMACIÓN PRINCIPAL (lb/h) | 2750. (1237,5 kg/h) |

5 La anterior descripción de la invención ilustra y describe la presente invención. Además, la divulgación sólo muestra y describe las realizaciones preferidas de la invención, pero como se ha mencionado, debe entenderse que la invención puede utilizarse en varias otras combinaciones, modificaciones y entornos, y puede cambiarse o modificarse dentro del alcance del concepto de la invención tal como se ha expresado en la presente memoria, en consonancia con las enseñanzas anteriores, y/o la habilidad o el conocimiento de la técnica pertinente. Las realizaciones descritas anteriormente tienen además el objeto de explicar los mejores modos conocidos al poner en práctica la invención y para que otros expertos en la materia utilicen la invención en tales u otras realizaciones, y con las distintas modificaciones requeridas en las aplicaciones o usos particulares de la invención. Por consiguiente, la descripción no tiene por objeto limitar la invención a la forma divulgada en la presente memoria. Además, se pretende que las reivindicaciones adjuntas se interpreten incluyendo, realizaciones alternativas.

15

REIVINDICACIONES

1. Un método para supervisar y controlar un parámetro de rendimiento dentro de un sistema acuoso, comprendiendo el método las etapas de:

- 5 medir la velocidad de corrosión durante un periodo de tiempo;
- medir una pluralidad de parámetros de rendimiento relacionados con el sistema acuoso, incluyendo los parámetros de rendimiento la velocidad de corrosión, el potencial de oxidación-reducción, y el factor de ensuciamiento o el índice de ensuciamiento;
- 10 observación de una desviación del parámetro de rendimiento con respecto a un punto de referencia;
- alterar una variable controlable del sistema acuoso en una primera cantidad y en una primera dirección en la que la variable controlable se selecciona del grupo formado por velocidad de suministro ácida, velocidad de suministro cáustica, velocidad de suministro del inhibidor de corrosión, velocidad de suministro del dispersante, velocidad de suministro del microbicida oxidante, velocidad de suministro del microbicida no oxidante, velocidad de purga, velocidad de suministro de formación, volumen de fluido en el sistema acuoso, las temperaturas de funcionamiento, el flujo de lavado del filtro, limpieza en línea de los componentes del sistema acuoso, y el funcionamiento de las bombas de refuerzo;
- 15 controlar un parámetro de rendimiento en el sistema acuoso para detectar un cambio en el parámetro de rendimiento causado por la alteración de la variable controlable en un primer periodo de tiempo;
- 20 alterar nuevamente la variable controlable en la primera cantidad en la primera dirección, si el parámetro de rendimiento cambia en el primer periodo de tiempo;
- terminar la alteración de la variable controlable cuando el parámetro de rendimiento deja de cambiar después de la alteración de la variable controlable;
- 25 continuar controlando el parámetro de rendimiento hasta que se detecta un cambio en el parámetro de rendimiento durante un segundo período de tiempo;
- determinar el punto de referencia del parámetro de rendimiento;
- alterar la variable controlable en una segunda dirección opuesta a la primera dirección en la primera cantidad;
- 30 controlar el parámetro de rendimiento para detectar un cambio en el parámetro de rendimiento causado por la alteración de la variable controlable en la segunda dirección durante un tercer período de tiempo; y
- alterar nuevamente la variable controlable en la primera cantidad en la segunda dirección si el parámetro de rendimiento cambia durante el tercer período de tiempo hasta que el parámetro de rendimiento alcance el punto de referencia.

35 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la variable controlable se mide en relación con el flujo de formación en el sistema.

40 3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la variable controlable incluye la concentración de un aditivo químico, y la alteración de la variable controlable se realiza a través de la adición del aditivo químico al sistema en una proporción constante para conformar el flujo dentro del sistema.

45 4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la concentración del aditivo químico se calcula de acuerdo con la Fórmula 1

$$y = e^{ax-b} \quad 1$$

50 en la que y es la concentración del aditivo químico añadido al sistema acuoso, a es una constante derivada de un ajuste de curva estadística de y frente a t cuando y aumenta y b es una variable medida inicialmente.

55 5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una concentración del aditivo químico cuando no se realiza otra adición del aditivo químico al sistema se calcula de acuerdo con la Fórmula 2

$$y = e^{-a'x+b} \quad 2$$

60 en la que y es la concentración del aditivo químico, inerte medido; a' es una constante derivada de un ajuste de curva estadística de y' frente a t cuando y' disminuye, y b es una variable medida inicialmente.

65 6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el período de tiempo de respuesta inicial de l parámetro de rendimiento se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$t = (V/l) \text{ Ln } (C_i/C_i)$$

en la que

- 65 t = tiempo de respuesta inicial del parámetro de rendimiento en el sistema de recirculación dinámico;
- l = pérdidas de líquido,
- V = volumen del sistema acuoso;

C_f = concentración final del material inerte; y
 C_i = concentración inicial del material inerte.

5 7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el período de tiempo de respuesta del parámetro de rendimiento se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$t' = t + \Psi$$

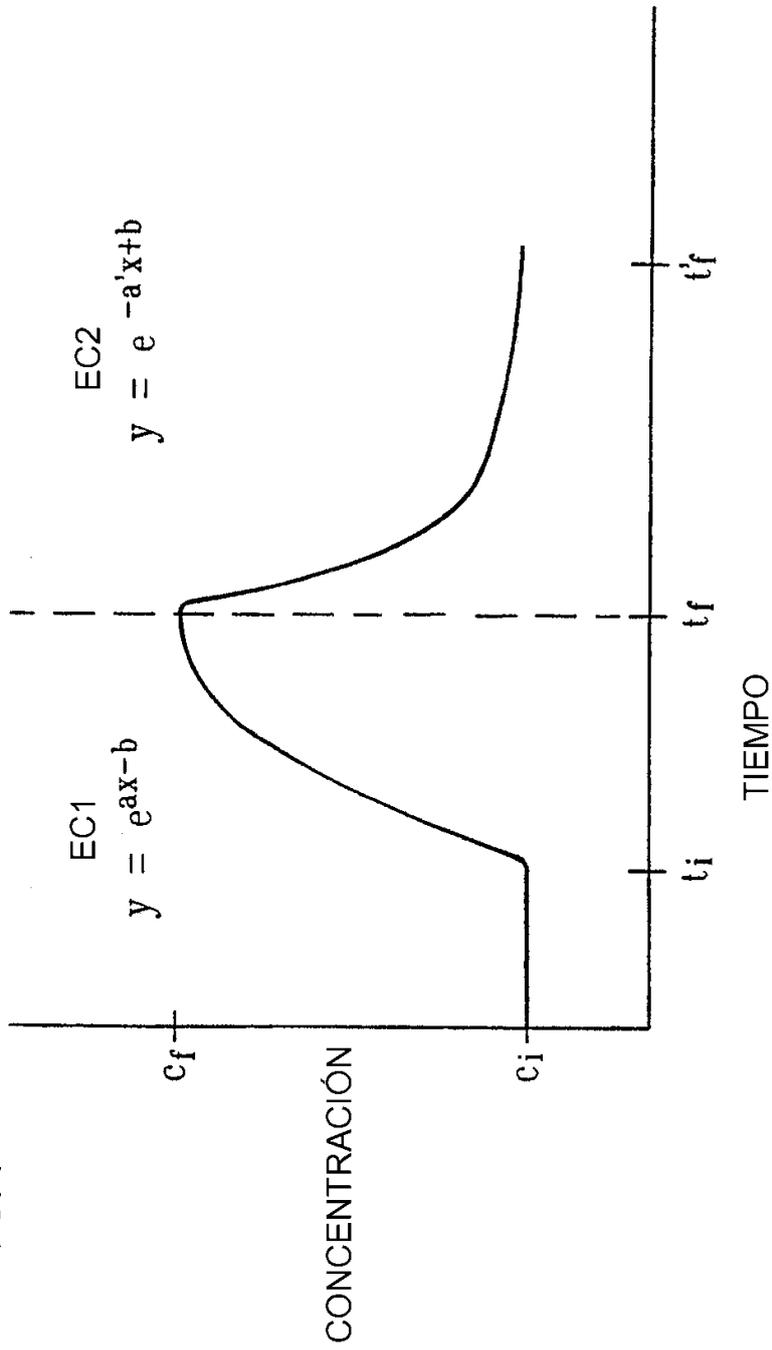
10 en la que

Ψ = periodo esperado para que un parámetro de rendimiento responda al cambio; y
 t' = período de tiempo requerido para que el parámetro de rendimiento alcance el punto de consigna después de alterar, de nuevo, la variable controlable.

15 8. Un artículo de fabricación para usar en la programación de un procesador que tiene al menos un dispositivo de salida y un dispositivo de almacenamiento de datos unido al mismo, incluyendo el artículo de fabricación un medio que puede ser leído por el procesador que tiene uno o más programas introducidos en el mismo para realizar un método como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

RESPUESTA DE LA TENDENCIA DEL ADITIVO INERTE
A CUALQUIER SISTEMA GENERALIZADO.

FIG.1



ADICIÓN, EC1; $C_i \rightarrow C_f$ DURANTE $t_i \rightarrow t_f$ PERÍODO DE TIEMPO
ADICIÓN DETENIDA, EC1; $C_f \rightarrow C_i$ DURANTE $t_f \rightarrow t'_f$ PERÍODO DE TIEMPO

FIG. 2 ILUSTRACIÓN GRÁFICA DEL CONTROL BASADO EN EL AUMENTO GRADUAL DEL AGUA DEL SISTEMA. RETROALIMENTACIÓN DEL CONTROLADOR DE RENDIMIENTO

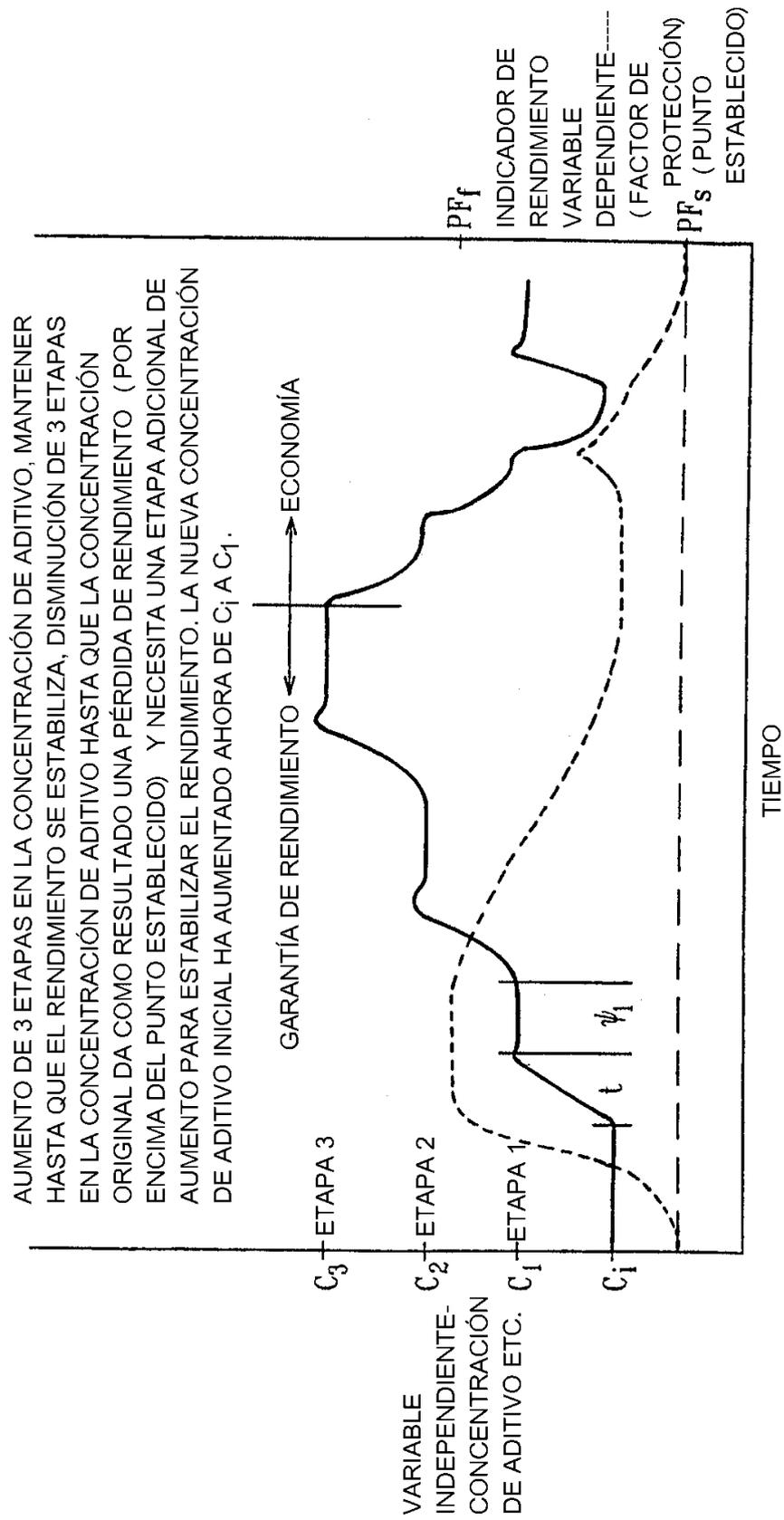


FIG. 4

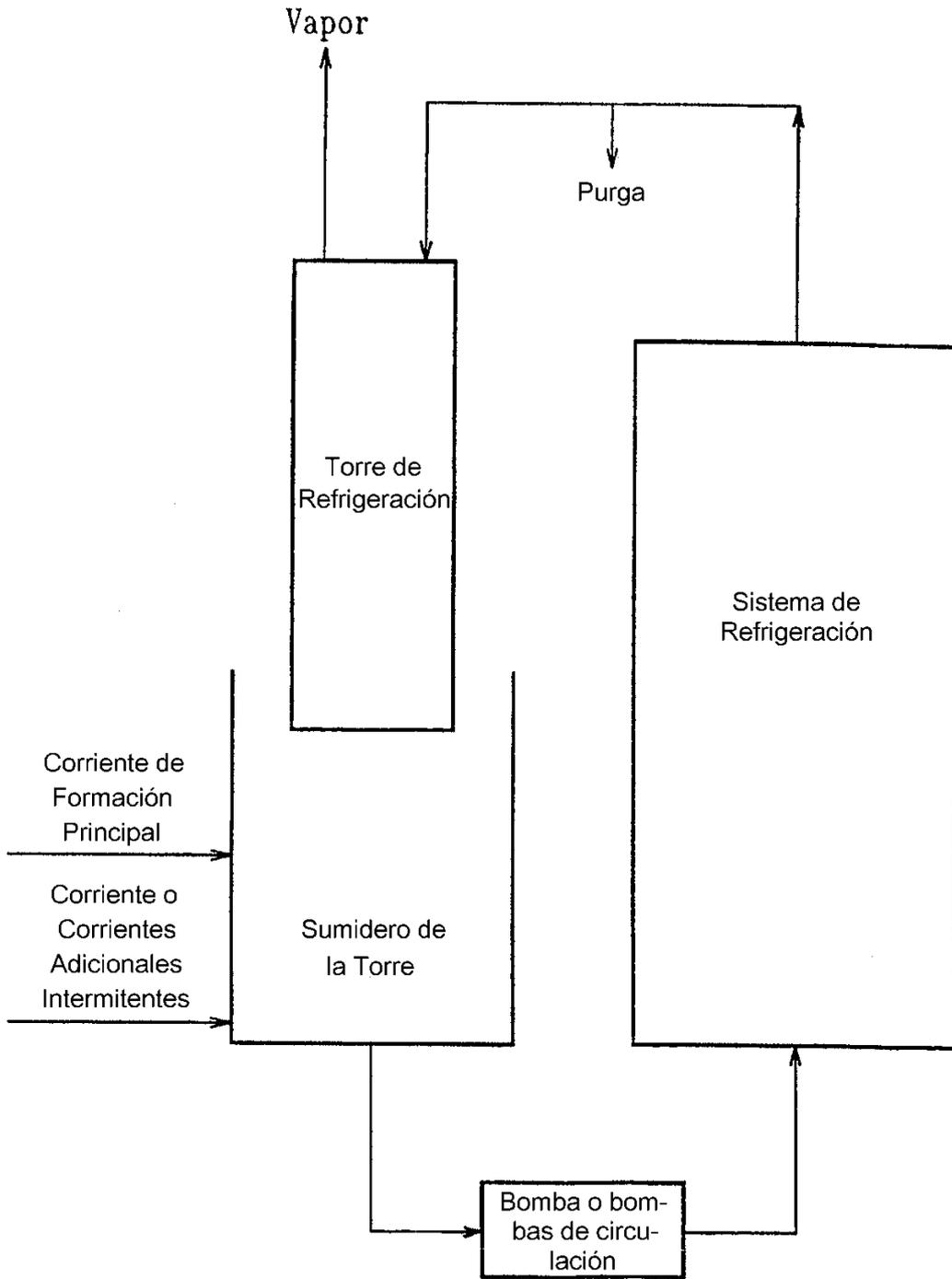


FIG. 5

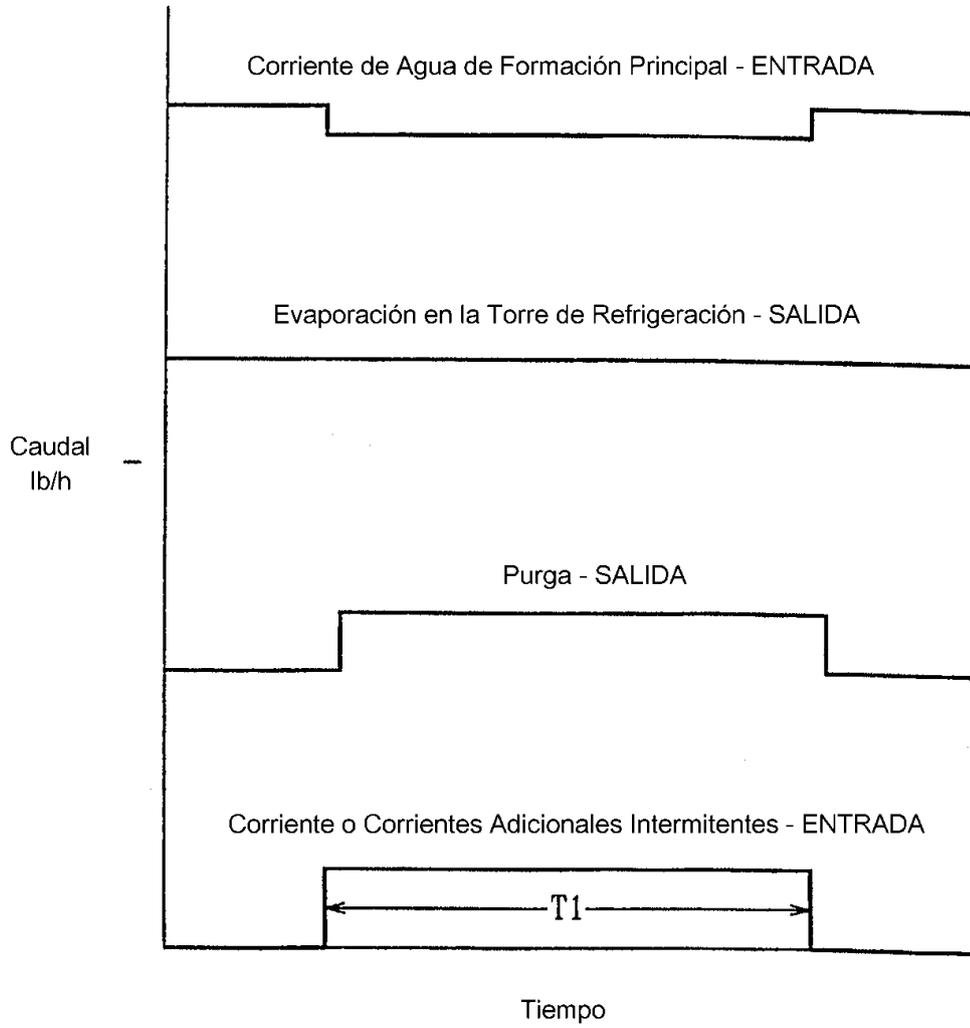


FIG. 6

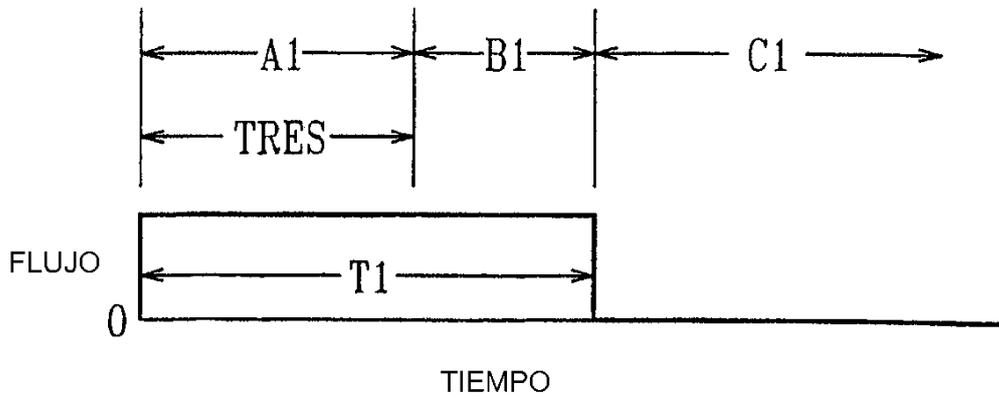


FIG. 7

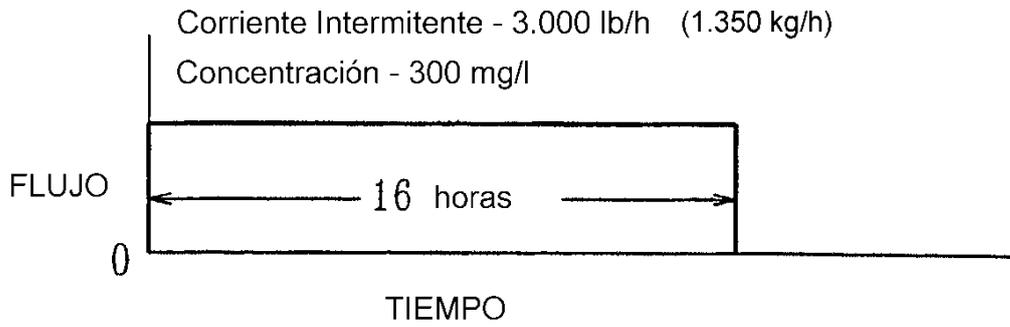


FIG. 9

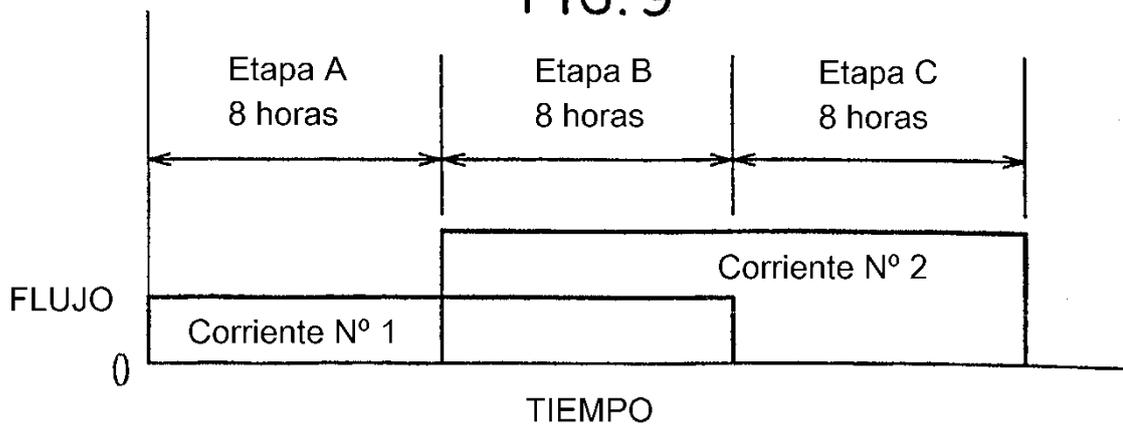


FIG. 8

