

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 543 331**

51 Int. Cl.:

G05D 9/12 (2006.01)

E02B 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2012** **E 12821197 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2015** **EP 2798424**

54 Título: **Sistema de control de canal**

30 Prioridad:

27.12.2011 NL 2008046

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

18.08.2015

73 Titular/es:

VAN OVERLOOP, PETER-JULES (100.0%)
Noordijkstraat 56
4318 BK Brouwershaven, NL

72 Inventor/es:

VAN OVERLOOP, PETER-JULES

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 543 331 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 de canal

La presente invención está relacionada con sistemas de control de canales. La invención está relacionada en particular con sistemas de control de canales que comprenden un controlador maestro centralizado y un controlador esclavo local.

El término sistema de canal empleado en esta memoria se debe interpretar ampliamente. Un sistema de canal puede ser un sistema de canal de irrigación, un sistema de canal de drenaje o un río con una estructura de control regulable, por ejemplo una esclusa en su curso.

Los canales y las redes de aguas abiertas por todo el mundo sirven para transportar agua. Para la irrigación, es necesario transportar el agua desde su origen a los usuarios, mientras que para el drenaje, es necesario que abundante agua (de lluvia) sea evacuada de la zona. Para gestionar el flujo de agua, en el canal se construyen estructuras tales como compuertas de fondo, compuertas de rebose y bombas. Ajustando la configuración de estas estructuras, los flujos pueden ser dirigidos a través del canal, a canales laterales y adentro y afuera de depósitos. El cambio de la configuración de una estructura lo hace manualmente una persona. Esta persona u operario realiza una acción de control basada en información local (visual) y comunicación oral poco frecuente con una autoridad central que opera el canal. Una desventaja es que la flexibilidad y las prestaciones de suministro de agua son bajas. Los cambios en el horario de suministro solo se pueden hacer una vez cada muchos días, mientras en cambio la demanda de agua es variable durante el curso del día. Con el fin de que coincidan suministro y demanda lo mejor posible, es obligatorio suministrar de más. Usualmente, se suministra un exceso de agua de por lo menos el 10 %, solo con el fin de tener agua disponible en todas las ubicaciones en todo momento en la red de agua.

Otra desventaja de los canales operados manualmente es que se puede sobornar a los operarios para que den más agua a ciertos usuarios. Además, frecuentemente se roba agua del sistema de canal o de la red de agua.

Durante las últimas décadas, una respuesta a las sobredichas desventajas de los canales operados manualmente y de las redes de aguas abiertas se ha buscado en la automatización de canales. Un ejemplo de esta técnica anterior se describe en la publicación de patente GB-2187573. La provisión de sensores de nivel de agua, líneas de comunicación, bases de datos para almacenamiento y análisis de mediciones, control central, PLC locales y motores eléctricos permite el suministro de agua bajo demanda. Esto permite una total flexibilidad en el suministro de agua durante el curso de un día, para la eliminación de pérdidas por exceso de suministro, y para una reacción directa a la lluvia o a cambios en la demanda de agua. Como ya no se necesita un operario humano, se reduce enormemente la posibilidad de soborno y las consiguientes pérdidas de agua. Otra ventaja es que se puede rastrear cualquier ubicación, en la que se roba regularmente agua, a partir del análisis de las mediciones que son almacenadas en una base de datos del control central.

Sin embargo, para muchos canales pequeños y redes de aguas abiertas, especialmente las de los países en desarrollo, la instalación de los equipos técnicos necesarios para la automatización de canales es simplemente demasiado cara. Para los canales más grandes, puede merecer la pena la inversión de la instalación de los equipos técnicos necesarios, pero el mantenimiento de las instalaciones es casi imposible debido a la gran amplitud de tales sistemas que son vulnerables y están expuestos a diversos factores, tales como desgaste y rotura, tormentas, rayos, oxidación, vandalismo, etc.

Un objeto de la presente invención es proporcionar una alternativa de sistema de control de canal.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de control de canal con el que se puedan detectar fácilmente las desviaciones de las condiciones de funcionamiento normal.

Otro objeto adicional de la invención es proporcionar un sistema de control de canal con el que se puedan rectificar fácilmente los problemas operativos menores.

Otro objeto adicional de la invención es proporcionar un sistema de control de canal que permita un control de agua preciso y flexible.

Otro objeto incluso de la presente invención es proporcionar un sistema de control de canal que proporcione una cantidad económica y eficiente de inversión de capital en equipos de control de canal.

Otro objeto incluso de la presente invención es proporcionar un sistema de control de canal que se pueda instalar fácilmente, y se ponga y mantenga fácilmente en funcionamiento.

Uno o más de los objetos indicados arriba se logran con un sistema de control de canal según la invención.

Según un aspecto de la invención, un sistema de control de canal para controlar el nivel de agua o el flujo de agua en un sistema de canal (2) comprende:

- (a) un controlador maestro centralizado (20),
- (b) a controlador esclavo local (30),
- (c) un sistema de comunicación inalámbrica entre el controlador maestro centralizado y el controlador esclavo local,
- 5 (d) un punto de referencia (fijo) (8) o un marcador (movible) (11) relacionados con el nivel de agua o el flujo de agua en el sistema de canal,
- y
- (e) un dispositivo de accionamiento ajustable (9) en el sistema de canal, tal como una compuerta o una bomba ajustables,

- 10 por el que el controlador esclavo local comprende un dispositivo inalámbrico móvil (13) que a su vez comprende (i) unos medios técnicos para ver o grabar una medición del nivel de agua o del flujo de agua con respecto al punto de referencia (fijo) (8) o al marcador (movible) (11) en el sistema de canal, (ii) unos medios técnicos para enviar la medición del nivel de agua o del flujo de agua como una señal de entrada al controlador maestro centralizado, (iii) unos medios técnicos para recibir una señal de control de salida del controlador maestro centralizado, y (iv) una interfaz de
- 15 usuario para exponer una instrucción legible por humano basada en la señal de salida recibida desde el controlador maestro centralizado.

Una ventaja técnica es que el sistema de control de canal permite un control preciso y flexible de flujo de agua debido a su grado de automatización técnica junto con un grado de redundancia en su modo de funcionamiento porque no es necesario instalar equipos técnicos vulnerables en un punto de control y se necesita un operario humano para

20 comprobar, manejar y mantener la infraestructura de canal local, incluido el dispositivo de accionamiento ajustable, en y alrededor de un punto de medición en el sistema de canal.

Preferiblemente, el dispositivo inalámbrico móvil comprendido en el controlador esclavo local comprende además a su vez (v) unos medios técnicos para ver o grabar una medición del estado o configuración del dispositivo de accionamiento ajustable, tal como una compuerta o bomba, en el sistema de canal, y (vi) unos medios técnicos para

25 enviar la medición del estado o configuración del dispositivo de accionamiento ajustable como una señal de entrada al controlador maestro centralizado. La ventaja del mismo es que cada acontecimiento regular se puede tratar a través del controlador maestro centralizado, mientras al mismo tiempo cualquier irregularidad, por ejemplo, un cadáver de animal atascado en una compuerta, también se puede tratar con la discreción del operario humano que informa al controlador maestro centralizado acerca de la irregularidad de la misma manera rápida y fácil como informa la controlador maestro centralizado acerca de acontecimientos regulares.

30

La meta principal del sistema de control de canal según la invención es regular el flujo de agua en el sistema de canal. Una manera de lograr esta meta es mediante una manera derivativa, p. ej. por medio de medición y control del nivel de agua en un sistema de canal. El nivel de agua se mide frente a un punto fijo de la estructura del canal, p. ej. una línea de medición pintada en o cerca de una estructura de canal. Otra manera de lograr dicha meta es mediante una manera

35 menos derivativa, en la que el flujo de agua relativo en un sistema de canal se puede regular al medir y controlar la configuración de un dispositivo de accionamiento ajustable tal como una compuerta o una bomba. Incluso otra manera de lograr dicha meta es de una manera directa, en la que el flujo de agua en un sistema de canal se puede regular al medir y controlar el flujo de agua absoluto, p. ej. por medio de un caudalímetro que puede indicar el flujo de agua en términos absolutos. Dado que los dispositivos de control y medición, p. ej. una compuerta, bomba o caudalímetro,

40 pueden estar sumergidos parcialmente en ciertas condiciones de funcionamiento, se utiliza un marcador movible que es visible por encima de la línea de agua para indicar la configuración del dispositivo de control y medición, es decir la configuración de la compuerta, bomba o caudalímetro.

Preferiblemente, el controlador maestro centralizado y el controlador esclavo local están configurados para interactuar mutuamente en la ejecución de un algoritmo de control predictivo que utiliza un modelo matemático del sistema de canal. Una ventaja relacionada es que la próxima configuración para el dispositivo de accionamiento ajustable en un

45 punto de referencia o marcador particulares puede ser calculada por el controlador centralizado. Otra ventaja es que en los cálculos según el algoritmo de control predictivo también se puede tener en cuenta una decisión de si rectificar, y cómo, cualquier irregularidad en el punto de referencia particular o dispositivo de accionamiento ajustable.

En una realización adicional, en lugar de calcular acciones de control para todos los dispositivos de accionamiento ajustable de canal al mismo tiempo y con un intervalo de tiempo constante, el algoritmo de control predictivo está configurado para calcular acciones de control para todos los dispositivos de accionamiento ajustable de canal en instantes de tiempo cuando un operario local puede llegar realmente a un dispositivo de accionamiento ajustable particular de canal. Una ventaja es que los cálculos basados en el algoritmo que utiliza el modelo de control predictivo pueden hacerse sin gran pérdida de prestaciones en cuanto a precisión de la configuración de un dispositivo de

50 accionamiento ajustable.

55

Preferiblemente, el controlador maestro centralizado y el controlador esclavo local se implementan en dispositivos

distintos. Una ventaja relacionada es que todo el procesamiento de datos puede ser realizado centralmente para todo el sistema de canal, lo que permite el uso de equipos de procesamiento de altas prestaciones (hardware y software) en el controlador maestro centralizado, mientras el controlador esclavo local puede limitarse a un dispositivo ligero, p. ej. de mano.

- 5 Como alternativa, el controlador maestro centralizado y el controlador esclavo local están integrados en un solo dispositivo móvil. Una ventaja relacionada es que los cálculos de prestaciones altas pueden ser compensados frente a menos cálculos de prestaciones altas y disminuye la dependencia que tiene el sistema de control de canal de las líneas de comunicación a prueba de fallos que pueden ser la mejor elección en áreas que están a distancia y solo cubiertas escasamente por los sistemas de comunicaciones móviles.

- 10 Según otro aspecto de la invención, el controlador maestro centralizado y el controlador esclavo local están configurados adicionalmente para interactuar mutuamente para actualizar el modelo matemático del canal en tiempo real. Una ventaja relacionada es que se mejora la precisión estimada de los cálculos. Otra ventaja es que las irregularidades en cualquier punto del sistema de canal también se pueden considerar para uno o más puntos de referencia o dispositivos de accionamiento particulares en el sistema de canal.

- 15 Preferiblemente, el sistema de control de canal adicionalmente comprende unos medios para la verificación de la ubicación de cualquier punto de referencia o marcador dados en el sistema de canal. Una ventaja relacionada es que se puede notificar una acción fraudulenta en el punto de referencia o marcador independientemente del operario local.

Preferiblemente, los medios para la verificación comprenden un identificador legible digitalmente, p. ej. un código de barras o un código QR, colocados en o cerca del punto de referencia (fijo) o marcador (móvil) en el sistema de canal.

- 20 Una ventaja relacionada es que la ubicación del punto de referencia o marcador puede ser determinada como un nivel y orientación absolutos conocidos, y que esta ubicación se puede utilizar como referencia con respecto a uno o más de otros puntos en o alrededor del dispositivo de accionamiento ajustable local.

Más preferiblemente, se utilizan por lo menos dos identificadores en o cerca del punto de referencia (fijo) o marcador (móvil) en el sistema de canal. Una ventaja es que la ubicación de cualquier punto local puede ser determinada con precisión para un posicionamiento absoluto en el espacio.

- 25 Preferiblemente, el sistema de control de canal comprende unos medios adicionales para permitir el acceso al dispositivo de accionamiento ajustable en el sistema de canal. Una ventaja relacionada es que solo se puede autorizar y permitir el acceso a los operarios cuyas identidades hayan sido verificadas, para que ajusten el dispositivo de accionamiento ajustable. Más preferiblemente, los medios adicionales comprenden unos medios basados en código de seguridad tales como una cerradura digitalizada. Una ventaja es que también las personas semiexpertas pueden actuar como operario local.

- 30 Según otro aspecto de la invención, el controlador maestro centralizado y el controlador esclavo local están configurados para interactuar mutuamente en la ejecución de un algoritmo de control predictivo que utiliza un modelo matemático del sistema de canal que utiliza software que comprende código para el reconocimiento del nivel de agua adaptado para el uso con un dispositivo móvil. Una ventaja es que el nivel de la línea de agua puede ser determinado con precisión, lo que mejora la precisión de cualquier cálculo de una configuración de un dispositivo de accionamiento ajustable.

- 35 Preferiblemente, el controlador maestro centralizado y el controlador esclavo local están configurados para interactuar mutuamente en la ejecución de un algoritmo de control predictivo utilizando un modelo matemático del sistema de canal que utiliza software que comprende código para un modelo de control predictivo adaptado para el uso con un dispositivo móvil. Una ventaja es que también puede utilizarse una versión ligeramente modificada, p. ej. abreviada, de un modelo de control predictivo sin gran pérdida de prestaciones en cuanto a precisión de la configuración de un dispositivo de accionamiento ajustable.

- 40 Preferiblemente, el código para un modelo de control predictivo comprende código para calcular acciones de control para los dispositivos de accionamiento ajustable en el sistema de canal en instantes de tiempo en los que el operario que maneja el controlador esclavo local puede llegar al próximo dispositivo de accionamiento ajustable que va a ser ajustado. Una ventaja relacionada es que los cálculos basados en el algoritmo que utiliza el modelo de control predictivo pueden hacerse sin gran pérdida de prestaciones en cuanto a precisión de la configuración de un dispositivo de accionamiento ajustable. Otra ventaja relacionada es que la ejecución del algoritmo que utiliza el modelo de control predictivo se acelera sin gran pérdida de prestaciones en cuanto a precisión de la configuración de un dispositivo de accionamiento ajustable.

- 45 Según otro aspecto de la invención, el software del sistema de control de canal comprende adicionalmente código para actualizar el modelo de control predictivo adaptado para el uso con un dispositivo móvil. Una ventaja es que se mejora la flexibilidad y la precisión de los cálculos y también se tienen en cuenta las irregularidades en cualquier punto en el sistema de canal mientras se hacen los cálculos de configuración en uno o más dispositivos de accionamiento ajustable.

Preferiblemente, el código para actualizar el modelo de control predictivo comprende código con el que para actualizar el modelo de control predictivo solo se usa la medición del nivel de agua y/o la configuración de un dispositivo de accionamiento ajustable que se han enviado al controlador maestro centralizado. Una ventaja es que los cálculos basados en el algoritmo que utiliza el modelo de control predictivo pueden simplificarse sin gran pérdida de prestaciones en cuanto a precisión de la configuración de un dispositivo de accionamiento ajustable.

Según otro aspecto de la invención, el software del sistema de control de canal comprende adicionalmente código para proporcionar una solución calculada óptima para el próximo punto de referencia o marcador en el sistema de canal en el que tomar una medición del nivel de agua y/o de la configuración de un dispositivo de accionamiento ajustable después de que el controlador maestro centralizado haya procesado una medición del nivel de agua y/o la configuración de un dispositivo de accionamiento ajustable en un punto de referencia o marcador particulares. Una ventaja es que se puede optimizar la ruta que puede ser seguida mejor por un operario local alrededor del sistema de canal, lo que lleva a un uso eficiente del tiempo y los recursos necesarios para operar y mantener el sistema de canal.

Los dispositivos inalámbricos móviles comunes provistos de cámaras estándar usualmente serán suficientes durante el uso de la presente invención. En la actualidad, el uso de cámaras, con cierto número de píxeles capaces de formar imágenes 2-D, tienen suficiente resolución para permitir una lectura precisa de los niveles de agua y las configuraciones de las partes de las estructuras de canal. En la oscuridad, puede ser necesario iluminación adicional. También se pueden utilizar cámaras que permiten imágenes 3-D o cámaras que funcionan con frecuencias no visibles.

Preferiblemente, el sistema de control de canal según la invención en cualquier punto de referencia o marcador dados comprende un dispositivo controlado remotamente que hace mediciones. Se puede utilizar una cámara web o un dispositivo semejante además o en lugar del dispositivo móvil en el controlador esclavo local manejado por una persona en un punto de referencia o marcador dados. Esto puede ser ventajoso en el caso de, p. ej., una sección grande del sistema de canal que comprende varios dispositivos de accionamiento ajustable mutuamente combinados, un dispositivo de accionamiento ajustable en un espacio estrecho de tal manera que pueda ser ajustado fácilmente aunque, debido a restricciones espaciales, un operario humano no pueda hacer fácilmente una medición.

Preferiblemente, el sistema de control de canal según la invención en cualquier punto de referencia o marcador dados comprende un dispositivo de medición o grabación que funciona en una frecuencia de ondas no visibles, tales como un dispositivo de infrarrojos (IR) o en intervalos de tiempo ajustables. Esto es ventajoso porque todavía se pueden hacer mediciones en condiciones de visibilidad o climáticas adversas, y porque el control de canal puede ser realizado sobre la base de grabaciones de trascurso de tiempo de p. ej. patrones de turbulencia de agua, en o alrededor de un punto de referencia o marcador del sistema de canal.

Según incluso otro aspecto de la invención, un método para controlar el nivel de agua o el flujo de agua en un sistema de canal que utiliza un sistema de control de canal según la invención comprende las fases de: (A) hacer una medición del nivel de agua o el flujo de agua relativos a un punto de referencia o marcador en el sistema de canal utilizando el dispositivo inalámbrico móvil comprendido en el controlador esclavo local; (B) enviar la medición de la fase A al controlador maestro centralizado para procesamiento, actualizar el modelo matemático del sistema de canal, ejecución de un algoritmo de control predictivo utilizando un modelo matemático del sistema de canal para calcular la configuración de control para el punto de referencia o el marcador de los que se envió la medición, y enviar la configuración de control calculada desde el controlador maestro centralizado al controlador esclavo local; y (C) leer, por parte de una persona que maneja el controlador esclavo local, la configuración de control calculada, y por consiguiente el ajuste del dispositivo de accionamiento ajustable en el sistema de canal, tal como una compuerta o una bomba ajustables. El método comprende también preferiblemente una fase (D) para hacer una medición del nivel de agua o del flujo de agua relativos a un punto de referencia o marcador en el sistema de canal utilizando el dispositivo inalámbrico móvil comprendido en el controlador esclavo local después del ajuste de la compuerta o la bomba según la fase (C). Una ventaja es que el sistema de control de canal permite un control preciso y flexible de agua debido a su grado de automatización técnica junto con un grado de redundancia en su modo de funcionamiento porque no es necesario instalar equipos técnicos vulnerables en un punto de control y se necesita un operario humano para comprobar, manejar y mantener la infraestructura de canal local, incluido el dispositivo de accionamiento ajustable, en y alrededor de un punto de referencia en el sistema de canal.

Ahora se describirán las realizaciones preferidas de arriba y otras y unas ventajas técnicas de la invención, a modo de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una visión general esquemática de un sistema de control de canal según la invención y una realización de un método para utilizar el mismo en un punto de medición local;

La Figura 2 es otra visión general esquemática de un sistema de control de canal según la invención y otra realización del método para utilizar el mismo en otro punto de medición local;

Las Figuras 3-6 combinadas representan un diagrama de flujo de un método de control de canal móvil, aplicado con la ayuda de un operario local bajo condiciones de confianza, utilizando un sistema de control de canal según la invención;

Las Figuras 7-10 combinadas representan un diagrama de flujo de un método de control de canal móvil, aplicado con

la ayuda de un operario local bajo supervisión, utilizando un sistema de control de canal según la invención; y

Las Figuras 11-14 combinadas representan un diagrama de flujo de un método de control de canal móvil, aplicado con la ayuda de voluntarios no iniciados, utilizando un sistema de control de canal según la invención.

La Figura 1 es una visión general esquemática de un sistema de control de canal según la invención y un método para utilizar el mismo en un punto de medición en o alrededor de una estructura local, un punto de referencia del sistema de canal, cuando una persona de confianza puede actuar como operario local. Haciendo referencia a la Figura 1, un mapa 1 representa una parte de un sistema de canal 2. Una ruta 3 a través del sistema de canal, tal como va a ser seguida por un operario local, muestra la distribución de varios puntos de medición en o alrededor de unas estructuras locales 4, p. ej. una compuerta o una bomba ajustables, del sistema de canal. Cada estructura local 4 está marcada con un identificador 5, por ejemplo un código QR. El identificador sirve como referencia para determinar la posición absoluta en el espacio de cualquier punto local. Por ejemplo, la posición absoluta y la orientación en el espacio de cualquier parte fija de la estructura local pueden utilizarse como referencia para determinar el nivel de agua o la configuración de un dispositivo de accionamiento ajustable comprendido en esa estructura local particular.

Ahora se describirá la estructura de canal y algunas de las acciones a hacer por parte de un operario en la sección 6. En este ejemplo, una estructura local 4 se extiende por el canal 7. La estructura local comprende un indicador de nivel de agua 8, una unidad de impulso (no se muestra) para una compuerta ajustable 9 que, en este ejemplo, comprende una parte fija 10 y una parte ajustable (movible) que está sumergida. La compuerta está provista de una varilla de extensión 11 para indicar visualmente el nivel de compuerta que de otro modo no se vería fácilmente ni sería registrado por un operario 12. El identificador, p. ej. un código QR, se proporciona en cualquier posición adecuada en o alrededor de la estructura local en la que pueda ser verificado. No se muestran unas marcas que indican la posición en la que un operario debe colocarse con el fin de garantizar que puede tomar correctamente una imagen, p. ej. un par de pies pintados en el suelo. Las manos del operario se muestran sujetando un dispositivo móvil 13 que está comprendido en el controlador esclavo local 30 según la invención. La pantalla 14 del dispositivo móvil se muestra retratando 16 la varilla de extensión 11 (un marcador movible que indica la configuración de la compuerta ajustable). En este ejemplo, se va a medir la línea de agua 15 y la configuración 16 de la compuerta ajustable. De este modo, la línea de agua 15 con referencia frente al indicador de nivel de agua 8 normalmente también se retratará en la pantalla del dispositivo móvil, aunque no se muestra como tal en la Figura 1. El operario comprueba que ambas mediciones son visibles en la pantalla de su dispositivo móvil. La interfaz de usuario del dispositivo móvil 13 puede mostrar la medición de línea de agua 17, p. ej. "Nivel de agua NB12 = 0,44 m", y la configuración de compuerta 18, p. ej. "Nivel de compuerta NB12 = 0,23 m", e información adicional en la pantalla del dispositivo móvil, como información visual, confirma al operario que sus acciones con correctas y están aceptadas. La ubicación es verificable sobre la base de las coordenadas geográficas de la estructura local, en particular por medio de las coordenadas conocidas del identificador, que se conocen en el controlador maestro centralizado y/o la ubicación del dispositivo móvil utilizado para transmitir los datos desde el controlador esclavo local al controlador maestro centralizado.

Una vez se ha tomado una imagen del nivel de agua 17 y de la configuración de compuerta 18, se envía, junto con las coordenadas de la ubicación geográfica de la estructura de canal, por medio de la conexión de datos del dispositivo móvil a un controlador maestro centralizado 20 en una ubicación diferente. El controlador maestro centralizado 20 procesa los datos para interpretar la imagen que recibe del controlador esclavo local, para actualizar el modelo de control predictivo del canal, para usar las predicciones de condiciones límite relativas al modelo, tal como la demanda de agua y la lluvia, y calcular las acciones de control necesarias actualmente y futuras. Todo esto se describirá con detalle más adelante.

Las instrucciones que pretende implementar el operario, p. ej. 'Subir compuerta NB12 0,06 m' y 'Moverse a (siguiente estructura local) NB14 en menos de 20 minutos', son enviadas por el controlador maestro centralizado al controlador esclavo local que muestra estas instrucciones en forma legible para humanos en la pantalla del dispositivo móvil 13 utilizado por el operario. Como se muestra esquemáticamente en el lado derecho de la Figura 1, el operario puede implementar entonces estas instrucciones mediante el cambio de la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable, en este ejemplo una compuerta, y opcionalmente (porque en este ejemplo, la operación es realizada bajo condiciones de confianza y con un operario de confianza) tomar otra imagen del nivel de agua y/o de la configuración de la compuerta después de que ha cambiado la última. Subsiguientemente, el operario puede moverse a la próxima estructura local a visitar como le comunicó el controlador maestro centralizado, moviéndose, p. ej. como se representa, con el vehículo 40 y la flecha que indica su movimiento.

La Figura 2 es una visión general esquemática de un sistema de control de canal según la invención y un método para utilizar el mismo en un punto de medición en o alrededor de una estructura local, cuando una persona puede actuar como operario local bajo la supervisión del controlador maestro centralizado. En la Figura 2, un mapa 1 representa una parte de un sistema de canal 2. Una ruta 3 a través del sistema de canal, tal como va a ser seguida por un operario local, muestra la distribución de varios puntos de medición en o alrededor de unas estructuras locales 4, p. ej. una compuerta o una bomba ajustables, del sistema de canal. Cada estructura local 4 está marcada con un identificador 5, por ejemplo un código QR. Cada estructura local 4 está marcada con un identificador 5, por ejemplo un código QR. El identificador sirve como referencia para determinar la posición absoluta en el espacio de cualquier punto local. Por ejemplo, la posición absoluta y la orientación en el espacio de cualquier parte fija de la estructura local pueden

utilizarse como referencia para determinar el nivel de agua o la configuración de un dispositivo de accionamiento ajustable comprendido en esa estructura local particular.

Ahora se describirá la estructura de canal y algunas de las acciones a hacer por parte de un operario en la sección 6. En este ejemplo, una estructura local 4 se extiende por el canal 7. La estructura local comprende un indicador de nivel de agua 8 y una compuerta ajustable manualmente 9. El identificador, p. ej. un código QR 5, puede proporcionarse en cualquier posición adecuada en o alrededor de la estructura local en la que pueda ser verificado. No se muestran unas marcas que indican la posición en la que un operario debe colocarse con el fin de garantizar que puede tomar correctamente una imagen, p. ej. un par de pies pintados en el suelo. Un operario 12 se muestra sujetando un dispositivo móvil 13 que está comprendido en el controlador esclavo local 30 según la invención. El operario 12 está retratado tomando una imagen de la configuración de la compuerta ajustable 9, indicada por el ángulo α , y la línea de agua 15 con referencia frente al indicador de nivel de agua 8. El operario comprueba que ambas mediciones son visibles en la pantalla de su dispositivo móvil. La toma de una imagen se ve facilitado para un operario cuando se utilizan, p. ej. códigos QR. Todo lo que necesita hacer un operario semiexperto es colocar sus pies en unas marcas de pies provistas en el suelo (aunque en este ejemplo no se muestran) de modo que su cuerpo apunte en la dirección correcta y la orientación correcta con respecto al punto de referencia y el dispositivo de accionamiento ajustable y luego garantizar que ambos códigos son visibles en la pantalla de su dispositivo móvil. La interfaz de usuario del dispositivo móvil 13 puede mostrar la medición de línea de agua 17, p. ej. "Nivel de agua NB12 = 0,44 m", y la configuración de compuerta 18, p. ej. "Nivel de compuerta NB12 = 0,23 m", e información adicional en la pantalla del dispositivo móvil, como información visual, confirma al operario que sus mediciones son correctas. El marco de línea de trazos 19 alrededor de la cabeza del operario representa esquemáticamente que se toma una imagen de la cara del operario por medio de una cámara en el frontal del dispositivo móvil. Esta imagen tiene la finalidad de verificar la identidad del operario como se describe con detalle más adelante.

Una vez se ha tomado una imagen del nivel de agua y de la configuración de compuerta, se envía, junto con las coordenadas de la ubicación geográfica de la estructura de canal y una imagen de la cara del operario, por medio de la conexión de datos del dispositivo móvil a un controlador maestro centralizado 20 en una ubicación diferente. El controlador maestro centralizado 20 procesa los datos para verificar la identidad del operario, para interpretar la imagen que recibe del controlador esclavo local, para actualizar el modelo de control predictivo del canal, para usar las predicciones de condiciones límite relativas al modelo, tal como la demanda de agua y la lluvia, y calcular las acciones de control necesarias actualmente y futuras. Todo esto se describirá con detalle más adelante.

Una vez que se verifica la identidad del operario, las instrucciones que pretenden ser implementadas por el operario, p. ej. 'El código de desbloqueo es 3852', 'Subir compuerta NB12 0,06 m' y 'Moverse a (siguiente estructura local) NB14 en menos de 20 minutos', son enviadas por el controlador maestro centralizado 20 al controlador esclavo local 30 que muestra estas instrucciones en forma legible para humanos en la pantalla del dispositivo móvil utilizado por el operario. El operario puede implementar entonces estas instrucciones mediante (en este ejemplo, manualmente en 22) el cambio de la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable, en este ejemplo una compuerta, y preferiblemente tomar otra imagen del nivel de agua y/o de la configuración de la compuerta 9 después de que ha cambiado la última. Subsiguientemente, el operario puede moverse a la próxima estructura local a visitar como le comunicó el controlador maestro centralizado, moviéndose, p. ej. como se representa, con el vehículo 40 y la flecha que indica su movimiento.

Las Figuras 3-6 combinadas representan un diagrama de flujo de un método de control de canal móvil, aplicado con la ayuda de un operario local bajo condiciones de confianza, utilizando un sistema de control de canal según la invención. Las etapas (acciones, decisiones, etc.) en los bloques son autoexplicativas. En la Figura 3, los bloques 100, 110 y 120 denotan las etapas de la Fase A, es decir hacer una medición del nivel de agua con respecto a un punto de referencia (fijo) y/o de la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable comprendido en la estructura local relativa a un marcador (movible), en el sistema de canal utilizando un dispositivo inalámbrico móvil comprendido en el controlador esclavo local. La Fase A se describirá más adelante. Los bloques 200-370 denotan juntos las etapas de la Fase B, es decir enviar la medición de la fase A al controlador maestro centralizado para procesamiento, actualizar el modelo matemático del sistema de canal, la ejecución de un algoritmo de control predictivo utilizando un modelo matemático del sistema de canal para calcular la configuración de control para el punto de referencia o el marcador de los que se envió la medición, y enviar la configuración de control calculada desde el controlador maestro centralizado al controlador esclavo local. La Fase B se describirá más adelante. El bloque 410 en la Figura 6 denota las etapas de la Fase C que se describirá más adelante. Los bloques 500-700 de la Figura 6 denotan las etapas de la Fase D. La Fase D que se describirá más adelante.

Las Figuras 7-10 combinadas representan un diagrama de flujo de un método de control de canal móvil, aplicado con la ayuda de un operario local bajo supervisión, utilizando un sistema de control de canal según la invención. En comparación con el método descrito con respecto a las Figuras 3-6, en la Figura 7 los bloques 220 y 240 denotan unas etapas adicionales de la Fase A que están relacionadas con la verificación de la identidad del operario. En la Figura 9 el bloque 360 denota una etapa adicional de la Fase B relacionada con la generación de un código a enviar al operario con el fin de permitirle acceder para ajustar el dispositivo de accionamiento ajustable. En la Figura 10 los bloques 400 y 420 denotan unas etapas adicionales de la Fase C que están relacionadas con el desbloqueo del dispositivo de accionamiento ajustable por parte del operario y con el tiempo límite dentro del cual tiene que ajustar el dispositivo de

accionamiento. En la Figura 10 el bloque 590 denota una etapa adicional de la Fase D relacionada con la acción a tomar en caso de contratiempo cuando se toma una (segunda) imagen del nivel de agua y/o la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable después de que el dispositivo de accionamiento ajustable ha sido colocado según las instrucciones recibidas del controlador maestro centralizado.

- 5 Las Figuras 11-14 combinadas representan un diagrama de flujo de un método de control de canal móvil, aplicado con la ayuda de voluntarios no iniciados, utilizando un sistema de control de canal según la invención. En comparación con el método descrito con respecto a las Figuras 3-6, en la Figura 13 el bloque 360 denota una etapa adicional de la Fase B relacionada con la generación de un código a enviar al operario con el fin de permitirle acceder para ajustar el dispositivo de accionamiento ajustable. En la Figura 13 el bloque 590 denota una etapa adicional de la Fase D
- 10 relacionada con la acción a tomar en caso de contratiempo cuando se toma una (segunda) imagen del nivel de agua y/o de la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable después de que el dispositivo de accionamiento ajustable ha sido colocado según las instrucciones recibidas del controlador maestro centralizado. En la Figura 13, los bloques 610-640 denotan unas etapas adicionales de la Fase D relacionadas con un sistema de premios o incentivos para el operario que ha realizado la acción en la presente estructura local y para encontrar a otro operario para la siguiente estructura local. Por consiguiente no hay una etapa tal como en el bloque 540 del método de control de canal móvil en la que cada estructura local será visitada posiblemente por una persona diferente. En la Figura 14 los bloques 400 y 420 denotan unas etapas adicionales de la Fase C que están relacionadas con el desbloqueo del dispositivo de accionamiento ajustable por parte del operario y con el tiempo límite dentro del cual tiene que ajustar el dispositivo de accionamiento.
- 15
- 20 La invención se describirá ahora con cierto detalle. El objetivo del sistema de control de canal según la invención es regular el flujo de agua en el sistema de canal. Una manera de lograr esta meta es mediante una manera derivativa, p. ej. por medio de medición y control del nivel de agua en un sistema de canal. El nivel de agua se mide frente a un punto fijo de la estructura del canal, p. ej. una línea de medición pintada en o cerca de una estructura de canal. Otra manera de lograr dicha meta es mediante una manera menos derivativa, en la que el flujo de agua relativo en un sistema de canal se puede regular al medir y controlar la configuración de un dispositivo de accionamiento ajustable tal como una compuerta o una bomba. Incluso otra manera de lograr dicha meta es de una manera directa, en la que el flujo de agua en un sistema de canal se puede regular al medir y controlar el flujo de agua absoluto, p. ej. por medio de un caudalímetro que puede indicar el flujo de agua en términos absolutos. Dado que los dispositivos de control y medición, p. ej. una compuerta, bomba o caudalímetro, pueden estar sumergidos parcialmente en ciertas condiciones
- 25 de funcionamiento, se utiliza un marcador visible que es visible por encima de la línea de agua para indicar la configuración relativa del dispositivo de control y medición, es decir la configuración relativa de la compuerta, bomba o caudalímetro.
- 30 El método de control de canal según la invención se basa en el uso de medios móviles de comunicación, tales como mediante un teléfono móvil, PDA, tableta, etc. El propio dispositivo móvil está provisto de una app (una aplicación, un programa como se conoce generalmente en relación a los dispositivos móviles. La app proporciona una interfaz de usuario entre la persona que utiliza el dispositivo como parte de un controlador esclavo local, el controlador maestro centralizado y la infraestructura de canal, en particular cualquier punto de referencia o marcador dados en el sistema de canal en el que se va hacer una medición del nivel de agua y un ajuste eventual de un dispositivo de accionamiento ajustable en el punto. El método comprende tres fases básicas A-C y preferiblemente también una fase D.
- 35 La Fase A comprende las siguientes etapas: Una persona que maneja el controlador esclavo local llega a un punto de referencia o marcador dados en el sistema de canal y hace uso de su dispositivo móvil de mano, p. ej. un teléfono móvil con dos cámaras, una en el frontal del dispositivo y una en la parte trasera del dispositivo, para hacer una medición, por ejemplo un imagen, de la línea de agua y la estructura, en particular la configuración actual de un dispositivo de accionamiento ajustable, p. ej. el nivel actual de compuerta. Opcionalmente, el dispositivo móvil puede configurarse de tal manera que la cámara en el frontal del dispositivo móvil toma una imagen del operario y la cámara en la parte trasera del dispositivo toma una imagen de la línea de agua y el nivel de compuerta. En los casos en los que la posición de la parte ajustable de la compuerta no siempre puede ser registrada directamente por la cámara del dispositivo móvil, puede ser necesario fijar una pieza de extensión a la parte ajustable de la compuerta como un intermediario con el fin de hacer que la posición (trasladada) sea visible en la vista de cámara.
- 40 La Fase B comprende las siguientes etapas: La imagen (o imágenes) y las coordenadas GPS del punto de referencia o marcador dados son enviadas entonces, preferiblemente sin que el operario tenga que realizar una acción adicional, a un controlador maestro centralizado en una ubicación diferente, que puede ser cualquier lugar del mundo, haciendo uso de funciones estándar de comunicación de transmisor y receptor y de la conexión de datos del dispositivo. Cuando los datos que comprenden la imagen (o imágenes) y la ubicación geográfica de un punto dado del sistema de canal son recibidos en el controlador maestro centralizado, se interpretan con los algoritmos apropiados de reconocimiento de patrón que proporcionan una salida en cuanto a mediciones del nivel de agua y la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable en un punto de referencia o marcador dados. Estas mediciones calculadas son almacenadas en una base de datos junto con los datos recibidos del controlador esclavo local. Opcionalmente, cuando el operario no es una persona totalmente de confianza, se lleva a cabo reconocimiento facial de la persona que maneja el controlador esclavo local en un punto de referencia o marcador dados. En particular, un identificador del operario, preferiblemente la imagen del operario que ha sido recibida en el controlador maestro centralizado, se compara con una imagen
- 45
- 50
- 55
- 60

anterior autenticada del operario pretendido. De este modo se verifica la identidad del operario. La verificación puede basarse en cualquier tipo de identificador, p. ej. una huella dactilar, voz, número de identificación personal, etc. con el que la identidad del operario se puede establecer y verificar. En el controlador maestro centralizado, el modelo matemático del sistema de canal es actualizado con las mediciones utilizando técnicas apropiadas de asimilación de datos. Se actualizan las predicciones de las condiciones límite, tales como la predicción de lluvia y los horarios de demanda de agua, etc. Entonces se calculan las acciones de control para la estructura de canal con el dispositivo de accionamiento ajustable en el que está el operario. También se calculan acciones de control para todos los otros dispositivos de accionamiento ajustable dada la velocidad con la que el operario puede estar en otros puntos. Las acciones de control se calculan utilizando cualquier tipo particular de control predictivo óptimo que se describirá más tarde. La acción de control para un punto de referencia o marcador dados del sistema de canal y/o para la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable pertinente, es comunicada al dispositivo móvil comprendido en el controlador esclavo local que es manejado por el operario en un punto de referencia o marcador dados. Opcionalmente, a dicho dispositivo móvil también se le comunica un código de un solo uso y de tiempo limitado, con el que unos medios de seguridad del dispositivo de accionamiento ajustable, por ejemplo una cerradura digitalizada, se pueden desbloquear para poder ajustar el dispositivo de accionamiento ajustable. Como opción adicional, una solución óptima para el próximo punto de referencia o marcador en el sistema de canal en el que hacer una medición del nivel de agua o del flujo de agua después de que la medición actual en un punto de referencia o marcador particulares haya sido procesada por el controlador maestro centralizado como en la Fase B se comunica al dispositivo móvil comprendido en el controlador esclavo local para exponer la misma como una instrucción legible por humano en la interfaz de usuario comprendida en el controlador esclavo local.

La Fase C comprende las siguientes etapas: Si también se requiere el desbloqueo del dispositivo de accionamiento ajustable, utilizando el código de un solo uso y tiempo limitado, el operario desbloquea los medios de seguridad tales como una cerradura digitalizada y ajusta el controlador maestro centralizado conformándolo a la configuración calculada recibida del controlador maestro centralizado. La cerradura es cerrada por el operario o ella se revierte a su estado cerrado después de un periodo de tiempo establecido, por ejemplo dos minutos.

Preferiblemente, la Fase D marca el final del método y comprende las siguientes etapas: Se toma una imagen de la línea de agua y la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable y se envía al controlador maestro centralizado como en la Fase A para la verificación y almacenamiento. La Fase D como tal puede ser omitida p. ej. cuando el operario es completamente de confianza. Preferiblemente, es obligatoria de modo que pueda determinarse fácilmente cualquier cambio no autorizado en la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable.

Ahora se describirán con más detalle las diversas etapas de las fases A-D. El nivel de agua y la configuración del dispositivo de accionamiento o estructura ajustables se miden tomando una imagen de la línea de agua y de la estructura de canal en el punto de referencia o marcador locales. En la imagen, preferiblemente se utiliza como referencia un logotipo, p. ej. el del Control de Canal Móvil, que comprende un código de barras QR. El logotipo se coloca como una posición absoluta conocida y una orientación conocida en el espacio de modo que sobre la base de esta información, otros puntos en la imagen pueden dar una posición en el espacio. Esto se puede hacer mediante el uso de un algoritmo de reconocimiento de línea de agua. Para localización 3-D, pueden utilizarse dos logotipos. De esta manera, se puede determinar el nivel de la línea de agua y la configuración del punto de referencia o marcador (estructura de canal). Para bombas, se ejecutarán algoritmos de reconocimiento de patrón con el aporte proporcionado por múltiples imágenes (es decir películas) de las bombas en funcionamiento a diferentes niveles. Por conveniencia, dos marcadores físicos, p. ej. dos pies que representan la posición del operario cuando se toma una imagen, pueden ser p. ej. en forma de marcas pintadas en el suelo en la ubicación en la que es necesario tomar la imagen. Se puede disponer que cuando un operario presiona el botón para tomar la imagen con la cámara en la parte trasera del dispositivo móvil comprendido en el controlador esclavo local, la cámara en el frontal del dispositivo móvil toma una imagen de la cara del operario. La aplicación ejecutada en el dispositivo móvil está configurada para enviar ambas imágenes al servidor central sin que sea necesario que el operario realice una acción adicional, junto con las coordenadas de donde está el dispositivo móvil en ese momento. Si el controlador maestro centralizado no reconoce la cara del operario en comparación con la versión de autenticación de la cara del operario en el controlador maestro centralizado, entonces el operario recibe una instrucción del controlador maestro centralizado para tomar otra imagen de su cara y/o identificarse a sí mismo de otra manera. Esta otra manera de identificación puede ser, p. ej., dibujando su firma en el aire mientras utiliza el dispositivo móvil para comunicar sus movimientos al controlador maestro centralizado, por medio de reconocimiento de voz, etc. Si no se puede determinar la línea de agua o la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable (la estructura de canal), entonces se pide al operario que introduzca el nivel y la configuración del dispositivo de accionamiento por medio de la interfaz del dispositivo móvil. Para esta finalidad se puede utilizar un limnómetro instalado en la pared del canal.

Una vez superada con éxito la identificación de la ubicación y opcionalmente del operario, las mediciones sirven como aporte para el cálculo de subsiguientes acciones de control en el controlador maestro centralizado. Los cálculos se hacen sobre la base de un Modelo de Control Predictivo (MPC, del inglés *Model of Predictive Control*), en adelante se dan más detalles. Un modelo interno requerido para el MPC se actualiza utilizando las mediciones recibidas del controlador esclavo local. Tal actualización, es decir un modelo en una configuración en la que se implementan acciones de control móviles, se describe brevemente más adelante. La actualización se hace mediante el uso de técnicas de asimilación de datos. También se actualizan las condiciones límite del modelo, tal como p. ej. la predicción

de clima y los horarios de demanda de suministro de agua a los usuarios. Según la invención, se utiliza un MPC novedoso e inventivo para calcular acciones de control subsiguientes (es decir configuraciones de los dispositivos de accionamiento ajustable) de todos los dispositivos de accionamiento ajustable del sistema de canal, pero solo para las veces en las que estas estructuras o dispositivos de accionamiento ajustable pueden ser alcanzados realmente por el operario, dada la movilidad basada empíricamente del operario, o incluso un aporte en tiempo real dado del operario relativo a su movilidad. Esto se puede ilustrar por medio de un caso en el que un operario va a conducir a lo largo de un canal en una furgoneta de remolque abierto (pick-up) y va a cambiar una a una las configuraciones de varias estructuras o dispositivos de accionamiento ajustable. Después de trabajar en su camino a través de un sistema de canal desde su principio a su fin, se exige al operario que vuelva al principio del sistema de canal y repita su trabajo, cambiando de este modo repetidamente las configuraciones de diversos dispositivos de accionamiento ajustable. En tal caso, el MPC según la invención calculará el cambio necesario para la configuración del presente dispositivo de accionamiento ajustable, el cambio necesario para el primer siguiente dispositivo de accionamiento ajustable en, digamos, los próximos 15 minutos, el cambio necesario para el segundo siguiente dispositivo de accionamiento ajustable en los próximos 35 minutos, etc. El modelo de control predictivo prescribirá solo el cambio necesario en la configuración del presente dispositivo de accionamiento ajustable y la ubicación de la primera siguiente estructura local. En comparación con un sistema de canal dispuesto en serie, la próxima estructura o dispositivo de accionamiento ajustable a visitar en un sistema de agua de tipo red, p. ej. un pólder, es menos obvia. Para calcular qué estructura o dispositivo de accionamiento ajustable visitar primero y cuál debe ser su configuración, se analizan múltiples escenarios de MPC en un procedimiento de optimización utilizando las distancias entre las diversas estructuras o dispositivos de accionamiento ajustable.

Todos los datos, mediciones, imágenes comunicadas y acciones de control aconsejadas y realmente implementadas están disponibles en todo momento mediante p. ej. una interfaz basada en web en el controlador maestro centralizado. Esto también permite introducir o actualizar toda la información requerida como aporte para el MPC, p. ej. horarios de demanda de agua, predicciones de clima, irregularidades locales, etc.

Después de haber hecho los cálculos con el MPC, el controlador maestro centralizado comunica la acción de control calculada para la presente estructura del dispositivo de accionamiento ajustable al controlador esclavo local que expone la misma al operario local en forma legible para humanos. Si el protocolo particular lo requiere durante el uso (en adelante se dan más detalles), entonces al operario local también se le comunica un código para desbloquear unos medios de seguridad de acceso, p. ej. una cerradura digitalizada que asegura el dispositivo de accionamiento ajustable. Este código de desbloqueo puede ser generado de una manera de respuesta a desafío utilizando el reloj interno de la cerradura y un valor identificador (p. ej. un número o una o más palabras) que es único para la ubicación. La ubicación es identificable por el controlador maestro centralizado a través de las coordenadas de la ubicación real en las que se tomó una imagen y desde la que la misma se comunicó al controlador maestro centralizado. El código de seguridad, cuyo uso válido puede ser limitado en el tiempo, p. ej. solo para unos pocos minutos, se puede introducir para desbloquear el dispositivo de accionamiento ajustable. Este proceso puede ser soportado por unos medios visibles adecuados, p. ej. un diodo emisor de luz incorporado en la cerradura que se ilumina cuando se puede realizar de manera válida una acción y de lo contrario de apaga. Si el tiempo límite transcurre sin que se introduzca el código correcto, entonces se puede realizar una etapa redundante, p. ej. que la cerradura ya no se va a poder bloquear, de modo que es necesario solicitar un nuevo código con el fin de completar el cambio de la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable. Una nueva solicitud de un nuevo código de desbloqueo se puede implementar p. ej. solicitando al operario que tome una imagen de la cerradura. Esto puede ser seguido en el controlador maestro centralizado con el fin de garantizar que la configuración de la estructura local o dispositivo de accionamiento ajustables ha sido cambiada realmente y que la cerradura que regula el acceso al dispositivo de accionamiento ajustable ha sido enviada a un estado bloqueado. Como última etapa, el controlador maestro centralizado puede permitir la verificación del cambio en la configuración de la estructura local o dispositivo de accionamiento ajustable al requerir una imagen de por lo menos la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable local después de se haya cambiado la configuración. Esta imagen puede ser enviada automáticamente al controlador maestro centralizado para su verificación. Una vez completada la verificación, el controlador maestro centralizado puede comunicar información, relativa a la primera siguiente estructura o dispositivo de accionamiento ajustable que va a ser visitado por el operario, al controlador esclavo local que comprende el dispositivo móvil utilizado por el operario.

Se aplica una estructura de control jerárquica maestro-esclavo. El controlador maestro controla el nivel de agua mediante el ajuste del flujo a través de un dispositivo de accionamiento ajustable (una estructura local de comprobación tal como una compuerta o una bomba). El controlador esclavo controla el flujo a través de la estructura de comprobación mediante el ajuste de los aportes de estructura de comprobación, tal como la apertura de compuerta o la configuración de la bomba. Hay varias ventajas al aplicar esta estructura de control jerárquico maestro-esclavo. Una ventaja es que las no linealidades de la estructura de comprobación no afectan al circuito de control del nivel de agua, lo que mejora las prestaciones. Otra ventaja es que se pueden tener en cuenta fácilmente los requisitos complicados en relación al funcionamiento de la estructura de comprobación (p. ej. los requisitos de funcionamiento para evitar daños en las paredes de canal). Incluso otra ventaja es que se evitan las interacciones entre dos tramos adyacentes, lo que mejora las prestaciones (desacoplamiento). El algoritmo de control (de flujo) esclavo que se aplica es un algoritmo de bisección que 'invierte' numéricamente la relación de descarga de compuerta. Los algoritmos que se aplican en este caso tienen una convergencia garantizada y pueden resolver los problemas recurrentes lo suficientemente rápido como para permitir un funcionamiento en tiempo real. Con este fin, no es necesario conocer

exactamente las relaciones de descarga de compuerta, ni tienen que ser calibradas.

Un ejemplo de código de reconocimiento de línea de agua comprendido en el servidor maestro centralizado, o en algunos casos incluso en un controlador esclavo local, es de la siguiente manera. El código está escrito en lenguaje Matlab. Un experto en la técnica entenderá fácilmente diversas alternativas, versiones condesadas y versiones extendidas:

5

```

command=sprintf('Picture=imread("%s");',file);
eval(command);
pause(0.2)
command=sprintf('delete %s',file);
eval(command);
pause(0.2)
clear directory ans bestand command file
cd 'C:\Temp\ MobileCanalControl';
%convert the input image to grayscale format then convert this grayscale image
%to binary by thresholding
Picture=rgb2gray(Picture); %it transform the color image into a grayscale image
level=graythresh(Picture);
Picture=im2bw(Picture,level);

Black=0;
White=1;
DistanceMeters=0.0335;
DistanceToTargetLevel=0.1606;
Kp=2.2;
nPointAll=0;
for i=1:size(Picture,1)
    for j=1:size(Picture,2)
        if Picture(i,j)==Black
            iL=i;
            jL=j;
            nMatch=0;
            nMatch1=0;
            nMatch2=0;
            nMatch3=0;
            nMatch4=0;
            nMatch5=0;
            if Picture(iL,jL)==Black & jL<size(Picture,2)
                nMatch=nMatch+1;
                while Picture(iL,jL)==Black & jL<size(Picture,2)

```

```

    jL=jL+1;
    nMatch1=nMatch1+1;
end
end
if Picture(iL,jL)==White & jL<size(Picture,2)
    nMatch=nMatch+1;
    while Picture(iL,jL)==White & jL<size(Picture,2)
        jL=jL+1;
        nMatch2=nMatch2+1;
    end
end
if Picture(iL,jL)==Black & jL<size(Picture,2)
    nMatch=nMatch+1;
    while Picture(iL,jL)==Black & jL<size(Picture,2)
        jL=jL+1;
        nMatch3=nMatch3+1;
    end
end
if Picture(iL,jL)==White & jL<size(Picture,2)
    nMatch=nMatch+1;
    while Picture(iL,jL)==White & jL<size(Picture,2)
        jL=jL+1;
        nMatch4=nMatch4+1;
    end
end
if Picture(iL,jL)==Black & jL<size(Picture,2)
    nMatch=nMatch+1;
    while Picture(iL,jL)==Black & jL<size(Picture,2)
        jL=jL+1;
        nMatch5=nMatch5+1;
    end
end
end

```

```

        if nMatch==5 & abs(nMatch1-nMatch2)<0.4*nMatch1 & abs(nMatch1-
nMatch4)<0.4*nMatch1 & abs(nMatch1-nMatch5)<0.4*nMatch1 &
abs(nMatch1+nMatch2+nMatch4+nMatch5-4/3*nMatch3)<0.4*nMatch1
            nPointAll=nPointAll+1;
            xPointAll(nPointAll)=j+0.5*(jL-j+1);
            yPointAll(nPointAll)=size(Picture,1)-i+1;
        end
    end
end
if nPointAll==0
    disp('Picture not recognized. No anchor points found');
    break
end
nPoint=1;
Point(nPoint)=1;
nPoints(nPoint)=1;
Points(nPoint,nPoints(nPoint))=1;
for iPointAll=2:nPointAll
    Found=0;
    for iPoint=1:nPoint
        for iPoints=1:nPoints(iPoint)
            if abs(xPointAll(iPointAll)-xPointAll(Points(iPoint,iPoints)))<=3 &
abs(yPointAll(iPointAll)-yPointAll(Points(iPoint,iPoints)))<=3
                Found=1;
                nPoints(iPoint)=nPoints(iPoint)+1;
                Points(iPoint,nPoints(iPoint))=iPointAll;
                break;break;
            end
        end
    end
    if Found==0
        nPoint=nPoint+1;
        Point(nPoint)=iPointAll;
    end
end

```

```

    nPoints(nPoint)=1;
    Points(nPoint,nPoints(nPoint))=Point(nPoint);
end
end
for iPoint1=1:3
    nPoint1=0;
    for iPoint=1:nPoint
        if nPoints(iPoint)>nPoint1
            nPoint1=nPoints(iPoint);
            iPoint1Found=iPoint;
        end
    end
    nPoints1(iPoint1)=nPoints(iPoint1Found);

    Points1(iPoint1,1:nPoints(iPoint1Found))=Points(iPoint1Found,1:nPoints(iPoint1Found)
);
    nPoints(iPoint1Found)=0;
end
nPoint=3;
nPoints=nPoints1;
Points=Points1;
for iPoint=1:nPoint
    xPoint(iPoint)=0;
    yPoint(iPoint)=0;
    for iPoints=1:nPoints(iPoint)
        xPoint(iPoint)=xPoint(iPoint)+xPointAll(Points(iPoint,iPoints));
        yPoint(iPoint)=yPoint(iPoint)+yPointAll(Points(iPoint,iPoints));
    end
    xPoint(iPoint)=xPoint(iPoint)/nPoints(iPoint);
    yPoint(iPoint)=yPoint(iPoint)/nPoints(iPoint);
end
%plot(xPointAll,yPointAll,','xPoint,yPoint,'xr')
Point1=0;
Point2=0;

```

```

for iPoint1=1:nPoint
    Angle=0;
    iSelectPoint2=0;
    for iPoint2=1:nPoint
        if iPoint1~=iPoint2
            iSelectPoint2=iSelectPoint2+1;
            Angle=Angle+atan2(yPoint(iPoint2)-yPoint(iPoint1),xPoint(iPoint2)-
xPoint(iPoint1));
            SelectPoint2(iSelectPoint2)=iPoint2;
        end
    end
    if abs(mod(Angle,2*pi)-0.5*pi)<0.05*2*pi
        Point1=iPoint1;
        Point2=SelectPoint2(1);
        break
    elseif abs(mod(Angle,2*pi)-1.5*pi)<0.05*2*pi
        Point1=iPoint1;
        Point2=SelectPoint2(2);
        break
    end
end
if Point1==0 | Point2==0
    disp('Picture not recognized. The three anker points are not perpendicular so obvious-
ly not correctly read');
    return
end
Distance=sqrt((xPoint(Point2)-xPoint(Point1))^2+(yPoint(Point2)-yPoint(Point1))^2);
Angle=atan2(yPoint(Point2)-yPoint(Point1),xPoint(Point2)-xPoint(Point1));
xStep=cos(Angle);
yStep=sin(Angle);
x=xPoint(Point2)+xStep*Distance;
y=yPoint(Point2)+yStep*Distance;
i=round(size(Picture,1)-y+1);
j=round(x);

```

```

WaterLineFound=0;
while i-20>0 & i+20<size(Picture,1) & j-20>0 | j+20<size(Picture,2)
    x=x+xStep;
    y=y+yStep;
    i=round(size(Picture,1)-y+1);
    j=round(x);
    if Picture(i,j)==Black;
        TotalBlack=0;
        for i1=i:i+10
            for j1=j-5:j+5
                if Picture(i1,j1)==Black
                    TotalBlack=TotalBlack+1;
                end
            end
        end
        if TotalBlack>100
            WaterLineFound=1;
            break
        end
    end
end
if WaterLineFound==0
    disp('Picture not recognized. Water line could not be found');
    return
end
DistanceToWaterLine=sqrt((x-xPoint(Point2))^2+(y-yPoint(Point2))^2);
DistanceToWaterLineMeters=DistanceToWaterLine/Distance*DistanceMeters;
Error=DistanceToTargetLevel-DistanceToWaterLineMeters;
disp(['The water level error is ',num2str(Error,3),' meter.']);

```

- Ahora se describirá el Modelo de Control Predictivo (MPC) tal como se emplea en la invención. Un Control Predictivo de Modelo como tal es una metodología conocida que proporciona unas altas prestaciones en cuanto a control de canal. El MPC como se emplea en la invención es diferente del MPC conocido. La diferencia es que según la
- 5 invención, las acciones de control no se calculan para todas las estructuras para el mismo momento y con un intervalo de tiempo constante, pero esas acciones de control solo se calculan para instantes de tiempo en los que el operario puede llegar a la estructura o dispositivo de accionamiento ajustable locales relacionados. Por ejemplo, en el caso de un sistema de canal en el que un operario recorre el sistema de canal desde el principio del sistema de canal al final y luego regresa a su principio, etc., las distancias entre las estructuras (estructuras de control en el canal y las
- 10 estructuras de salida) son L (m), la velocidad media con la que el operario puede moverse es V (m/s) y el tiempo que

tarda en ejecutar todas acciones requeridas en el lugar local es T (s). Esto da unos instantes de tiempo $[T_1=T, T_2=L_1/V+2T, T_3=(L_1+L_2)/V+3T, T_4=(L_1+L_2+L_3)/V+4T, \dots]$ que pueden ser determinados por $L_x/V+T$ para cada par de estructuras adyacentes.

- 5 La formulación general del Control Predictivo de Modelo para la parte de predicción del mismo utiliza un modelo con acciones de control para todos los dispositivos de accionamiento controlados en todas las etapas de tiempo de control en el horizonte de predicción según:

$$X = f(x_0, D, U)$$

- 10 donde X es un vector de estados futuros del modelo, x_0 es el estado inicial del modelo (actualizado utilizando 'actualización móvil de modelo'), D es el vector de perturbaciones en el horizonte de predicción y U es el vector de acciones de control presentes y futuras en el horizonte de predicción que son optimizadas en el controlador. Más específicamente, U consiste en las acciones de control optimizadas de todos los dispositivos de accionamiento en todas las etapas de tiempo de control en el horizonte de predicción según:

$$U = [u_{1,1}, u_{1,2}, K, u_{1,m}, u_{1,2}, u_{2,2}, K, u_{2,m}, K, u_{n,1}, u_{n,2}, K, u_{n,m}]$$

- 15 Donde $u_{i,j}$ es la acción de control en la etapa de tiempo i en el dispositivo de accionamiento j , n es el número de etapas de tiempo de control en el horizonte de predicción, m es el número de dispositivos de accionamiento controlados.

La formulación del Control Predictivo de Modelo Móvil (MMPC, del inglés *Mobile Model Predictive Control*) tiene un vector U^M diferente de acciones de control:

$$U^M = [u_{\{t_1, l_1\}}, u_{\{t_2, l_2\}}, K, u_{\{t_s, l_s\}}]$$

- 20 donde $u_{\{t_k, l_k\}}$ son las acciones de control que tienen que ser implementadas en el momento t_k y la ubicación l_k , donde k es un evento discreto de un total de s eventos discretos en una ruta R a lo largo de los dispositivos de accionamiento ajustable. $u_{\{t_1, l_1\}}$ es la acción de control presente para el dispositivo de accionamiento ajustable en el que está actualmente el operario móvil e inicia el procedimiento MMPC. La ruta es una función del tiempo de implementación de una acción de control, la distancia entre dispositivos de accionamiento y la velocidad media con la que viaja el operario que implementa las acciones de control. La secuencia de ubicaciones en la que se va a implementar un ajuste del dispositivo de accionamiento se puede dar como información adicional para el problema de MMPC como limitaciones operativas o puede ser calculada por medio de optimización en el controlador (comparable con el bien conocido problema de 'vendedor viajante').

- 30 Ahora se describirá la actualización del MPC. El filtrado Kalman, por ejemplo, es una manera conocida para actualizar un modelo mediante mediciones. Se dan unos pesos a la precisión estimada de los estados de modelo. También se dan unos pesos a la precisión estimada de las mediciones. Este principio se utiliza en una versión de actualización móvil según la invención. En lugar de una situación en la que normalmente todas las mediciones están disponibles a la vez, según la invención para actualizar el modelo solo se utilizan las mediciones del lugar visitado. Cualquier disminución en la precisión de los estados de modelo no es tan grande como para afectar negativamente a la precisión de las acciones de control calculadas y mejora enormemente la velocidad y la facilidad con la que se pueden calcular las optimizaciones. También disminuye el tiempo necesario entre hacer una medición localmente y la verificación de un cambio real de la configuración de una estructura de canal o dispositivo de accionamiento ajustable.

- 40 Ahora se describirán los medios de seguridad para regular el acceso a una estructura de canal o dispositivo de accionamiento ajustable locales. Una interfaz en el lado frontal del candado es p. ej. un teclado comparable con el de un teléfono móvil, con teclas marcadas como 1 2 3; 4 5 6; 7 8 9; y R 0 E, donde R es el botón Restablecer y E es un botón Entrar. Para desbloquear los medios de seguridad se necesita un código, p. ej. de seis dígitos. Como se ha descrito anteriormente, tal código es comunicado por el controlador maestro centralizado al controlador esclavo local sobre la base del operario en la estructura de canal local tomando una imagen de los medios de seguridad, y el operario puede introducir este código utilizando el teclado. En una cerradura digitalizada, su chip puede calcular a la inversa este número utilizando el número identificador único de la cerradura (que es p. ej. un número de seis dígitos conocido en el controlador maestro centralizado) en cuanto a un momento del tiempo (un número racional que p. ej. representa al número de días desde 2010). Si la diferencia entre este momento y el momento actual en el reloj del chip en la cerradura es menos de, digamos, 900 segundos (0,0104167 días), entonces se envía una señal al mecanismo de desbloqueo. El mecanismo de desbloqueo puede ser p. ej. un pequeño relé electrónico que es alimentado durante un periodo limitado, digamos 5 minutos. La alimentación del relé moverá un pasador fuera de un anillo en la cerradura. El anillo está conectado al extremo del grillete de la cerradura, de modo que se puede abrir. Si y cuando el pasador no está en el anillo, se ilumina un diodo emisor de luz roja. Después de cinco minutos o antes si se aprieta R, se quita la alimentación del relé para permitir al pasador regresar al anillo. La bisagra de la cerradura se puede empujar de regreso adentro del cuerpo de cerradura y sostenerse allí cuando se aprieta R. Si el pasador no está en el anillo, entonces el diodo emisor de luz permanecerá encendido. Para alimentar el relé (con el fin de mover el pasador) una vez más, es necesario volver a introducir el código. Si han pasado más de 900 segundos sin haber introducido el código correcto, entonces se requiere un nuevo código y puede requerirse tomar una imagen de la cerradura como se

ha descrito anteriormente.

La invención proporciona de este modo un sistema de control de canal que comprende un controlador maestro centralizado, un controlador esclavo local, un sistema de comunicación inalámbrica entre el controlador maestro centralizado y el controlador esclavo local, un punto de referencia (fijo) o marcador (movible) relativos al nivel de agua o al flujo de agua en el sistema de canal, y un dispositivo de accionamiento ajustable en el sistema de canal, tal como una compuerta o una bomba ajustables, por lo que el controlador centralizado ejecuta un algoritmo relacionado con un modelo de control predictivo, dicho algoritmo comprende código para calcular acciones de control para los dispositivos de accionamiento ajustable en el sistema de canal en instantes de tiempo durante los que el operario que maneja el controlador esclavo local puede llegar a dispositivos de accionamiento ajustable que van a ser ajustados a continuación. En una realización, se mide y se controla el nivel de agua en un punto particular en el sistema de canal para regular el flujo de agua en el sistema de canal. En otra realización, la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable se mide y se controla para regular el flujo de agua en el sistema de canal. Esta última realización permite que el modelo de control predictivo sea actualizado, preferiblemente utilizando solo la medición del nivel de agua y la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable relacionada a un punto de referencia o marcador dados que han sido enviados al controlador maestro centralizado.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control de canal para controlar el nivel de agua o el flujo de agua en un sistema de canal (2), que comprende:
 - (a) un controlador maestro centralizado (20),
 - 5 (b) a controlador esclavo local (30),
 - (c) un sistema de comunicación inalámbrica entre el controlador maestro centralizado y el controlador esclavo local,
 - (d) un punto de referencia (fijo) (8) o un marcador (movible) (11) relacionados con el nivel de agua o el flujo de agua en el sistema de canal,
 - 10 y
 - (e) un dispositivo de accionamiento ajustable (9) en el sistema de canal, tal como una compuerta o una bomba ajustables,
- 15 por el que el controlador esclavo local comprende un dispositivo inalámbrico móvil (13) que a su vez comprende (i) unos medios técnicos para ver o grabar una medición del nivel de agua o del flujo de agua con respecto al punto de referencia (fijo) (8) o al marcador (movible) (11) en el sistema de canal, (ii) unos medios técnicos para enviar la medición del nivel de agua o del flujo de agua como una señal de entrada al controlador maestro centralizado, (iii) unos medios técnicos para recibir una señal de control de salida del controlador maestro centralizado, y (iv) una interfaz de usuario para exponer una instrucción legible por humano basada en la señal de salida recibida desde el controlador maestro centralizado.
- 20 2. Un sistema de control de canal según la reivindicación 1, caracterizado por que el dispositivo inalámbrico móvil comprendido en el controlador esclavo local comprende a su vez (v) unos medios técnicos para ver o grabar una medición del estado o la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable, tal como una compuerta o bomba, en el sistema de canal, y (vi) unos medios técnicos para enviar la medición del estado o configuración del dispositivo de accionamiento ajustable como una señal de entrada al controlador maestro centralizado.
- 25 3. Un sistema de canal según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, caracterizado por que el controlador maestro centralizado y el controlador esclavo local están configurados para interactuar mutuamente en la ejecución de un algoritmo de control predictivo utilizando un modelo matemático del sistema de canal.
4. Un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, caracterizado por que el controlador maestro centralizado y el controlador esclavo local están implementados en dispositivos distintos.
- 30 5. Un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, caracterizado por que el controlador maestro centralizado y el controlador esclavo local están integrados en un solo dispositivo móvil.
6. Un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, caracterizado por que el controlador maestro centralizado y el controlador esclavo local están configurados adicionalmente para interactuar mutuamente para actualizar el modelo matemático del sistema de canal en tiempo real.
- 35 7. Un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, caracterizado por que adicionalmente comprende unos medios para la verificación de la ubicación de cualquier punto de referencia o marcador dados en el sistema de canal.
8. Un sistema de control de canal según la reivindicación 7, caracterizado por que los medios para la verificación comprenden un identificador legible digitalmente (5), p. ej. un código de barras o un código QR, colocados en o
- 40 cerca del punto de referencia (8) o marcador (11) en el sistema de canal.
9. Un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, caracterizado por que comprende unos medios adicionales para controlar el acceso al dispositivo de accionamiento ajustable en el sistema de canal (2).
10. Un sistema de control de canal según la reivindicaciones 9, caracterizado por que los medios adicionales comprenden unos medios basados en código de seguridad tales como una cerradura digitalizada.
- 45 11. Un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, caracterizado por que el controlador maestro centralizado y el controlador esclavo local están configurados para interactuar mutuamente en la ejecución de un algoritmo de control predictivo utilizando un modelo matemático del sistema de canal que utiliza software que comprende código para el reconocimiento del nivel de agua adaptado para el uso con un dispositivo
- 50 móvil.
12. Un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, caracterizado por que el controlador

maestro centralizado y el controlador esclavo local están configurados para interactuar mutuamente en la ejecución de un algoritmo de control predictivo utilizando un modelo matemático del sistema de canal que utiliza software que comprende código para un modelo de control predictivo adaptado para el uso con un dispositivo móvil.

- 5 13. Un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 11-12, caracterizado por que el código para un modelo de control predictivo comprende código para calcular acciones de control para los dispositivos de accionamiento ajustable en el sistema de canal en instantes de tiempo cuando el operario que maneja el controlador esclavo local puede llegar realmente al próximo dispositivo de accionamiento ajustable que va a ser ajustado.
- 10 14. Un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 12-13, caracterizado por que el software comprende adicionalmente código para actualizar el modelo de control predictivo adaptado para el uso con un dispositivo móvil.
- 15 15. Un sistema de control de canal según la reivindicación 14, caracterizado por que el código para actualizar el modelo de control predictivo comprende código con el que para actualizar el modelo de control predictivo solo se usa la medición del nivel de agua y/o la configuración del dispositivo de accionamiento ajustable que se han enviado al controlador maestro centralizado.
- 20 16. Un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 14-15, caracterizado por que el código para actualizar el modelo de control predictivo comprende código que implementa el filtrado Kalman.
- 25 17. Un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 11-16, caracterizado por que el software comprende adicionalmente código para proporcionar una solución calculada óptima para el próximo punto de referencia o marcador en el sistema de canal en el que hacer una medición del nivel de agua o el flujo de agua después de que el controlador maestro centralizado ha procesado una medición del nivel de agua y/o la configuración de un dispositivo de accionamiento ajustable en un punto de referencia o marcador particulares.
- 30 18. Un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 1-17, caracterizado por que el sistema de canal en cualquier punto de referencia o marcador dados comprende un dispositivo controlado remotamente que hace mediciones.
- 35 19. Un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 1-17, caracterizado por que el sistema de canal en cualquier punto de referencia o marcador dados comprende un dispositivo de medición o grabación que funciona en una frecuencia de ondas no visibles, tales como un dispositivo de infrarrojos (IR) o en intervalos de tiempo ajustables.
- 40 20. Un método para controlar el nivel de agua o el flujo de agua en un sistema de canal que utiliza un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1-19, caracterizado por que el método comprende las fases de: (A) hacer una medición del nivel de agua o del flujo de agua relativos a un punto de referencia (8) o marcador (11) en el sistema de canal utilizando el dispositivo inalámbrico móvil (13) comprendido en el controlador esclavo local (30); (B) enviar la medición de la fase A al controlador maestro centralizado (20) para procesamiento, actualizar el modelo matemático del sistema de canal, la ejecución de un algoritmo de control predictivo utilizando un modelo matemático del sistema de canal para calcular la configuración de control para el punto de referencia o el marcador de los que se envió la medición, y enviar la configuración de control calculada desde el controlador maestro centralizado al controlador esclavo local; y (C) leer, por parte de una persona que maneja el controlador esclavo local, la configuración de control calculada, y por consiguiente el ajuste del dispositivo de accionamiento ajustable en el sistema de canal, tal como una compuerta o una bomba ajustables (9).
- 45 21. Un método para controlar el nivel de agua o el flujo de agua en un sistema de canal según la reivindicación 20, caracterizado por que el método comprende adicionalmente una fase (D) de hacer otra medición del nivel de agua o del flujo de agua relativos a un punto de referencia (8) o marcador (11) en el sistema de canal utilizando el dispositivo inalámbrico móvil (13) comprendido en el controlador esclavo local después del ajuste de la compuerta o bomba según la fase (C).
- 50 22. Un método para controlar el nivel de agua o el flujo de agua en un sistema de canal que utiliza un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 20-21, caracterizado por que la fase (A) comprende adicionalmente la etapa de verificación del punto de referencia o marcador particulares en los que se está haciendo la medición, por ejemplo por el envío de una vista de los medios del identificador legible digitalmente, p. ej. un código de barras o un código QR, colocado en o cerca del punto de referencia (8) o marcador (11) en el sistema de canal, al controlador maestro centralizado.
- 55 23. Un método para controlar el nivel de agua o el flujo de agua en un sistema de canal que utiliza un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 20-22, caracterizado por que la fase (A) comprende adicionalmente la etapa de verificación de la identidad de la persona que maneja el controlador esclavo local en un

punto de referencia o marcador particulares en los que se está haciendo una medición, por ejemplo por el envío de una vista de dicho operario al controlador maestro centralizado.

- 5 24. Un método para controlar el nivel de agua o el flujo de agua en un sistema de canal que utiliza un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 20-23, caracterizado por que la fase (B) comprende adicionalmente la etapa de enviar un código al controlador esclavo local con la finalidad de desbloquear los medios de seguridad que permiten el acceso al dispositivo de accionamiento ajustable (9) que va a ser ajustado.
- 10 25. Un método para controlar el nivel de agua o el flujo de agua en un sistema de canal que utiliza un sistema de control de canal según cualquiera de las reivindicaciones 20-24, caracterizado por que el método comprende adicionalmente una etapa de cálculo de una solución calculada óptima para el próximo punto de referencia o marcador en el sistema de canal en el que hacer una medición del nivel de agua o del flujo de agua después de que el controlador maestro centralizado haya procesado una medición del nivel de agua y/o la configuración de un dispositivo de accionamiento ajustable en un punto de referencia o marcador particulares, y enviar la solución óptima como una señal de salida al controlador esclavo local para exponer la solución óptima en forma de una
- 15 instrucción legible por humano en la interfaz de usuario comprendida en el controlador esclavo local.

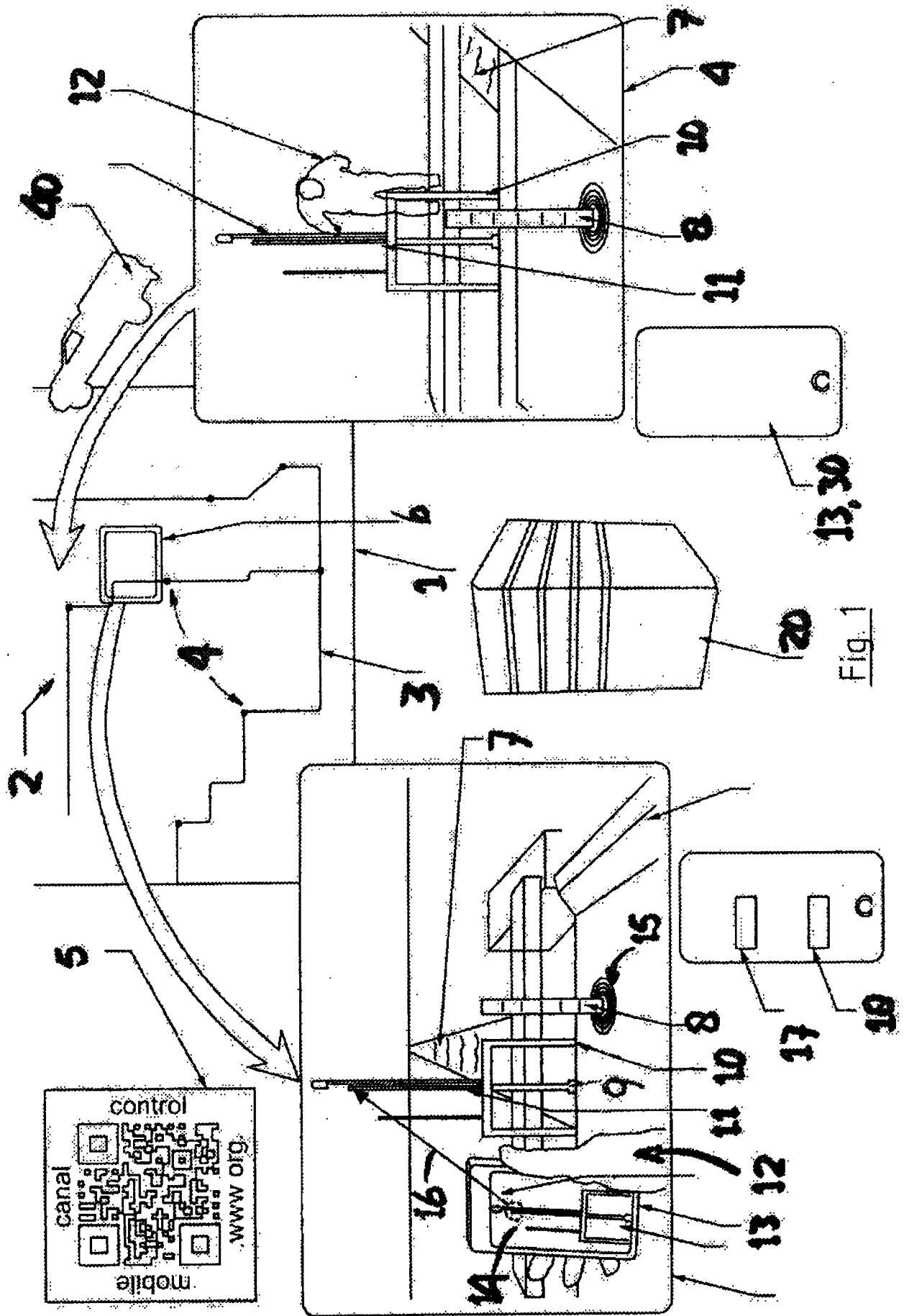
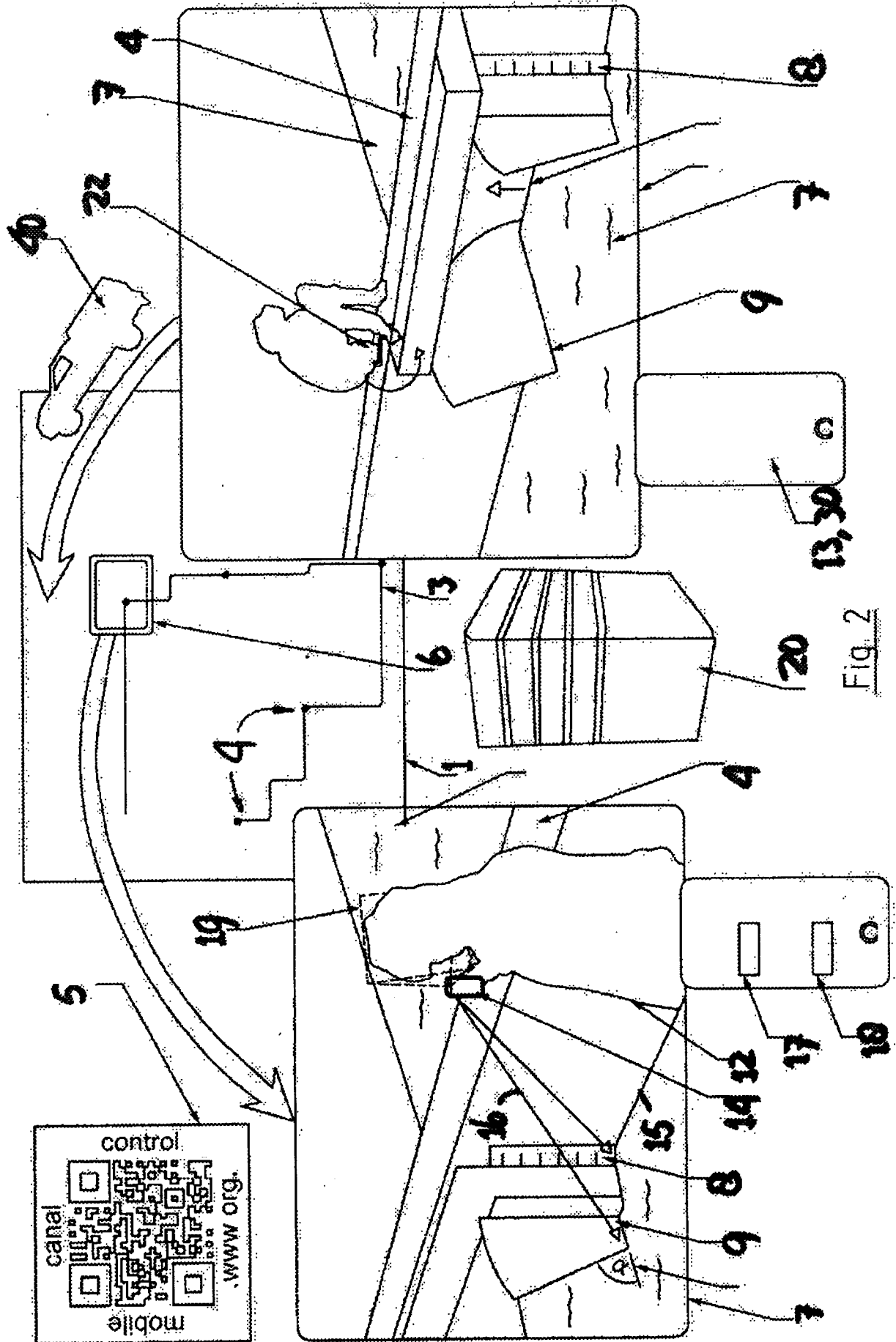


Fig 1



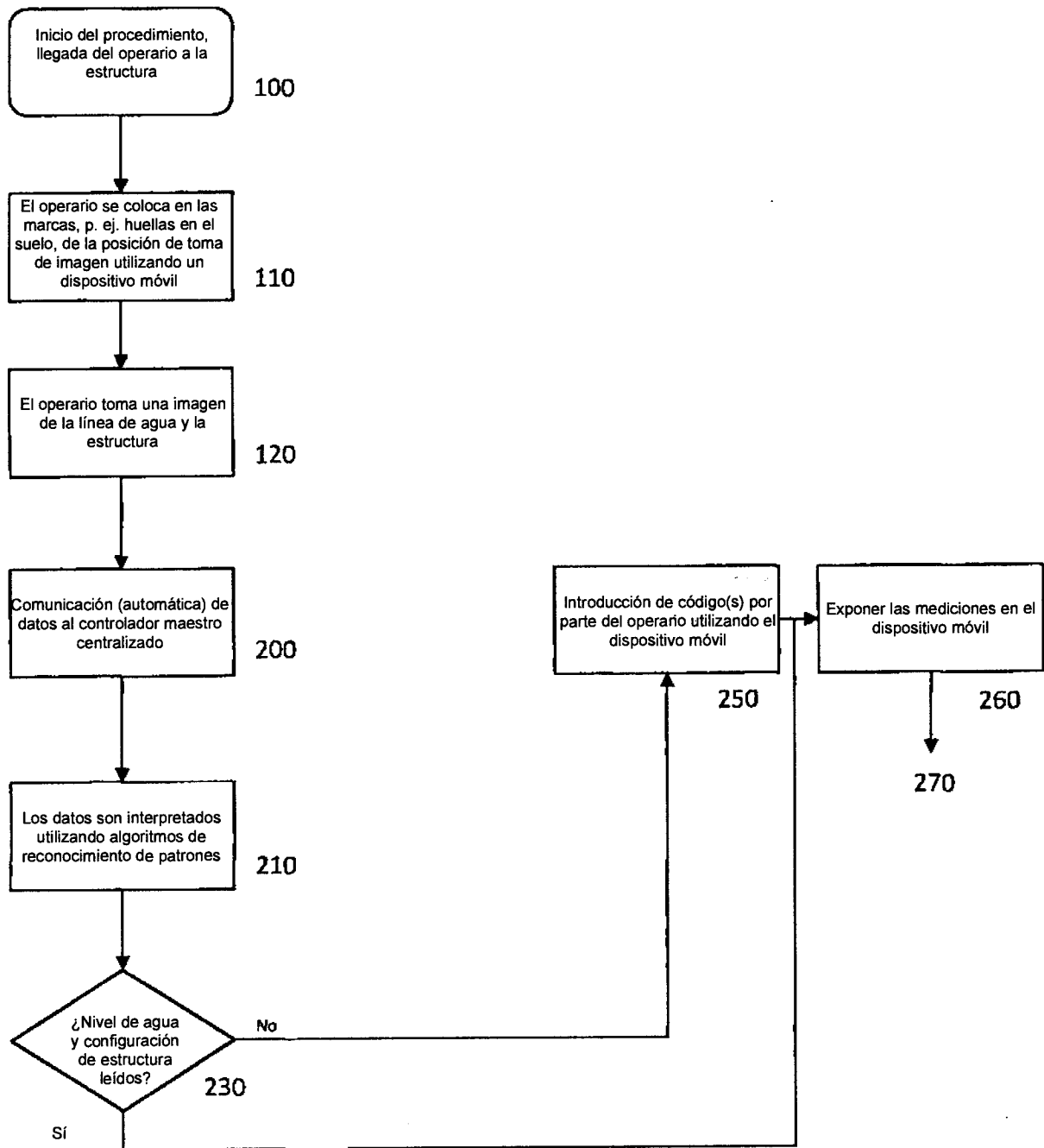


Fig. 3

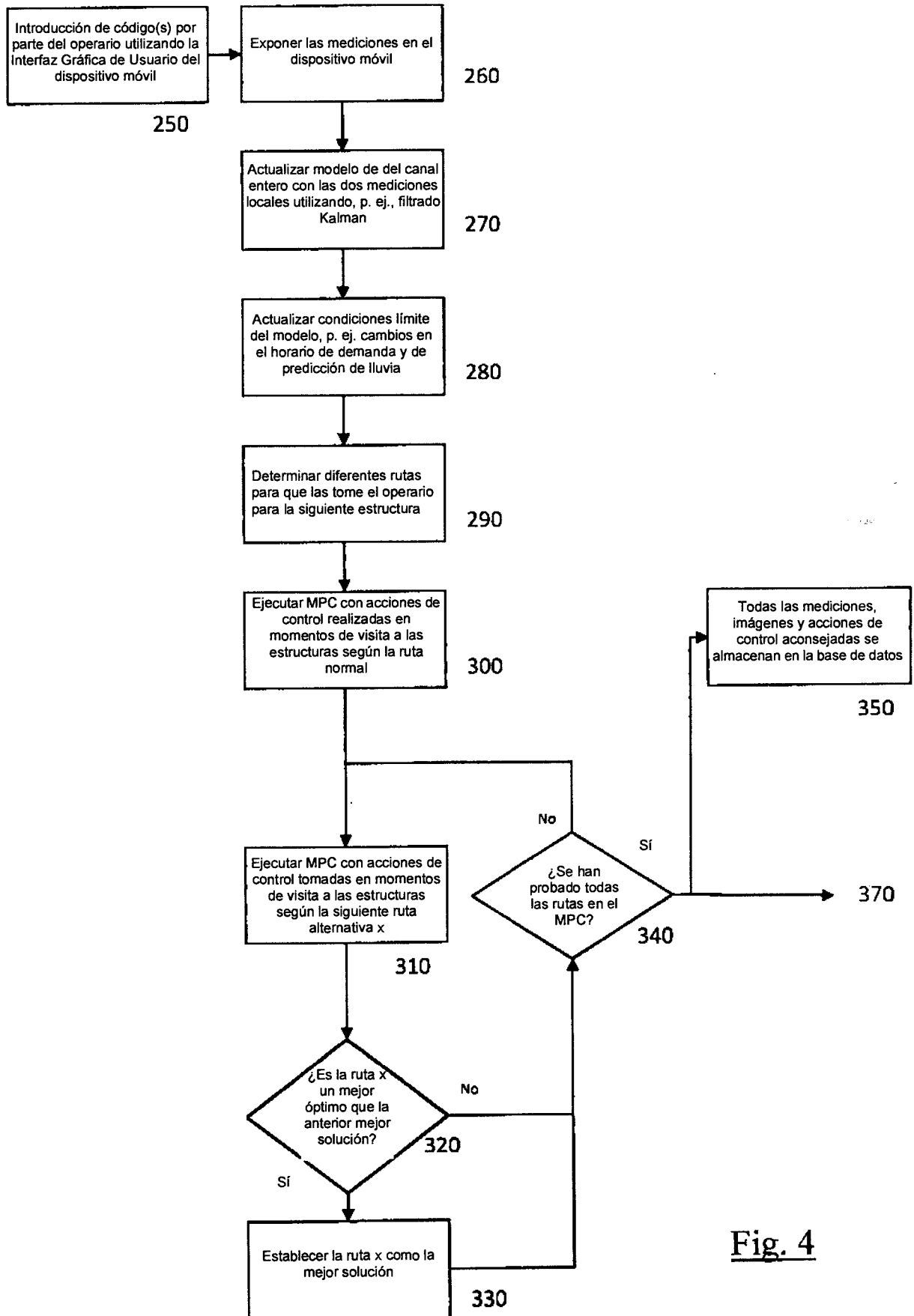


Fig. 4

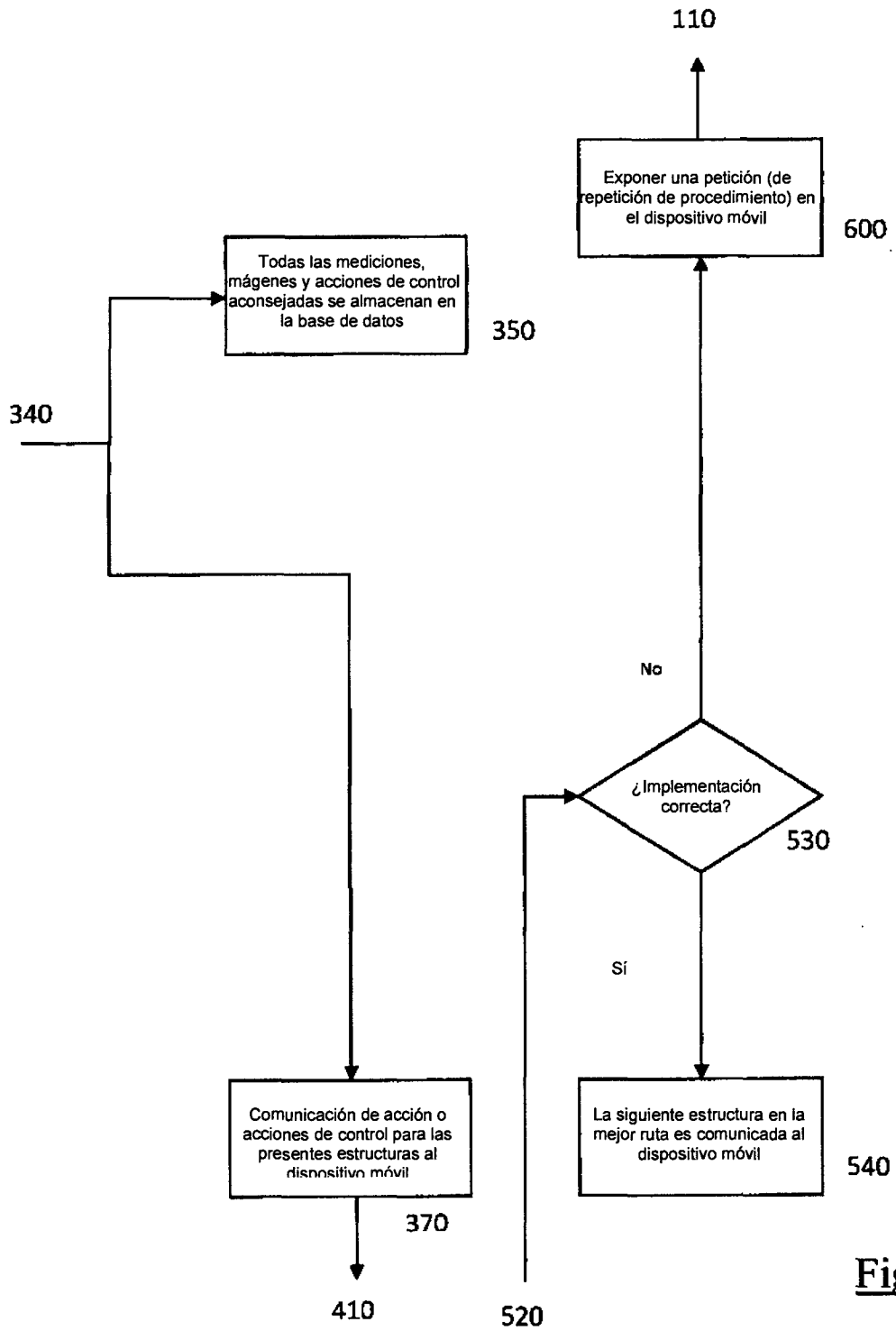


Fig. 5

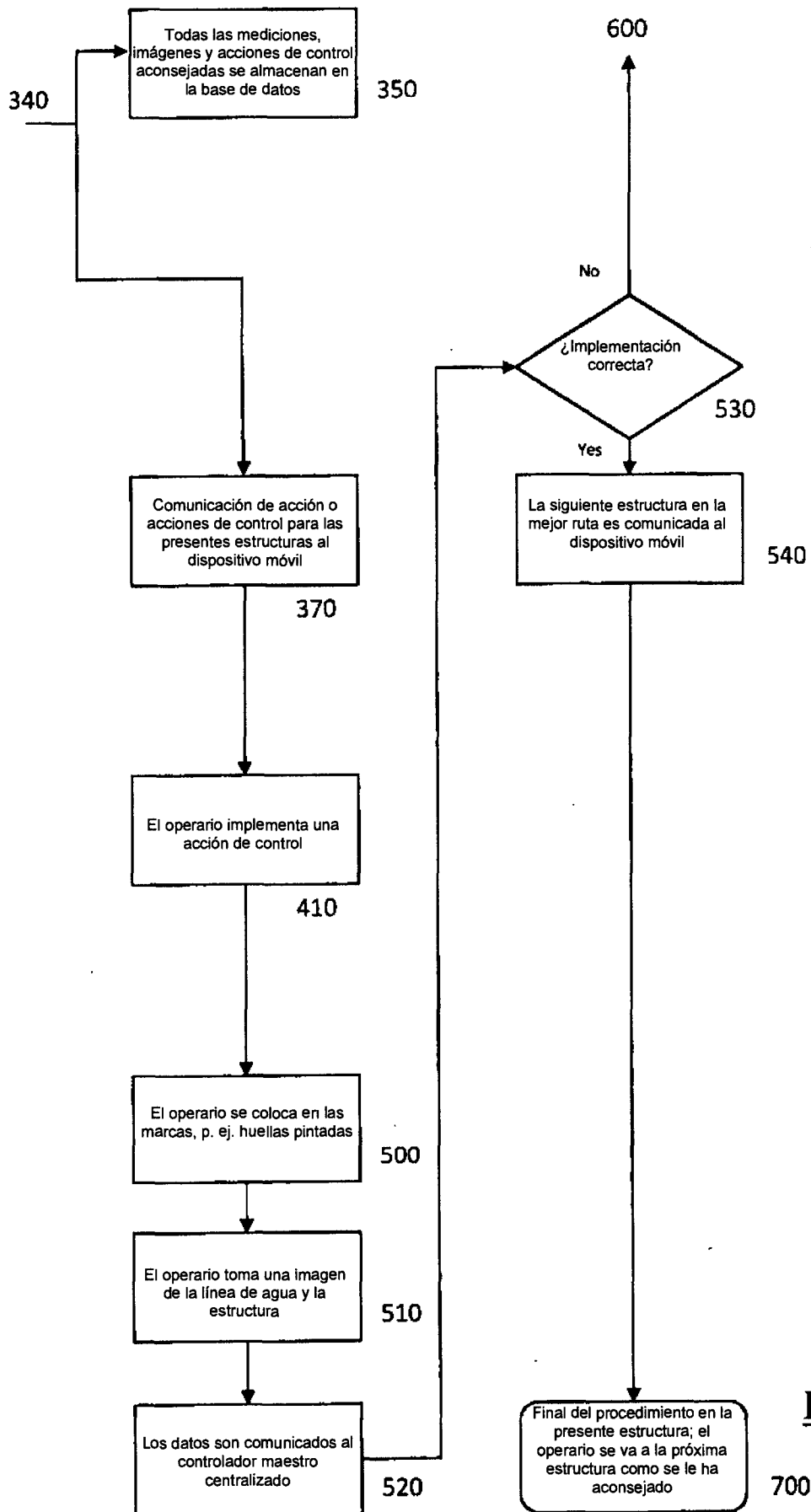


Fig. 6

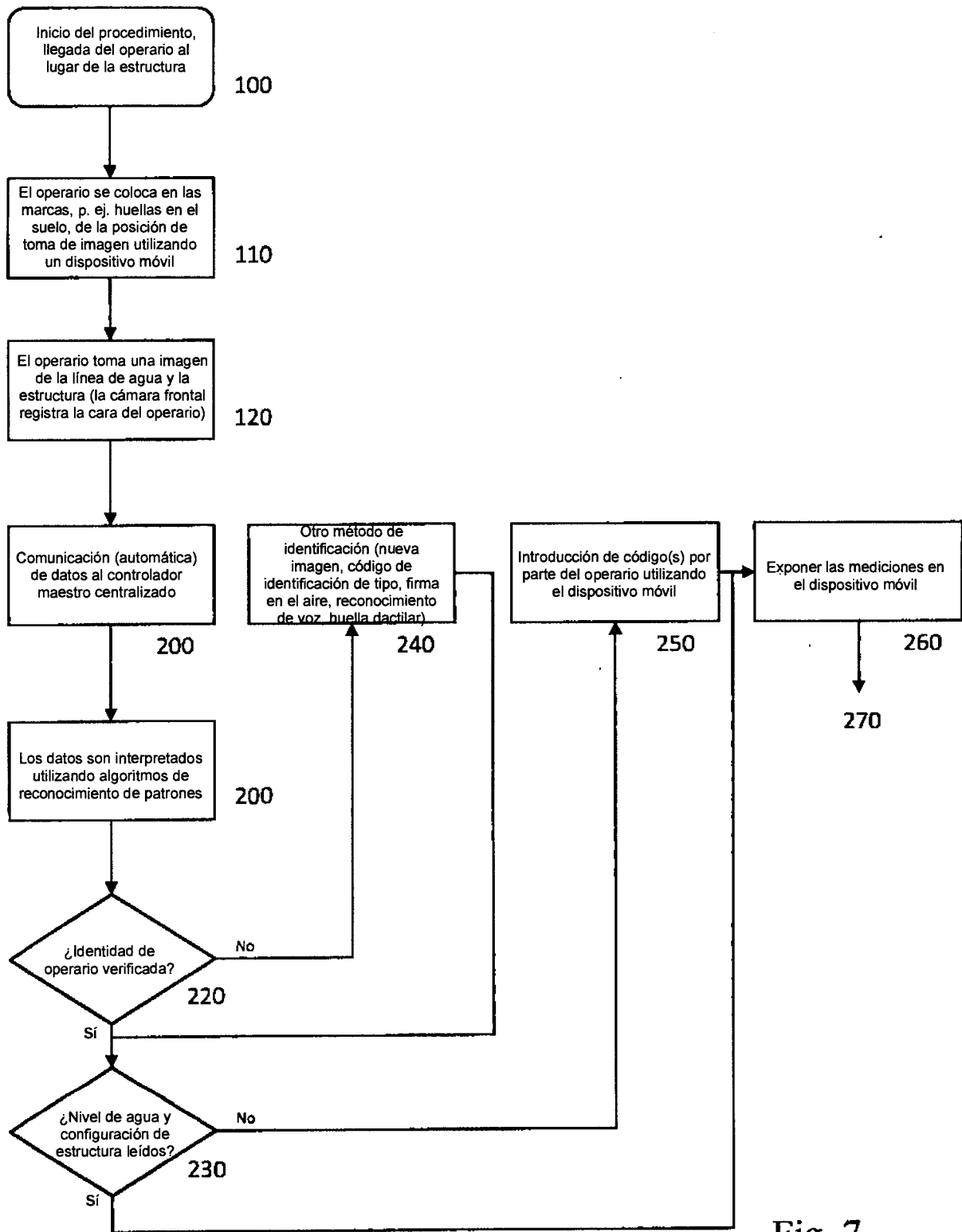


Fig. 7

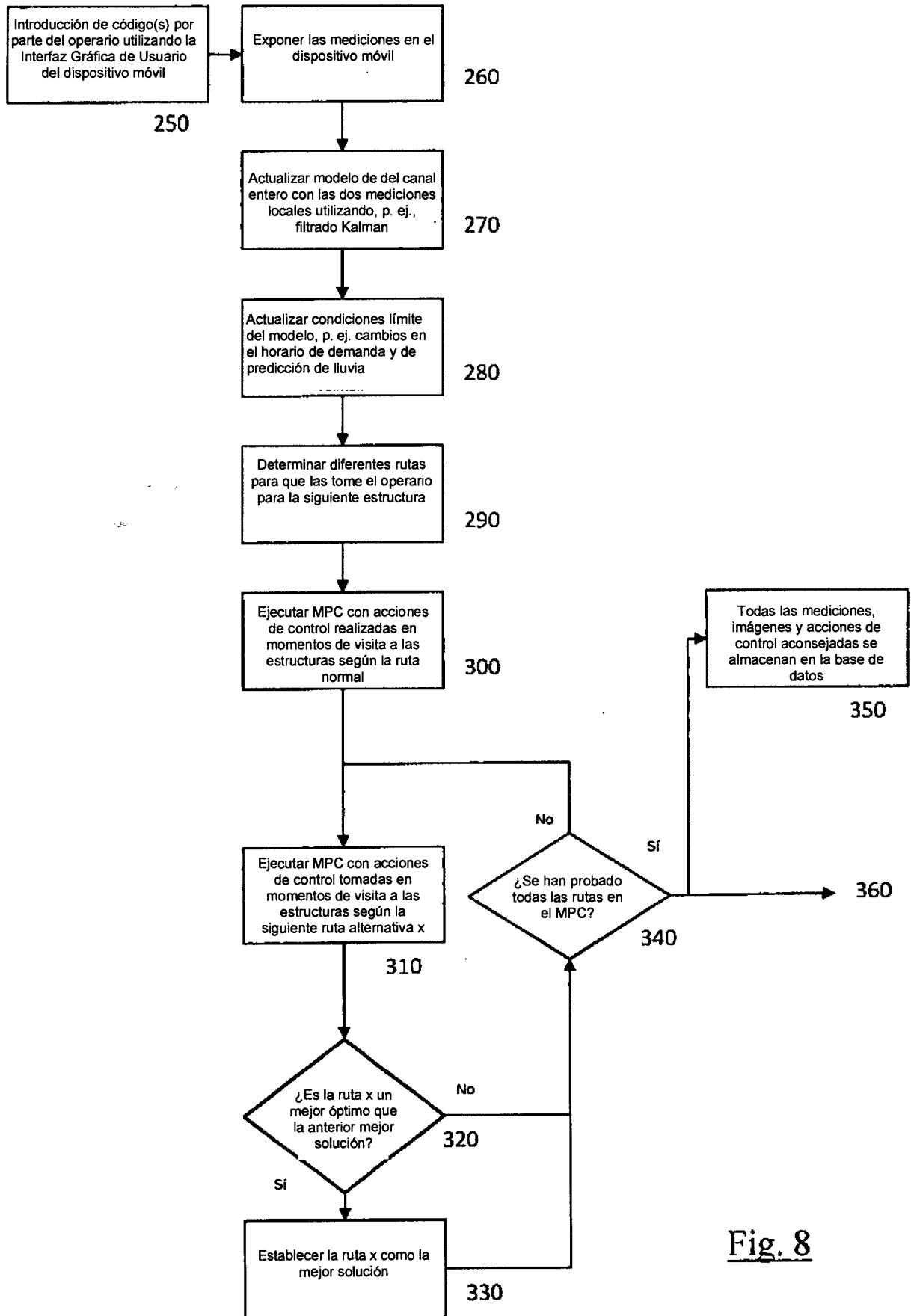


Fig. 8

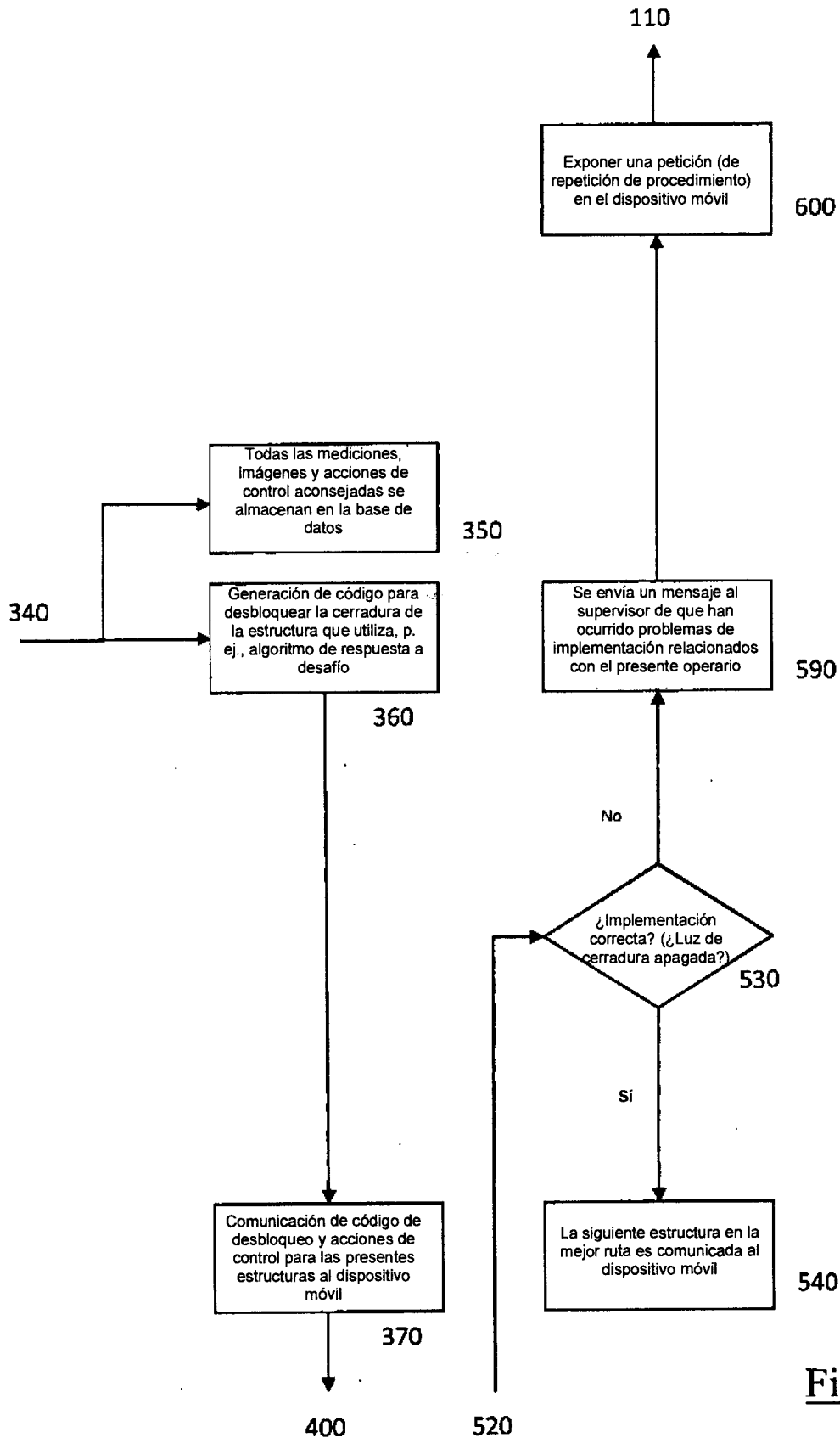


Fig. 9

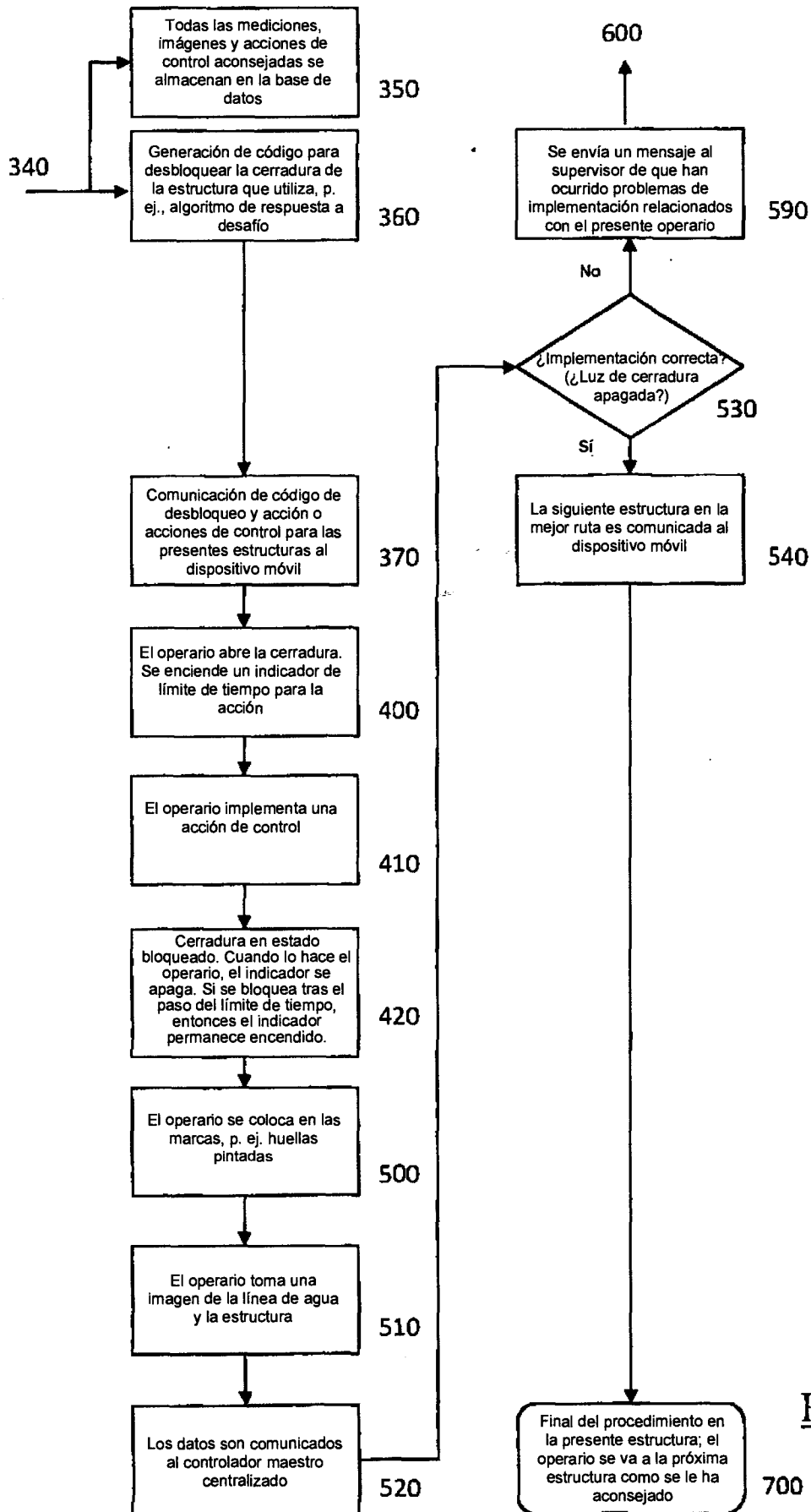


Fig. 10

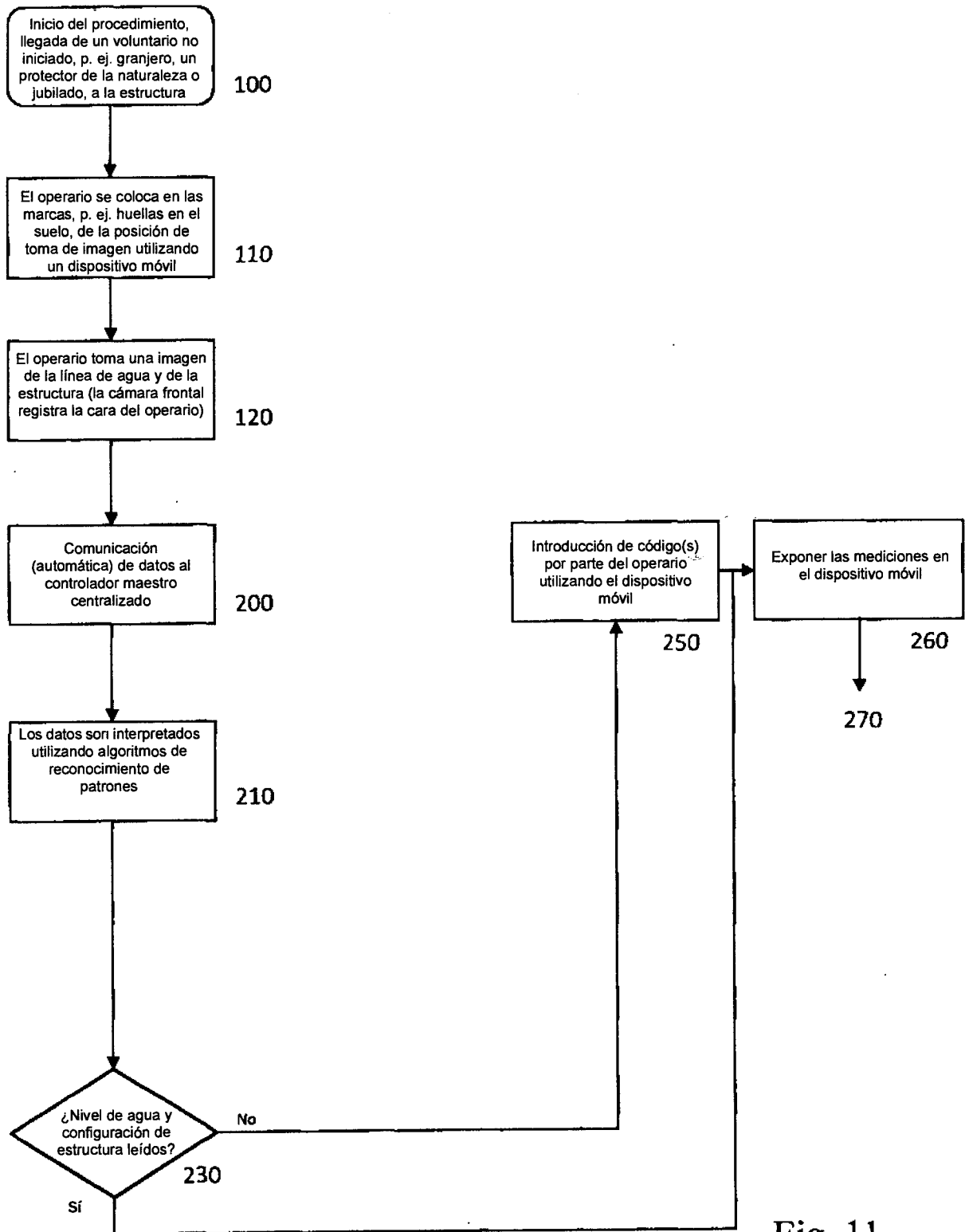


Fig. 11

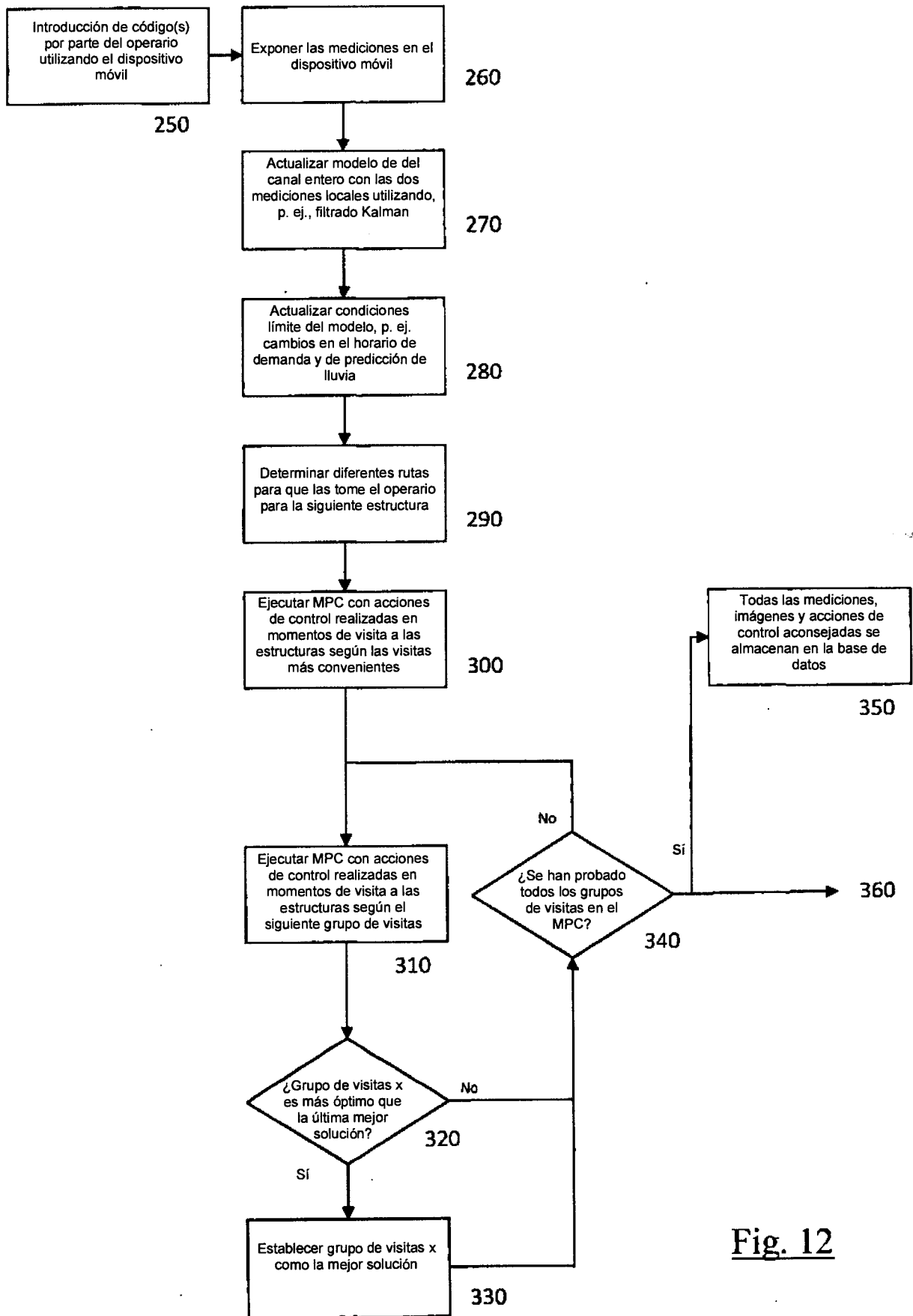


Fig. 12

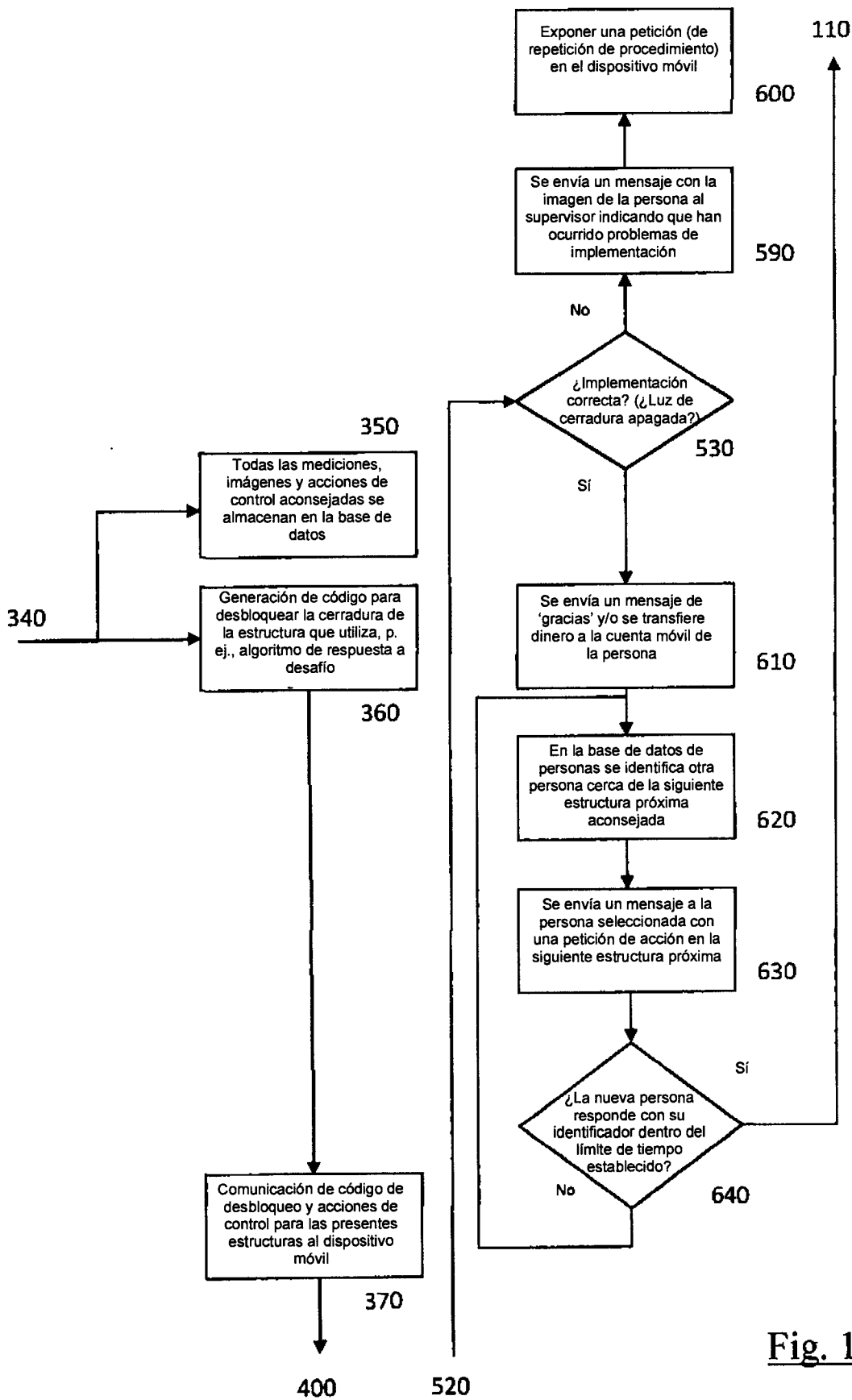


Fig. 13

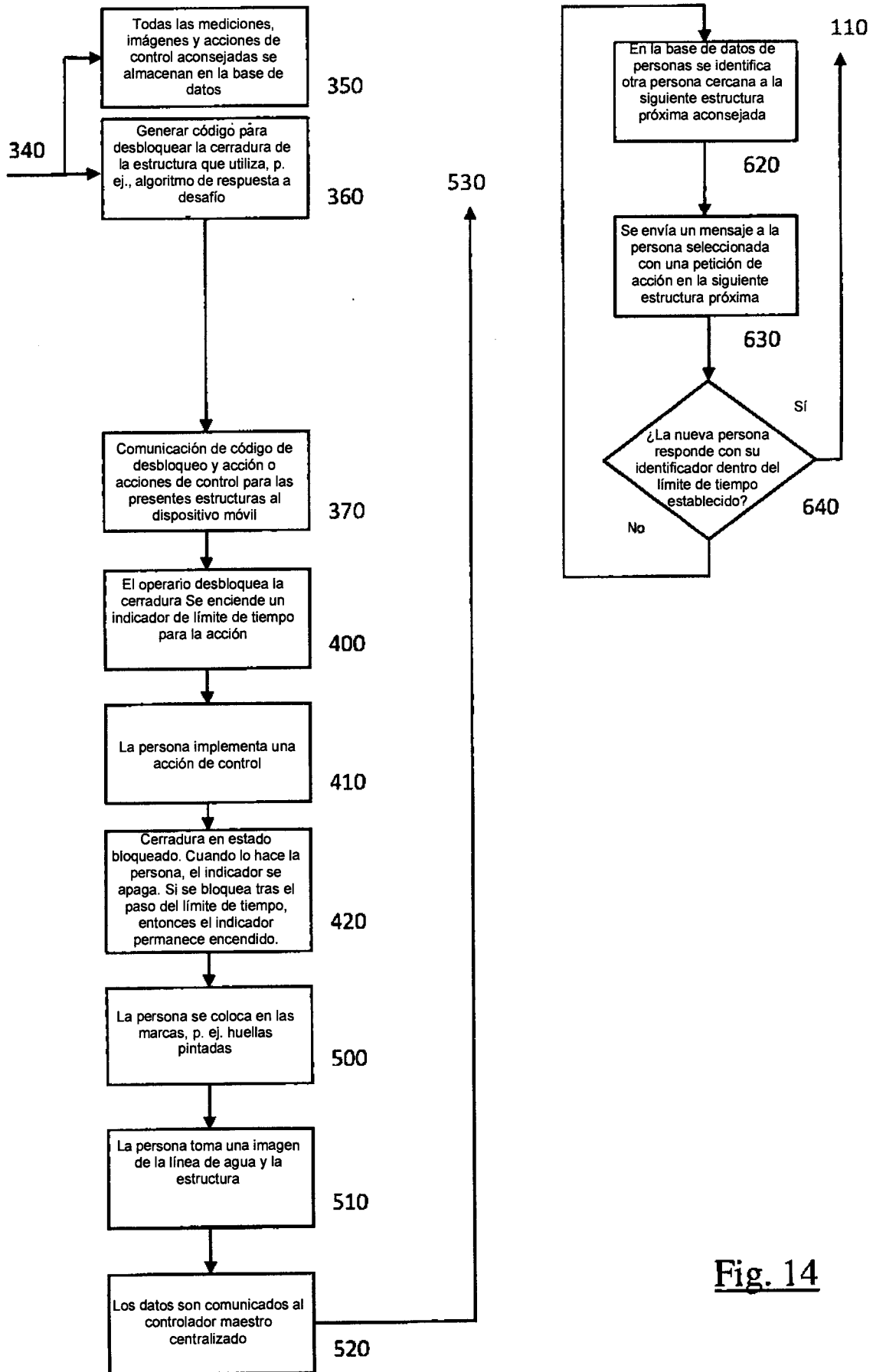


Fig. 14