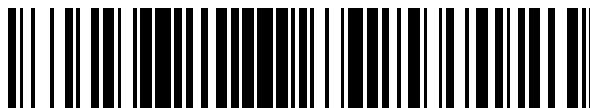


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 394**

21 Número de solicitud: 201030182

51 Int. Cl.:

A01G 25/16 (2006.01)

G05B 13/04 (2006.01)

G05B 19/042 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

10.02.2010

43 Fecha de publicación de la solicitud:

27.03.2012

Fecha de la concesión:

25.01.2013

45 Fecha de publicación de la concesión:

06.02.2013

73 Titular/es:

**TREELOGIC TELEMÁTICA Y LÓGICA RACIONAL
PARA LA EMPRESA EUROPEA S.L.
PARQUE TECNOLÓGICO DE ASTURIAS
PARCELA 30
33428 LLANERA (Asturias) ES**

72 Inventor/es:

**FÍNEZ MARTÍNEZ, Sergio;
GARCÍA CASO, Sergio;
ALONSO MORAL, José María;
MAGDALENA LAYOS, Luis y
AFIF KHOURI, Elías**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **SISTEMA DE RIEGO BASADO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL.**

57 Resumen:

Sistema de riego basado en inteligencia artificial que comprende: un sistema de adquisición de parámetros (1) configurado para tomar medidas de parámetros medioambientales; una unidad central de control (4) configurada para emitir órdenes de riego y almacenar y procesar las medidas recibidas del sistema de adquisición de parámetros (1), comprendiendo: un módulo inteligente (8) encargado de establecer un calendario de riego combinando algoritmos de control, normativas medioambientales y reglas de aprendizaje, un módulo verbalizador (9) encargado de explicar al usuario el calendario de riego y unos medios de interacción (10) configurados para que el sistema interactúe con usuarios y dispositivos remotos; un dispositivo de comunicación (3) configurado para comunicar el sistema de adquisición de parámetros (1) con la unidad central de control (4); y un dispositivo de adaptación de señal (5) configurado para transformar las órdenes de la unidad central (4) a señales entendibles por los actuadores de riego (6).

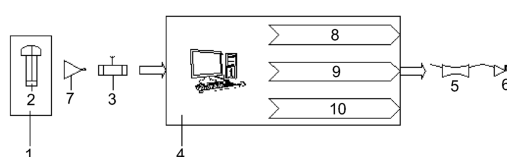


FIG. 1

ES 2 377 394 B1

DESCRIPCIÓN

Sistema de riego basado en inteligencia artificial.

CAMPO DE LA INVENCION

- 5 La invención se encuadra en el sector de las técnicas de gestión de riego. De forma particular, el sistema permite controlar de forma autónoma o manual el proceso completo de supervisión y riego.

ESTADO DE LA TÉCNICA

- 10 Es común la categorización de sistemas de riego avanzado o incluso de sistemas de riego inteligente. Este hecho se presenta en el momento que un sistema está dotado de cierto nivel de automatización. En cambio, no es tan común la existencia de invenciones destinadas al sector de riego construidas a partir de técnicas de inteligencia artificial, como puede ser el caso de sistemas de riego basados en técnicas de Soft Computing.

Los sistemas de riego más avanzados que existen en la actualidad realizan un control de riego basado tanto en la información recogida *in situ* mediante sensores o estaciones meteorológicas, como en predicciones realizadas mediante diferentes algoritmos de cálculo de la evapotranspiración.

- 15 En muchos sistemas se ofrece la posibilidad de un control remoto desde una consola o desde una plataforma Web, permitiendo la recepción de alarmas y funcionalidades básicas de gestión mediante dispositivos móviles. En los sistemas más complejos, las estaciones situadas sobre el terreno tienen una comunicación directa sobre una unidad central de tal forma que ésta sea la que gestione en tiempo real el estado del terreno.

- 20 En todos los casos, el análisis de los datos recibidos es realizado por un experto o grupo de expertos que proporcionan unas reglas básicas en función de los datos recibidos. A partir de éstas, se establece un consejo sobre la decisión de riego, la cantidad de agua y la técnica de riego más correcta. El proceso global puede estar en mayor o menor medida automatizado, pero no existe un sistema capaz de realizar de forma autónoma el bucle completo de trabajo, es decir, la adquisición de datos, el procesamiento de los mismos, la toma de decisión, la orden de actuación y la retroalimentación con control de errores.

- 25 Debido a la heterogeneidad de los campos destinatarios del sistema y a la situación cambiante de los mismos, han aparecido sistemas de riego con capacidad de actuación remota, bien controlados por radiofrecuencia o bien controlados por telefonía móvil. Estos sistemas presentan el problema de limitación de los comandos y órdenes que pueden enviar y recibir, limitándose a comandos sencillos de actuación directa. En ningún caso es considerada la necesidad de una interfaz gráfica accesible para el usuario.

- 30 La solicitud de patente internacional con número de publicación WO9948354 se refiere a un sistema de control de riego local basado en el cálculo teórico de la humedad de una zona, a partir de los datos recogidos de una estación meteorológica situada en un punto de la zona a controlar y los datos recogidos de un radar de lluvia. Los datos se guardan en una base de datos y con ellos se calcula el contenido de humedad que estas condiciones proporcionan. Para ello se utiliza una fórmula matemática que se describe en la propia memoria de la patente. El sistema se caracteriza por la presencia de un equipo computador, que es capaz de comparar las necesidades de humedad requeridas, introducidas por un operario, y las disponibles según el cálculo. En función del resultado de la comparación se permite o no la activación del controlador de riego asociado a la zona bajo control.

- 35 La solicitud de patente española con número de publicación ES2311409 se refiere a un sistema de riego automatizado que permite la gestión remota y centralizada del riego de extensas zonas mediante dispositivos de comunicaciones con acceso a Internet o acceso a una red móvil. Mediante este sistema se permite la activación de los distintos dispositivos de riego mediante un dispositivo externo que se conecta a un servidor remoto. No se contempla el procesamiento de datos, ni actuación autónoma del sistema con la capacidad de acometer decisiones de riego.

- 40 La solicitud de patente española con número de publicación ES2205994 se refiere a un sistema de control de riego en plantas caracterizado por el hecho de incorporar sensores de flujo y presión del fluido que circula por las válvulas.

- 45 La patente americana con número de publicación US4646224 se refiere a un programador de riego local, capaz de determinar los ciclos de riego y la duración de los mismos para cada una de las zonas en función de los datos característicos del terreno, tales como el tipo de sustrato, el tipo de vegetación, el tipo de aspersor, y datos temporales como los días de riego y la hora de arranque de los riegos. Todos estos datos son introducidos manualmente por un técnico en el programador.

La patente americana con número de publicación US6647319 se refiere a un programador de riegos local, caracterizado porque precisa solamente de tres botones para introducir los programas y un conjunto pequeño de LEDs para informar al usuario del estado del mismo. Se trata de un diseño que prima el coste y la simplicidad, reduciendo la interfaz con el usuario.

La patente americana con número de publicación US5602728 se refiere únicamente a un programador de riegos local, caracterizado por una simple interfaz con el usuario que puede desconectarse del equipo controlador que se instala en la zona de riego. Esta interfaz puede conectarse a un ordenador para la recarga de programas y posteriormente descargarlos en los programadores locales, pudiendo utilizar una misma interfaz para todos ellos.

5 La solicitud de patente internacional con número de publicación WO2007010075 consiste en un controlador automático para plantaciones frutales basado en la medida de flujos de savia en el tronco de árboles. A partir de esta medida, el dispositivo calcula el caudal a aportar y controla el funcionamiento de las electroválvulas del sistema de riego. Este método, en contraposición a la invención propuesta, resulta ser un método invasivo y más costoso.

10 El modelo de utilidad ES1030733 se basa en un sistema de análisis del coeficiente de humedad del suelo mediante sondas, las cuales envían una señal de radio para la activación de actuadores de riego. La invención se refiere a un sistema para el riego de huertas y otras tierras de cultivo.

Era por tanto deseable un sistema de riego que solucionara los problemas existentes en el estado de la técnica en este sector.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

15 El objetivo del sistema de gestión centralizada de riego objeto de la presente invención es crear un sistema autónomo, con capacidad de aprendizaje y basado en técnicas de inteligencia artificial, que supere las deficiencias conocidas en el estado de la técnica, proporcionando un sistema global de riego apoyado en el uso de dispositivos comunes en el sector del riego.

20 Con el fin de solventar las limitaciones expuestas en el estado de la técnica se presenta un sistema de riego completo que comprende la adquisición de datos, el procesamiento, la toma de decisión, la orden de actuación y la retroalimentación con control de errores. Esta última etapa diferencia en gran medida al sistema de riego de la presente invención del resto de sistemas existentes ya que se trata de un sistema basado en técnicas de aprendizaje capaz de aprender de sus propios errores y de actuar en consecuencia de forma autónoma.

25 Para ello, el sistema aplica técnicas de inteligencia artificial al proceso de gestión de riego según normativas medioambientales, en conjunción con herramientas de aprendizaje y comunicación inalámbrica con los dispositivos propios del sistema de riego.

30 Por tanto, el sistema es capaz de reunir de forma codificada el conocimiento de expertos de riego con el objetivo de tomar decisiones de forma autónoma, no estando limitado y preestablecido este conocimiento de antemano, siendo el propio sistema el que actualiza y aumenta su conocimiento mediante un módulo inteligente capaz de aprender de los éxitos y fracasos de decisiones anteriores.

El sistema comprende al menos una unidad central de control, un sistema de adquisición de parámetros, un dispositivo de comunicación y un dispositivo de adaptación de señal que compatibiliza el sistema de riego con los actuadores eléctricos de riego.

35 La unidad central de control comprende un módulo inteligente, un módulo verbalizador y unos medios de interacción. Estos tres módulos se encuentran alojados sobre un ordenador o miniPC con capacidad de conexión a Internet. El módulo inteligente comprende algoritmos basados en técnicas de lógica borrosa. Con el objetivo de llegar a construir reglas de decisión de riego, los algoritmos inteligentes de decisión construyen bases de conocimiento borrosas compuestas de variables y reglas lingüísticas, fáciles de interpretar. En ellas se combina el conocimiento experto e inducido a partir del funcionamiento del sistema en terreno (aprendizaje). El módulo
40 inteligente se complementa con un módulo verbalizador encargado de explicar al usuario final la salida obtenida (decisión de riego), bien sea ésta un valor numérico o una etiqueta lingüística. Toda la información capturada por el sistema será almacenada en forma de tablas y gráficas, pero a diferencia de sistemas existentes en la actualidad, la invención presentará dicha información en distintos niveles de abstracción.

45 El módulo inteligente integrado en la unidad central de control se servirá de dispositivos externos para capturar los parámetros medioambientales necesarios. Estos dispositivos externos formarán el sistema de adquisición de parámetros medioambientales. El sistema de adquisición de parámetros medioambientales comprenderá, al menos, de una sonda capacitiva de medida del perfil de humedad del suelo.

Adicionalmente, el módulo inteligente está configurado para procesar una pluralidad de parámetros medioambientales procedentes de distintas fuentes de información:

- 50
- Información estática de la parcela a regar: estudio de las características geológicas del suelo y características particulares del cultivo sembrado, como son el tipo de cultivo y la fecha de siembra y recogida del cultivo.

- Información dinámica de la superficie a regar aportada por una estación meteorológica equipada con: Termómetro de ambiente, termómetro de subsuelo, barómetro, pluviómetro, higrómetro, piranómetro, y anemómetro.
- Información dinámica adquirida remotamente: información meteorológica adquirida vía web.

5 Haciendo uso de estos parámetros adicionales, además del uso de la medida obtenida por la sonda capacitiva, se obtienen mayores índices de acierto en las decisiones tomadas de forma autónoma tras la evaluación de aciertos y fracasos cometidos en actuaciones en las que únicamente se consideraba la medida obtenida por la sonda capacitiva.

10 La unidad central de control y en concreto, el módulo inteligente, realiza sus procedimientos y órdenes de riego mediante los algoritmos de control, adecuándose y registrando todas las actuaciones llevadas a cabo según la normativa medioambiental seleccionada previamente, pudiendo ser ésta seleccionada o modificada a través de un interfaz gráfico de usuario comprendido en los medios de interacción de la unidad central de control.

Los algoritmos de control que utiliza el módulo inteligente y el interfaz gráfico de usuario se alojan en el ordenador o miniPC que aloja al módulo inteligente, al módulo verbalizador y a los medios de interacción.

15 Las decisiones de riego finales son transmitidas a los actuadores eléctricos de riego mediante dispositivos de adaptación de medidas, los cuales se encargan de transformar las órdenes de salida de la unidad central a unos rangos permitidos por los actuadores eléctricos de riego. Las decisiones de riego son fruto de la combinación del procesamiento de los datos adquiridos por las sondas capacitivas de medida del perfil de humedad del suelo, la aplicación de algoritmos de control basados en técnicas de Soft Computing, la normativa medioambiental que se desea aplicar en cada caso y las reglas de aprendizaje contempladas en los algoritmos de control.

20 El envío de información y las opciones de configuración y actuación sobre el sistema de riego entre la unidad central y el usuario se establecen mediante el interfaz gráfico adaptado al medio de acceso seleccionado, bien sea directamente sobre la pantalla de la unidad central, un ordenador independiente de la unidad central o un terminal móvil. En estos dos últimos casos la comunicación se realiza mediante tecnologías inalámbricas usando el protocolo de comunicación TCP/IP.

El envío de datos entre las sondas capacitivas de medida y la unidad central es posible establecerla de dos formas, bien de forma cableada según los estándares RS-232, USB o Ethernet, o bien de forma inalámbrica mediante los dispositivos de comunicación inalámbrica que comprenden un dispositivo emisor acoplado a cada una de las sondas de medida, y un dispositivo receptor de comunicación inalámbrica acoplado a la unidad central.

30 La funcionalidad del sistema permite que los actuadores de riego dispuestos sobre el terreno sean activados de forma manual por el usuario, mediante la interfaz gráfica del usuario, o sean activados y desactivados de forma autónoma por los algoritmos de control dispuestos en la unidad central, los cuales modifican el caudal de agua aportado sobre el terreno.

35 En términos de extensión del terreno, el rango de actuación del sistema es completamente escalable, debido a que el sistema no se encuentra limitado en el número de sondas de medida que pueden transmitir sus datos a la unidad central. El sistema de comunicación punto a punto establecido entre la unidad central y el dispositivo de comunicación acoplado en cada sonda de medida es el encargado de reconfigurar el número de nodos presentes en la red en el momento que un nuevo nodo sea incorporado, entendiéndose por nodo la unión entre una sonda de medida y un dispositivo de comunicación (cableado y/o inalámbrico).

40 Por tanto, el sistema es capaz de enviar órdenes diferentes a los actuadores de riego según su localización en el terreno. Estas órdenes son calculadas en función de los resultados obtenidos al aplicar los algoritmos de control basados en técnicas de Soft Computing sobre el conjunto de datos adquiridos mediante los dispositivos de medida dispuestos en el terreno.

Finalmente, el sistema de riego basado en inteligencia artificial comprende, al menos:

- 45 - un sistema de adquisición de parámetros configurado para tomar medidas de parámetros medioambientales;
- una unidad central de control configurada para emitir órdenes de riego y almacenar y procesar las medidas recibidas del sistema de adquisición de parámetros, a su vez comprendiendo:
 - 50 - un módulo inteligente encargado de establecer un calendario de riego mediante la combinación de algoritmos de control, una normativa medioambiental y unas reglas de aprendizaje implementadas en los algoritmos de control;
 - un módulo verbalizador encargado de explicar al usuario mediante lenguaje natural el calendario de riego en distintos niveles de abstracción;

- unos medios de interacción configurados para que el sistema de riego interactúe con usuarios finales y con dispositivos remotos;
 - un dispositivo de comunicación configurado para comunicar el sistema de adquisición de parámetros con la unidad central de control;
- 5 - un dispositivo de adaptación de señal configurado para transformar las órdenes de salida de la unidad central a unas señales entendibles por los actuadores eléctricos de riego.
- Preferentemente, el sistema de adquisición de parámetros comprenderá al menos una sonda capacitiva de medida del perfil de humedad del suelo.
- 10 Preferentemente, la toma de medidas realizadas por el sistema de adquisición de parámetros comprende la selección de:
- medidas de predicción meteorológica realizadas por una estación meteorológica, a su vez comprendiendo, un termómetro de ambiente, un termómetro de subsuelo, un barómetro, un pluviómetro, un higrómetro, un piranómetro y un anemómetro;
 - medidas de características geológicas del suelo;
- 15 - medidas de características del cultivo, comprendiendo el tipo de cultivo y la fecha de siembra y recogida de dicho cultivo;
- medidas meteorológicas adquiridas vía web;
 - y combinaciones de las anteriores.
- 20 Preferentemente, el sistema de riego comprenderá dispositivos de adaptación de medidas configurados para adaptar las señales recibidas del sistema de adquisición de parámetros previo a su envío a los dispositivos de comunicación.
- Preferentemente, el módulo inteligente utilizará algoritmos de control basados en técnicas de Soft Computing a los datos tomados por el sistema de adquisición de parámetros.
- 25 De forma preferente, este módulo inteligente utilizará motores de reglas de decisión compuestas por variables y reglas lingüísticas.
- Igualmente de forma preferente, los algoritmos de control del módulo inteligente estarán basados en un sistema de inferencia borrosa que define las variables y reglas borrosas a utilizar, y una reglas de aprendizaje de tipo Grid que inducen de forma automática nuevas reglas a partir de la información de entrada.
- 30 Preferentemente, el dispositivo de comunicación será inalámbrico y comprenderá un dispositivo emisor acoplado al sistema de adquisición de parámetros y un dispositivo receptor de comunicación inalámbrica acoplado a la unidad central de control.
- No obstante, el dispositivo de comunicación también puede ser un cableado seleccionado entre los estándares:
- RS-232;
- 35 - USB;
- Ethernet.
- Preferentemente, el dispositivo de comunicación estará encargado de gestionar la incorporación de un elemento nuevo del sistema de adquisición de parámetros al sistema de riego.
- 40 De forma preferente, el módulo verbalizador estará configurado para explicar al usuario el calendario de riego mediante una selección entre un valor numérico y una etiqueta lingüística.
- Preferentemente, los medios de interacción comprenderán un interfaz de usuario configurado para que el usuario interactúe con el sistema de riego en la obtención y envío de información y de opciones de configuración.
- De forma preferente, la interacción realizada por los medios de interacción se selecciona entre:
- una pantalla acoplada a la unidad central de control;
- 45 - un ordenador;

- un terminal móvil.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación, para facilitar la comprensión de la invención, a modo ilustrativo pero no limitativo se describirá una realización de la invención que hace referencia a una serie de figuras.

5 **La figura 1** muestra los principales bloques que componen la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE UN MODO DE REALIZACIÓN

10 En una realización preferente el sistema de riego comprende dispositivos de adaptación de medidas 7, sondas capacitivas 2 de medida del perfil de la humedad en el suelo, dispositivos de comunicación 3 inalámbrica, una unidad central de control 4 del sistema, una pluralidad de dispositivos de adaptación de señal 5 y una pluralidad de actuadores de riego 6.

15 Las sondas capacitivas 2 de medida del perfil de la humedad en el suelo están formadas por distintos tipos de sensores capacitivos según las características del terreno. Cada sonda comprende un máximo de cinco sensores a una profundidad no mayor de 2 metros. La medida del perfil de humedad del terreno se realiza mediante la técnica de reflectometría en el dominio de la frecuencia (FDR) utilizando la constante dieléctrica del terreno, la cuál varía en función de la humedad del suelo. El volumen de agua respecto del volumen total del terreno modifica considerablemente la constante dieléctrica del suelo, debido a que la constante dieléctrica del agua 80 es mucho mayor que la de otros componentes del terreno (minerales: 4, materia orgánica: 4, aire: 1). Por tanto, cuando la cantidad de agua cambia en el terreno, los sensores detectan un cambio en la capacitancia, debido al cambio en la permisividad dieléctrica, que puede ser directamente relacionada con un cambio en el contenido de agua.

20 La circuitería electrónica interna de las sondas 2 de medida transforma la cantidad de humedad del terreno en una salida analógica de tensión continua. Estas señales analógicas son capturadas por dispositivos de adaptación de medidas 7 cuya función es realizar una etapa de adaptación electrónica a unos márgenes de tensión que permitan a dispositivos de comunicación 3 inalámbrica transmitir las medidas de humedad realizadas a una unidad central de control 4 del sistema. Estos dispositivos de comunicación 3 inalámbrica no impiden que la comunicación entre la unidad central 4 y los dispositivos de adaptación de medidas 7 pueda establecer comunicación directamente mediante cable siguiendo los estándares RS-232, USB y Ethernet.

25 La unidad central de control 4 se comunica con los dispositivos de comunicación 3 inalámbrica alojados en cada sonda capacitiva 2 de medida, con los dispositivos de adaptación de señal 5 ligados a los actuadores de riego 6 y con el usuario mediante la interfaz gráfica, sirviendo en cada caso, una serie de funcionalidades que se detallan a continuación.

30 Los dispositivos de comunicación 3 inalámbrica alojados en cada sonda capacitiva 2 reciben las órdenes provenientes de la unidad central 4 para realizar una medida completa del perfil de humedad en el suelo. Los tiempos de adquisición de medida son calculados mediante los algoritmos de control de riego, los cuales, en función de una configuración inicial de la textura del terreno, calculan el rango mínimo de tiempo que es necesario para realizar las medidas de humedad. Este hecho reduce el consumo de potencia tanto de la sonda 2 de medida como del dispositivo de comunicación 3 inalámbrica asociado, al permitirles funcionar en modo de bajo consumo hasta que la unidad central 4 genere una orden de lectura.

35 La generación de las órdenes de riego se construye a partir de las medidas de humedad del suelo y de la aplicación de algoritmos de control basados en técnicas de Soft Computing, de tal forma que se construyan bases de conocimiento compuestas de variables y reglas lingüísticas, capaces de combinar conocimiento experto e inducido. Adicionalmente, se permite la utilización de información complementaria que permite enriquecer los criterios de evaluación para acometer una decisión de riego. Como se ha mencionado anteriormente, esta información se corresponde a información estática de la parcela a regar correspondiente a características geológicas del suelo y características propias del cultivo, información dinámica de la parcela a regar correspondiente a una estación meteorológica instalada en la parcela, e información dinámica adquirida remotamente correspondiente a predicciones meteorológicas. Estos parámetros adicionales incrementan la probabilidad de acierto en las actuaciones llevadas a cabo.

40 El módulo inteligente 8 realiza la decisión de establecer en cada momento el algoritmo de control encargado de intervenir. Utilizando variables y reglas lingüísticas asociadas a técnicas preferentemente de lógica borrosa, se compone un motor de reglas capaz de establecer una decisión de riego evaluando y corrigiendo fallos acontecidos en el pasado mediante inferencia. Para ello el módulo inteligente 8 realiza tareas de aprendizaje mediante la aplicación de la metodología de diseño de sistemas borrosos interpretables.

45 Para dichas tareas, el módulo 8 comprende dos partes diferenciadas, una parte genérica que hace referencia al esquema clásico de un sistema de inferencia borroso, compuesto por un motor de inferencias en el que se incluyen las etapas de borrosificación (conversión de numérico a borroso en la interfaz de entrada) y desborrosificación (conversión de borroso a numérico en la interfaz de salida). Una segunda parte en la que se

encuentra una base de conocimiento que está ligada intrínsecamente al motor de inferencias. La base de conocimiento es específica de cada problema a resolver y está compuesta por variables y reglas borrosas definidas de forma preeliminar por un experto en la materia.

Las variables borrosas utilizadas tomarán como valores conjuntos borrosos representados por términos lingüísticos definidos por los siguientes campos: nombre de la variable, rango, conjunto de términos lingüísticos y la semántica asociada a los mismos. La semántica del término lingüístico se definirá mediante una función matemática (denominada función de pertenencia) que a cada valor del rango le asocia un grado de pertenencia al término lingüístico. Las formas de las funciones de pertenencia (curvas que representan cada término) varían según la semántica que el experto atribuya a dichos términos.

Una vez definidas las variables de entrada y salida del sistema, se describe el comportamiento del sistema mediante la definición de reglas borrosas. Es decir, un experto expresa su conocimiento en forma de reglas lingüísticas condiciones (con el formato "si condición entonces conclusión") donde tanto la condición como la conclusión se expresan mediante proposiciones borrosas que hacen uso de las variables lingüísticas definidas previamente.

El aprendizaje automático del sistema contempla nuevas reglas inducidas a partir de datos de entrada utilizando algoritmos de aprendizaje de reglas de tipo Grid, según estas reglas se genera una rejilla con todas las reglas posibles a partir de las combinaciones de los espacios de entrada y salida, concretándose las reglas mediante la selección de las etiquetas más adecuadas según los datos.

Preferentemente, los algoritmos de control utilizarán los siguientes parámetros de configuración: tipo de cultivo y tipo de suelo (parámetros que permanecerán sin cambios) y periodo de cultivo (parámetro que cambiará de forma progresiva y previsible según cultivo). Una vez establecidos, los algoritmos de control dispuestos se encargarán de mantener el cultivo dentro de unos niveles de humedad óptimos evitando la saturación por el exceso de agua y el nivel de marchitez por déficit.

Para establecer estos niveles de humedad, el módulo inteligente 8 establece las necesidades netas de riego que se corresponden con la diferencia entre la cantidad de agua que el conjunto suelo-planta pierde por evapotranspiración y el agua que se aporta de forma natural por lluvia. Debido a que el agua que aporta el sistema al suelo no es aprovechada en su totalidad por la planta (existiendo pérdidas por escorrentía y filtración profunda) se calcula la eficiencia de aplicación del riego que se corresponde al porcentaje de agua que aprovechan las raíces con respecto del total aplicado. Su valor depende directamente del calendario de riego aplicado. A partir del cálculo de la eficiencia de aplicación del riego, se determinan las necesidades brutas de riego, es decir, la cantidad real de agua que ha de aplicarse durante el riego para satisfacer las necesidades netas de riego. Este parámetro es calculado como el cociente entre las necesidades netas de riego y la eficiencia de aplicación de riego de forma porcentual.

Una vez definidos los parámetros, el calendario de riego implementado sigue los siguientes criterios, que determinan un calendario medio de riegos en el que se precisa el momento de riego y la cantidad de agua a aplicar. Este calendario de riego comprende las siguientes etapas:

1.- Aplicar las necesidades brutas de riego en el momento que el déficit de agua en el suelo sea igual al nivel de agotamiento permisible, teniendo en cuenta estrictamente el agua que se aporta al sistema suelo-planta menos el agua que se extrae del sistema (balance de agua).

2.- Si el valor comercial del cultivo es muy alto, el sistema se asegura de que las raíces de las plantas no tengan problemas en extraer el agua en ningún momento. Para ello se aplican las necesidades brutas de riego antes de que el déficit de agua en el suelo alcance el nivel de agotamiento permisible.

3.- Se aplica una cantidad de agua fija en el momento en el que el déficit de agua en el suelo iguale a las necesidades netas.

4.- Si se da el caso que existen restricciones externas para elegir el momento de riego, se evita que el déficit de agua en el suelo supere al nivel de agotamiento permisible aplicando el agua correspondiente a las necesidades brutas.

5.- La dosificación del riego es planificada de forma que se evite el punto de marchitamiento (estrés hídrico) mediante el cálculo de la capacidad de retención de agua disponible. Por tanto, la reserva de agua en el suelo debe variar dentro de los límites de agotamiento permisible o tolerable.

La unidad central de control comprende el módulo verbalizador 9, que asociado al interfaz de usuario informa del estado del terreno y de las acciones de riego propuestas, es decir, presenta al usuario las salidas del sistema mediante etiquetas lingüísticas con distintos niveles de abstracción. En la realización preferente, el interfaz se diseña siguiendo los conceptos del Diseño para Todos y accesibilidad. El acceso a la interfaz de usuario se basa en servicios Web, de tal forma que el usuario puede conectarse al sistema desde cualquier dispositivo preparado para mantener una conexión a Internet. El interfaz gráfico se adapta al medio de acceso seleccionado, bien

directamente sobre la pantalla de la unidad central, bien mediante un ordenador independiente de la unidad central o bien mediante un dispositivo móvil.

- 5 Las funcionalidades ofrecidas por la interfaz de usuario permiten supervisar el estado del terreno, obtener una valoración de las próximas actuaciones, acceder a un registro de las actuaciones llevadas a cabo en el pasado, obtener un informe de adecuación a la normativa medioambiental seleccionada y actuar de forma manual sobre los dispositivos de riego.

Una vez descrita de forma clara la invención, se hace constar que las realizaciones particulares anteriormente descritas son susceptibles de modificaciones de detalle siempre que no alteren el principio fundamental y la esencia de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de riego basado en inteligencia artificial **caracterizado porque** comprende, al menos:

- un sistema de adquisición de parámetros (1) configurado para tomar medidas de parámetros medioambientales;
- una unidad central de control (4) configurada para emitir órdenes de riego y almacenar y procesar las medidas recibidas del sistema de adquisición de parámetros (1), a su vez comprendiendo:
 - un módulo inteligente (8) encargado de establecer un calendario de riego mediante la combinación de algoritmos de control, una normativa medioambiental y unas reglas de aprendizaje implementadas en los algoritmos de control;
 - un módulo verbalizador (9) encargado de explicar al usuario mediante lenguaje natural el calendario de riego en distintos niveles de abstracción;
 - unos medios de interacción (10) configurados para que el sistema de riego interactúe con usuarios finales y con dispositivos remotos;
- un dispositivo de comunicación (3) configurado para comunicar el sistema de adquisición de parámetros (1) con la unidad central de control (4);
- un dispositivo de adaptación de señal (5) configurado para transformar las órdenes de salida de la unidad central a unas señales entendibles por los actuadores de riego (6).

2. Sistema de riego basado en inteligencia artificial, según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** el sistema de adquisición de parámetros (1) comprende al menos una sonda capacitiva (2) de medida del perfil de humedad del suelo.

3. Sistema de riego basado en inteligencia artificial, según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la toma de medidas realizadas por el sistema de adquisición de parámetros (1) comprende la selección de:

- medidas de predicción meteorológica realizadas por una estación meteorológica, a su vez comprendiendo, un termómetro de ambiente, un termómetro de subsuelo, un barómetro, un pluviómetro, un higrómetro, un piranómetro y un anemómetro;
- medidas de características geológicas del suelo;
- medidas de características del cultivo, comprendiendo el tipo de cultivo y la fecha de siembra y recogida de dicho cultivo;
- medidas meteorológicas adquiridas vía web;
- y combinaciones de las anteriores.

4. Sistema de riego basado en inteligencia artificial, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende dispositivos de adaptación de medidas (7) configurados para adaptar las señales recibidas del sistema de adquisición de parámetros (1) previo a su envío a los dispositivos de comunicación (3).

5. Sistema de riego basado en inteligencia artificial, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el módulo inteligente (8) utiliza algoritmos de control basados en técnicas de Soft Computing a los datos tomados por el sistema de adquisición de parámetros (1).

6. Sistema de riego basado en inteligencia artificial, según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el módulo inteligente (8) utiliza motores de reglas de decisión compuestas por variables y reglas lingüísticas.

7. Sistema de riego basado en inteligencia artificial, según cualquiera de las reivindicaciones 5-6, **caracterizado porque** los algoritmos de control del módulo inteligente (8) están basados en un sistema de inferencia borrosa que define las variables y reglas borrosas a utilizar, y una reglas de aprendizaje de tipo Grid que inducen de forma automática nuevas reglas a partir de la información de entrada.

8. Sistema de riego basado en inteligencia artificial, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo de comunicación (3) es inalámbrico y comprende un dispositivo emisor acoplado al sistema de adquisición de parámetros (1) y un dispositivo receptor de comunicación inalámbrica acoplado a la unidad central de control (4).

9. Sistema de riego basado en inteligencia artificial, según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, **caracterizado porque** el dispositivo de comunicación (3) es un cableado seleccionado entre los estándares:

- RS-232;
- USB;
- Ethernet.

- 5 **10.** Sistema de riego basado en inteligencia artificial, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo de comunicación (3) está encargado de gestionar la incorporación de un elemento nuevo del sistema de adquisición de parámetros (1) al sistema de riego.
- 11.** Sistema de riego basado en inteligencia artificial, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el módulo verbalizador (9) está configurado para explicar al usuario el calendario de riego mediante una selección entre un valor numérico y una etiqueta lingüística.
- 10 **12.** Sistema de riego basado en inteligencia artificial, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los medios de interacción (10) comprenden un interfaz de usuario configurado para que el usuario interactúe con el sistema de riego en la obtención y envío de información y de opciones de configuración.
- 13.** Sistema de riego basado en inteligencia artificial, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la interacción realizada por los medios de interacción (10) se selecciona entre:
- 15
 - una pantalla acoplada a la unidad central de control (4);
 - un ordenador;
 - un terminal móvil.
- 14.** Sistema de riego basado en inteligencia artificial, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el calendario de riego está configurado para realizar las siguientes etapas:
- 20
 - a) aplicar las necesidades brutas de riego en el momento que el déficit de agua en el suelo sea igual al nivel de agotamiento permisible;
 - b) si el valor comercial del cultivo es muy alto, aplicar las necesidades brutas de riego antes de que el déficit de agua en el suelo alcance el nivel de agotamiento permisible;
- 25
 - c) aplicar una cantidad constante de agua en el momento en el que el déficit de agua en el suelo iguale a las necesidades netas;
 - d) si existen restricciones externas para elegir el momento de riego, evitar que el déficit de agua en el suelo supere al nivel de agotamiento permisible aplicando el agua correspondiente a las necesidades brutas de riego;
- 30
 - e) establecer el calendario de riego evitando punto de marchitez mediante el cálculo de la capacidad de retención de agua disponible con lo que la reserva de agua en el suelo está contenida dentro de los límites de agotamiento permisible.

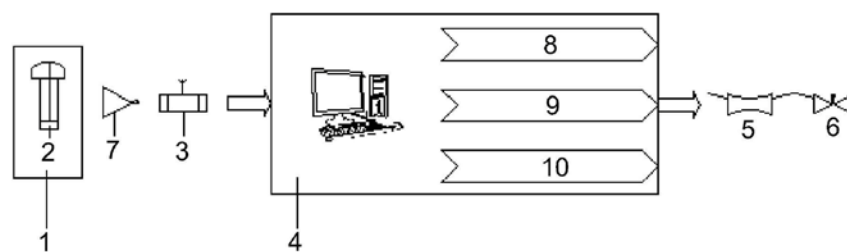


FIG. 1



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201030182

②② Fecha de presentación de la solicitud: 10.02.2010

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	PENG XIAOHONG; MO ZHI; XIAO LAISHENG; LIU GUODONG; A Water-Saving Irrigation System Based on Fuzzy Control Technology and Wireless Sensor Network, Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, Septiembre 2009. WiCom '09. 5th International Conference on, páginas1-4; ISBN 978-1-4244-3692-7; ISBN 1-4244-3692-3.	1-13
Y	QUANXING ZHANG; CHWAN-HWA WU; TILT, K.; Application of fuzzy logic in an irrigation control system, Industrial Technology, Proceedings of The IEEE International Conference on, ICIT '96, Diciembre 1996, páginas 593-597.	1-13
A	YIMING ZHOU; XIANGLONG YANG; WANG, L.; YIBIN YING; A Wireless Design of Low-Cost Irrigation System Using ZigBee Technology, Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing, Abril 2009, NSWCTC '09. International Conference on, volume 1, páginas 572-575; ISBN 978-1-4244-4223-2; ISBN 1-4244-4223-0.	1-10,12,13
A	TW 200930284 A (UNIV NAT KAOHSIUNG APPLIED SCI) 16.07.2009, resumen; figuras. Recuperado de World Patent Index en Epoque Database.	1-9,12,13
A	BOTIA, J.A.; GOMEZ-SKARMETA, A.F.; SANCHEZ Y MERCEDES VALDES, G.; MORALES, J.A.L.; Soft computing applied to irrigation in farming environments, Fuzzy Systems, FUZZ IEEE 2000, The Ninth IEEE International Conference on, volumen 1, páginas 505-509, Mayo 2000.	1-7,12,13
A	DOLUSCHITZ R.; SCHMISSEUR W. E.; Expert systems: Applications to agriculture and farm management; Computers and Electronics in Agriculture, 01.02.1998, volumen 2, número 3, páginas 173-182; ISSN 0168-1699.	1,11

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
13.03.2012

Examinador
M. J. Lloris Meseguer

Página
1/6

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

A01G25/16 (2006.01)**G05B13/04** (2006.01)**G05B19/042** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

A01G, G05B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.02.2012

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-14	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 14	SI
	Reivindicaciones 1-13	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	PENG XIAOHONG; MO ZHI; XIAO LAISHENG; LIU GUODONG; A Water-Saving Irrigation System Based on Fuzzy Control Technology and Wireless Sensor Network, Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, Septiembre 2009, WiCom '09. 5th International Conference on, páginas1-4; ISBN 978-1-4244-3692-7; ISBN 1-4244-3692-3.	
D02	QUANXING ZHANG; CHWAN-HWA WU; TILT, K.; Application of fuzzy logic in an irrigation control system, Industrial Technology, Proceedings of The IEEE International Conference on, ICIT '96, Diciembre 1996, páginas 593-597.	
D03	YIMING ZHOU; XIANGLONG YANG; WANG, L.; YIBIN YING; A Wireless Design of Low-Cost Irrigation System Using ZigBee Technology, Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing, Abril 2009, NSWCTC '09. International Conference on, volumen 1, páginas 572-575; ISBN 978-1-4244-4223-2; ISBN 1-4244-4223-0.	
D04	TW 200930284 A (UNIV NAT KAOHSIUNG APPLIED SCI)	16.07.2009
D05	BOTIA, J.A.; GOMEZ-SKARMETA, A.F.; SANCHEZ Y MERCEDES VALDES, G.; MORALES, J.A.L.; Soft computing applied to irrigation in farming environments, Fuzzy Systems, FUZZ IEEE 2000, The Ninth IEEE International Conference on, volumen 1, páginas 505-509, Mayo 2000.	
D06	DOLUSCHITZ R.; SCHMISSEUR W. E.; Expert systems: Applications to agriculture and farm management; Computers and Electronics in Agriculture, 01.02.1998, volumen 2, número 3, páginas 173-182; ISSN 0168-1699.	

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

De todos los documentos recuperados del estado de la técnica, se considera que el documento D01 es uno de los más próximos a la solicitud que se analiza. A continuación se comparan las reivindicaciones de la solicitud con el documento D01.

Reivindicación 1

El documento D01 describe un sistema de riego basado en inteligencia artificial que comprende:

- un sistema de adquisición de parámetros ("sensor node cluster") configurado para tomar medidas de parámetros medioambientales;
- una unidad central de control ("coordinator node") configurada para emitir órdenes de riego y almacenar y procesar las medidas recibidas del sistema de adquisición de parámetros, a su vez comprendiendo: un módulo inteligente encargado de establecer un calendario de riego mediante la combinación de algoritmos de control y unos medios de interacción configurados para que el sistema de riego interactúe con usuarios finales y con dispositivos remotos;
- un dispositivo de comunicación configurado para comunicar el sistema de adquisición de parámetros con la unidad central de control (ver figura 2);
- un dispositivo de adaptación de señal configurado para transformar las órdenes de salida de la unidad central a unas señales entendibles por los actuadores de riego (ver figura 3).

La invención definida en la reivindicación independiente 1 difiere del documento D01 en que la unidad central de control también comprende un módulo verbalizador encargado de explicar al usuario mediante lenguaje natural el calendario de riego en distintos niveles de abstracción; y el módulo inteligente de la unidad central de control también tiene en cuenta para establecer el calendario de riego una normativa medioambiental y unas reglas de aprendizaje implementadas en los algoritmos de control. De esta manera, por una parte, el sistema presenta una interfaz de salida de lenguaje natural; y por otra parte, el módulo inteligente también tiene en cuenta una normativa medioambiental para establecer el calendario de riego y es capaz de inducir nuevas reglas a partir de la información de entrada.

El problema técnico objetivo que resuelve el uso de unas reglas de aprendizaje implementadas en los algoritmos de control es poder inducir nuevas reglas a partir de la información de entrada.

El documento D02 describe un sistema de riego basado en inteligencia artificial que comprende (ver figura 1):

- un sistema de adquisición de parámetros configurado para tomar medidas de parámetros medioambientales;
- una unidad central de control configurada para emitir órdenes de riego y almacenar y procesar las medidas recibidas del sistema de adquisición de parámetros, a su vez comprendiendo: un módulo inteligente encargado de establecer un calendario de riego mediante la combinación de algoritmos de control y unas reglas de aprendizaje implementadas en los algoritmos de control, que inducen de forma automática nuevas reglas a partir de la información de entrada (ver figura 5); y unos medios de interacción configurados para que el sistema de riego interactúe con usuarios finales y con dispositivos remotos;
- un dispositivo de comunicación configurado para comunicar el sistema de adquisición de parámetros con la unidad central de control;
- un dispositivo de adaptación de señal configurado para transformar las órdenes de salida de la unidad central a unas señales entendibles por los actuadores de riego.

Por tanto, el problema técnico objetivo mencionado anteriormente se encuentra resuelto en el documento D02. Por otra parte, se considera que el empleo de una interfaz de salida de lenguaje natural sería una de las posibilidades conocidas que el experto en la materia seleccionaría para la presentación de datos al usuario final, tal y como por ejemplo ilustra el documento D06. Por último, el documento D01 indica que el módulo inteligente incorpora conocimientos de expertos en la materia, cuya naturaleza puede ser técnica o legal. En consecuencia, se puede concluir que, a la vista del estado de la técnica conocido, la reivindicación 1 no cumple el requisito de actividad inventiva según el artículo 8.1 LP.

Reivindicación 2

El documento D01 indica que el sistema de adquisición de parámetros ("sensor node cluster") comprende al menos una sonda de medida del perfil de humedad del suelo pero no especifica que sea una sonda capacitiva, tal y como menciona la reivindicación 2. Sin embargo, se considera que sería una de las posibilidades obvias que el experto en la materia seleccionaría a la hora de determinar los posibles tipos de sensores de humedad empleados por el sistema de adquisición de parámetros. Por tanto, la reivindicación 2 se considera que carece de actividad inventiva conforme el artículo 8.1 LP.

Reivindicación 3

El documento D01 indica que la unidad central de control también tiene en cuenta para emitir las órdenes de riego medidas de características del cultivo, comprendiendo el tipo de cultivo y las fases de crecimiento del mismo. Por tanto, la reivindicación 3 carece de actividad inventiva conforme el artículo 8.1 LP.

Reivindicaciones 4-6

El documento D01 indica que el sistema comprende dispositivos de adaptación de medidas configurados para adaptar las señales recibidas del sistema de adquisición de parámetros previo a su envío a los dispositivos de comunicación. El documento D01 también indica que el módulo inteligente utiliza algoritmos de control basados en técnicas de SoftComputing a los datos tomados por el sistema de adquisición de parámetros, utilizando el módulo inteligente motores de reglas de decisión compuestas por variables y reglas lingüísticas. Por tanto, las reivindicaciones 4-6 carecen de actividad inventiva conforme el artículo 8.1 LP.

Reivindicación 7

La invención definida en la reivindicación 7 difiere de los documentos D01 y D02 en que las reglas de aprendizaje son de tipo Grid. En ausencia de mayor detalle no se observa un funcionamiento del sistema diferente del descrito en el documento D02. Por tanto, esta reivindicación carece de actividad inventiva conforme el artículo 8.1 LP.

Reivindicación 8

El documento D01 indica que el dispositivo de comunicación es inalámbrico y comprende un dispositivo emisor acoplado al sistema de adquisición de parámetros y un dispositivo receptor de comunicación inalámbrica acoplado a la unidad central de control (ver figura 2). Por tanto, la reivindicación 8 carece de actividad inventiva conforme el artículo 8.1 LP.

Reivindicación 9

La reivindicación 9 indica que el dispositivo de comunicación es un cableado seleccionado entre los estándares: RS-232; USB; Ethernet. Esta posibilidad no se deriva directamente de la divulgación realizada en el documento D01, pero sería una opción de diseño obvia para el experto en la materia a la hora de determinar las posibilidades de conexión del dispositivo. En consecuencia, esta reivindicación carece de actividad inventiva conforme el artículo 8.1 LP.

Reivindicación 10

El documento D01 indica que la unidad central de control es un dispositivo ZigBee que actúa de nodo coordinador, por lo que gestiona la incorporación de un elemento nuevo del sistema de adquisición de parámetros al sistema de riego. Por tanto, la reivindicación 10 carece de actividad inventiva conforme el artículo 8.1 LP.

Reivindicación 11

La reivindicación 11 indica que el módulo verbalizador está configurado para explicar al usuario el calendario de riego mediante una selección entre un valor numérico y una etiqueta lingüística. Esta posibilidad no se deriva directamente de la divulgación realizada en D01, pero sería una opción de diseño obvia para el experto en la materia a la hora de determinar el lenguaje natural empleado por el módulo verbalizador para explicar el calendario de riego. Por tanto, esta reivindicación carece de actividad inventiva conforme el artículo 8.1 LP.

Reivindicaciones 12 y 13

El documento D01 indica que para el funcionamiento del sistema el usuario ha de realizar una configuración previa; por lo que necesariamente los medios de interacción han de comprender una interfaz de usuario, tales como pueden ser una pantalla acoplada a la unidad central de control o un ordenador. Por tanto, las reivindicaciones 12 y 13 carecen de actividad inventiva conforme el artículo 8.1 LP.

Reivindicación 14

La reivindicación 14 indica que el calendario de riego está configurado para realizar las siguientes etapas:

- a) aplicar las necesidades brutas de riego en el momento que el déficit de agua en el suelo sea igual al nivel de agotamiento permisible;
- b) si el valor comercial del cultivo es muy alto, aplicar las necesidades brutas de riego antes de que el déficit de agua en el suelo alcance el nivel de agotamiento permisible;
- c) aplicar una cantidad constante de agua en el momento en el que el déficit de agua en el suelo iguale a las necesidades netas;
- d) si existen restricciones externas para elegir el momento de riego, evitar que el déficit de agua en el suelo supere al nivel de agotamiento permisible aplicando el agua correspondiente a las necesidades brutas de riego;
- e) establecer el calendario de riego evitando punto de marchitez mediante el cálculo de la capacidad de retención de agua disponible con lo que la reserva de agua en el suelo está contenida dentro de los límites de agotamiento permisible.

Ninguno de los documentos citados en el Informe sobre el Estado de la Técnica, o cualquier combinación relevante de ellos, revela unas etapas para establecer el calendario de riego como las descritas en la reivindicación 14. Por lo tanto, la reivindicación 14 presenta novedad y actividad inventiva tal y como se establece en los Artículos 6.1 y 8.1 LP.