

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 907 005**

51 Int. Cl.:

**E03B 7/02** (2006.01)

**G06Q 10/06** (2012.01)

**G06Q 50/06** (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2018 PCT/EP2018/083959**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.06.2019 WO19110793**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2018 E 18815681 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.11.2021 EP 3721022**

54 Título: **Procedimiento de evaluación del estado de un sistema de distribución de agua**

30 Prioridad:

**07.12.2017 FR 1761795**

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

**21.04.2022**

73 Titular/es:

**SUEZ GROUPE (100.0%)  
Tour CB21, 16 place de l'Iris  
92040 Paris la Défense Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**ZRAICK, FLAVIA;  
RABAUD, BENJAMIN;  
KINET, NOÉ y  
SIMON, JULIEN**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 907 005 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

Procedimiento de evaluación del estado de un sistema de distribución de agua

### **Campo técnico de la invención**

La presente invención pertenece al campo de la distribución de agua.

- 5 La presente invención se refiere más específicamente a un procedimiento de determinación de parámetros adecuados para evaluar el estado de un sistema o sistemas (o redes) de distribución de agua.

### **Estado de la técnica**

10 El objetivo de la invención es permitir a un gestor de redes de distribución de agua supervisar su red de agua, detectar y, sobre todo, tomar medidas preventivas en su red, e incluso poner en práctica medios que aumenten la vida útil de la red y garanticen su cumplimiento de la normativa.

15 En efecto, en una gran parte de las zonas urbanas, las tuberías de distribución de agua potable están alcanzando una edad crítica y presentan un riesgo importante de deterioro. El conocimiento del estado de la red, que en su mayoría está enterrada, es esencial para controlar las acciones correctivas (estudios, intervenciones, reparaciones, renovación, descalcificación, limpieza, etc.) pero también las acciones preventivas para mitigar los efectos de la degradación. El principal problema es que las tuberías están en su mayoría enterradas y son invisibles. Por lo tanto, es difícil detectar y medir los fenómenos de degradación para tomar medidas preventivas y precisas, sin tener que desenterrar los circuitos (y por lo tanto una buena parte de la red).

20 Se conocen soluciones para la detección de incidentes pasados o en curso (fugas, degradación de la calidad del agua). Esto se refiere principalmente a la detección y/o localización de las consecuencias de un mal funcionamiento. Por ejemplo, se pueden citar las siguientes solicitudes de patentes.

25 La solicitud de patente WO2013121298 se refiere a un procedimiento informático para modelar una red de servicios públicos (red de distribución). El procedimiento incluye la recuperación de los datos del sistema de información geográfica (SIG), los datos de los activos de la red y los datos del archivo de sensores de uno o más elementos de la red de servicios públicos. El procedimiento consiste en generar uno o varios elementos matemáticos (gráficos) a partir de los datos recuperados para realizar análisis sobre el sistema.

La valoración de los datos con gráficos matemáticos potencialmente vinculados (reporting) se basa en:

- identificación de las zonas de control y mantenimiento del flujo de agua en la red de servicios;
  - identificación de las ubicaciones óptimas en la red para instalar sensores y contadores;
  - modelización de la red basada en los vínculos entre las localizaciones de fugas conocidas en la red de servicios públicos y valores como los datos históricos de fugas, las características o los factores que influyen en los índices de fuga: edad de los equipos; complejidad de la red (cantidad de tuberías, accesorios, válvulas, otras conexiones...) propiedades geográficas que contribuyen a la ocultación de fugas, altas presiones o gran variabilidad de la presión; índices de fugas estimados a partir de los registros históricos de reparaciones; datos históricos de los caudalímetros y medidores de presión; frecuencias de fugas, índices de pérdida de agua, tiempo hasta la detección de una fuga, costes de reparación...;
  - generación de alertas y proposición de acciones de mantenimiento.
- 30
- 35

40 La solicitud de patente WO2013084068 se refiere a un sistema y procedimiento para identificar eventos relacionados en un sistema de monitoreo de suministro de agua. El procedimiento incluye la identificación de al menos dos eventos de referencia (llamados eventos candidatos) a partir de los datos de eventos de una pluralidad de sensores. La anomalía se identifica comparando los datos de un suceso con los de los sucesos candidatos.

La determinación de que los dos o más eventos candidatos están relacionados con un evento anómalo común se comunica a un usuario a través de una interfaz de usuario.

45 La solicitud de patente WO2012098467 se refiere a un procedimiento y sistema para determinar estadísticamente una o más ubicaciones geográficas potenciales de una presunta anomalía en una región o área de un sistema de distribución de agua.

Una red de distribución de agua consiste en una red de tuberías para suministrar agua a los consumidores e incluye contadores colocados dentro de la red de distribución de agua. Los contadores suelen estar colocados en posiciones diversas e irregulares en la red y proporcionan un conjunto incompleto de datos relativos al caudal y la calidad del agua en el conjunto de la red. Los contadores miden valores como el caudal, la presión, los niveles de los depósitos,

la acidez, la turbidez, la cloración, el ruido, etc. Los contadores pueden colocarse en el interior o el exterior de las tuberías, cerca de los dispositivos de red o en otros lugares arbitrarios.

5 La solicitud de patente WO2012098467 se refiere específicamente a los medidores situados dentro, cerca o en lugares relacionados hidráulicamente con la región o zona de una anomalía y proporcionan valores que pueden relacionarse con la anomalía.

10 El procedimiento puede comprender la recepción de datos de eventos anormales, siendo los datos de eventos anormales una indicación de una anomalía que ocurre, o ha ocurrido, en una región o zona del sistema de distribución de agua. Entre los tipos de anomalías se encuentran las fugas, la caída de presión, el aumento inusual del caudal o del consumo de agua, el aumento de la turbidez, los cambios inusuales en los niveles de cloro, los cambios inusuales en el pH...

15 El procedimiento puede comprender una pluralidad de pruebas realizadas en los datos de eventos anómalos, cada una de las cuales está diseñada para determinar estadísticamente una ubicación geográfica potencial de la anomalía dentro de una región o área. Algunas de las pruebas se realizan utilizando datos de eventos anormales y datos de contadores asociados. Algunas pruebas, por ejemplo las relacionadas con las fugas, se realizan sobre datos de eventos de contadores anómalos que representan algunas de las siguientes magnitudes: caudal, presión, niveles de los depósitos, ruido u otros indicadores de actividad hidráulica.

20 La solicitud de patente WO2011107864 se refiere a un sistema y a un procedimiento de supervisión del agua en una red de distribución de agua, que se basa en la recuperación de los datos de los contadores (al menos el caudal y la presión), así como de datos secundarios procedentes de otras fuentes (datos de tipo de supervisión y adquisición de datos a distancia, por ejemplo, datos meteorológicos, datos de calendario...) y en la aplicación de modelos estadísticos para predecir otros valores.

25 Los datos secundarios representan una o más condiciones que pueden afectar al flujo y/o al consumo de agua en un área servida por el sistema de distribución de agua. Pueden ser: datos meteorológicos; datos de calendario que representan uno o varios factores que afectan al consumo de agua en una fecha determinada; datos de reparación que representan una o varias reparaciones realizadas en la red de distribución de agua; datos estructurales que representan una estructura de la red de distribución de agua.

Las anomalías (fugas) se detectan comparando los valores medidos con los valores previstos.

30 La solicitud de patente WO2006073502 se refiere a un sistema de detección en tiempo real de contaminantes en una red de distribución de agua. El sistema supervisa la calidad del agua en puntos remotos de una red de distribución de agua, utilizando sensores de agua instalados en los lugares de los usuarios finales para detectar contaminantes aguas abajo de la red de distribución y enviar una señal en caso de anomalía.

La solicitud de patente WO20109117 se refiere a un dispositivo y un procedimiento para controlar la calidad del agua en una red de agua potable. El dispositivo físico de control de la calidad del agua está destinado a ser montado en una tubería dedicada a la distribución de agua a un consumidor. Comprende:

- 35
- una sonda para medir al menos un parámetro del flujo de agua;
  - un dispositivo para detectar la contaminación de la medición de la sonda;
  - un dispositivo para detectar el flujo inverso en la tubería de agua;
  - un dispositivo de desinfección (dependiendo de si se detecta o no contaminación) y/o un dispositivo de sellado para sellar la tubería (dependiendo de si se detecta o no flujo inverso);
- 40
- y una unidad de control.

Toda la información del dispositivo puede ser enviada a un centro de control capaz de recoger los datos de la red y operar las válvulas remotas.

La solicitud de patente WO2008148952 se refiere a un procedimiento y una instalación para el control en tiempo real de la calidad del agua en una red de distribución.

45 El procedimiento de control en tiempo real de la calidad del agua en una red de distribución de agua potable comprende, por una parte, contadores de consumo equipados con dispositivos de registro a distancia y, por otra parte, analizadores en línea distribuidos en puntos de control para medir al menos un parámetro de calidad del agua. Además:

- 50
- los datos de consumo de los contadores equipados con dispositivos de registro a distancia, así como las mediciones de los analizadores, se transmiten a una unidad de cálculo que incluye un modelo hidráulico y un modelo cinético para la descomposición del parámetro de calidad en cuestión;

- la unidad de cálculo actualiza continuamente el modelo hidráulico en función de los datos de consumo recibidos de los contadores;
  - la unidad de cálculo establece valores estimados del parámetro de calidad considerado en los diferentes puntos de control de la red;
- 5
- y un sistema de alerta temprana compara los valores estimados del parámetro de calidad con los valores medidos en diferentes puntos de la red, activándose una alerta cuando la diferencia entre el valor medido y el valor estimado supera un umbral predeterminado.

10 El parámetro de calidad del agua es un trazador de la calidad del agua que permite identificar en tiempo real si la red ha sido degradada y/o el agua ha sido contaminada. Los parámetros descritos son el contenido de cloro y la turbidez, pero es principalmente el contenido de cloro el que sirve de ejemplo.

Así, puede verse que la gran mayoría de las soluciones del estado de la técnica se basan en una de las dos categorías de soluciones.

15 La primera categoría de soluciones se basa en la determinación por procedimientos estadísticos de las consecuencias de la degradación (detección de fugas, frecuencia histórica de roturas) o nociones teóricas sobre la degradación (edad de las tuberías). Estas soluciones tratan de anticiparse a los sucesos futuros basándose en incidentes pasados. Estas soluciones tienen importantes inconvenientes:

- el pasado no es necesariamente representativo del futuro. La degradación de los materiales (por ejemplo, las tuberías) no evoluciona de forma lineal. Las consecuencias de la degradación tienden a aumentar exponencialmente y predecir el rendimiento futuro basándose en el pasado puede subestimar significativamente el estado de degradación de las tuberías y, por tanto, la necesidad de intervención;
- 20
- es necesario esperar a que se detecten suficientes incidencias y disfunciones para permitir la modelización del futuro. Sin embargo, en el caso de incidentes graves, sobre todo los que afectan a tuberías estratégicas (por ejemplo, tuberías de gran diámetro para el transporte de agua) y que tienen que cumplir las restricciones reglamentarias y contractuales sobre el agua suministrada, es preferible evitar o limitar los efectos medibles de la degradación;
- 25
- partes de la red o el entorno inmediato de los materiales pueden haber sufrido cambios, por ejemplo, en caso de reparación, o en caso de previsión para reducir los factores de degradación. Esto hace que sea aún más difícil anticipar el futuro refiriéndose únicamente a las condiciones y acontecimientos del pasado;
- la anticipación de las anomalías en las zonas críticas de la red no puede ser suficientemente precisa, ya que las soluciones no integran los principales factores precursores vinculados a los fenómenos químicos y físicos que actúan sobre los elementos (tuberías, válvulas, codos, etc.) de la red, tanto los factores precursores procedentes del interior como los factores procedentes del exterior de estos elementos
- 30

35 La segunda categoría de soluciones se basa en soluciones del tipo de análisis continuo de datos para detectar desviaciones de un parámetro con respecto a un parámetro normal y activar una alerta y/o otra(s) acción(es) en caso de anomalía de la calidad del agua, localmente y en tiempo real. Estas soluciones tienen importantes inconvenientes:

- la detección es local y no se extiende a la red;
  - la detección es en tiempo real y no permite anticiparse a futuras anomalías;
  - en caso de detectar una anomalía, hay que aislar la parte degradada de la red y, como no se ha podido prever, puede generar interrupciones en todo o parte del sistema de distribución.
- 40

Además, para todas las soluciones presentadas:

- ninguno de ellos aborda la cuestión del potencial corrosivo de un suministro de agua;
  - ninguno de ellos tiene previsto integrar los datos sobre la calidad del suelo;
  - no se conoce ninguna solución para integrar la información sobre el estado de las tuberías de la red de distribución;
  - ninguno de ellos pretende aprovechar los datos históricos para analizar la evolución de los parámetros y los fenómenos durante un largo periodo de tiempo;
- 45

- ninguna solución integra un módulo de cálculo científico y/o físico y/o fisicoquímico para generar datos, ya que los procedimientos de cálculo conocidos están orientados principalmente a la comparación de datos y a la detección de incidencias;
- no existe ninguna solución para localizar y determinar la intensidad de la degradación del material y la calidad del agua en la red de distribución;

Por último, todas las soluciones están diseñadas para ser aplicables a una red o sistema determinado. Ninguna solución pretende disponer de un procedimiento que pueda utilizarse en varias redes, por ejemplo para comparar los datos que caracterizan el estado de degradación entre varias redes, ubicaciones y/o tipologías de red diferentes.

Los parámetros que caracterizan la química del agua y su potencial para interactuar con los elementos de la red para desencadenar fenómenos de degradación no suelen ser explotados, y a veces no están ampliamente disponibles.

En efecto, el seguimiento de la calidad del agua distribuida se realiza a menudo a través de un número limitado de parámetros que son fáciles de medir, por ejemplo mediante el uso de sensores, procedimientos de campo, o que a veces requieren pruebas más complejas y/o que requieren más tiempo, como las pruebas de laboratorio. Sin embargo, para calificar el potencial corrosivo o agresivo del agua, se necesitan datos más completos sobre la composición química del agua.

La solicitud de patente WO 2010/131001 A1 se refiere a un procedimiento para determinar la presencia de anomalías en un sistema de agua, el procedimiento comprende: (a) detectar periódicamente al menos un parámetro del sistema de agua en al menos un lugar de detección; b) transmitir datos representativos del parámetro detectado a una unidad de procesamiento; c) realizar una operación de verificación y limpieza de los datos recibidos en la unidad de procesamiento (e) predecir un valor de datos posterior para el parámetro del sistema de agua; f) determinar una desviación entre los datos detectados y el valor de datos predicho utilizando el control estadístico del procedimiento; g) introducir la desviación procesada en un sistema de inferencia bayesiano para determinar una probabilidad de que la desviación de datos represente una anomalía real del sistema; h) hacer sonar la alarma de detección si la probabilidad supera un umbral predeterminado.

La invención tiene como objetivo superar los inconvenientes mencionados de la técnica anterior.

Más concretamente, el objetivo de la invención es disponer de un procedimiento capaz de evaluar de forma predictiva y precisa el estado de degradación de elementos o zonas de una red de distribución de agua, o de una red en su conjunto, o incluso para varias redes de distribución de agua.

En otras palabras, se busca un procedimiento de evaluación que no sea sólo local, que pueda anticipar que elementos de la red o zonas son susceptibles de deteriorarse, y que pueda realizar una evaluación precisa, en particular más precisa que los procedimientos puramente estadísticos.

Además, el procedimiento debe ser sencillo de utilizar, rápido y no debe requerir mediciones o pruebas que requieran mucho tiempo y/o sean complejas, por ejemplo, pruebas de tipo laboratorio.

Además, la invención pretende explotar la mayor cantidad posible de datos medidos y capitalizados sobre la red y sobre el agua que circula por ella, para aumentar la precisión de la evaluación.

### **Descripción de la invención**

Un objeto de la invención para lograr este propósito es un procedimiento para determinar parámetros capaces de informar sobre el estado de un sistema de distribución de agua que comprende al menos una tubería capaz de transportar agua, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

- una etapa de importación adaptada para importar en un ordenador los valores de al menos un parámetro del agua medido previamente, tomados en al menos un punto de entrada del sistema de distribución de agua y durante un período de registro que comprende al menos una fecha de registro;
- una etapa de selección capaz de seleccionar al menos un punto actual;
- una etapa de asociación adaptada para asociar dicho punto actual con al menos un punto de entrada en el sistema de distribución de agua;
- una etapa de determinación adaptada para determinar un valor actual de dicho al menos un parámetro del agua en el punto actual a partir de los valores de entrada en dicho al menos un punto de entrada asociado a dicho punto actual.

La etapa de determinación se realiza preferentemente con el ordenador.

En el ejemplo de la presente descripción, un período de registro debe entenderse como un intervalo de tiempo entre dos fechas dadas, dicho intervalo de tiempo comprende al menos una fecha en la que se llevó a cabo un registro en el punto de entrada, dicha fecha se denomina "fecha de registro".

5 Los valores de entrada de al menos un parámetro del agua medidos en al menos un punto de entrada del sistema de distribución de agua se realizan generalmente mediante mediciones realizadas regularmente por el operador, con una frecuencia que depende del sistema de distribución, el número de habitantes...

En el ejemplo de la presente descripción, los términos aguas arriba y aguas abajo se definen con respecto a la dirección principal del flujo de agua en el sistema de distribución.

10 En el ejemplo de la presente descripción, se dice que el/los punto/s de entrada está/n asociado/s a un punto actual cuando está/n situado/s aguas arriba de dicho punto actual, y el agua que llega a dicho punto actual proviene del/los punto/s de entrada.

15 Según una realización, el procedimiento comprende además una etapa de medición de al menos un parámetro actual medido en al menos un punto actual durante un periodo de medición, realizándose la etapa de determinación a partir de los valores de entrada en el al menos un punto de entrada asociado al punto actual y al al menos un parámetro actual medido, comprendiendo el periodo de medición al menos una fecha de medición, posterior o igual al periodo de medición.

En el ejemplo de la presente descripción, se entiende por periodo de medición un intervalo de tiempo entre dos fechas dadas, incluyendo dicho intervalo de tiempo al menos una fecha en la que se realizó una medición en el punto actual, denominándose dicha fecha "fecha de medición".

20 Según una realización, el procedimiento comprende además una etapa de implementación adaptada para implementar en el sistema informático datos del sistema de distribución de agua, dichos datos del sistema comprenden al menos datos sobre la(s) tubería(s) y datos sobre la dirección del flujo de agua en la(s) tubería(s).

La etapa de implementación de los datos del sistema puede ser anterior a la etapa de selección.

25 Según una realización, el procedimiento comprende además una etapa de modelización posterior a la etapa de implementación de los datos del sistema y adaptada para generar un modelo de flujo de agua en el sistema de distribución de agua, siendo dicho modelo obtenido a partir de los datos del sistema.

El modelo de flujo de agua puede generarse a partir de un software como EPANET y de los datos del sistema.

30 Según una realización, la etapa de importación está adaptada para importar los valores de entrada de al menos un parámetro del agua en varios puntos de entrada. En este caso, la etapa de asociación del procedimiento es capaz de asociar entre ellos N puntos actuales y M puntos de entrada, donde  $M > 1$  y  $N \geq 1$ . Los valores de los números M y N y la relación entre estos números dependen de la red, del número de habitantes.

Según una realización, la etapa de asociación se lleva a cabo según el patrón de flujo del agua en el sistema, preferiblemente obtenido durante la etapa de modelado.

35 Según una realización, el procedimiento comprende además una etapa de zonificación del sistema de distribución de agua en una pluralidad de zonas, adaptada para definir una pluralidad de zonas, una zona que comprende al menos un punto actual asociado a uno o más puntos de entrada.

La etapa de zonificación se realiza preferentemente sobre la base del modelo de flujo de agua en el sistema, obtenido preferentemente durante la etapa de modelado.

40 Según una realización, un parámetro del agua es la concentración en el agua de al menos un compuesto químico, por ejemplo calcio (Ca) y/o magnesio (Mg) y/o sodio (Na) y/o potasio y/o sulfatos y/o nitratos y/o silicatos y/o cloruros de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ).

En una realización, un parámetro del agua es la composición química total del agua.

En una realización, un parámetro del agua es el pH y/o la conductividad y/o la temperatura.

Según una realización, la etapa de determinación comprende las siguientes etapas:

- 45
- si el punto actual está asociado a un único punto de entrada, entonces al valor actual de al menos un parámetro del agua se le asigna el valor medio temporal de los valores de entrada de dicho parámetro;
  - si el punto actual está asociado con al menos dos puntos de entrada entonces:
    - o bien la media temporal de los valores de entrada de al menos un parámetro del agua se calcula para cada punto de entrada asociado a dicho punto actual, cada media temporal calculada se pondera con un

primer coeficiente de ponderación, y al valor actual de dicho parámetro se le asigna un valor igual a la suma de todos los puntos de entrada de las medias temporales ponderadas, siendo la suma de los primeros coeficientes de ponderación igual a 1;

- 5 • o bien al valor actual de al menos un parámetro del agua se le asigna el valor promediado en el tiempo de los valores de entrada de dicho parámetro en el punto de entrada hidráulicamente más cercano al punto actual;

la media temporal de los valores de entrada de un parámetro del agua es la media de dichos valores de entrada a lo largo de un período de cálculo que comprende al menos una fecha de estudio.

- 10 En el ejemplo de la presente descripción, un período de cálculo debe entenderse como un intervalo de tiempo entre dos fechas dadas, dicho intervalo de tiempo comprende al menos una fecha de registro.

El periodo de cálculo puede confundirse con el periodo de registro. Puede retrasarse en relación con el período de registro. Puede incluirse en el periodo de registro.

- 15 Si, en el período de cálculo seleccionado, sólo hay una fecha de registro, entonces la media temporal de los valores de entrada de un parámetro del agua en un punto de entrada es igual al valor de entrada en ese punto de entrada en la fecha de registro.

La ponderación por un primer coeficiente de ponderación puede ser arbitraria o calculada.

Según una realización, el primer coeficiente de ponderación de un punto de entrada puede ser igual a la media temporal de los valores de entrada de un punto de entrada dividida por la suma de las medias temporales de los valores de entrada de todos los puntos de entrada.

- 20 El término "punto de entrada hidráulicamente más cercano al punto actual" significa: el punto de entrada cuya distancia desde el punto actual, siguiendo la red de distribución, es la más corta.

En una realización, un parámetro del agua es el valor de la conductividad del agua.

En una realización, la conductividad de entrada del agua se mide en al menos un punto de entrada.

- 25 Según una realización, la conductividad de entrada del agua se calcula en el al menos un punto de entrada a partir de los valores de entrada de los parámetros del agua en el al menos un punto de entrada.

Según una realización, un parámetro actual medido es la conductividad actual del agua medida en un punto actual en una fecha de medición.

Según una realización, la etapa de determinación comprende las siguientes etapas:

- si el punto actual está asociado a un único punto de entrada, y:
  - 30 ◦ si el valor absoluto de la desviación entre la conductividad actual y la conductividad de entrada es inferior o igual a un porcentaje x de la conductividad actual, entonces se asigna al valor actual de al menos un parámetro del agua el valor o los valores de entrada de dicho parámetro medido en la fecha de medición anterior y temporalmente más cercano o igual a dicha fecha de medición;
  - 35 ◦ si el valor absoluto de la desviación entre la conductividad actual y la conductividad de entrada es mayor que un porcentaje x de la conductividad actual, entonces al valor actual de al menos un parámetro del agua se le asigna la media temporal de los valores de entrada de dicho parámetro;
- si el punto actual está asociado con al menos dos puntos de entrada y:
  - 40 ◦ si el valor absoluto de cada desviación entre la conductividad actual y la conductividad de entrada en cada punto de entrada asociado a dicho punto actual es menor o igual que un porcentaje x de la conductividad actual, entonces al valor actual de al menos un parámetro del agua se le asigna la media temporal de los valores de entrada de dicho parámetro en el punto de entrada en el que la conductividad de entrada del agua se acerca más a la conductividad actual del agua;
  - 45 ◦ si el valor absoluto de al menos una desviación entre la conductividad actual y la conductividad de entrada en cada punto de entrada asociado a dicho punto actual es mayor que un porcentaje x de la conductividad actual, entonces:
    - o se calcula la media temporal de los valores de entrada de al menos un parámetro del agua para cada punto de entrada, la media temporal calculada para cada punto de entrada se pondera con un segundo coeficiente de ponderación en función de la relación entre la conductividad de entrada del agua en dicho punto de entrada y la conductividad actual, y se asigna al valor actual de dicho parámetro un valor igual a la

suma de las medias temporales ponderadas; siendo la suma de dichos segundos coeficientes de ponderación igual a 1 ;

◦ o al valor actual de al menos un parámetro del agua se le asigna la media temporal de los valores de entrada de dicho parámetro en el punto de entrada hidráulicamente más cercano al punto actual;

- 5 el valor medio temporal de los valores de entrada de dicho parámetro es la media de dichos valores de entrada a lo largo de un período de cálculo que comprende al menos una fecha de estudio y una fecha de medición, siendo la fecha de estudio anterior o igual a la fecha de medición, y el valor del porcentaje x se define en función de la precisión deseada.

En este caso, el periodo de cálculo debe incluir también al menos una fecha de medición.

- 10 El valor del porcentaje x puede definirse, por ejemplo, en función de la variabilidad de la calidad del agua y/o de la precisión de la medición.

- 15 Según una realización, si el punto actual está asociado a un único punto de entrada, y si el valor absoluto de la desviación entre la conductividad actual y la conductividad de entrada es mayor que un porcentaje x de la conductividad actual, entonces al valor actual de al menos un parámetro del agua se le asigna la media temporal de los valores de entrada de dicho parámetro ponderado por la relación entre la conductividad de entrada del agua y la conductividad actual del agua, siendo el valor promediado en el tiempo de los valores de entrada de dicho parámetro la media de dichos valores de entrada a lo largo de un período de cálculo que comprende al menos una fecha de estudio y una fecha de medición, siendo la fecha de estudio anterior o coincidente con la fecha de medición.

- 20 En una realización, el período de cálculo se obtiene utilizando el modelo de flujo de agua, preferiblemente obtenido en la etapa de modelización.

En una realización preferida, el período de cálculo se obtiene empíricamente.

Si se elige un período de cálculo en el que sólo hay una fecha de registro, entonces la media temporal de los valores de entrada de un parámetro del agua para un punto de entrada es igual al valor de entrada en la fecha de registro. En este caso, es preferible elegir un período de cálculo con una fecha de registro cercana a la fecha de medición.

- 25 Según una realización, el procedimiento comprende además una etapa de cálculo de al menos un índice de degradación en al menos un punto a partir de al menos un valor del parámetro del agua en el al menos un punto.

Según una realización particular, la etapa de cálculo de al menos un índice de degradación se realiza en al menos un punto actual a partir de al menos un valor actual de los parámetros del agua, determinado durante la etapa de determinación en el al menos un punto actual.

- 30 Un índice de degradación se utiliza para determinar el potencial de degradación de las tuberías de la red (dentro y fuera de las tuberías), incluyendo los codos, las válvulas, las bombas, y más en general de la red o incluso la calidad del agua.

Según una realización, la etapa de calcular al menos un índice de degradación en al menos un punto actual se realiza también a partir de un parámetro actual medido en dicho punto actual.

- 35 Según una realización, un parámetro actual medido en un punto actual es el pH del agua, la etapa de cálculo de al menos un índice de degradación comprende las siguientes etapas:

- una etapa de cálculo de un pH de equilibrio del agua a partir de los valores actuales de concentración de compuestos químicos en el agua determinados en dicho punto actual y, a continuación;
- una etapa de comparación del pH y del pH de equilibrio (pHs) en dicho punto actual y a continuación;

- 40 • una etapa de deducción de un índice de degradación del sistema de distribución de agua en dicho punto actual.

En este caso, permite en particular evaluar el riesgo de degradación de una tubería de cemento en dicho punto actual.

- 45 Según una realización, el al menos un parámetro del agua comprende al menos la concentración de cloruros y/o sulfatos en el agua, y la etapa de cálculo del al menos un índice de degradación comprende una etapa de derivación de un índice de degradación del sistema de distribución de agua en al menos un punto actual basado en los valores actuales determinados en dicho punto actual de al menos una concentración de cloruros y/o sulfatos en el agua.

En este caso, permite en particular evaluar el riesgo de degradación de una tubería de material ferroso en dicho punto actual.

En una realización, la etapa de calcular al menos un índice de degradación comprende el uso de un índice de corrosión capaz de calcular una tasa de corrosión.

En una realización, la etapa de calcular al menos un índice de degradación comprende el uso de un índice de emisión de partículas capaz de proporcionar información sobre la calidad del agua en al menos un punto actual.

5 Estos índices se utilizan para determinar el desprendimiento de partículas debido a la corrosión en el agua.

Según una realización, el procedimiento comprende además una etapa de estimación de la vida útil de una o más tuberías del sistema de distribución mediante la combinación de un índice o índices de degradación con los datos de entrada del sistema.

10 Según una realización, el procedimiento comprende además una etapa de definición de zonas críticas entre las zonas definidas durante la etapa de zonificación del sistema.

Según una realización, el procedimiento comprende además una etapa de comprobación de al menos un índice de degradación del sistema de distribución de agua que comprende:

- una etapa de medición de las cantidades de degradación de dicho sistema en al menos un punto del sistema de distribución;
- 15 • una etapa de comparación de las magnitudes de degradación medidas con los índices de degradación calculados en dicho al menos un punto durante la etapa de cálculo del índice de degradación.

El punto puede ser un punto de entrada o un punto actual.

20 Según una realización, el procedimiento comprende además una etapa de recalibración del al menos un índice de degradación del sistema de distribución de agua, utilizando las magnitudes de degradación medidas de dicho sistema en los puntos actuales o en los puntos de entrada en la etapa de verificación.

Según una realización, la etapa de cálculo de al menos un índice de degradación y/o la etapa de verificación, y/o la etapa de recalibración comprende una etapa de análisis del entorno y/o del sistema de distribución de agua.

En particular, esto puede incluir una etapa de medición de muestras de suelo alrededor de dicho sistema, y/o de medición directamente en las tuberías para comprobar el estado real de degradación del sistema.

25 Así, la invención se refiere a un procedimiento que permite generar información sobre el estado de degradación de una red de distribución, y en particular de las tuberías de distribución de agua potable, con el fin de identificar puntos y/o zonas de riesgo de rotura y de deterioro significativo de la calidad del agua transportada.

30 Los resultados se pueden geolocalizar mediante una interfaz intuitiva que muestra las zonas críticas (es decir, con riesgo de degradación) para que los gestores de la red puedan tomar medidas preventivas contra incidentes graves, como roturas importantes y no conformidades.

Estas acciones preventivas pueden incluir la aplicación de tratamientos de acondicionamiento del agua transportada, la renovación estratégica de las tuberías con mayor riesgo de rotura y la realización de operaciones de limpieza de la red.

35 Según una realización, el procedimiento comprende además una etapa de corrección que consiste en enviar a un sistema de control al menos un índice de degradación calculado y/o recalculado, pudiendo el sistema de control actuar sobre el sistema de distribución de agua y/o sobre el agua para corregir el estado de dicho sistema de distribución de agua.

40 Según una realización particular, la etapa de corrección consiste en añadir uno o más reactivos al agua, siendo la cantidad de un reactivo calculada por el sistema de control en función de al menos un índice de degradación calculado y/o recalculado.

45 A diferencia de los procedimientos que utilizan un historial de sucesos pasados para anticipar futuros incidentes, lo que a veces resulta demasiado tarde para actuar de forma preventiva, el procedimiento según la invención explota al máximo los datos medidos y/o capitalizados, abordando los fenómenos de interacciones entre el agua, cuya calidad y parámetros (velocidades, presión, etc.) varían en cualquier punto de la red, y el propio sistema de distribución (tuberías, válvulas, bombas, etc.), o incluso entre el sistema de distribución y su entorno exterior.

Así, la invención divulgada combina la información sobre el estado real, medido o calculado del agua y de la red con la información sobre los fenómenos de degradación física y química que actúan en la interfaz entre el agua y la red, en particular entre el agua y las tuberías de la red.

**Descripción de las figuras**

Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la siguiente descripción, que se da a título ilustrativo y no limitativo, con referencia a las figuras adjuntas, entre las que se encuentran las siguientes

- la figura 1 muestra un primer ejemplo de una parte de una red de distribución de agua;
- la figura 2 muestra un segundo ejemplo de una parte de una red de distribución de agua;
- 5 • la figura 3 muestra un tercer ejemplo de una parte de una red de distribución de agua;
- la figura 4 muestra un cuarto ejemplo de una parte de una red de distribución de agua;
- la figura 5 ilustra una primera realización del procedimiento según la invención;
- la figura 6 ilustra una segunda realización del procedimiento según la invención;
- la figura 7 ilustra una tercera realización del procedimiento según la invención;
- 10 • la figura 8 ilustra una cuarta realización del procedimiento según la invención;
- la figura 9 ilustra una quinta realización del procedimiento según la invención;
- la figura 10 muestra una primera realización de la etapa de determinación;
- la figura 11 muestra una segunda realización de la etapa de determinación;
- la figura 12 ilustra una tercera realización de la etapa de determinación.

15 **Descripción detallada de modos particulares de realización**

Las figuras 1 a 4 ilustran una serie de diagramas que corresponden a una serie de ejemplos de partes de un sistema de distribución de agua 100.

Un sistema de distribución de agua también puede denominarse red de distribución en esta descripción.

20 Un sistema de distribución de agua 100 está adaptado para transportar agua desde un sitio de producción hasta los sitios de consumo.

Se utiliza un ordenador C para llevar a cabo las diferentes etapas del procedimiento según la invención. Normalmente no está conectado físicamente al sistema de distribución.

El sistema 100 comprende una o varias tuberías 2 adaptadas para transportar agua 3, en particular entre un punto de entrada 10 y un punto actual 110.

25 Un punto de entrada puede estar situado en una planta de tratamiento de agua. También puede llamarse "punto de distribución de agua".

30 Un punto actual corresponde generalmente a un punto de la red de distribución donde se miden todos o algunos de los siguientes parámetros: pH, conductividad, temperatura. Se trata de puntos que el gestor o diseñador de la red de distribución ha colocado de forma inteligente y/o legal en puntos del sistema de distribución de agua, y que están equipados para realizar dichas mediciones. El número de estos puntos varía según la longitud de la red y la población. Esto está regulado, por ejemplo, en Francia.

Los diferentes parámetros de interés para un sistema de distribución de agua son los siguientes

Parámetros	Valor obtenido	Medios de obtención
Calcio	Concentración	Medido o correlacionado
Magnesio	Concentración	Medido o correlacionado
Sodio	Concentración	Medido o correlacionado
Potasio	Concentración	Medido o correlacionado
Alcalinidad (HCO3-)	Concentración	Medido o correlacionado

Parámetros	Valor obtenido	Medios de obtención
Cloruro	Concentración	Medido o correlacionado
Sulfatos	Concentración	Medido o correlacionado
Nitratos	Concentración	Medido o correlacionado
Silicatos	Concentración	Medido o correlacionado
pH	Valor del pH	Medido
Conductividad	Valor de conductividad	Medido o calculado
Temperatura	Valor de la temperatura	Medido
pHs	Valor de pH de equilibrio	Calculado

5 Mientras que los parámetros de concentración de agua están generalmente disponibles en los puntos de entrada, incluyendo la capacidad de derivar un valor de conductividad (que también puede ser medido en el punto de entrada), no todos los parámetros de concentración están generalmente disponibles en los puntos actuales, y mucho menos a lo largo de toda la longitud de la tubería.

Además, si el agua en un punto actual proviene de diferentes plantas, hay una mezcla de agua, y por lo tanto una mezcla de diferentes calidades de agua.

Un punto actual 110 puede estar asociado a un único punto de entrada 10, es decir, el agua que pasa por dicho punto actual 110 puede ser suministrada por un único punto de entrada 10.

10 Un punto actual 111, respectivamente 112 puede estar asociado a varios puntos de entrada 11, 21, respectivamente 12, 22, 32, es decir, el agua que pasa por dicho punto actual 111, respectivamente 112 puede ser alimentada por varios puntos de entrada 11, 21, respectivamente 12, 22, 32.

El sistema 100 puede organizarse en una serie de zonas 101, 102, 103, cada una de las cuales puede, por ejemplo, agrupar puntos de entrada y puntos actuales asociados entre sí.

15 La figura 5 ilustra una primera realización del procedimiento de supervisión de un sistema de distribución de agua 100 que comprende las siguientes etapas:

- una etapa de importación de la importación de los valores de entrada VE de al menos un parámetro del agua leído en al menos un punto de entrada 10 del sistema de distribución de agua 100 y a lo largo de un período de registro que comprende al menos una fecha de lectura entonces,
- 20 • una etapa de SELECCIÓN capaz de seleccionar al menos un punto actual 110 y, a continuación
- una etapa de asociación ASO adaptada para asociar dicho punto actual con al menos un punto de entrada 10 en el sistema de distribución de agua 100 y, a continuación
- una etapa de determinación DETER adaptada para determinar un valor actual VA de dicho al menos un parámetro del agua en el punto actual 110 a partir de los valores de entrada VE en dicho al menos un punto de entrada 10 asociado a dicho punto actual.

El punto actual 110, así como el o los puntos de entrada 10, se almacenan en el ordenador C.

La etapa de determinación del DETER se realiza con el ordenador C.

Puede haber diferentes períodos de registro  $\Delta t_{reg}$  y fechas de registro  $t_{reg}$  para diferentes puntos de entrada.

30 Así, el procedimiento según la invención debe comenzar por utilizar los datos de uno o más puntos de producción de agua diferentes (puntos de entrada). Los datos son los valores de entrada VE de los parámetros del agua.

A continuación, es esencial seleccionar al menos un punto actual, situado aguas abajo del punto o puntos de entrada. La asociación del punto actual seleccionado con uno o más puntos de entrada se consigue conociendo el

patrón de flujo del agua en la red. Y es fundamental conocer las cualidades del agua que viene de los puntos de entrada y llega al punto actual, y sobre todo conocer las diferentes aguas que se mezclan antes de llegar al punto actual seleccionado.

5 La figura 5 ilustra las 4 etapas realizadas una tras otra. Alternativamente, sólo la etapa DETER puede realizarse después de las otras etapas, y todos o parte de las etapas IMPORT, SELEC y ASO pueden realizarse en cualquier orden, o en paralelo, antes de la etapa DETER.

En general, para todas las realizaciones del procedimiento ilustrado en las Figuras 5 a 9, las diversas etapas pueden no realizarse en el orden ilustrado.

La figura 6 ilustra una segunda realización del procedimiento, en la que se añaden las etapas SISTEMA, MODELO.

10 La etapa SISTEMA es una etapa de implementación en el ordenador de datos del sistema S, para el sistema de distribución de agua 100. Los datos del sistema incluyen al menos datos sobre la(s) tubería(s) y datos sobre la dirección del flujo de agua en la(s) tubería(s).

En general, se trata de datos geolocalizados de toda la red de distribución considerada, que pueden incluir, entre otros, los siguientes:

- 15
- material de las tuberías, diámetros, longitudes, fechas de colocación, profundidades de colocación;
  - la hidráulica de la red, incluidos los caudales, las direcciones y las velocidades;
  - presiones internas de funcionamiento (mínima, máxima, media);
  - el historial de los análisis de calidad del agua realizados en varios puntos de la red de agua potable;
  - tipología de suelos ;
- 20
- el historial de roturas de tuberías registrado en la red;
  - los resultados del diagnóstico de las tuberías ;
  - el historial de quejas de los clientes por el deterioro de la calidad.

La etapa SISTEMA de implementación de los datos del sistema puede ser anterior a la etapa SELECCIÓN.

25 La etapa MODELO es una etapa de modelización adaptada para generar un modelo M de flujo de agua en el sistema de distribución de agua 100, siendo dicho modelo obtenido a partir de los datos del sistema. La etapa del MODELO es posterior a la etapa del SISTEMA.

El modelo de flujo de agua puede generarse a partir de un software como EPANET y de los datos del sistema.

La etapa de asociación ASO puede así realizarse utilizando el modelo generado durante la etapa de modelado MODEL.

30 Esto es muy ventajoso cuando hay una red compleja, con varios puntos de entrada asociados a varios puntos actuales.

35 La figura 7 ilustra una tercera realización del procedimiento, en la que se añade una etapa de MEDICIÓN, en comparación con la primera modalidad. Esta etapa prevé la medición en al menos un punto actual 110 de al menos un parámetro actual P. Esta medición se realiza durante un periodo de medición  $\Delta t_{med}$ . La etapa de determinación DETER se realiza entonces sobre la base de los valores de entrada VE y de dicho al menos un parámetro actual medido, comprendiendo el período de medición  $\Delta t_{med}$  al menos una fecha de medición  $t_{med}$ , posterior o coincidente con una fecha de registro  $t_{reg}$ .

La figura 8 ilustra una cuarta realización del procedimiento, que es una combinación de la segunda y tercera realización.

40 La figura 9 ilustra una quinta realización del procedimiento según la invención en la que se añaden las etapas ZONIF, DEGRAD, ESTIM, CRITIC.

La etapa de zonificación ZONIF del sistema de distribución de agua 100 permite definir varias zonas 101, 102, 103 para dicho sistema, una zona que comprende al menos un punto actual 110, 111, 112 asociado a al menos un punto de entrada 10, 11, 21, 12, 22, 32, 13.

45 La etapa de zonificación consiste en dividir el sistema de distribución 100 en diferentes zonas geográficas 101, 102, 103, que son zonas en las que el flujo de agua y la calidad del agua pueden modelarse con mayor precisión. De este

modo, se pueden asociar a cada zona los datos sobre el caudal y la calidad del agua, por ejemplo, para un periodo de tiempo determinado.

La etapa de modelado MODELO puede contribuir o permitir la división del sistema de distribución de agua 100 en zonas, en la etapa de zonificación ZONIF.

- 5 De hecho, para realizar la etapa de zonificación, es importante entender el patrón de flujo del agua en la red, donde las calidades de agua son similares, cómo se mezclan las diferentes fuentes de agua.

10 Todas las zonas representan la organización general del sistema de distribución de agua 100. Así, una vez realizados los cálculos para cada zona, la agrupación de las diferentes zonas permite encontrar el sistema de distribución de agua 100 en su conjunto, enriquecido con los datos e información determinados durante las etapas de DETER realizados en cada zona.

15 Las etapas de importar IMPORT, seleccionar SELEC, asociar ASO y determinar DETER pueden realizarse para cada una de las zonas, con el fin de determinar un valor actual VA del parámetro o parámetros del agua en el punto actual contenido en una zona 101 a partir de los valores de entrada VE de al menos un punto de entrada 10 asociado a dicho punto actual 110 y contenido en la zona 101. Esto tiene la ventaja de que los cálculos de extrapolación pueden realizarse de forma menos compleja, por zonas, especialmente en el caso de un sistema complejo de distribución de agua. En cada zona, el patrón de flujo se simplifica.

Cada configuración de zona está asociada a uno o más periodos de tiempo, a menudo correspondientes a las estaciones del año. Esto significa que los puntos de entrada, con sus conjuntos de datos tomados en diferentes momentos, pueden asignarse a diferentes patrones de flujo y a diferentes zonas en función de la estación.

- 20 La etapa de cálculo DEGRAD consiste en determinar al menos un índice de degradación ID en al menos un punto actual 110, 111, 112 a partir de al menos un valor actual VA de los parámetros del agua en dicho al menos un punto actual determinado durante la etapa de determinación DETER.

25 La etapa DEGRAD puede consistir en determinar los valores de la cinética de degradación interna y/o externa de la red de distribución, en particular de las tuberías, para puntos actuales específicos y/o para zonas definidas en la etapa ZONIF, o incluso en puntos de entrada.

La etapa de cálculo DEGRAD en los puntos actuales implementa el cálculo de los valores de diferentes índices relacionados con el potencial de degradación, basados en los datos extrapolados en la etapa DETER, en particular en combinación con los datos medidos en la etapa MED.

- 30 Se consideran varios índices de caracterización de la degradación, como el índice de Langelier, el índice de Larson, el índice de corrosión SUEZ y el índice de liberación de partículas SUEZ.

Los valores del índice se convierten entonces en conceptos de cinética de degradación interna y externa de la red de distribución para puntos y/o zonas específicas definidas en la etapa ZONIF. Esta conversión puede realizarse con modelos de degradación desarrollados específicamente por SUEZ o con modelos de degradación de la literatura.

- 35 Un índice de degradación considerado puede ser el Índice de Langelier (LSI). En este caso, un parámetro actual medido en el punto actual es el pH del agua, la etapa de cálculo del índice de degradación en ese punto actual comprende las siguientes etapas:

- una etapa de cálculo de un pH (pH de equilibrio) del agua a partir de los valores actuales de concentración de compuestos químicos en el agua determinados en dicho punto actual y, a continuación,;
- una etapa de comparación del pH y de los pH en dicho punto actual y luego;
- 40 • una etapa de deducción de un índice de degradación de una tubería en dicho punto actual.

El índice de Langelier es por tanto un índice que responde a la fórmula  $LSI = pH - pH_s$ , con los siguientes resultados

- Si  $LSI > 0$ : se trata de un agua con incrustaciones
- Si  $LSI < 0$ : es un agua agresiva para el  $CaCO_3$
- 45 • Si  $LSI = 0$ : el agua está en equilibrio, saturada de  $CaCO_3$ , lo que implica que los depósitos de  $CaCO_3$  no se depositan ni se disuelven.

El índice de Langelier es ventajoso para caracterizar la degradación de los tubos de cemento.

Otro índice de degradación considerado puede ser el índice de Larson. En este caso, al menos un parámetro del agua en un punto actual comprende al menos la concentración de cloruros y/o sulfatos en el agua, comprendiendo la

etapa de cálculo del índice de degradación una etapa de deducción del índice de Larson en dicho punto en función de los valores actuales de al menos una concentración de cloruros y/o sulfatos en el agua determinados en al menos un punto actual.

El índice de Larson (índice de corrosión del metal o La) corresponde a la fórmula:

$$5 \quad La = \frac{[Cl^-] + 2[SO_4^{2-}]}{[HCO_3^-]} \text{ Concentración expresada en mol/l.}$$

$$\text{O } La = \frac{[\text{sulfatos} \times 2] + \text{cloruros}}{\text{alcalinidad.}}$$

Por ejemplo, existen tablas que dan tendencias de corrosión basadas en el índice Larson La calculado:

- Si  $La < 0,2$ : no hay tendencia a la corrosión
- Si  $0,4 < La \leq 0,2$ : tendencia débil
- 10 • Si  $0,5 < La \leq 0,4$ : ligera tendencia
- Si  $1,0 < La \leq 0,5$ : tendencia media
- Si  $La \geq 1,0$ : clara tendencia a la corrosión

Se considera, por tanto, que el riesgo comienza en cuanto  $La \geq 0,5$ . Sin embargo, los distintos países pueden tener recomendaciones diferentes.

15 El índice de Larson es ventajoso para caracterizar la degradación de los tubos de material ferroso.

Se pueden utilizar otros índices, como el índice Buffer ( $\beta$ )

$$\beta = 2.3 \left( \frac{[H_2CO_3][HCO_3^-]}{C_T, CO_3} + \frac{[HCO_3^-][OH^-]}{C_T, CO_3} \right)$$

Donde  $C_T, CO_3$  son las concentraciones totales de especies de carbono, expresadas en moles/L.

20 Otros dos índices considerados pueden ser el índice de corrosión SUEZ  $IC_{SUEZ}$  y el índice de liberación de partículas SUEZ  $ILP_{SUEZ}$ . Estos índices se explican en la publicación "Predicting the effect of water quality on water distribution cast iron and steel pipes using two novel indices". M. Philibert et al. / Novel corrosion indices for iron and steel pipes Water Science & Technology: Water Supply / en prensa / 2017.

El índice de corrosión  $IC_{SUEZ}$  se utiliza para calcular un índice de corrosión: se calcula a partir del índice Buffer ( $\beta$ ), el índice Langelier (LSI) y el índice Larson (La).

$$25 \quad IC_{SUEZ} = \frac{K \times (1 + \sqrt{La}) \times (1 + \beta)^p}{\beta}$$

donde  $\beta$  (en mmol/L) se determina por simulación química de la inyección de HCl, y donde :

$$p = 1 \text{ si } LSI < 0 \text{ o } p = -1 \text{ si } LSI \geq 0$$

$$K = 1 \text{ si } pH > 7 \text{ o } K = \frac{La}{(1+La)} \text{ si } pH \leq 7$$

- Si  $IC_{SUEZ} \leq 2$ : bajo riesgo de corrosión
- 30 • Si  $2 < IC_{SUEZ} \leq 9$ : riesgo de corrosión moderado
- Si  $9 < IC_{SUEZ} \leq 16$ : alto riesgo de corrosión
- Si  $IC_{SUEZ} > 16$ : riesgo muy alto de corrosión

El índice de liberación de partículas ILP proporciona información sobre la calidad del agua en al menos un punto actual. También se calcula a partir del índice de Buffer ( $\beta$ ), el índice de Langelier (LSI) y el índice de Larson (La).

$$35 \quad PRI_{SUEZ} = (1 + La) \times (1 + \beta)^p$$

donde  $\beta$  (en mmol/L) se determina por simulación química de la inyección de HCl, y donde  $p = 1$  si  $LSI < 0$  o  $p = -1$  si  $LSI \geq 0$

- Si  $ILP_{SUEZ} \leq 1$ : riesgo muy bajo de liberación de partículas
- Si  $1 < ILP_{SUEZ} \leq 4$ : riesgo bajo de liberación de partículas
- 5 • Si  $4 < ILP_{SUEZ} \leq 10$ : alto riesgo de desprendimiento de partículas
- Si  $ILP_{SUEZ} > 10$ : riesgo muy alto de liberación de partículas

La etapa de estimación ESTIM estima la vida útil de al menos una tubería 2 del sistema de distribución 100 combinando al menos un índice de degradación ID con los datos de entrada del sistema S.

- 10 Consiste en realizar cálculos que combinan los resultados de la etapa DEGRAD (índices de degradación) con los datos que caracterizan el sistema de distribución, y en particular las tuberías de la red (edad, tamaño, tipo de material, presión de distribución, profundidad de tendido, etc.) consolidados en la etapa SISTEMA, con el fin de estimar una vida útil residual para puntos y/o zonas actuales específicos definidos en la etapa ZONIF.

La etapa de definición de CRÍTICAS permite determinar las zonas críticas entre las zonas definidas durante la etapa de zonificación ZONIF del sistema 100, y distinguirlas geográficamente.

- 15 La criticidad de un área se determina por uno o más de los siguientes factores:

- un potencial teórico muy alto de degradación de las tuberías;
- un potencial teórico muy alto de degradación de la calidad del agua;
- nivel muy alto de degradación de las tuberías;
- nivel de degradación de la calidad del agua medido muy alto;
- 20 • combinación de un alto potencial teórico de degradación de las tuberías y un alto nivel de degradación medido de las mismas;
- combinación de un alto potencial teórico de degradación de la calidad del agua y un alto nivel medido de degradación de la calidad del agua.

- 25 La etapa de determinación del DETER tiene por objeto extrapolar los valores de los parámetros, y en particular de la composición química del agua, conocidos y registrados en los puntos de entrada de la red para realizar los cálculos que caracterizan los fenómenos de degradación en el conjunto de dicha red de distribución.

El objetivo es aprovechar al máximo estos valores, también conocidos como datos, y determinar los valores correlacionados en otros puntos de la red.

- 30 La etapa de determinación de estos valores correlacionados en los puntos actuales puede realizarse en diferentes modos, según la configuración de la red de distribución y/o la zonificación de esta red. Estos diferentes modos se ilustran en las figuras 10 a 12.

Para todas las figuras 10 a 12:

- los "datos de entrada completos" en una fecha de registro  $t_{reg}$  en un punto de entrada se refieren a los valores de entrada de los siguientes parámetros del agua: conductividad  $\sigma$  (medida o calculada), concentraciones de compuestos químicos en el agua, y posiblemente pH y temperatura;
- 35 • los "datos completos actuales" en una fecha de cálculo  $t_{calc}$  en el punto actual se refieren al menos a los valores actuales medidos de los siguientes parámetros del agua: conductividad  $\sigma$ , y posiblemente pH y temperatura.

La figura 10 ilustra el caso en el que el punto actual 110 está asociado a un único punto de entrada 10. Se ilustran las siguientes etapas:

- 40 • Etapa A1: para un periodo de cálculo seleccionado  $\Delta t_{calc}$ , seleccionar una primera fecha de cálculo  $t_{calc}$  dentro del periodo  $\Delta t_{calc}$  y en la que los datos actuales estén completos en el punto 110 ;
- Etapa A2: selección de al menos una fecha de registro  $t_{reg}$  anterior a la primera fecha de cálculo  $t_{calc}$  seleccionada en la etapa A1 para la cual los datos de entrada están completos en el punto 10 (preferentemente la fecha de registro  $t_{reg}$  del punto de entrada 10 se elige para que sea lo más cercana posible a la fecha de
- 45 cálculo  $t_{calc}$ );

## ES 2 907 005 T3

- Etapa A3: Cálculo del valor absoluto  $|\Delta\sigma|$  de la diferencia entre la conductividad  $\sigma_{10}$  del punto 10 en la fecha  $t_{reg}$  y la conductividad  $\sigma_{110}$  del punto 110 en la fecha  $t_{calc}$ ;
- 5 • Etapa A4: Si  $|\Delta\sigma|$  es menor o igual al x% de la conductividad  $\sigma_{110}$ , entonces los valores de las concentraciones de los compuestos químicos medidos en el punto 10 en la fecha  $t_{calc}$  más cercana a la fecha  $t_{calc}$  se trazan en el punto 110 para la fecha  $t_{calc}$ ;
- Etapa A4bis: Si  $|\Delta\sigma|$  es mayor que el x% de la conductividad  $\sigma_{110}$ , entonces los valores medios a lo largo del periodo de tiempo  $\Delta t_{calc}$  de las concentraciones para cada compuesto químico medido en el punto 10 en las fechas  $t_{calc}$  se trazan en el punto 110 para la fecha  $t_{calc}$ ;
- 10 • Etapa A5 (etapa DEGRAD): cálculo de los índices de degradación ID para calificar las interacciones entre el agua y los materiales en los puntos 10 y 110 ;
- Etapa A6 (opcional): aplicar las etapas anteriores A1 a A5 para una segunda fecha de cálculo  $t_{calc}$  en la que los datos están completos en el punto 110.

La figura 11 ilustra el caso en el que el punto actual 111 está asociado a dos puntos de entrada 11, 21.

- 15 • Etapa B1: para un periodo de cálculo seleccionado  $\Delta t_{calc}$ , seleccione una primera fecha de cálculo  $t_{calc}$  dentro del periodo  $\Delta t_{calc}$  y en la que los datos actuales estén completos en el punto 111 ;
- Etapa B2: Selección, para cada punto de entrada 11, 21, de al menos una fecha de registro  $t_{reg}$  anterior a la primera fecha de cálculo  $t_{calc}$  seleccionada en la etapa B1 para la que los datos de entrada están completos (preferentemente la fecha de registro  $t_{reg}$  para cada punto de entrada se elige para que sea lo más cercana posible a la fecha de cálculo  $t_{calc}$ );
- 20 • Etapa B3: cálculo, para cada punto de entrada, del valor absoluto  $|\Delta\sigma|_1$ (respectivamente  $|\Delta\sigma|_2$ ) de la diferencia entre la conductividad  $\sigma_{11}$  (respectivamente  $\sigma_{12}$ ) del punto de entrada 11 (respectivamente 21) en la fecha  $t_{reg}$  y la conductividad  $\sigma_{111}$  del punto actual 111 en la fecha  $t_{calc}$  ;
- Etapa B4: Si  $|\Delta\sigma|_1$  y/o  $|\Delta\sigma|_2$  es menor o igual al x% de la conductividad  $\sigma_{111}$  del punto 111, entonces se selecciona un punto de entrada para el que el valor de  $|\Delta\sigma|$  es menor y se asigna al punto 111 para la fecha  $t_{calc}$  los valores de las concentraciones de compuestos químicos medidos en dicho punto de entrada en la fecha más cercana a la fecha de cálculo  $t_{calc}$  ;
- 25 • Etapa B4bis: en caso contrario, se calculan los cocientes de ponderación  $\frac{|\Delta\sigma|_1}{\sigma_{11}}$  y  $\frac{|\Delta\sigma|_2}{\sigma_{21}}$  y se asigna el punto actual 111 para la fecha  $t_{calc}$ , y para cada compuesto químico cuya concentración en el agua se conoce en los puntos de entrada 11 y 21, un valor de concentración  $C_{111}$  igual a  $\frac{|\Delta\sigma|_1}{\sigma_{11}} \times C_{11} + \frac{|\Delta\sigma|_2}{\sigma_{21}} \times C_{21}$  donde  $C_{11}$  es la concentración de dicho compuesto químico en el agua medida en el punto de entrada 11 en la fecha de registro  $t_{reg}$  más cercana a la fecha de cálculo  $t_{calc}$  y  $C_{21}$  es la concentración de dicho compuesto químico en el agua medida en el punto de entrada 21 en la fecha de registro  $t_{reg}$  más cercana a la fecha de cálculo  $t_{calc}$ ;
- Etapa B5 (etapa DEGRAD): cálculo de los índices de degradación ID para calificar las interacciones entre el agua y los materiales en los puntos 11, 21 y 111:
- 30 • Etapa B6 (opcional): aplicar las etapas anteriores B1 a B5 para una segunda fecha de cálculo  $t_{calc}$  en la que los datos están completos en el punto 111.

La figura 12 ilustra el caso en que el punto actual 112 está asociado con más de dos puntos de entrada 12, 22, 32.

- Etapa C1: Para un periodo de cálculo seleccionado  $\Delta t_{calc}$ , seleccione una primera fecha de cálculo  $t_{calc}$  dentro del periodo  $\Delta t_{calc}$  y en la que los datos actuales estén completos en el punto 112;
- 40 • Etapa C2: seleccionar, para cada punto de entrada 12, 22, 32, al menos una fecha de registro  $t_{reg}$  anterior a la primera fecha de cálculo  $t_{calc}$  seleccionada en la etapa C1 y cuyos datos de entrada estén completos (preferentemente, la fecha de registro  $t_{reg}$  de cada punto de entrada se elige para que sea lo más cercana posible a la fecha de cálculo  $t_{calc}$ );
- Etapa C3: cálculo, para cada punto de entrada, del valor absoluto  $|\Delta\sigma|_1$ (respectivamente  $|\Delta\sigma|_2$ ,  $|\Delta\sigma|_3$ ) de la diferencia entre la conductividad  $\sigma_{12}$  (respectivamente  $\sigma_{22}$ , respectivamente  $\sigma_{23}$ ) del punto de entrada 12 (respectivamente 22, 32) en la fecha  $t_{reg}$  y la conductividad  $\sigma_{112}$  del punto actual 112 en la fecha  $t_{calc}$ ;
- 45

- Etapa C4: si  $|\Delta\sigma|_1$  y/o  $|\Delta\sigma|_2$  y/o  $|\Delta\sigma|_3$  es menor o igual al x% de la conductividad  $\sigma_{112}$  del punto 112, entonces se selecciona un punto de entrada 12, 22, 32 para el cual el valor de  $|\Delta\sigma|$  es el más pequeño y se asigna al punto 112 para la fecha  $t_{calc}$  los valores de las concentraciones de compuestos químicos medidos en dicho punto de entrada seleccionado en la fecha más cercana a la fecha de cálculo  $t_{calc}$ , en caso contrario:

- 5
- Etapa C4bis: se calculan los cocientes de ponderación  $\frac{|\Delta\sigma|_1}{\sigma_{12}}$ ,  $\frac{|\Delta\sigma|_2}{\sigma_{22}}$  y  $\frac{|\Delta\sigma|_3}{\sigma_{32}}$  y se asigna un valor de concentración  $C_{112}$  igual a  $\frac{|\Delta\sigma|_1}{\sigma_{12}} \times C_{12} + \frac{|\Delta\sigma|_2}{\sigma_{22}} \times C_{22} + \frac{|\Delta\sigma|_3}{\sigma_{32}} \times C_{32}$  al punto actual 112 para la fecha  $t_{calc}$ , y para cada compuesto químico cuya concentración en el agua se conoce en los puntos de entrada 12, 22 y 32, donde  $C_{12}$  es la concentración de dicho compuesto químico en el agua medida en el punto de entrada 12 en la fecha de registro  $t_{reg}$  más cercana a la fecha de cálculo  $t_{calc}$ ,  $C_{22}$  es la concentración de dicho compuesto químico en el agua medida en el punto de entrada 22 en la fecha de registro  $t_{reg}$  más cercana a la fecha de cálculo  $t_{calc}$ , y  $C_{32}$  es la concentración de dicho compuesto químico en el agua medida en el punto de entrada 32 en la fecha de registro  $t_{reg}$  más cercana a la fecha de cálculo  $t_{calc}$ ; o:

- 10
- Etapa C4ter: se analiza el flujo hidráulico para asociar el punto actual 112 con el punto de entrada 12 más cercano hidráulicamente y se trazan los valores de las concentraciones de elementos medidos en dicho punto de entrada 12 en la fecha  $t_{calc}$  más cercana a la fecha de cálculo  $t_{calc}$  en el punto 112 para la fecha  $t_{calc}$  (caso de la figura 10);
- 15
- Etapa C5 (etapa DEGRAD): cálculo de los índices de degradación ID para calificar las interacciones entre el agua y los materiales en los puntos 12, 22, 32 y 112;
- 20
- Etapa C6 (opcional): aplicar las etapas anteriores C1 a C5 para una segunda fecha de cálculo  $t_{calc}$  en la que los datos están completos en el punto actual 112.

Como alternativa a los valores de las concentraciones de compuestos químicos medidos en dicho punto de entrada en la fecha de registro  $t_{reg}$  más cercana a la fecha de cálculo  $t_{calc}$ , puede tomarse un valor medio de las concentraciones de compuestos químicos medidos en una pluralidad de fechas de registro  $t_{reg}$ , siendo cada fecha de registro anterior o igual a la fecha de cálculo  $t_{calc}$ .

25 Una etapa de verificación VERIF de al menos un índice de degradación calculado puede realizarse después de la etapa de cálculo del índice de degradación DEGRAD. Comprende:

- una etapa de medición de las magnitudes de degradación de dicho sistema en al menos un punto actual 110;
- una etapa de comparación de las magnitudes de degradación medidas con los índices de degradación ID calculados en dicho al menos un punto actual durante la etapa de cálculo del DEGRAD.

30 Esta etapa permite comprobar la información producida a partir de los cálculos anteriores basados en las interacciones agua/material de la red y proporcionar los indicadores calculados, correspondientes a los riesgos teóricos, con las cantidades medidas que dan los indicadores reales de degradación.

Estas cantidades medidas pueden proceder de registros de eventos de deterioro de la calidad del agua (análisis del agua, quejas de los clientes), resultados de diagnósticos y/o autopsias en la red, por ejemplo en las tuberías.

35 Esto puede mejorarse aún más mediante análisis del entorno cercano a la red, por ejemplo en el suelo que rodea las tuberías.

Para cada punto actual y/o cada zona definida en la etapa de zonificación ZONIF, los indicadores de degradación calculados se comparan con los indicadores del estado de degradación real.

40 Esta etapa de verificación VERIF puede ir seguida de una etapa de recalibración RECAL del índice de degradación calculado, utilizando las magnitudes de degradación de dicho sistema medidas en al menos un punto actual durante la etapa de verificación (VERIF).

Los diferentes modos presentados pueden combinarse entre sí.

Así, el procedimiento según la invención permite calificar, o incluso predecir, el estado de degradación de las tuberías de distribución y las consecuencias sobre la vida de los bienes y la calidad del agua.

45 El procedimiento según la invención también permite intervenir para prevenir una degradación, o para evitar que una degradación empeore.

Así, el procedimiento puede incluir etapas de intervención en el sistema de distribución de agua, y/o en el agua para prevenir la degradación, o para prevenir que la degradación empeore.

Los dos ejemplos siguientes, que no son limitativos, ilustran dos posibles modos de intervención.

**Ejemplo 1:** En función de los índices de degradación calculados en un punto de la red, se transmite una instrucción de corrección de la calidad del agua, y en particular del pH, a una o varias máquinas automáticas o a uno o varios operarios de una o varias instalaciones situadas aguas arriba de dicho punto. Esto podría reflejarse en una corrección en un punto de entrada. La instrucción puede traducirse entonces en la adición de una dosis adaptada de reactivos. Esto puede ser una dosis de un ácido o de una soda.

**Ejemplo 2:** En función de los índices de degradación calculados en uno o varios puntos de la red (o en una o varias zonas), se transmite a uno o varios reguladores automáticos o a uno o varios operadores una instrucción de funcionamiento para los distintos recursos hídricos que abastecen dicho punto, con el fin de adaptar la calidad del agua a nivel de los puntos de entrada que abastecen el punto o los puntos (o una o varias zonas) que presentan índices de degradación superiores a umbrales predefinidos. Esto podría dar lugar a la puesta en marcha preferente de determinadas perforaciones o plantas que abastecen a estos puntos o zonas.

El procedimiento puede implementarse mediante software. Así, puede distribuirse como un servicio en la nube, compatible con la consulta y/o la alimentación. Se pueden gestionar varios niveles de derechos de acceso. El software puede instalarse en un ordenador, una tableta o un teléfono inteligente.

Así, el software que implementa el procedimiento puede comprender una pluralidad de módulos, siendo cada módulo capaz de realizar algunos o todos las etapas siguientes:

- integración y estructuración de datos geolocalizados sobre la red de distribución, y/o datos sobre la calidad del agua, y/o datos sobre el suelo;
- la creación de zonas de la red de distribución;
- determinación de los datos de los parámetros del agua que faltan en puntos y/o zonas, basándose en datos previamente integrados y estructurados (algoritmos de cálculo);
- el cálculo, para puntos y/o zonas, de la cinética de degradación interna y externa de la red de distribución, a partir de los cálculos de las interacciones agua/material y suelo/material y de los datos previamente integrados y determinados.
- el cálculo, para puntos y/o zonas, de la vida útil teórica de la red de distribución y de los riesgos teóricos de degradación de la calidad del agua;
- comparación de los resultados generados a partir de los cálculos de la interacción agua/material (riesgos teóricos) con las mediciones del estado real de la red y/o los registros de los sucesos de deterioro de la calidad del agua;
- comparación de los resultados generados a partir de los cálculos de interacción suelo/material (riesgos teóricos) con las mediciones del estado real de la red y/o los registros de los eventos de deterioro de la calidad del agua;
- la identificación de zonas críticas en toda la red de distribución en las que puede haber riesgos de rotura y deterioro de la calidad del agua transportada;
- notificación a los usuarios mediante mecanismos de visualización significativos de un estado de riesgo o crítico;
- comparación de indicadores de una red a otra (función de benchmarking) a escala de un perímetro específico (país, empresa) o del perímetro global de la aplicación (base global).

Además, la presente invención no se limita a las realizaciones descritas anteriormente, sino que se extiende a cualquier realización dentro del alcance de las reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de determinación de parámetros adecuados para proporcionar información sobre el estado de un sistema de distribución de agua (100) que comprende al menos una tubería (2) apta para transportar agua (3), comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:
  - 5 - una etapa de importación (IMPORT) capaz de importar a un ordenador (C) los valores de entrada (VE) de al menos un parámetro del agua medido previamente, registrados en al menos un punto de entrada (10) del sistema de distribución de agua (100) y a lo largo de un período de registro ( $\Delta t_{reg}$ ) que comprende al menos una fecha de registro ( $t_{reg}$ );
  - 10 - una etapa de selección (SELEC) capaz de seleccionar al menos un punto actual (110);
  - una etapa de asociación (ASO) capaz de asociar dicho punto actual con al menos un punto de entrada (10) en el sistema de distribución de agua (100);
  - una etapa de determinación (DETER) adaptada para determinar un valor actual (VA) de dicho al menos un parámetro del agua en el punto actual (110) a partir de los valores de entrada (VE) en dicho al menos un punto de entrada (10) asociado al punto actual (110).
  
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de determinación (DETER) comprende las siguientes etapas:
  - si el punto actual (110) está asociado a un único punto de entrada (10), entonces al valor actual (VA) de al menos un parámetro del agua se le asigna el valor medio temporal de los valores de entrada (VE) de dicho parámetro;
  - 20 - si el punto actual (111) está asociado con al menos dos puntos de entrada (11, 21), entonces
    - o bien se calcula la media temporal de los valores de entrada (VE) de al menos un parámetro del agua para cada punto de entrada (11, 21) asociado a dicho punto actual, se pondera cada media temporal calculada con un primer coeficiente de ponderación ( $y_{11}$ ,  $y_{21}$ ), y se asigna al valor actual (VA) de dicho parámetro un valor igual a la suma de las medias temporales ponderadas de todos los puntos de entrada, siendo la suma de los primeros coeficientes de ponderación ( $y_{11}$ ,  $y_{21}$ ) igual a 1;
    - 25 • o bien se asigna al valor actual (VA) de al menos un parámetro del agua el valor medio temporal de los valores de entrada (VE) de dicho parámetro en el punto de entrada (11) más cercano hidráulicamente al punto actual (111);
  - 30 la media temporal de los valores de entrada (VE) de un parámetro del agua es la media de dichos valores de entrada a lo largo de un período de cálculo ( $\Delta t_{calc}$ ) que comprende al menos una fecha de registro ( $t_{reg}$ ).
  
3. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además una etapa de medición (MED) de al menos un parámetro actual medido en al menos un punto actual (110) durante un período de medición ( $\Delta t_{med}$ ), realizándose la etapa de determinación (DETER) a partir de los valores de entrada (VE) en dicho al menos un punto de entrada asociado al punto actual (110) y dicho al menos un parámetro actual medido, comprendiendo el período de medición ( $\Delta t_{med}$ ) al menos una fecha de medición ( $t_{med}$ ), posterior o igual al período de registro ( $\Delta t_{reg}$ ).
  
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que un parámetro del agua es el valor de la conductividad del agua y un parámetro actual medido es la conductividad actual del agua medida en un punto actual (110) en la fecha de medición ( $t_{med}$ ).
  
- 40 5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que la etapa de determinación (DETER) comprende las siguientes etapas:
  - si el punto actual (110) está asociado a un único punto de entrada (10), y:
    - 45 • si el valor absoluto de la diferencia entre la conductividad actual y la conductividad de entrada es inferior o igual a un porcentaje x de la conductividad actual, entonces se asigna al valor actual (VA) de al menos un parámetro del agua el valor o valores de entrada (VE) de dicho parámetro registrado en la fecha de registro anterior ( $t_{reg}$ ) y temporalmente más cercana o igual a la fecha de medición ( $t_{med}$ );
    - si el valor absoluto de la diferencia entre la conductividad actual y la conductividad de entrada es mayor que un porcentaje x de la conductividad actual, entonces al valor actual (VA) de al menos un parámetro del agua se le asigna la media temporal de los valores de entrada (VE) de dicho parámetro;
  - 50 - si el punto actual (111) está asociado con al menos dos puntos de entrada (11, 21) y:
    - si el valor absoluto de cada desviación entre la conductividad actual y la conductividad de entrada en cada punto de entrada asociado a dicho punto actual es inferior o igual a un porcentaje x de la conductividad actual, entonces se asigna al valor actual (VA) de al menos un parámetro del agua la media temporal de los valores de entrada (VE) de dicho parámetro en el punto de entrada (11) en el que la conductividad de entrada del agua se acerca más a la conductividad actual del agua;
    - 55

• si el valor absoluto de al menos una desviación entre la conductividad actual y la conductividad de entrada en cada punto de entrada (11, 21) asociado a dicho punto actual es mayor que un porcentaje  $x$  de la conductividad actual entonces:

- 5           ▪ **bien** se calcula la media temporal de los valores de entrada (VE) de al menos un parámetro del agua para cada punto de entrada (11, 21), se pondera la media temporal calculada para cada punto de entrada (11, 12) mediante un segundo coeficiente de ponderación ( $Z_{11}$ ,  $Z_{12}$ ) en función de la relación entre la conductividad de entrada del agua en dicho punto de entrada y la conductividad actual, y al valor actual (VA) de dicho parámetro se le asigna un valor igual a la suma de las medias temporales ponderadas; siendo la suma de dichos segundos coeficientes ( $Z_{11}$ ,  $Z_{12}$ ) igual a 1;
- 10          ▪ **o bien** al valor actual (VA) de al menos un parámetro del agua se le asigna la media temporal de los valores de entrada (VE) de dicho parámetro en el punto de entrada (11) más cercano hidráulicamente al punto actual (111);

15           siendo el valor medio temporal de los valores de entrada (VE) de dicho parámetro la media de dichos valores de entrada a lo largo de un período de cálculo ( $\Delta t_{calc}$ ) que comprende al menos una fecha de registro  $t_{reg}$  y una fecha de medición  $t_{med}$ , siendo la fecha de registro anterior o igual a la fecha de medición; y estando el valor del porcentaje  $x$  definido en función de la precisión deseada.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, según el cual, si el punto actual (110) está asociado a un único punto de entrada (10), y si el valor absoluto de la desviación entre la conductividad actual y la conductividad de entrada es superior a un porcentaje  $x$  de la conductividad actual entonces se asigna al valor actual (VA) de al menos un parámetro del agua la media temporal de los valores de entrada (VE) de dicho parámetro, ponderada por la relación entre la conductividad del agua de entrada y la conductividad del agua actual.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores que comprende una etapa de zonificación (ZONIF) del sistema de distribución de agua (100) capaz de definir varias zonas (101, 102, 103), una zona que comprende al menos un punto actual (100, 111, 112) asociado a al menos un punto de entrada (10, 11, 21, 12, 22, 32, 13).

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores que comprende además una etapa de cálculo (DEGRAD) de al menos un índice de degradación (ID) en al menos un punto actual (110, 111, 112) a partir de al menos un valor actual (VA) de los parámetros del agua en dicho al menos un punto actual determinado durante la etapa de determinación (DETER).

9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que la etapa de cálculo (DEGRAD) de al menos un índice de degradación (ID) en al menos un punto actual se realiza también a partir de un parámetro actual medido en dicho punto actual.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que un parámetro actual medido en al menos un punto actual (110, 111, 112) es el pH del agua, comprendiendo la etapa de cálculo (DEGRAD) de al menos un índice de degradación las siguientes etapas:

- una etapa de cálculo de un pH de equilibrio ( $pH_s$ ) del agua a partir de los valores actuales (VA) de concentración de compuestos químicos en el agua determinados en dicho punto actual (110, 111, 112) y, a continuación;
- una etapa de comparación del pH y del pH de equilibrio ( $pH_s$ ) en dicho punto actual y, a continuación;
- una etapa de deducción de un índice de degradación (ID) del sistema de distribución de agua (100) en dicho punto actual (110, 111, 112).

11. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el al menos un parámetro del agua comprende al menos la concentración del agua en cloruros y/o sulfatos, y en el que la etapa de cálculo (DEGRAD) del al menos un índice de degradación comprende la etapa de deducir un índice de degradación del sistema de distribución de agua (100) en al menos un punto actual (110, 111, 112) en función de los valores actuales (VA) determinados en dicho punto actual de al menos una concentración determinada de cloruros y/o sulfatos en el agua.

12. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que la etapa de cálculo (DEGRAD) de al menos un índice de degradación comprende el uso de un índice de corrosión (IC) capaz de calcular una tasa de corrosión y un índice de emisión de partículas (ILP) capaz de proporcionar información sobre la calidad del agua en al menos un punto actual (110, 111, 112).

13. Procedimiento según la reivindicación 12, que comprende una etapa de estimación (ESTIM) de la vida útil de al menos una tubería (2) del sistema de distribución (100) mediante la combinación de al menos un índice de degradación (ID) con datos del sistema de distribución de agua (100).

14. Procedimiento según la reivindicación 13 en combinación con la reivindicación 7, que comprende además una etapa de definición (CRITIC) de zonas críticas entre las zonas definidas durante la etapa de zonificación (ZONIF) del sistema (100).

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 14 que comprende además una etapa de verificación (VERIF) de al menos un índice de degradación (ID) del sistema de distribución de agua (100) que comprende:
- una etapa de medición de las magnitudes de degradación de dicho sistema en al menos un punto (10, 110) del sistema de distribución (100);
  - una etapa de comparación de las magnitudes de degradación medidas con los índices de degradación (ID) calculados en dicho al menos un punto durante la etapa de cálculo (DEGRAD);
- seguido de una etapa de recalibración (RECAL) del al menos un índice de degradación (ID) del sistema de distribución de agua (100), utilizando las cantidades de degradación de dicho sistema medidas durante la etapa de verificación (VERIF).
16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 15, que comprende además una etapa de envío a un sistema de control de al menos un índice de degradación calculado y/o recalculado, siendo el sistema de control capaz de actuar sobre el sistema de distribución de agua y/o el agua para corregir el estado de dicho sistema de distribución de agua.
17. Procedimiento según la reivindicación 16, en el que la etapa de corrección consiste en añadir uno o más reactivos al agua, siendo calculada la cantidad de un reactivo por el sistema de control en función de al menos un índice de degradación calculado y/o recalculado.

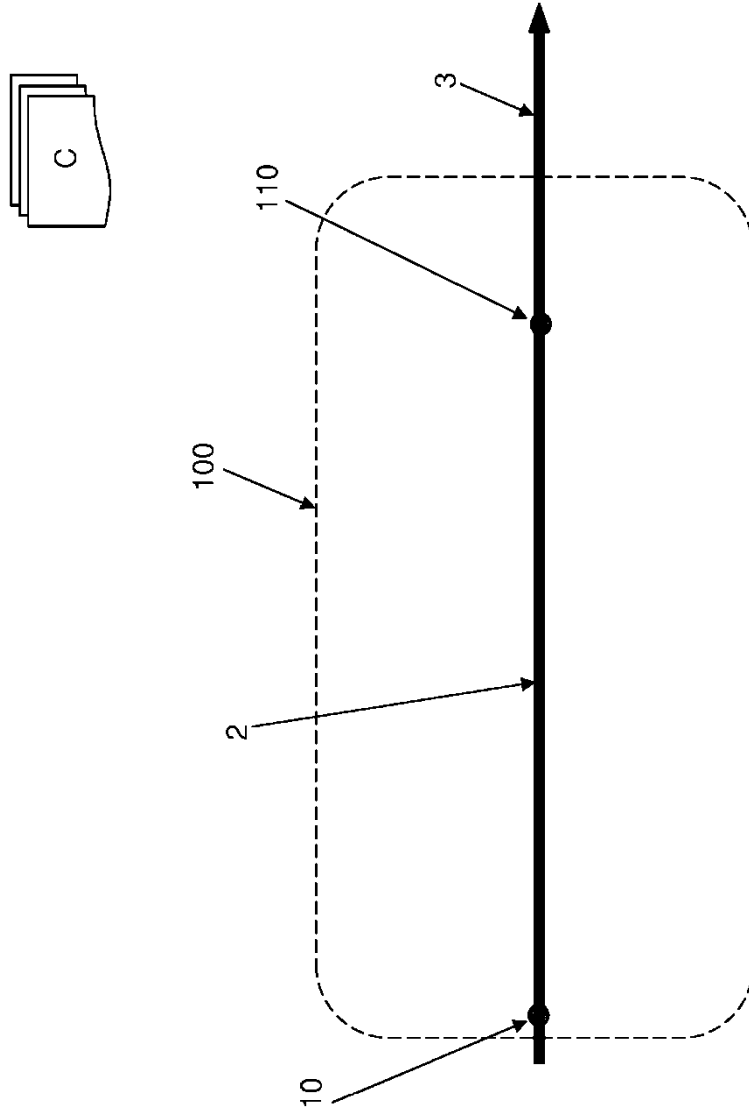


FIG.1



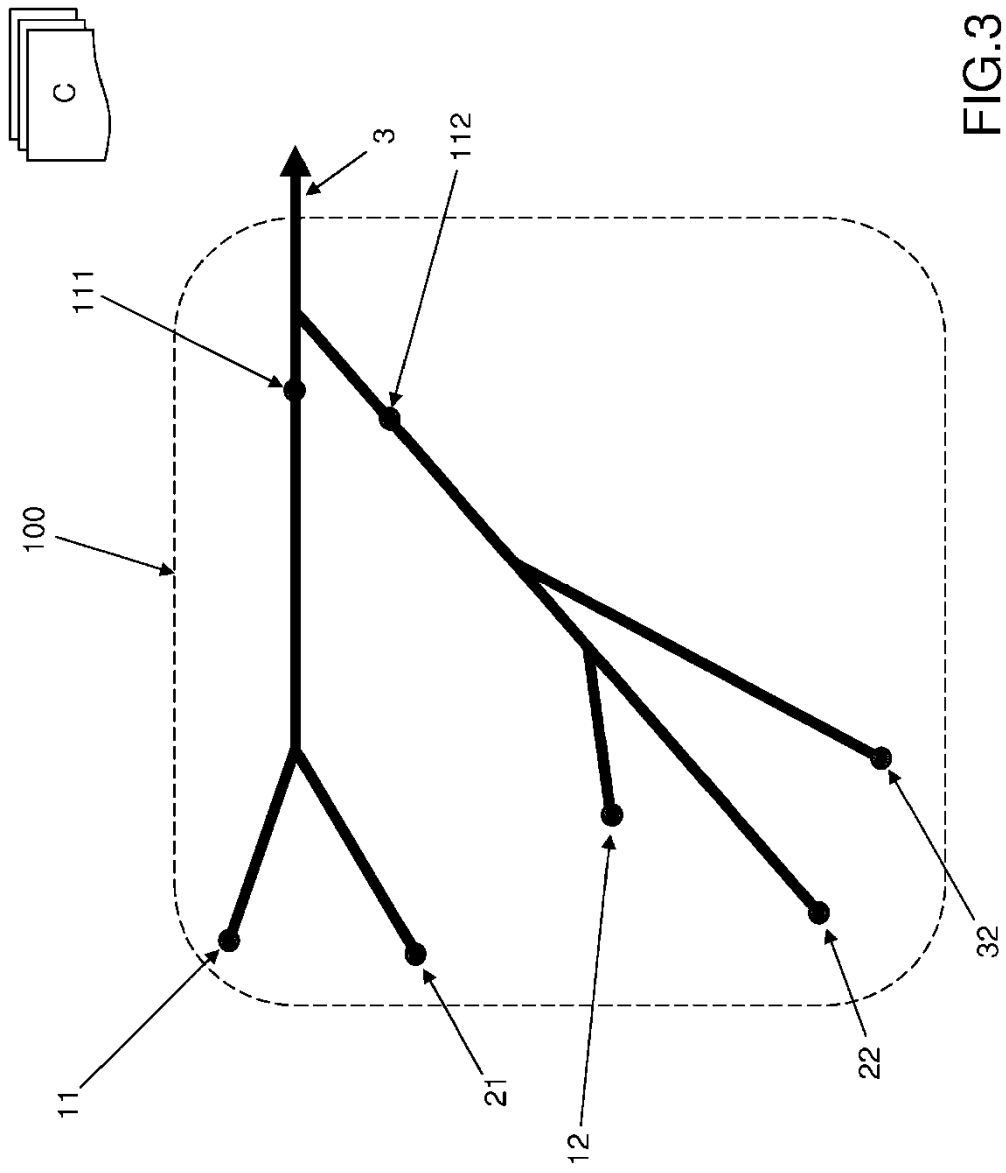


FIG.3

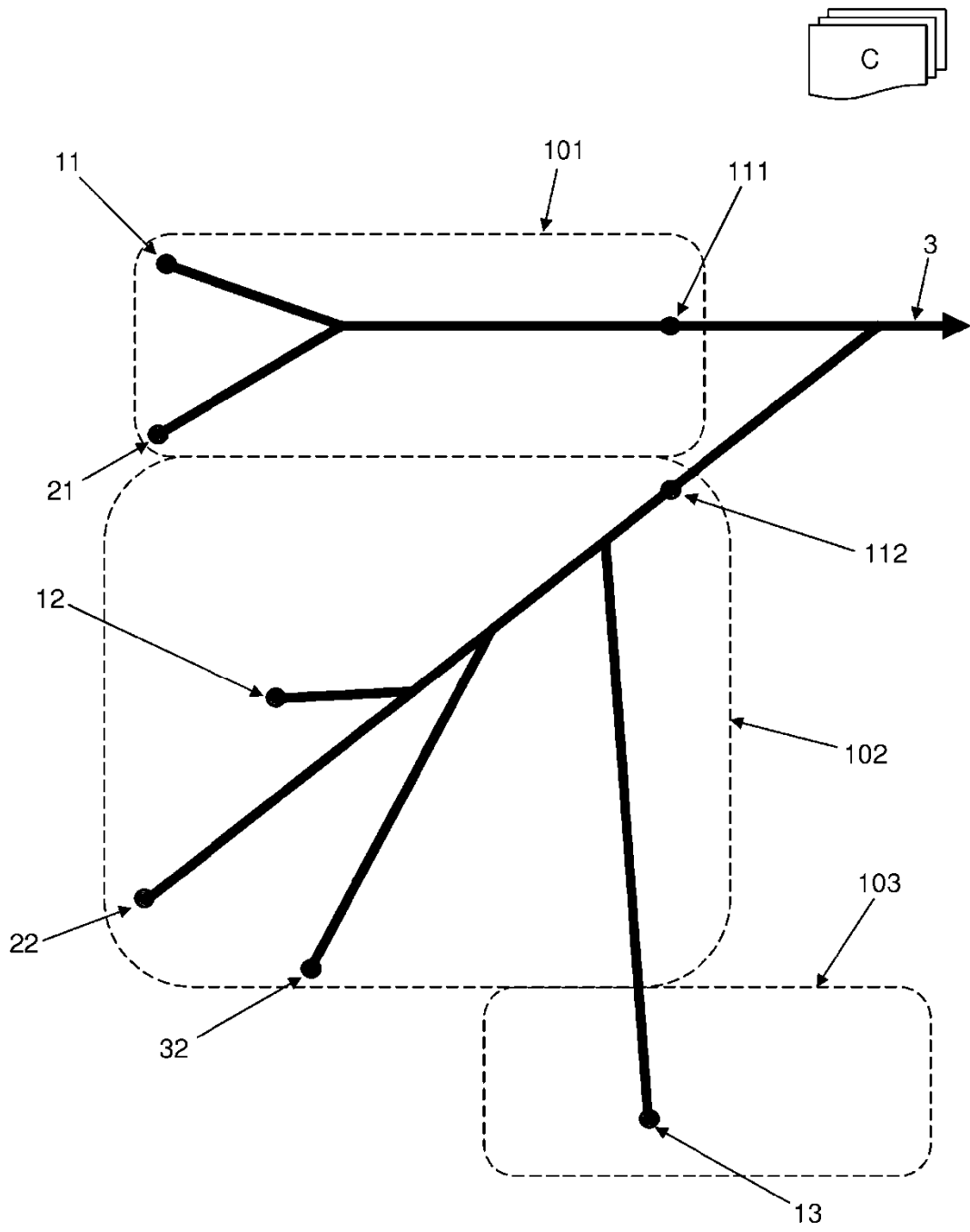


FIG.4

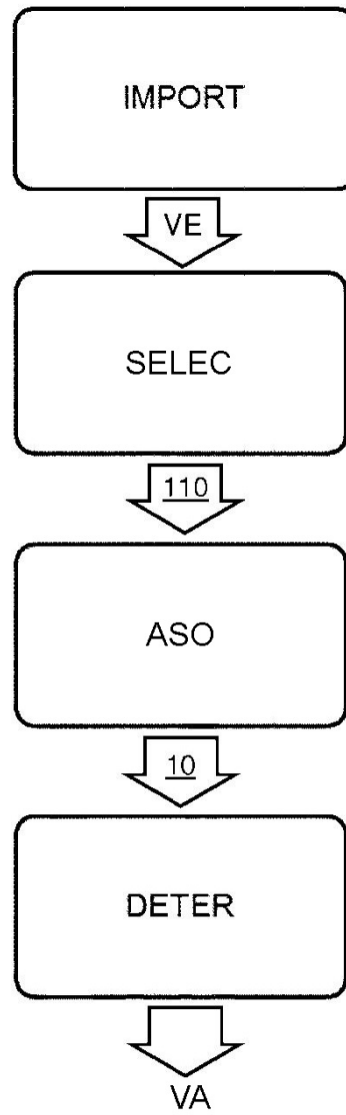


FIG.5

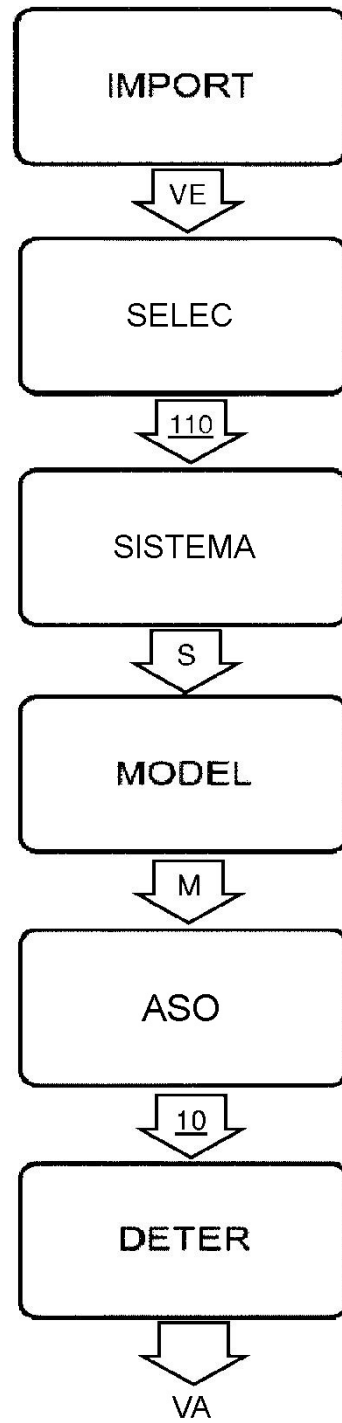


FIG.6

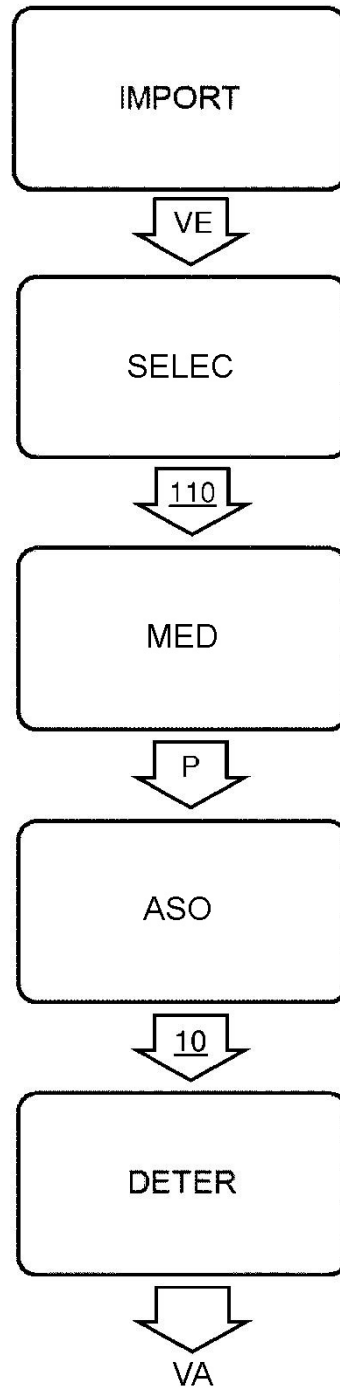


FIG.7

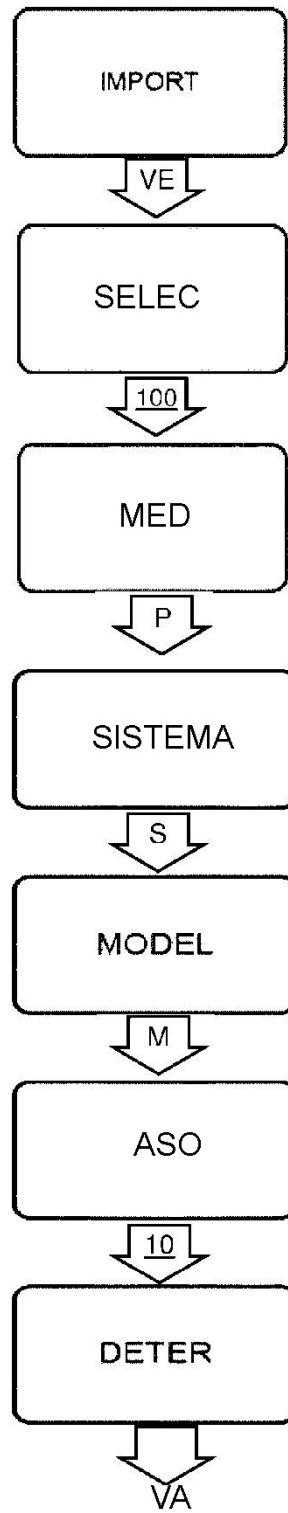


FIG.8

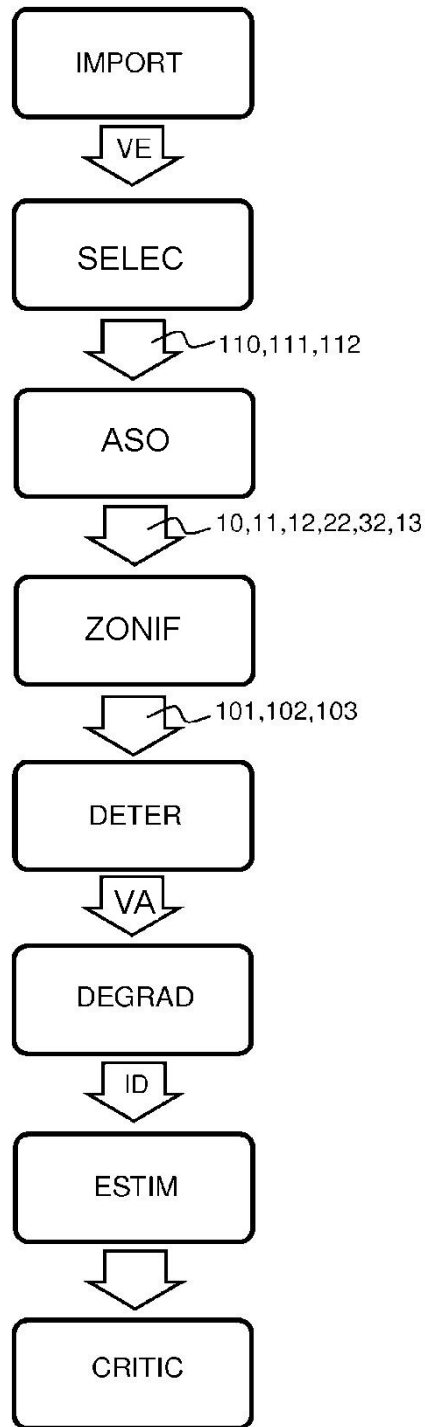


FIG.9

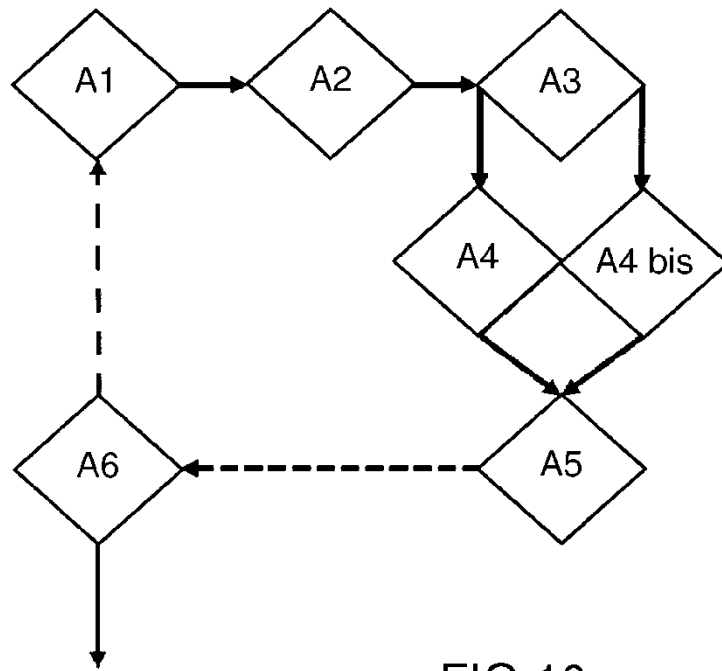


FIG.10

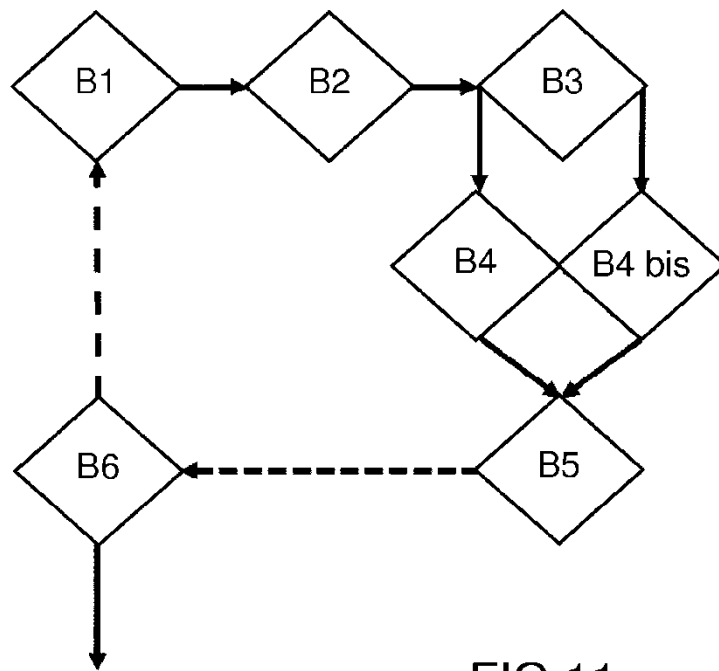


FIG.11

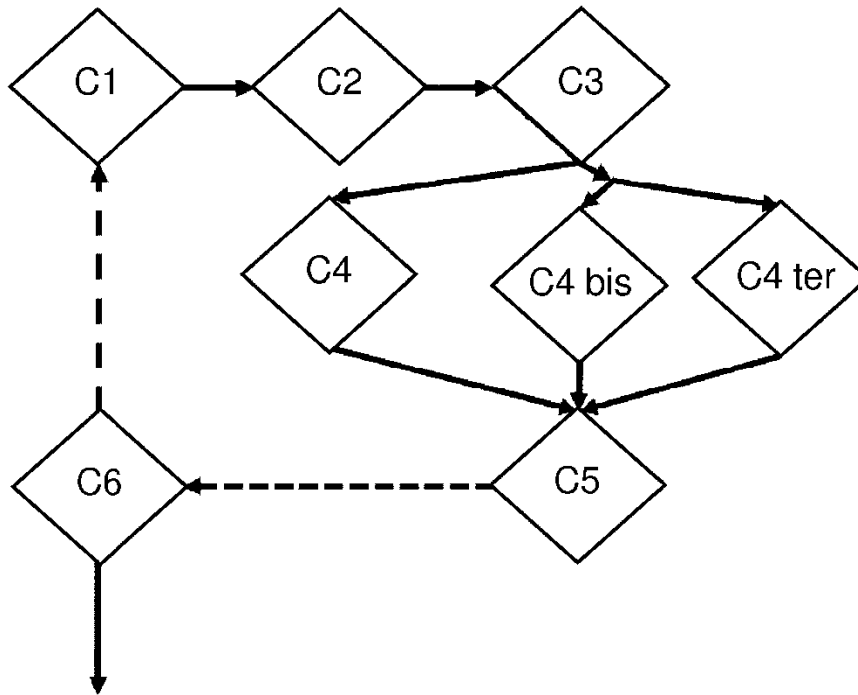


FIG.12